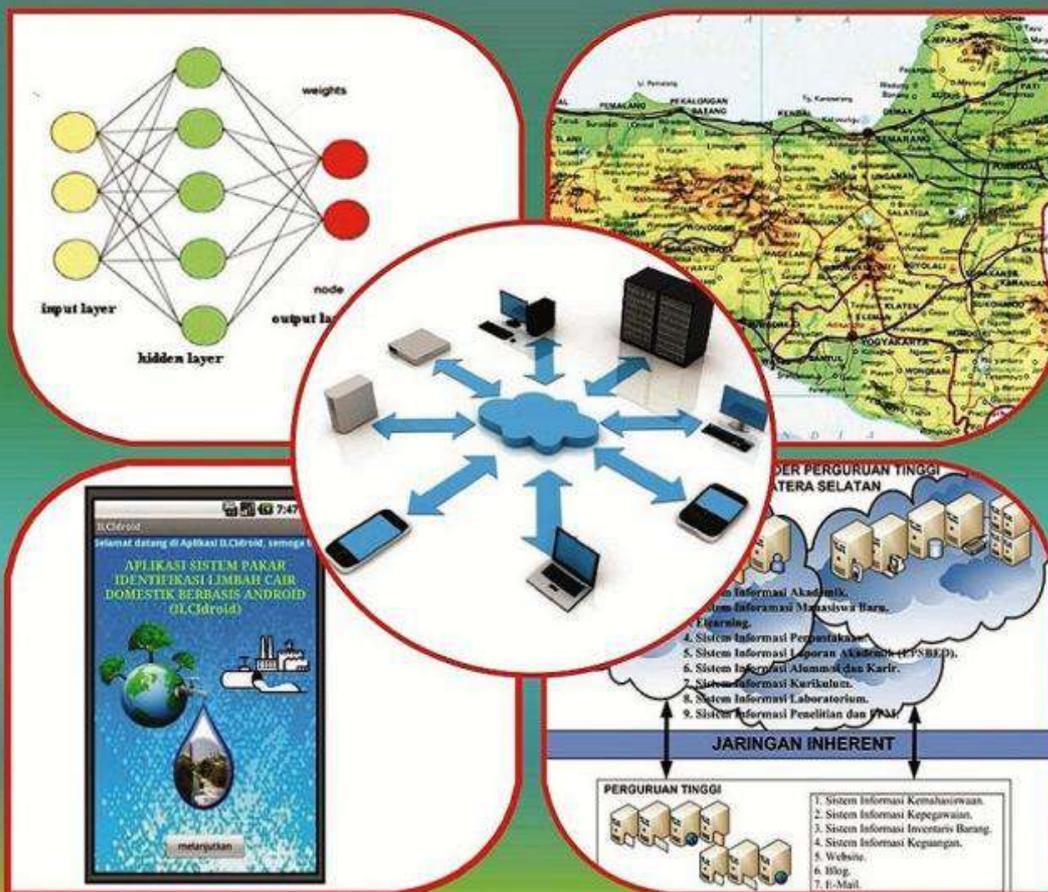


JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA

Vol. 12 No. 2 Februari 2020



SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
Ketua Penyunting : Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom.
Sekretaris : Rokhana Dwi Bakti, S.Si., M.Si.
Bendahara : Ari Santoso, S.T., M.Sc.

Reviewer :

1. Dr. Ir. Amir Hamzah, M.T.
2. Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
3. Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.
4. Dr. Sri Mulyaningsih, S.T., M.T.
5. Dr. Suwanto Raharjo, S.Si., M.Kom.
6. Ellyawan Setyo Arbintarso, S.T., M.Sc., Ph.D.

Peer Reviewer :

1. Dr. Bambang Sugiantoro, M.T. (UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta)
2. Dr. Darwan, S.Kom., M.Kom. (IAIN Syekh Nurjati Cirebon)
3. Dr. Hermawan Syahputra, S.Si., M.Si. (Universitas Negeri Medan)
4. Dr. Heri Setiawan, S.Kom., M.Kom. (Univ. Indo Global Mandiri Palembang)
5. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. (Univ. Pendidikan Ganesha Singaraja)
6. Dr. Ir. Muhammad Hasbi, M.Kom. (STMIK Sinar Nusantara Surakarta)
7. Dr. Jumi, S.Kom., M.Kom. (Politeknik Negeri Semarang)
8. Dr. Sri Andayani, S.Si., M.Kom. (Universitas Negeri Yogyakarta)
9. Dr. Wijang Widhiarso, S.Kom., M.Kom. (STMIK MDP Palembang)

Redaksi Pelaksana :

1. Syafriyudin, S.T., M.T.
2. Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.
3. Dra. Yuli Pratiwi., M.Si.
4. Muhammad Andang Novianta, S.T., M.T.
5. Joko Triyono, S.Kom., M.Cs.
6. Erna Kumalasari Nurnawati, S.T., M.T.
7. Dra. Suprih Ambawani, M.Pd.

DAFTAR ISI

	Hal:
REKAYASA VEGETASI UNTUK KONSERVASI LAHAN RAWAN LONGSOR DI LEMBAH SUNGAI CENGKEHAN, KECAMATAN IMOIRI, KABUPATEN BANTUL Arie Noor Rakhman, Muchlis -, Bayu Ade Septyawan	93-101
DESULFURISASI BATUBARA DENGAN METODE FLOTASI MENGGUNAKAN GEL LIDAH BUAYA Abdullah Kuntaarsa, Purwo Subagyo	102-113
ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI PENGGUNAAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK KHUSUS ORANG TUA Nur Azmi Ainul Bashir, Teduh Dirgahayu	114-124
ANALISIS KOMBINASI WARNA PADA ANTARMUKA WEBSITE PEMERINTAH KABUPATEN KLATEN Muhammad Nurcahyo Sasongko, M Suyanto, Mei P Kurniawan	125-133
EKSTRAKSI ANTOSIANIN DARI BIJI ALPUKAT SEBAGAI PEWARNA ALAMI Zubaidi Achmad, Bambang Sugiarto	134-143
OPTIMALISASI MODEL SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN ARSIP ELEKTRONIK PADA PEMERINTAH KABUPATEN SRAGEN Moch. Arfian Ardiansyah, Wing Wahyu Winarno, Asro Nasiri	144-152
APLIKASI UJI SKRINING FITOKIMIA TERHADAP DAUN UNCARIA TOMENTOSA SEBAGAI BAHAN UTAMA DALAM PEMBUATAN TEH Dodi Iskandar	153-158
POTENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS DI KAMPUNG TERNAK “SIDO REJO” SULANG KIDUL, PATALAN, JETIS, BANTUL, YOGYAKARTA Dwi Otik Kurniawati, Adelia Octora Pristisahida	159-167
STUDI KOMPARASI MENYIMPAN DAN MENAMPILKAN DATA HISTORI ANTARA DATABASE TERSTRUKTUR MARIADB DAN DATABASE TIDAK TERSTRUKTUR INFLUXDB Hendra -, Widyastuti Andriyani	168-174
PETA KENDALI ATRIBUT UNTUK MENGIDENTIFIKASI KECACATAN PRODUK FURNITURE DI PT. ISI Elly Wuryaningtyas Yunitasari, Puji Royanto	175-183
UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI EKSTRAK METANOL DAUN PEPAYA (CARICA PEPAYA L.) TERHADAP COLLETOTRICHUM GLOESPORIODES PENYEBAB PENYAKIT ANTROKNOSA PADA TANAMAN KAKAO (THEOBROMA CACAO L.) Dodi Iskandar, Ira Erdiandini, Marsiana Deonesia	184-188
PENGARUH TATA GUNA LAHAN TERHADAP KUALITAS AIR DAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SELOKAN MATARAM YOGYAKARTA Sri Hastutiningrum, Muchlis, Novri Anggia Astari	189-194

REKAYASA VEGETASI UNTUK KONSERVASI LAHAN RAWAN LONGSOR DI LEMBAH SUNGAI CENGKEHAN, KECAMATAN IMOIRI, KABUPATEN BANTUL

Arie Noor Rakhman¹, Muchlis², Bayu Ade Septyawan³

^{1,3}Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

²Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: ¹arie_rakhman@akprind.ac.id, ²muchlis@akprind.ac.id, ³adebayu28s@gmail.com

Masuk: 03 Desember 2019, Revisi masuk: 20 Desember 2019, Diterima: 21 Desember 2019

ABSTRACT

*This study aims to select vegetation as a landslide controller in the Cengkehan River Valley, Imogiri District, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta. It is adjusted to the characteristics and thickness of the landslide, the height, and slope of the morphology, the typical roots and the suitability of the community interest of the plant species. The slope of the valley is 15°-60° and 75-325 meters above sea level. Landslides are on the north cliff in the direction of landslides, N 234°E, along the morphological orientation directed at N324°E. Landslides are slides that combine with the movement of rocks (wedge failure). Landslide material results from weathering of basalt that the degree of weathering of rock is not continuous between levels III and V. The soil is eluvial sediment which is identified as latosol with thickness up to 2 meters. The recommended vegetation for shallow landslide type is deep-rooted vegetation. They are *Dalbergia pinnata* and *Parkia speciosa*, especially for land with slope between 21 to 40%. Recommended vegetation for slopes above 40% is *Aleurites moluccana*. Latosol conservation for landslide mitigation can be optimized for soil fertility and productivity through the use of straw, leaves and banana peels.*

Keyword: Deep-roote, Landslide, Rock, Soil, Vegetation.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk merekayasa vegetasi sebagai upaya memitigasi bencana longsor di lembah Sungai Cengkehan, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Rekayasa vegetasi untuk konservasi tanah dilakukan dengan pemilihan tanaman. Pemilihan tanaman disesuaikan dengan karakteristik dan ketebalan tanah longsor, ketinggian dan kemiringan lereng, serta tipikal akar dan kesesuaian minat masyarakat jenis tanaman. Morfologi lembah berkemiringan lereng 15°-60° dan berketinggian 75 – 325 meter dari permukaan laut. Sebaran longsor berada di tebing utara, berarah N 234° E, di sepanjang orientasi morfologi berarah N324°E. Longsor tanah berjenis luncuran (*slide*) berkombinasi dengan pergerakan batuan yang melongsor baji (*wedge failure*) di sepanjang bidang kekar. Material longsor tanah hasil pelapukan batuan basalt berderajat pelapukan batuan secara tidak menerus antara tingkat III dan V. Endapan eluvial tersebut merupakan tanah latosol berketebalan mencapai 2 meter. Latosol berjenis longsor dangkal memerlukan penanaman vegetasi berakar banyak dan dalam. Arah rekayasa vegetasi pengendali longsor yaitu *Dalbergia pinnata* (sonokeling) dan *Parkia speciosa* (petai) untuk kemiringan lereng antara 21 hingga 40%; sedangkan *Aleurites moluccana* (kemiri) untuk kemiringan lereng di atas 40%. Konservasi tanah rawan longsor dapat dioptimalkan produktivitas lahannya dengan pemanfaatan jerami, daun-daunan dan sampah kulit pisang untuk meningkatkan kesuburan tanah latosol.

Kata-kata kunci: Akar dalam, Batu, Longsor, Tanah, Vegetasi.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian merupakan bagian perbukitan Giriloyo yang berada di wilayah Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Lingkup daerah penelitian berada pada

posisi astronomis berkoordinat 7°55'00" - 7°55'30" LS dan 110°24'20 - 110°24'50 merupakan daerah daerah beriklim tropis. Daerah beriklim tropis dengan posisi astronomis berada pada daerah lintang yang rendah bercurah hujan tinggi

pada musim hujan dan intensitas penetrasi sinar matahari yang cukup tinggi di musim kemarau (Setiadji, 2006) dimana pelapukan batuan dapat menjadi tanah. Daerah penelitian merupakan daerah dengan litologi asal gunungapi yang sudah mengalami pelapukan tinggi (Laksanawati, 2017). Menurut Rahardjo, dkk. (1995) batuan penyusunnya termasuk dalam Formasi Nglanggeran (Tmn), yang tersusun atas breksi gunungapi, breksi aliran, aglomerat, lava dan tuf.

Daerah penelitian merupakan bagian dari Zona Pegunungan Selatan, dimana pelamparan Pegunungan Selatan ini membujur barat-timur dengan panjang mencapai 50 km dan ke arah utara-selatan dengan lebar 40 km (Bronto dan Hartono, 2001). Dalam lingkup Zona Pegunungan Selatan, daerah penelitian termasuk dalam Subzona Baturagung (Rahardjo, dkk, 1995). Daerah penelitian berada di bagian barat Subzona Baturagung pada tubuh tinggian Gunung Sudimoro (± 507 m) yang melampar antara Imogiri hingga Patuk. Bentuk relief Subzona Baturagung bersudut lereng antara 10° - 30° dengan beda tinggi 200-700 meter. Morfologi perbukitan daerah penelitian merupakan bentukan morfologi yang dipengaruhi oleh struktur sesar berarah timurlaut barat daya melalui tepi timur Terban Bantul. Morfologi dengan struktur sesar tersebut terbentuk sebagai akibat proses pengangkatan pada awal Pleistosen (Rahardjo, dkk., 1995).

Lahan dengan tanah yang lapuk dari batuan asal dengan kedudukan searah kemiringan lereng yang curam dapat menyebabkan lahan rawan longsor. Longsor bentuk perpindahan material pembentuk lereng, berupa batuan, tanah, bahan timbunan dan material campuran yang bergerak ke arah bawah dan keluar dari lereng. Tingginya frekuensi longsor di Indonesia sangat berhubungan erat dengan faktor alamiah penyebab dari gerakan massa yang meliputi morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, litologi, struktur geologi, curah hujan, dan kegempaan (Kusumosubroto, 2013).

Identifikasi karakteristik pelapukan batuan untuk mengetahui kemungkinan penyebab terjadinya pelapukan merupakan cara lebih efektif dalam penanganan longsor (Setiadji, 2006). Karakteristik pelapukan batuan mempengaruhi sifat tanah yang terbentuk. Perubahan batuan menjadi tanah dapat dikenali dengan derajat pelapukan batuan melalui perubahan sifat fisiknya. Menurut *Geological Society of London* (1990), perubahan sifat fisik dapat diidentifikasi melalui perubahan warna pelapukan, intensitas diskontinuitas batuan berikut pengisinya dan prosentase kehadiran

mineral penciri pelapukan. Massa batuan yang mengalami pelapukan tersusun atas blok-blok material batuan di antara bidang diskontinu. Komposisi mineralogi dan tekstur adalah sebagian faktor yang mempengaruhi tingkat kecepatan pelapukan massa batuan. Komposisi mineralogi berkaitan dengan jenis mineral dan banyaknya dalam batuan, sedangkan tekstur batuan menyangkut hubungan antar mineral penyusun seperti misalnya hubungan yang saling mengunci (*interlocking*). Sifat fisik material batuan dapat berubah secara signifikan oleh pelapukan kimia yang mengubah komposisi mineral dan tekstur batuan.

Menurut Crozier dan Glade (2004), longsor dapat berupa gerakan massa tanah atau batuan sebagai proses pergerakan material penyusun lereng meluncur atau jatuh ke arah kaki lereng dimana pergerakannya dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Material penyusun suatu lereng dapat terdiri dari tanah, batuan atau keduanya (Karnawati, 2005). Menurut Varnes (1978) dalam Hansen (1984), longsor (*landslide*) merupakan bagian dari gerakan massa. Gerakan massa (*mass movement*) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Longsor dapat diklasifikasikan menjadi: jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak bentang lateral (*lateral spread*), dan gerakan majemuk (*complex movement*). Terdapat 4 tipe longsor pada lereng batuan yaitu: longsor bidang (*plane failure*), longsor baji (*wedge failure*), longsor guling (*toppling failure*) dan longsor busur (*circular failure*) (Hoek & Bray, 1981, dalam Wyllie & Mah, 2005).

Menurut Schumm (1979) dalam Glade, dkk. (2005), faktor pemicu gerakan massa tanah atau batuan umumnya merupakan faktor – faktor yang berasal dari luar lereng. Saveny (2002) dalam Glade, dkk, (2005) menegaskan bahwa faktor-faktor yang berasal dari dalam lereng, seperti pelemahan batuan akibat pelapukan, dapat merupakan proses pemicu gerakan. Crozier dan Glade (2004) menjelaskan bahwa faktor pemicu gerakan merupakan proses yang mengawali suatu gerakan

yaitu terjadinya perubahan kondisi pada lereng dari batas kestabilan marginal (*marginally stable*) menjadi tidak stabil (*actively unstable*). Menurut Karnawati (2002) dapat teridentifikasi 3 tipologi lereng yang rentan untuk bergerak atau longsor, yaitu: (1) Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak; (2) Lereng yang tersusun oleh perlapisan batuan yang miring searah kemiringan lereng dan (3) Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa penyebab gerakan massa tanah atau batuan dapat dibedakan menjadi penyebab yang merupakan faktor kontrol dan merupakan proses pemicu gerakan. Faktor kontrol merupakan faktor-faktor yang membuat kondisi suatu lereng menjadi rentan atau siap bergerak meliputi kondisi morfologi, stratigrafi (jenis batuan serta hubungannya dengan batuan yang lain di sekitarnya), struktur geologi, geohidrologi dan penggunaan lahan. Faktor pemicu gerakan merupakan proses-proses yang mengubah suatu lereng dari kondisi rentan atau siap bergerak menjadi dalam kondisi kritis dan akhirnya bergerak. Umumnya proses tersebut meliputi proses infiltrasi hujan, getaran gempa bumi ataupun kendaraan atau alat berat, serta aktivitas manusia yang mengakibatkan perubahan beban ataupun penggunaan lahan pada lereng. Faktor pengontrol terjadinya longsor pada suatu daerah dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal. Faktor internal terdiri dari jenis atau kondisi geologi batuan dan tanah penyusun lereng, sudut kemiringan lereng (geomorfologi), air tanah atau hidrologi dan struktur geologi. Faktor dari luar (eksternal) yang disebut juga sebagai faktor pemicu yaitu curah hujan, vegetasi penutup, penggunaan lahan pada lereng, getaran gempa dan kegiatan penambangan (Karnawati, 2005).

Daerah tropis dengan keaneka-ragaman vegetasi memungkinkan rekayasa vegetasi dalam penanganan longsor. Rekayasa vegetasi dapat dilakukan dengan atas sifat atau jenis tanah serta lingkungan morfologinya. Rekayasa vegetasi merupakan alternatif cara pencegahan atau mengurangi potensi longsor selain rekayasa mekanis (Hardiyatmo, 2012). Vegetasi atau tanaman dengan tipologinya yaitu tentang tajuk dan perakaran mempunyai peran yang penting dalam mencegah atau mengeliminir pemicu kejadian longsor (Riyanto, 2016). Menurut Suryatmojo dan Soedjoko (2008), fungsi pengendalian longsor dimulai saat tajuk vegetasi berperan sebagai intersepsi,

penyimpan air pada permukaan vegetasi yang tertahan sesaat untuk diuapkan kembali atau diserap vegetasi. Tahap intersepsi dilanjut proses evapotranspirasi yang berperan untuk mengurangi tekanan air pori (kelembaban) dan berat massa tanah serta menambah kekuatan friksi tanah. Perkuatan kekuatan tanah semakin bertambah ketika perakaran semakin berkembang. Rangkaian tahapan tersebut oleh Raut dan Gudmestad (2017) disebut sebagai bagian dari sisi sifat hidrologi (*hydrological property*). Selain sifat hidrologi, sifat utama lainnya tanaman sebagai pengendali stabilitas tanah, yaitu sifat mekanik (*mechanical property*) Keberadaan akar, secara mekanik, menambah kekuatan tanah melalui friksi oleh penambatan akar, dukungan secara lateral lintas zona lemah dan sifat tumbuh akar yang aktif di antara massa tanah yang lemah. Peningkatan daya cengkram tanah oleh akar mampu mengurangi kemungkinan kejadian pergerakan tanah. Rekayasa vegetatif dapat dilakukan dengan menanam vegetasi tanaman keras yang ringan dan mempunyai akar yang dalam (Hardiyatmo, 2012; Mulyono, dkk., 2018).

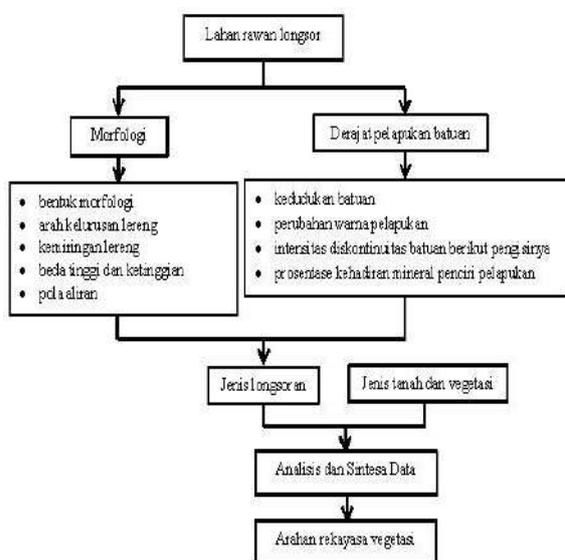
Sebagaimana disebutkan uraian di atas bahwa penggunaan lahan pada lereng dengan pemilihan jenis vegetasi mempunyai peran penting sebagai bagian dari faktor pengontrol pemicu longsor. Sehubungan hal tersebut maka dalam arahan konservasi lahan rawan longsor menitikberatkan pada upaya rekayasa vegetasi berdasarkan sifat tanah produk pelapukan batuan di daerah penelitian.

Penelitian diawali dengan mengidentifikasi karakteristik sifat tanah produk pelapukan batuan melalui pendekatan model derajat pelapukan batuan. Pemodelan derajat pelapukan batuan mengacu pada *Geological Society of London* (1990) yang tertera pada *Geological Society Engineering Group Working Party Report on The Logging of Cores for Engineering Purposes*. Objek penelitian yang dicermati berupa kondisi pelapukan yang digunakan yaitu batuan segar (*fresh*), batuan yang mengalami perubahan warna (*discolored*), batuan lemah (*weakened*), dan tanah (*soil*), ekuivalen dengan derajat pelapukan I, II, III, IV, V, dan VI secara berurutan. Kegiatan tersebut dilakukan pada suatu profil

lereng di lahan yang rawan longsor. Dari karakteristik sifat tanah produk pelapukan batuan dapat diidentifikasi jenis tanah di daerah penelitian.

Selain objek batuan dan tanah, pengamatan juga dilakukan pada kondisi morfologi berupa bentuk morfologi, arah kelurusan dan kemiringan lereng, beda tinggi dan ketinggiannya. Data yang dipergunakan untuk arahan rekayasa vegetasi yaitu karakteristik dan ketebalan tanah longsor, ketinggian dan kemiringan lereng, serta tipikal akar dan kesesuaian minat masyarakat jenis tanaman. Karakteristik batuan, tanah dan morfologi mempengaruhi kesesuaian perkembangan vegetasi (Riyanto, 2016; Raut dan Gudmestad, 2017 dan Mulyono, dkk., 2018). Vegetasi yang dipilih mempunyai tipikal akar untuk mendukung stabilitas lahan miring berupa jenis perakaran yang dalam dan akar serabut yang banyak. Vegetasi atau tanaman besar dengan perakaran yang tidak dalam dapat menambah beban pada lereng (Suryatmojo dan Soedjoko, 2008; Hardiyatmo, 2012).

Melalui hubungan sintesa atas obyek penelitian tersebut maka dapat dibuat arahan rekayasa vegetasi yang tepat pada lahan yang rawan longsor di daerah penelitian. Bagan alir kerangka penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka penelitian

PEMBAHASAN

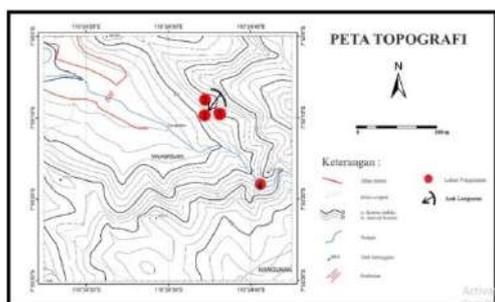
Morfologi di daerah penelitian berupa lembah dengan ketinggian antara 75 hingga 325 meter dari permukaan laut, beda tinggi mencapai 250 meter, arah umum kelurusan lereng N342°E dan kemiringan lereng 15°-60°. Lembah di daerah penelitian merupakan cakup-

an daerah aliran sungai dari Kali Cengkehan yang membentuk pola aliran trellis. Pola aliran trellis mempunyai sungai utama yang berumum aliran N318°E dengan cabang-cabangnya yang cenderung saling tegak lurus membentuk morfologi torehan erosi berupa alur liar dan anak sungai. Kelurusan morfologi lembah tersebut memotong tubuh batuan beku basalt. Dalam pemetaan geologi oleh Priambodo (2019), basalt hadir mendominasi di daerah penelitian sebagai tubuh intrusi dengan kekar tiang dan kekar lembar. Pada beberapa singkapan basalt, di atasnya dijumpai tuf bagian Formasi Kebo Butak dan agglomerat bagian dari Formasi Nglanggran.

Pada lereng bagian utara di lokasi pengamatan 1 berkoordinat 7° 55' 10,00" LS dan 110° 24' 34,74" BT terdapat longsor. Longsor tersebut mengikuti alur liar perkembangan aliran Kali Cengkehan. Di sekitar dan di bawah longsor dijumpai basalt dengan struktur lembar pada lokasi pengamatan 2 (7° 55' 09,65" LS dan 110° 24' 34,07" BT) dan 3 (7° 55' 10,05" LS dan 110° 24' 35,27" BT) dengan derajat pelapukan tingkat II hingga III. Pada elevasi yang tidak jauh berbeda dari lokasi pengamatan 1, 2 dan 3 (interval 125-150 meter dari permukaan laut) pada tubuh sungai di tebing selatan yaitu lokasi pengamatan 4 (7° 55' 17,71" LS dan 110° 24' 41,03" BT) dijumpai basalt (interval 150-175 meter dari permukaan laut). Keberadaan lokasi pengamatan searah orientasi morfologi tebing berarah umum N324°E. Basalt pada lokasi pengamatan 4 berstruktur kekar tegak yang masih segar dengan derajat pelapukan tingkat I hingga II. Antara lokasi pengamatan 3 hingga 4, basalt di tebing utara tertutupi endapan longsor. Lokasi pengamatan di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Derajat pelapukan tingkat I hingga II dijumpai pada basalt di lokasi pengamatan 4 (7° 55' 17,71" LS dan 110° 24' 41,03" BT). Basalt berstruktur kekar tiang dengan kedudukan 31°, N 179° E dalam kondisi segar hingga lapuk ringan. Karakteristik basalt pada derajat pelapukan tingkat I berupa batuan segar dengan ketebalan mencapai 4 hingga 5 meter. Basalt berwarna abu-abu kehitaman struktur masif, fanerik, bentuk kristal *sub-hedral* hingga *euhedral*, hipokristalin,

hubungan kristalnya *equigranular*. Komposisi mineral terdiri dari piroksen, hornblend, plagioklas. Di atas basalt ber-derajat pelapukan tingkat I mulai terdapat ciri-ciri derajat pelapukan tingkat II dengan ketebalan mencapai 3 meter. Basalt lapuk ringan berwarna abu-abu hitam kecoklatan dan di beberapa bagian menampakkan warna merah kecoklatan akibat proses oksidasi. Basalt lapuk berwarna merah kecoklatan yang dijumpai pada bagian kulit dan bidang kekar yang kemudian berkembang ke seluruh material batuan. Singkapan basalt pada lokasi pengamatan 4 dengan bidang kekar yang lembab oleh air, terdapat *corestone* berbentuk struktur *spheroidal weathering*. Selain itu kontak antara air dan oksigen dengan batuan juga menyebabkan proses oksidasi pada mineral plagioklas Ca dan piroksen yang kaya akan unsur besinya dalam batuan (Eggleton, dkk, 1987). Dalam hal tersebut, proses oksidasi menyebabkan perubahan warna pada permukaan batuan menjadi merah karat.



Gambar 2. Peta topografi daerah penelitian (modifikasi Septyawan, 2018)

Derajat pelapukan tingkat II dan III dijumpai pada basalt di lokasi pengamatan 2 ($7^{\circ} 55' 09,65''$ LS dan $110^{\circ} 24' 34,07''$ BT) dan 3 ($7^{\circ} 55' 10,05''$ LS dan $110^{\circ} 24' 35,27''$ BT). Basalt umumnya lapuk ringan berwarna abu-abu hitam dengan berubah warna merah kecoklatan. Beberapa basalt segar masih dijumpai berwarna abu-abu kehitam-hitaman, berstruktur masif, fanerik, bentuk kristal *subhedral* hingga *euhedral*, hipokristalin, hubungan kristalnya *equigranular*. Komposisi mineral terdiri dari piroksen, hornblend, plagioklas. Semakin ke atas, spasi kekar semakin rapat berkisar antara 10-20 cm. Ciri lapuk ringan dicermati dari perubahan warna tipis pada permukaan batuan dan bidang kekar menjadi merah kecoklatan akibat oksidasi. Pada bagian bawah basalt berderajat pelapukan tingkat II dengan ketebalan mencapai 3 meter, mempunyai kekerasan material batuan yang relatif tidak jauh berbeda dengan kondisi segarnya. *Cores-*

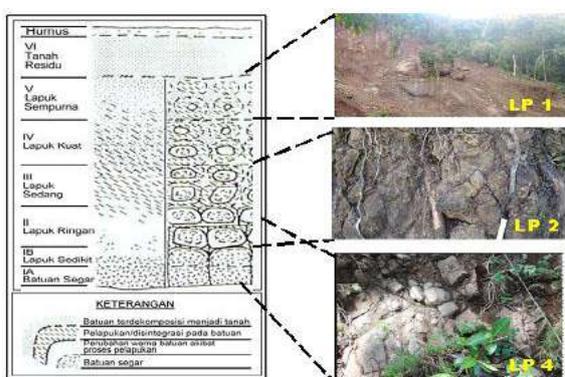
tone berstruktur *spheroidal weathering* semakin ke atas semakin banyak dijumpai, berbatasan dengan bidang kekar yang lapuk. Keberadaan *corestone* mencapai hampir 70% dari batuan yang tersingkap, sebagai penanda keberadaan derajat pelapukan tingkat III, berketebalan mencapai 3 meter. Celah antar *corestone* terisi akar-akar tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut hidup pada lapisan batuan yang telah lapuk. Perubahan kondisi batuan di atas derajat pelapukan tingkat III tersebut kontras menjadi derajat pelapukan tingkat V.

Pada derajat pelapukan tingkat V, seluruh batuan telah terdesintegrasi menjadi tanah dimana beberapa struktur *spheroidal weathering* masih dapat diamati. Struktur dan tekstur batuan umumnya telah hancur menjadi endapan longsor, teramati dengan baik pada lokasi pengamatan 1 ($7^{\circ} 55' 10,00''$ LS dan $110^{\circ} 24' 34,74''$ BT). Ketebalan lapisan material rombakan ini mencapai 2 meter, telah bergerak menjadi longsor jenis luncuran (*slide*). Di bawah material rombakan dijumpai batuan yang telah bergerak longsor membentuk longsor baji (*wedge failure*). Gerak longsor berarah barat daya, $N 234^{\circ} E$. Kenampakan masing-masing derajat pelapukan batuan di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Keberadaan basalt dengan derajat pelapukan tingkat I hingga II (lokasi pengamatan 4) merupakan bagian tubuh basalt bagian bawah daripada tubuh basalt berderajat pelapukan tingkat II hingga III (lokasi pengamatan 2 dan 3). Material longsor yang teramati di lokasi pengamatan 1 merupakan bagian batuan yang telah lapuk di atas lokasi pengamatan 2 dan 3, berderajat pelapukan tingkat V. Keberadaan batuan dengan derajat pelapukan V di atas batuan berderajat pelapukan III menunjukkan adanya ketidak-menerusan derajat pelapukan. Keberadaan material longsor tersebut diinterpretasikan sebagai endapan eluvial yang dipindahkan tidak jauh dari batuan asalnya akibat ketidakstabilan lereng oleh faktor gravitasi.

Keberadaan basalt di daerah penelitian berdasarkan pengamatan petrografi oleh Laksanawati (2017), basalt tersebut berasal dari penerobosan magma. Basalt pada lokasi pengamatan 4 dengan derajat pelapukan I hingga II

diinterpretasikan sebagai tubuh batuan dasar dimana di atasnya basalt dengan derajat pelapukan II hingga III dijumpai pada lokasi pengamatan 2 dan 3. Morfologi tebing selatan didominasi basalt yang masih segar (lokasi pengamatan 4) bila dibandingkan dengan tebing utara yang didominasi basalt yang lapuk dan longsor (lokasi pengamatan 2 dan 3). Keberadaan basalt di lokasi pengamatan 2 dan 3 (basalt lapuk) berelevasi di bawah lokasi pengamatan 4 (basalt segar) diinterpretasikan adanya indikasi struktur sesar di tubuh Kali Cengkehan sebagai pembatas sebaran antara basalt kekar lembar di tebing utara dengan basalt berkekar tegak di tebing selatan.



Gambar 3. Hubungan derajat pelapukan batuan di daerah penelitian

Tanah berwarna coklat hingga coklat kemerah-merahan, tersusun dari butir mineral berukuran pasir. Mineral asal dari bahan induk tanah berupa mineral felsik berwarna terang (plagioklas) dan mineral mafik berwarna kelam (piroksen) dengan mineral lempung (smektit). Sebagai endapan eluvial, mineral yang dijumpai pada tanah merupakan produk pelapukan batuan vulkanik basalt dimana tersusun oleh mineral labradorit, kaya mineral feromagnesium hipersten, lapuk hadir sebagai mineral montmorilonit. Tanah tersebut teridentifikasi sebagai jenis tanah latosol (Soeprahardjo, 1961 dalam Subardja, 2007). Tanah latosol merupakan tanah penyusun daerah Imogiri, berasal dari pelapukan batuan induk breksi (BAPPEDA Bantul, 2018).

Tanah latosol di daerah penelitian berada pada morfologi dengan kemiringan lereng antara 15° hingga 60° atau berkisar 33% hingga 133%. Dari pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan lahan daerah penelitian berupa kebun campuran, ladang dan sedikit hutan sejenis, sehingga penutup lahannya jarang. Menurut Sutarno (2012), kompleks tanah latosol mempunyai tingkatan dari peka hingga sangat peka terhadap erosi

dan pengikisan. Lereng dengan kemiringan lebih dari 20° atau 40% dengan tumbuhan berakar pendek beresiko longsor, tidak mampu menahan erosi di bawah tekanan curah hujan (Hardiyatmo, 2012). Berdasarkan Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum (2007) dalam Mulyono, dkk. (2018), alternatif pohon yang bisa digunakan untuk penanganan longsor di daerah penelitian dengan kriteria kemiringan lereng yaitu antara 21 hingga 40% dan lebih dari 40%, dapat dilihat pada Tabel 1.

Longsoran tanah di daerah penelitian berjenis luncuran (*slide*) ketebalan tanah mencapai 2 meter termasuk tipe longsoran dangkal. Tanaman berakar dalam dapat digunakan untuk memperkuat lereng terutama longsoran dangkal. (Hardiyatmo, 2012). Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 47/Permentan/OT.140/10/2006, vegetasi yang dianjurkan untuk penanganan longsor yaitu jenis tanaman berakar dalam, dapat menembus lapisan kedap air, mampu merembeskan air ke lapisan yang lebih dalam, dan mempunyai massa yang relatif ringan (Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2006). Vegetasi dengan kriteria tipikal akarnya kesesuaian kondisi daerah lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Morfologi perbukitan di daerah penelitian mempunyai ketinggian berkisar 100 hingga 325 meter dari permukaan laut. Menurut arahan Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2016, pemilihan jenis tanaman dalam pengendalian longsor lahan juga didasarkan ketinggian tempat tumbuh tanaman dari muka laut atau elevasi. Elevasi adalah rentang ekologis untuk tumbuh tanaman di mana ada tanaman yang memiliki rentang ekologis sempit dan lebar (Riyanto, 2016). Tanaman atau vegetasi berdasarkan ekologis atas kondisi elevasi di daerah lapangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Vegetasi di daerah penelitian umumnya berupa semak-semak belukar dan di bagian atas lereng ditumbuhi pepohonan jati. Vegetasi berupa pepohonan yang dominan di daerah Imogiri sangat dipengaruhi oleh aktivitas masyarakat, terbagi menjadi 2 kelompok vegetasi

yaitu satu kelompok sonokeling, mahoni, jati; dan pinus, kayu putih, akasia pada kelom-pok yang lain (Nahdi, dkk., 2014). Penilaian vegetasi pengendalian longsor berdasarkan kebijakan pemerintah (Tabel 1), arahan rekayasa vegetasi untuk kemiringan lereng antara 21 hingga 40% yaitu *Dalbergia pinnata* (sonokeling) dan *Parkia speciosa* (petai); sedangkan untuk kemiringan lereng di atas 40% yaitu *Aleurites moluccana* (kemiri). Jenis vegetasi dominan berupa mahoni, jati, pinus, kayu putih, dan akasia, belum sesuai dengan kebijakan pemerintah untuk arahan rekayasa vegetasi untuk konservasi tanah rawan longsor. Penanaman petai dan kemiri sebagai alternatif arahan rekayasa vegetasi masih perlu disosialisasikan ke masyarakat.

Tanah latosol berstruktur tanah gumpal halus sampai remah dan konsistensi gembur akan sangat membantu perkembangan akar tanaman dan mempermudah penetrasi akar ke dalam tanah (Subardja, 2007). Menurut

Septiningsih dan Haryanti (2015), tanah ini mempunyai tingkat kesuburan rendah. Latosol mempunyai kapasitas tukar kation dan kandungan hara yang rendah. Hal ini dikarenakan tanah telah mengalami pelapukan intensif, sehingga terjadi pelindian kation-kation hara dan bahan organik dengan meninggalkan besi oksida (Fe_2O_3) dan aluminium oksida (Al_2O_3). Tingkat keasaman tanah latosol sekitar 4,5-6,0 (Schaetzel and Anderson, 2005 dalam Septiningsih dan Haryanti, 2015). Untuk mendukung kelangsungan ekologis vegetasi pengendalian longsor, maka pemanfaatan jerami, daun-daunan dan sampah kulit pisang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation dan ketersediaan unsur hara sehingga kesuburan dan produktivitas lahan dapat ditingkatkan (Septiningsih dan Haryanti, 2015).

Tabel 1. Jenis tanaman pengendalian longsor di daerah penelitian

No	Jenis Tanaman	Kemiringan Lereng ¹⁾		Kesesuaian Tipikal Akar ²⁾	Elevasi Ekologis <500 (m dpl) ³⁾
		21-40%	>40%		
1	<i>Aleurites moluccana</i> (kemiri)	-	+	+	+
2	<i>Agathis alba</i> (damar)	-	+	-	-
3	<i>Cinnamomum zaylanicum</i> (kayu manis)	-	-	+	-
4	<i>Kaliandra Calliandra</i> (kaliandra)	+	-	-	+
5	<i>Cassia siamea</i> (johar)	-	+	-	+
6	<i>Dalbergia pinnata</i> (sonokeling)	+	-	+	+
7	<i>Leucaena leucephala</i> (lamtoro)	+	-	-	+
8	<i>Parkia speciosa</i> (petai)	+	-	+	+
9	<i>Pinus mercurii</i> (pinus)	+	-	-	-
10	<i>Swietenia macrophylla</i> (mahoni)	+	+	-	+
11	<i>Eugenia aromatica</i> (cengkeh)	-	-	+	+
12	<i>Tectona grandis</i> (jati)	-	+	-	+

Keterangan:

¹⁾ Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007

²⁾ Peraturan Menteri Pertanian Nomor : 47/Permentan/OT.140/10/2006

³⁾ Arahan Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Riyanto, 2016)

KESIMPULAN

Longsoran di daerah penelitian merupakan kombinasi antara pergerakan tanah dengan jenis luncuran (*slide*) dan batuan batuan yang telah bergerak longsor membentuk longsoran baji (*wedge failure*). Material longsoran dipengaruhi oleh pelapukan batuan basalt dengan perubahan derajat pelapukan batuan yang tidak menerus, kontak antara tingkat III dan V. Longsoran berada pada morfologi lembah dengan kemiringan lereng 15°-60° dengan ketinggian 75 – 325 meter dari permukaan laut. Sebaran longsoran berada di tebing

utara Kali Cengkehan, berarah barat daya, N 234° E, dengan orientasi searah morfologi berarah N324°E. Tanah yang teronggok di daerah penelitian merupakan endapan eluvial yang teridentifikasi sebagai latosol dengan ketebalan mencapai 2 meter. Latosol dengan jenis longsor dangkal memerlukan penanaman vegetasi pengendali longsor yang berakar banyak dan dalam. Arahan rekayasa penanaman vegetasi yaitu *Dalbergia pinnata* (sonokeling) dan *Parkia speciosa* (petai) untuk kemiringan lereng antara 21 hingga 40%; sedangkan *Aleurites moluccana*

(kemiri) untuk kemiringan lereng di atas 40%. Konservasi tanah rawan longsor dapat dioptimalkan produktivitas lahannya dengan pemanfaatan jerami, daun-daunan dan sampah kulit pisang untuk meningkatkan kesuburan tanah latosol.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Bantul, 2018, *Profil Daerah Kabupaten Bantul Tahun 2018*, hal. 1-419.
- Crozier, M. J. dan Glade T., 2004, *Landslide Hazard and Risk: Issues, Concepts and Approach in Landslides Hazard and Risk*, John Wiley and Sons, hal. 1-35.
- Eggleton, R. A., Foudoulis, C., dan Varkevisser, D., 1987. Weathering of Basalt: Changes in Rock Chemistry and Mineralogy, *Clays and Clay Minerals*, Vol. 35, No. 3. hal. 161-169.
- Geological Society of London, 1990, Tropical Residual Soils: Geological Society Engineering Group Working Party Report on The Logging of Cores for Engineering Purposes, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, Geological Society of London, Vol. 23, No. 1, hal. 4-101.
- Glade, T., Anderson, M., dan Crozier, M.J., 2005, *Landslides Hazard and Risk*, 1st edition, John Wiley and Sons Ltd., East Sussex.
- Hansen, M. J., 1984, *Strategies for Classification of Landslides*, John Wiley & Sons, New York.
- Karnawati, D., 2002, Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya, *Makalah Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor*, Semarang 11 April 2002, Pusat Studi Kebumihan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Karnawati, D., 2005, *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*, Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kusumosubroto, H., 2013. *Aliran Debris dan Lahar, Pembentukan, Pengaliran dan Pengendaliannya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Laksanawati, D. N. A., 2017, Geologi dan Identifikasi Fasies Gunungapi Dari Data Geomorfologi Daerah Giriloyo dan Sekitarnya, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, *Skripsi*, Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta (tidak dipublikasikan).
- Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2006, *Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan*, Permentan Nomor: 47/Permentan/OT.140/10/2006, Jakarta.
- Mulyono, A., Subardja, A., Ekasari, I., Lailati, M., Sudirja, R., dan Ningrum, W., 2018, The Hydromechanics of Vegetation for Slope Stabilization, *Global Colloquium on GeoSciences and Engineering*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Nahdi, M. S., Marsono, D., Djohan, T.S., dan Baequni, M., 2014, Struktur Komunitas Tumbuhan dan Faktor Lingkungan di Lahan Kritis, Imogiri Yogyakarta, *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 21, No.1, Maret 2014, hal 67-74.
- Priambodo, T., 2019, Analisis Kinematik Bidang Diskontinuitas untuk Mengidentifikasi Gerakan Massa di Daerah Giriloyo dan Sekitarnya, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, *Seminar*, Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta (tidak dipublikasikan).
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H. M., 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Raut, R. dan Gudmestad, O. T., 2017, Use of Bioengineering Techniques to Prevent Landslides in Nepal For Hydropower Development, *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, Vol. 12, No. 4, hal 418-42, DOI: 10.2495/DNE-V12-N4-418-427.
- Riyanto, H. D., 2016, *Rekayasa Vegetatif untuk Mengurangi Risiko Longsor*, Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Surakarta.
- Septiningsih, E. dan Haryanti, S., 2015, Kandungan Selulosa dan Lignin Berbagai Sumber Bahan Organik Setelah Dekomposisi pada Tanah Latosol, *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, Vol. XXIII, Nomor 2, Oktober 2015, hal. 34-42.
- Septyawan, B. A., 2018. Karakteristik Tingkat Pelapukan Batuan Penyusun Lereng dan Implikasinya Terhadap Potensi Gerakan Massa di Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, *Seminar*, Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta (tidak dipublikasikan).

Setiadji P, Sadisun I. A., dan Bandonu, 2006, Pengamatan dan Pengujian Lapangan dalam Karakterisasi Pelapukan Andesit di Purwakarta, *Jurnal Geoaplika*, Vol 1. No 1, hal 3-13.

BIODATA PENULIS

Arie Noor Rakhman, S.T., M.T., lahir di Yogyakarta tanggal 29 Mei 1976, menyelesaikan studi S1 tahun 1999 di Jurusan Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta, S2 tahun 2002 di Jurusan Teknik Geologi UGM, dan Kandidat Doktor pada bidang geologi teknik di Universitas Padjadjaran Bandung. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat geologi

teknik, kebencanaan geologi dan struktur geologi.

Dr. Muchlis, S.P., M.Sc., lahir di Jakarta tanggal 9 Februari 1974, menyelesaikan studi S1 tahun 1998 di Jurusan Agronomi UPN "Veteran" Yogyakarta, S2 tahun 2007 di Program Manajemen Lingkungan Universiti Kebangsaan Malaysia, dan S3 tahun 2012 di Program Geologi Universiti Kebangsaan Malaysia. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat geologi lingkungan.

Bayu Ade Septyawan, lahir di Karanganyar tanggal 28 September 1995, saat ini sedang menempuh studi S1 di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta pada bidang minat geologi teknik dan struktur geologi.

DESULFURISASI BATUBARA DENGAN METODE FLOTASI MENGUNAKAN GEL LIDAH BUAYA

Abdullah Kuntaarsa¹, Purwo Subagyo²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Email: ¹kuntaarsa@yahoo.com, ²subagyo_p@yahoo.com

Masuk: 13 Desember 2019, Revisi masuk: 02 Januari 2020, Diterima: 03 Januari 2020

ABSTRACT

Coal is a solid hydrocarbon rock formed from organic deposits, plant remnants in an oxygen-free environment, effects of pressure and heat that lasts very long. Indonesian coal contains very high sulfur pyrite. Very high levels of sulfur in coal cause environmental pollution and damage to combustion tools. The aim of this research is to reduce the sulfur content in coal using the flotation method, using aloe vera gel.

Flotation, the process of separating solids that occur due to differences in surface properties and takes place in a system consisting of three phases, namely the gas, liquid and solid phases, with the help of surfactants there will be a separation between the hydrophobic component and the hydrophilic component, where coal which was originally hydrophilic is converted into hydrophobic with the help of surfactants, thus that the sulfur inside can be separated. In this study, aloe vera gel was used as a surfactant which has high saponin levels. The addition of surfactants causes coal components that are less hydrophobic to become more hydrophobic.

Based on the research, the more the addition of aloe vera gel in the flotation process, the more sulfur is taken and the optimum amount of aloe vera gel is 300 ml can reduce sulfur by 45.4024%. As for the flow rate, the smaller the flow rate, the longer contact time and the optimum air flow rate is 0.376 L/minute able to absorb 38.7776% sulfur.

Keywords: *Aloe vera, Coal, Desulphurization, Flotation.*

INTISARI

Batubara, batuan hidrokarbon padat terbentuk dari endapan organik, dari sisa-sisa tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Batubara di Indonesia mengandung sulfur pirit sangat tinggi. Kadar sulfur yang sangat tinggi pada batubara menyebabkan pencemaran lingkungan dan kerusakan alat pembakaran. Penelitian bertujuan untuk menurunkan kadar sulfur pada batubara dengan metode flotasi, menggunakan gel lidah buaya.

Flotasi, proses pemisahan padatan yang terjadi akibat perbedaan sifat permukaan dan berlangsung pada suatu sistem yang terdiri dari tiga fasa yaitu fasa gas, cair dan padat, dengan bantuan surfaktan akan terjadi pemisahan antara komponen hidrofobik dan komponen hidrofilik, dimana batubara yang awalnya bersifat hidrofilik diubah menjadi hidrofobik dengan bantuan surfaktan agar sulfur didalamnya dapat terpisah. Pada penelitian ini digunakan gel lidah buaya sebagai surfaktan yang memiliki kadar saponin tinggi. Penambahan surfaktan menyebabkan komponen batubara yang kurang hidrofobik menjadi lebih hidrofobik.

Dari penelitian diketahui, semakin banyak penambahan jumlah gel lidah buaya pada proses flotasi maka sulfur yang terambil semakin banyak dan jumlah gel lidah buaya optimum adalah 300 ml dapat mengurangi sulfur sebesar 45,4024%. Sedangkan untuk laju alir, semakin kecil laju alir maka waktu kontak semakin lama dan didapatkan laju alir udara optimum adalah sebesar 0,376 L/menit mampu menyerap sulfur 38,7776%.

Kata-kata kunci: Batubara, Desulfurisasi, Flotasi, Lidah buaya.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan hasil tambang penting yang digunakan di berbagai industri seperti energi, baja, dan semen. Produksi batu bara di Indonesia meningkat tiap tahunnya mengingat meningkatnya

kebutuhan batubara dalam negeri. Hal ini membuat Indonesia menjadi salah satu negara penghasil batu bara terbesar di dunia. Potensi sumber daya batubara di Indonesia terdapat di berbagai wilayah terutama di pulau Kalimantan dan pulau

Sumatera, sedangkan di daerah lainnya dapat dijumpai batubara walaupun dalam jumlah kecil dan belum dapat ditentukan keekonomisannya, seperti di Jawa Barat, Jawa Tengah, Papua dan Sulawesi. Batubara Indonesia sebagian besar berada pada perbatasan antara batubara subbitumen dan batubara bitumen, tetapi hampir 59% adalah lignit. Namun sayangnya batubara di Indonesia ini banyak menimbulkan pencemaran lingkungan dan kerusakan pada alat pembakaran. Pembakaran batubara yang mengandung sulfur pirit tinggi dapat membentuk polutan gas SO_x seperti gas SO_2 , yang berpotensi membentuk hujan asam yang bersifat korosif, berbahaya bagi kelangsungan hidup di darat dan di laut (Aladdin, 2009).

Dalam usaha mereduksi kadar sulfur batubara, berbagai teknologi desulfurisasi telah dan sedang dikembangkan. Beberapa metode desulfurisasi yang biasa digunakan dibagi menjadi 3, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Metode desulfurisasi secara fisika memiliki kelebihan diantaranya, mampu menurunkan sulfur sebesar 72% serta dapat dilakukan dengan mudah dan biaya yang murah dibandingkan metode lainnya.

Pada proses desulfurisasi biasanya menggunakan surfaktan untuk memisahkan sulfur pada batubara. Surfaktan yang berasal dari sintesis minyak bumi dapat digunakan pada desulfurisasi tetapi surfaktan ini tidak ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan sulit untuk diuraikan. Sehingga dibutuhkan surfaktan yang ramah lingkungan yang limbahnya dapat diuraikan oleh mikroorganisme (biosurfaktan). Surfaktan pada proses desulfurisasi dapat memisahkan sulfur dari batubara dengan cara menurunkan tegangan permukaan batubara sehingga surfaktan lebih mudah masuk ke dalam pori-pori batubara. Surfaktan memiliki 2 gugus molekul yaitu hidrofilik dan hidrofobik, apabila surfaktan sudah masuk dalam pori-pori batubara surfaktan akan membuat sulfur yang bersifat hidrofobik menjadi bersifat hidrofilik sehingga sulfur akan terbawa oleh air dan terpisah dari batubara (Pratama, dkk, 2013).

Dari pertimbangan diatas, pada penelitian ini menggunakan metode desulfurisasi batubara secara fisika yaitu dengan cara flotasi menggunakan gel lidah buaya yang mengandung saponin sebagai surfaktan alami. Variabel yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah jumlah surfaktan, dan laju alir udara.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa banyak persentase pengurangan sulfur yang dihasilkan dari proses desulfurisasi batubara menggunakan gel lidah buaya?
2. Bagaimana kondisi optimum dari masing-masing variable desulfurisasi batubara metode flotasi?

Tujuan utama penelitian ini adalah mereduksi kandungan sulfur batubara yang berasal dari Malinau, Kalimantan Utara dengan metode flotasi menggunakan gel lidah buaya. Dari penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai mekanisme pemisahan sulfur batubara secara flotasi. Secara lebih terinci, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektivitas gel lidah buaya dalam mengurangi kadar sulfur batubara.
2. Untuk mencari kondisi optimum dari masing-masing variabel desulfurisasi yang diamati dengan tetap mempertahankan partikel batubara.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan baku dalam penelitian ini adalah batubara, dengan batasan sebagai berikut:

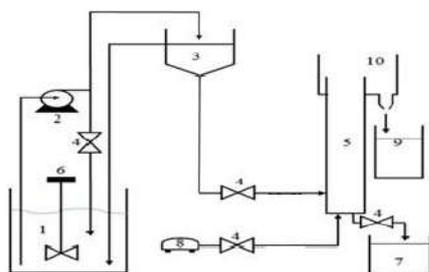
1. Massa batubara 200 gr.
2. Volume air 25 L.
3. Ukuran partikel batubara 100 mesh.
4. Laju alir umpan 0,3045 liter/detik.
5. pH campuran 6.
6. Analisis yang dilakukan adalah analisis kadar sulfur.

Persiapan Bahan

1. Batubara dari PT. Kayan Putra Utama Coal
Batubara dihaluskan dengan penggilingan. Kemudian batubara diayak hingga diperoleh ukuran batubara dengan ukuran 100 mesh, lalu sampel dianalisis kandungan sulfur.
2. Gel Lidah Buaya
Pada gel lidah buaya, mula-mula kulit lidah buaya disayat, kemudian diambil daging dan gelnya untuk dihancurkan dengan menggunakan blender sampai halus. Setelah itu di panaskan sampai mencapai suhu $60^{\circ}C$, kemudian di biarkan dingin.
3. Air

Rangkaian Alat

Gambar 1 menampilkan alat proses desulfurisasi batubara yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Rangkaian alat proses desulfurisasi batubara

Keterangan:

1. Tangki pengkondisian
2. Pompa
3. Tangki umpan
4. Kran
5. Kolom flotasi
6. Pengaduk
7. Tangki penampung *slurry*
8. Kompresor
9. Tangki penampung batu bara
10. Tangki *overflow*

Proses Desulfurisasi

Alat flotasi yang akan digunakan dirangkai. Sampel batubara dan gel lidah buaya ditimbang dengan berat tertentu. Batubara sampel dan gel lidah buaya dimasukkan ke dalam tangki pengkondisian (tangki 1). Kemudian air dimasukkan ke dalam tangki pengkondisian (tangki 1). Campuran batubara, larutan lidah buaya, dan air diaduk. Kemudian campuran dialirkan menuju kolom flotasi. Udara dialirkan dari kompresor dengan laju alir udara sebesar 0,438 liter/menit, dengan berat batubara 200 gram, dengan jumlah gel lidah buaya 100 ml, kemudian diulangi dengan variable jumlah gel lidah buaya yang berbeda, yaitu 150 ml; 200 ml; 250 ml; dan 300 ml. Flotasi diulangi dengan variabel laju alir udara 0,25 liter/menit; 0,376 liter/menit; 0,438 liter/menit; 0,51 liter/menit; dan 0,74 liter/menit.

Pengertian Batubara

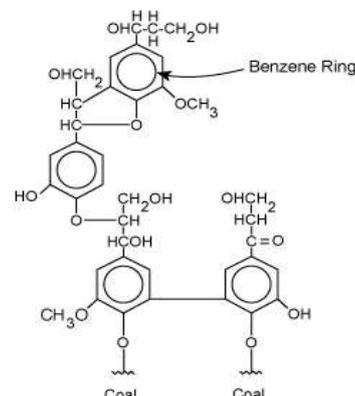
Batubara merupakan batuan hidrokarbon padat yang terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen, serta terkena pengaruh tekanan dan panas yang berlangsung sangat lama. Proses pembentukan (*coalification*) memerlukan

jutaan tahun, mulai dari awal pembentukan yang menghasilkan gambut, lignit, subbituminus, bituminous, dan akhirnya terbentuk antrasit. Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuh-tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen dan terkena pengaruh temperatur serta tekanan yang berlangsung sangat lama

(<http://www.ptba.co.id/id/berita/detail/563/getting-to-know-coal>, 10 Desember 2019).

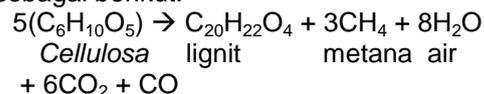
Di Indonesia, endapan batubara yang bernilai ekonomis terdapat di cekungan tersier yang terletak di bagian barat Paparan Sunda (termasuk Pulau Sumatera dan Kalimantan), pada umumnya endapan batubara tersebut tergolong usia muda, yang termasuk kelompok batubara berumur tersier bawah dan tersier atas.

Pembentukan batubara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batubara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk. Rumus bangun batubara ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rumus bangun batubara

Menurut Sukandarrumidi (2006) reaksi pembentukan batubara dapat diperlihatkan sebagai berikut:



Klasifikasi dan Kandungan Batubara

Menurut *American Society for Testing Material (ASTM)*, klasifikasi batubara secara umum yang dipergunakan dalam industri sebagai berikut:



Gambar 3. Jenis-jenis batubara

1. Antrasit ($C_{94}OH_3O_3$), adalah kelas batubara tertinggi dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, yang terdiri dari subkelas meta-antrasit, antrasit, dan semi-antrasit. Kelas batubara ini mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%, dan kandungan abu yang sedikit. Antrasit memiliki kandungan kalori yang paling tinggi yaitu diatas 7777 kcal/kg.
2. Bituminus ($C_{80}OH_5O_{15}$), merupakan kelas batubara dengan warna hitam mengkilat, yang memiliki kandungan kalori antara 5833 kcal/kg – 7777 kcal/kg, dengan unsur karbon (C) 68% – 86%, kandungan abu yang sedikit, dan kadar air 8% – 10% dari beratnya.
3. Sub-bituminus ($C_{75}OH_5O_{20}$), merupakan kelas batubara dengan warna hitam mengkilat, yang mengandung sedikit karbon dan banyak air serta dengan kandungan kalori yang lebih rendah rendah yaitu antara 4611 kcal/kg – 5833 kcal/kg, oleh karenanya menjadi sumber panas yang kurang efisien dibandingkan dengan bituminous.
4. Lignit atau batubara coklat ($C_{70}OH_5O_{25}$), adalah batubara yang sangat lunak dengan nilai kalori yang lebih rendah dibandingkan dengan sub-bituminus sekitar 3500-4611 kcal/kg dan mengandung air 35-75% dari beratnya, serta memiliki kandungan abu dan sulfur yang banyak.
5. Gambut ($C_{60}H_6O_{34}$), adalah kelas batubara yang paling rendah nilai kalorinya dibawah 3500 kcal/kg dengan kandungan kadar air diatas 75% dari beratnya.

Batubara juga merupakan batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen.

Disamping unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, belerang, dan nitrogen di dalam batubara ditemukan pula unsur-unsur

logam yang berasal dari pengotor batubara, yaitu lapisan batubara yang tersisip dan terperangkap diantara lapisan batubara.

Secara kimia, batubara tersusun atas tiga komponen utama, yaitu:

1. Air (*moisture*)

Dalam batubara *moisture* paling sedikit terdiri atas satu senyawa kimia tunggal. Wujudnya dapat berbentuk air yang dapat mengalir dengan cepat dari dalam sampel batubara, senyawa teradsorpsi, atau sebagai senyawa yang terikat secara kimia. Sebagian *moisture* merupakan komponen zat mineral yang tidak terikat pada batubara. *Moisture* dapat dihilangkan bila batubara dipanaskan sampai 105°C

2. Senyawa batubara (*coal substance* atau *coal matter*)

Senyawa batubara terdiri atas zat organik yang mudah menguap dan *fixed carbon*. Zat organik yang mudah menguap kebanyakan tersusun atas: a. gas-gas yang dapat terbakar seperti hidrogen, karbon monoksida, dan metan, b. uap yang dapat mengembun, seperti tar dengan sedikit kandungan gas yang dapat terbakar, dan c. uap seperti karbon dioksida dan air, yang terbentuk dari penguraian senyawa karbon secara termis. Kandungan *volatile matter* (gabungan zat organik dan anorganik yang mudah menguap) berkaitan sekali dengan peringkat batubara dan merupakan parameter yang penting dalam mengklasifikasikan batubara.

3. Zat mineral (*mineral matter*)

Zat mineral atau *mineral matter* terdiri atas komponen-komponen yang dapat dibedakan secara kimia dan fisika. Zat mineral terdiri atas *ash* (abu) dan zat anorganik yang mudah menguap (*inorganic volatile matter*). Apabila batubara dibakar akan terbentuk *ash* yang terdiri atas berbagai oksida logam pembentuk batuan, sedangkan zat anorganik yang mudah menguap akan pecah menjadi gas karbon dioksida (dari karbonat-karbonat), sulfur (dari pirit), dan air yang menguap dari lempung.

Mineral terbanyak di dalam batubara, yaitu kaolin, lempung, pirit, dan kalsit. Semua mineral itu akan mempertinggi kadar silikon lainnya. Oksida aluminium, besi, dan kalsium, di dalam *ash*. Kemudian menyusul berbagai senyawa magnesium, natrium, kalium, mangan, fosfor, dan sulfur yang didapatkan dalam *ash* dengan persentase yang berbeda-beda.

Fixed carbon merupakan residu yang tersisa setelah *moisture* dan *volatile matter* dihilangkan. Senyawa ini yang terdiri atas unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen, dapat dibakar.

Batubara di Indonesia dan Pemanfaatannya

Pengembangan pemanfaatan batubara dalam industri di Indonesia sebagai berikut:

a. Bahan bakar pembangkit tenaga listrik
Dalam pembangkit tenaga listrik, batubara digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sebagai bahan bakar pembangkit listrik, maka PLTU merupakan pengguna batubara terbesar. Diperkirakan akan meningkat terus permintaan batubara sebagai bahan bakar PLTU. Hal ini dikarenakan akan banyaknya dibangun PLTU-PLTU yang baru.

b. Bahan bakar industri semen
Industri ini menempati urutan kedua dalam penggunaan batubara sebagai bahan bakar. Bila dilakukan perluasan industri semen ini maka akan mengalami peningkatan kebutuhan pasokan batubara. Persyaratan mutu batubara yang dibutuhkan oleh industri semen:

- Nilai bakar (kalor) net cukup tinggi, yaitu >6000 cl/gr
 - *Volatil matter* medium maksimum 36-42%
 - *Total Moisture* maksimum 12%
 - Kadar abu maksimum 6%
 - Kadar sulfur maksimum 0,8%
 - Kadar alkali dalam abu maksimum 2%
- c. Bahan baku industri

Batubara sebagai bahan baku industri seperti jenis antrasit digunakan bahan produksi sebagai reduktor di peleburan timah dan sebagai bahan bakar pada pengeringan bijih pada industri pengolahan logam, bahan bakar dalam industri penuangan logam (dalam bentuk kokas), pemurnian pada industri kimia. Persyaratan utama batubara dijadikannya sebagai bahan bakar dan sumber panas untuk industri pengolahan logam adalah (Sukandarrumidi, 1995):

- Nilai kalori batubara >6000 cl/gr
- Kandungan abu sedikit maksimal 6%
- Kandungan sulfur kurang dari 0,025%
- Kandungan moisture harus rendah
- Kandungan fosfor rendah

Tabel 1 dan Tabel 2 menampilkan persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya.

Tabel 1. Persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya

	Karbon (%)	Volatile Matter (%)	Calorific Value (MJ/kg)	Moisture (%)
Gambut	60	>53	16,8	>75
Lignit	60-71	53-49	23	35
Subbitumen	71-77	49-42	29,3	25-10 (insitu)
Bitumen	77-87	42-29	36,3	8 (insitu)

Tabel 2. Persyaratan batubara yang diizinkan untuk operasi PLTU Suralaya

No	Unsur	Unit	Worst	Average
1	HHV	Kgcal/kg	4,225	5,242
2	Total moisture	%	28,3	23,6
3	Volatile matter	%	15,1	30,3
4	Ash content	%	12,8	7,8
5	Sulphur content	%	0,9	0,4
6	HGI	-	59,4-65	61,8

Sulfur pada Batubara

Sulfur dalam batubara didapatkan dalam bentuk mineral sulfat, mineral sulfida dan material organik. Sulfur adalah salah satu komponen dalam batubara, yang terdapat sebagai sulfur organik maupun anorganik. Terdapat 3 (tiga) jenis sulfur yang terdapat dalam batubara, yaitu:

1. Sulfur pirit

Pirit dan markasit merupakan mineral sulfida yang paling umum dijumpai pada

batubara. Kedua jenis mineral ini memiliki komposisi kimia yang sama (FeS_2) tetapi berbeda pada sistem kristalnya. Pirit berbentuk isometric sedangkan Markasit berbentuk orthorombik. Pirit (FeS_2) merupakan mineral yang memberikan kontribusi besar terhadap kandungan sulfur dalam batubara, atau lebih dikenal dengan sulfur pirit. Berdasarkan genesanya, pirit pada batubara dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Pirit singenetik
Pirit epigenetik merupakan pirit yang terbentuk selama proses penggambutan (peatification). Pirit jenis ini biasanya berbentuk framboidal dengan butiran sangat halus dan tersebar dalam material pembentuk batubara.
- b. Pirit epigenetik
Pirit epigenetik merupakan pirit yang terbentuk setelah proses pembatubaraan. Pirit jenis ini biasanya terendapkan dalam kekar, rekahan dan cleat pada batubara serta biasanya bersifat massif.

2. Sulfur organik

Sulfur organik merupakan suatu elemen pada struktur makromolekul dalam batubara yang kehadirannya secara parsial dikondisikan oleh kandungan dari elemen yang berasal dari material tumbuhan asal. Dalam kondisi geokimia dan mikrobiologis spesifik, sulfur anorganik dapat berubah menjadi sulfur organik.

Sulfur organik dapat terakumulasi dari sejumlah material organik oleh proses penghancuran biokimia dan oksidasi. Namun secara umum, penghancuran biokimia merupakan proses yang paling penting dalam pembentukan sulfur organik, yang pembentukannya berjalan lebih lambat pada lingkungan yang basah atau jenuh air.

Sulfur yang bukan berasal dari material pembentuk batubara diduga mendominasi dalam menentukan kandungan sulfur total. Sulfur inorganic yang biasanya melimpah dalam lingkungan marin atau payau kemungkinan besar akan berubah membentuk hidrogen sulfida dan senyawa sulfat dalam kondisi dan proses geokimia. Reaksi yang terjadi adalah reduksi sulfat oleh material organik menjadi hidrogen sulfida (H_2S). Reaksi reduksi ini dipicu oleh adanya bakteri desulfovibrio dan desulfotomaculum

3. Sulfur sulfat

Kandungan sulfur sulfat biasanya rendah sekali atau tidak ada kecuali jika batubara telah terlapukkan dan beberapa mineral pirit teroksidasi akan menjadi sulfat. Pada umumnya kandungan sulfur organik lebih tinggi pada bagian bawah lapisan, sedangkan kandungan sulfur piritik dan sulfat akan tinggi pada bagian atas dan bagian bawah lapisan batubara.

Sulfur pada Batubara di Indonesia

Batubara Indonesia dikenal sebagai batubara yang memiliki kadar sulfur yang

rendah. Kondisi ini menyebabkan batubara Indonesia sangat kompetitif di pasaran dunia karena dianggap sebagai batubara yang ramah lingkungan. Sejumlah data memang menunjukkan kisaran kandungan sulfur yang secara signifikan rendah pada batubara Indonesia. Namun demikian, sesungguhnya belum ada penelitian yang dilakukan khusus untuk mempelajari kandungan sulfur dalam batubara Indonesia. Data hasil analisis kandungan sulfur batubara yang diperoleh dari berbagai daerah di Indonesia baru memperlihatkan gambaran kualitas secara lokal baik dari daerah konsesi penambangan suatu perusahaan maupun dari hasil penyelidikan yang bersifat sporadis. Begitu pula, sejauh ini belum ada publikasi yang secara khusus memberi informasi mengenai kandungan sulfur dalam batubara Indonesia.

Kandungan sulfur batubara Indonesia berdasarkan data sejumlah hasil analisis, umumnya relatif rendah yaitu <2.0%. Pada beberapa daerah memang dijumpai batubara dengan kandungan sulfur yang tinggi, tapi tampaknya hanya bersifat setempat dan dianggap tidak mewakili suatu formasi pembawa batubara, umur dan terlebih cekungan. Begitu pula apabila dibandingkan dengan batubara yang berumur (Fatimah, 2015).

Dampak akibat adanya sulfur pada batubara dari hasil pembakaran di boiler menyebabkan sulfur itu terbakar dan menghasilkan gas sulfur dioksida (SO_2) dan sebagian kecil menjadi sulfur trioksida (SO_3). Sulfur dioksida dapat menyebabkan iritasi pada alat pernafasan manusia, mengurangi jarak pandang, sesak nafas, dan lebih lanjut dapat menyebabkan kematian. Reaksi sulfur dioksida dengan kelembaban atau hujan dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi tanaman, hewan, dan manusia serta sifatnya yang korosif dapat merusak infrastruktur-infrastruktur yang ada. Sulfur trioksida yang sangat mudah bereaksi dengan air dapat membentuk asam sulfat dimana asam sulfat bersifat korosif dan berbahaya.

Desulfurisasi Batubara

Desulfurisasi merupakan reaksi kimia yang melibatkan pemisahan belerang dari suatu molekul. Desulfurisasi batubara merupakan suatu proses penurunan kadar sulfur dari batubara. Kandungan sulfur tersebut dapat menyebabkan pencemaran

lingkungan, menyebabkan kerusakan (korosif) dan memperpendek umur alat. Agar batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar maka terlebih dahulu dilakukan proses desulfurisasi. Desulfurisasi batubara dibutuhkan tidak hanya untuk meminimalkan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh emisi dari sulfur dioksida selama pembakaran, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas batubara (Ehsani, 2015).

Dalam proses desulfurisasi batubara dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yang berbeda yaitu:

1. Secara fisika

Beberapa teknologi desulfurisasi secara fisika antara lain sebagai berikut:

a. Pemisahan Magnet

Dalam proses pemisahan magnet (*magnetic separation*) dilakukan atas perbedaan muatan listrik (paramagnetik) bahan dalam campuran. Sulfur dalam bentuk pirit (FeS_2) memiliki sifat paramagnetik, dapat melekat pada magnet sehingga dapat dipisahkan dari campuran batubara. Metode ini sangat sederhana, sebab tidak memerlukan bahan-bahan aditif dan pereaksi kimia, hanya membutuhkan power untuk menggerakkan magnet dan mengalirkan bahan batubara. Namun metode ini agak sulit mereduksi abu batuubara khususnya jenis abu yang mengandung logam-logam diamagnetic sehingga fixed carbon dan nilai kalor sulit dipertahankan.

b. Kolom flotasi

Metode ini sudah banyak digunakan secara komersial oleh industri batubara. Devisi riset empire coal company di Ohio Amerika telah merancang kolom flotasi dengan skala pilot plant, diameter 8 inchi(0,2m) dan tinggi 30ft (9m) atau perbandingan L/D=45. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kolom flotasi mampu memisahkan sampai 70% sulfur pirit dan 80% abu batubara.

c. Flokasi selektif

Metode ini dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi pengurangan kadar sulfur dari batubara dengan kolom flotasi konvensional. Prinsip pemisahan adalah dengan penambahan reagent flokulan kedalam kolom flotasi yang secara selektif mampu membentuk flok batubara sehingga meningkatkan efisiensi pemisahan.

2. Secara kimia

Metode desulfurisasi batubara secara kimia antara lain:

a. Menggunakan etanol

Metode ini efektif untuk mengurangi sulfur anorganik dan sulfur organik dalam batubara, telah dikembangkan sampai tahap pilot plant dengan proses alir. Jenis reaktor yang digunakan berupa fluidized bed dan moving bed.

b. Oksidasi selektif

Proses desulfurisasi dilakukan dalam reaktor fluidisasi pada suhu antara 650-800 F dengan menggunakan uap dan udara. Proses yang dikembangkan oleh Battle Columbus Devison mampu mengurangi kadar sulfur total sebesar 95% dengan kehilangan panas rata-rata sebesar 15%. Gas SO_2 yang dihasilkan proses ini kemudian di proses lebih lanjut dalam unit DeSOx. Oleh Palmer et al (1994) melakukan desulfurisasi batubara menggunakan oksidasi selektif dengan campuran pereaksi hidrogen peroksida dan asam asetat yang akan membentuk asam peroksi asetat secara in situ. Kelebihan pereaksi ini mampu mereduksi semua kandungan sulfur anorganik dan sebagian sulfur organik dalam batubara.

c. Menggunakan Sulfonat Triflorometan (TFMS)

Metode ini menggunakan pelarut organik (toluena) dan asam sulfonat triflorometan sebagai katalis. Metode ini dikembangkan hanya untuk mengurangi kadar sulfur organik yang sulit dipisahkan dengan metode konvensional. Proses desulfurisasi dilakukan dalam reaktor slurry pada suhu sekitar 200°C. Pada konsentrasi TFMS 45,2 % mmol/g batubara diperoleh tingkat desulfurisasi 48,7% (Aladin, A., 2002).

3. Secara biologi

Hidupnya bakteri pada permukaan mineral memainkan peranan yang sangat penting tidak hanya untuk hidupnya bakteri di alam. Namun juga dapat dimanfaatkan dalam industry penambangan. Salah satu bakteri yang dapat digunakan dalam industri pertambangan adalah bakteri pengoksidasi besi dan sulfur *T.ferrooxidans*. Pengurangan kandungan sulfur dengan metode biologi disebut biodesulfurisasi yaitu metode yang dalam prosesnya memanfaatkan organisme, yaitu bakteri. Metode ini merupakan metode yang memiliki paling banyak keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, namun desulfurisasi dengan metode biologi memiliki beberapa kekurangannya yaitu

bakteri hanya mampu mengoksidasi sulfur dalam bentuk-bentuk tertentu. Bakteri yang dapat digunakan dalam proses desulfurisasi, antara lain:

- a. *T. ferrooxidans* (FeS_2)
- b. *T. thiooxidans* (FeS_2)
- c. *L. ferrooxidans* (FeS_2)
- d. *S. acidocalderius* (FeS_2)
- e. *R. spheriodes* (S-organik)

Flotasi

Flotasi adalah suatu proses pemisahan suatu zat dari zat lainnya pada suatu cairan atau larutan berdasarkan perbedaan sifat permukaan dari zat yang akan dipisahkan, dimana zat yang bersifat hidrofilik tetap berada fasa air, sedangkan zat yang bersifat hidrofobik akan terikat pada gelembung udara dan akan terbawa ke permukaan larutan dan membentuk buih, sehingga dapat dipisahkan dari cairan tersebut. Secara sederhana, flotasi merupakan proses pemisahan satu mineral atau lebih, dengan mineral lainnya melalui cara pengapungan. Terdapat tiga fase pada proses flotasi yang dilakukan dalam media air, yaitu: fase padat, fase cair, dan fase udara.

Flotability (daya apung) adalah kemampuan butiran mineral untuk dapat mengapung yang ditentukan oleh tendensi (hasrat) dari butiran mineral untuk melekat (mengikat diri) pada gelembung udara yang relatif besar dan kemudian mengapung kepermukaan cairan pulp. Daya apung suatu butiran mineral tergantung pada sifat permukaan butiran mineral tersebut dapat dikontrol dan diubah-ubah dalam proses flotasi dengan mempergunakan reagen kimia yang berbeda-beda.

Pada proses ini, mineral dapat dibedakan menjadi beberapa bagian:

- a. Mineral yang tidak suka air (hidrofobik) adalah mineral yang mudah melekat pada gelembung udara pada cairan. Mineral ini umumnya mineral yang dikehendaki.
- b. Mineral yang suka air (hidrofilik) adalah mineral yang tidak mudah melekat pada gelembung udara pada cairan.

Dengan berdasarkan sifat mineral tersebut maka mineral yang satu dengan lainnya dapat dipisahkan dengan gelembung udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi flotasi adalah:

- a. Ukuran partikel
Ukuran partikel yang besar membuat partikel tersebut cenderung untuk

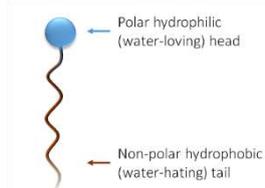
mengendap, sehingga susah untuk terflotasi.

- b. pH larutan
pH optimum pada desulfurisasi batubara secara flotasi adalah 4,5-6,5. Sedangkan pada pH basa tidak/sulit terjadi *removal* sulfur dari batubara.
- c. Surfaktan
Fungsi surfaktan adalah kolektor yang merupakan reagen yang memiliki gugus polar dan gugus non polar sekaligus. Kolektor akan mengubah sifat partikel dari hidrofilik menjadi hidrofobik.
- d. Bahan kimia lainnya, misalnya koagulan.
Penambahan koagulan dapat mengakibatkan ukuran partikel menjadi lebih besar.
- e. Laju udara
Laju udara berfungsi sebagai pengikat partikel yang memiliki sifat permukaan hidrofobik, persen padatan. Untuk flotasi pada partikel kasar, dapat dilakukan dengan persen padatan yang besar demikian juga sebaliknya. Besar laju pengumpanan, berpengaruh terhadap kapasitas dan waktu tinggal.
- f. Ketebalan lapisan buih
- g. Ukuran gelembung udara
Dengan adanya perbedaan sifat permukaan (hidrofobik dan hidrofilik) tadi, perlu ada suatu reagen kimia untuk merubah permukaan mineral. Reagen kimia yang digunakan pada proses flotasi terdiri dari:
 - a. *Collector* (kolektor)
Collector (kolektor) merupakan suatu reagen kimia organik yang berguna untuk merubah sifat permukaan mineral yang hidrofilik menjadi hidrofobik. Dalam hal ini, mineral yang hidrofilik yaitu mineral yang diinginkan. Kolektor memberikan sifat menempel pada udara sehingga mineral tersebut senang pada udara. Kolektor merupakan zat organik dalam bentuk asam, basa atau garam yang berbentuk heteropolar, yaitu satu ujungnya senang pada air dan ujung lainnya senang pada udara. Contoh : solar, sabun.
 - b. *Modifier/conditioner*
Modifier/conditioner merupakan suatu bahan kimia anorganik yang fungsinya mempengaruhi kerja kolektor. Pengaruh umum yang dihasilkan adalah memperkuat atau memperlemah hydrophobitas dari suatu permukaan mineral tertentu.
 - c. *Frother* (pembusa)
Frother (pembusa) merupakan suatu zat organik hidrokarbon yang terdiri dari

polar dan non polar. Fungsi reagent ini untuk menstabilkan gelembung udara agar dapat sampai ke permukaan. Zat tersebut menyelimuti gelembung udara sehingga tegangan permukaan air akan menjadi lebih rendah, sehingga akan timbul gelembung udara, misal: deterjen.

Surfaktan

Surfaktan atau *surface active agent* adalah molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan hidrofobik (tidak suka air) pada molekul yang sama. Surfaktan terbagi menjadi dua bagian yaitu kepala dan ekor. Gugus hidrofilik berada di bagian kepala (polar) dan hidrofobik di bagian ekor (non polar). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Umumnya bagian non polar (hidrofobik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil.



Gambar 4. Struktur surfaktan



Gambar 5. Lidah Buaya

Fungsi surfaktan adalah:

- Menurunkan tegangan permukaan
- Meningkatkan kelarutan suatu zat
- Sebagai pembasah
- Sebagai emulgator
- Sebagai deterjen
- Sebagai foaming-antifoaming agent
- Sebagai antistatik dan *antifogging agent*

Permasalahan yang ditimbulkan oleh penggunaan surfaktan adalah pencemaran lingkungan, terutama oleh surfaktan berbahan dasar petroleum yang bersifat non-biodegradable, untuk itu perlu dilakukan pengembangan surfaktan yang bersifat biodegradable.

Saponin dalam Lidah Buaya

Saponin adalah jenis glikosida yang banyak ditemukan dalam tumbuhan.

Saponin merupakan golongan senyawa alam yang rumit dan mempunyai masa molekul besar terdiri dari aglikon baik steroid atau triterpenoid dengan satu atau lebih rantai gula / glikosida dan berdasarkan atas sifat kimiawinya, saponin dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu: steroid dengan 27 atom C dan triterpenoids dengan 30 atom C (Bogoriani, 2008). Struktur saponin tersebut menyebabkan saponin bersifat seperti sabun atau deterjen sehingga saponin disebut sebagai surfaktan alami (Mitra & Dangan, 1997; Hawley & Hawley, 2004).

Saponin memiliki sifat sebagai kolektor untuk merubah sifat permukaan mineral yang tadinya senang air menjadi tidak suka air dengan cara menurunkan tegangan permukaan dan frother sebagai zat untuk menstabilkan gelembung-gelembung udara dalam air.

Pada penelitian kali ini, gel lidah buaya mengandung senyawa aktif antara lain saponin. Saponin dalam lidah buaya akan menghasilkan busa apabila bercampur dengan air atau memiliki karakteristik berupa buih. Saponin termasuk golongan zat yang disebut surfaktan. Kerja permukaan dari larutan ini memungkinkannya untuk melepas pengotor sulfur yang terdapat pada batubara dari permukaan yang sedang dibersihkan dan mengelmuiskannya sehingga sulfur itu tercuci bersama air.

PEMBAHASAN

Batubara

Berdasarkan analisa diperoleh jumlah sulfur batubara mula-mula 1,1691%.

Flotasi dengan Variasi Jumlah Gel Lidah Buaya

Berat batubara	: 200 gr
Volume air	: 20 liter
Laju alir udara	: 0,438 liter/menit
Ukuran batubara	: 100 mesh
pH	: 6
Diameter kolom	: 6,35 cm (2,5 inch)
Tinggi kolom	: 134 cm
Waktu flotasi	: 60 menit

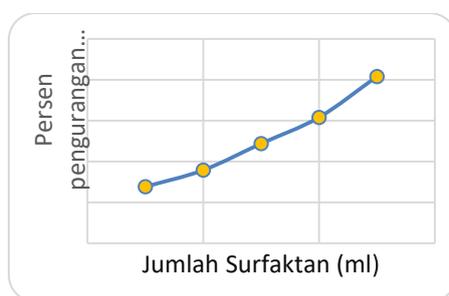
Pada Gambar 6, terlihat bahwa persen sulfur terambil mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah surfaktan. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan jumlah gel lidah buaya maka semakin banyak sulfur yang terambil didalam batubara. Sebagaimana fungsi dari lidah buaya pada proses flotasi digunakan sebagai surfaktan yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Proses desulfurisasi

dapat terjadi karena sulfur yang bersifat *hidrofilik* dan batubara yang umumnya bersifat *hidrofobik* dikontakkan dengan gel lidah buaya sehingga terjadi pemisahan antara batubara dengan sulfur. Dari hasil tersebut didapat hasil optimum yaitu pada

jumlah gel lidah buaya sebanyak 300 ml dengan persen sulfur yang terambil sebanyak 45,4024%. Tabel 4 menampilkan data hubungan antara jumlah gel lidah buaya dengan persen kadar sulfur (%).

Tabel 4. Hubungan antara jumlah gel lidah buaya dengan persen kadar sulfur (%)

No	Jumlah gel lidah buaya (ml)	Kadar sulfur mula-mula (%)	Kadar sulfur setelah desulfurisasi (%)	Persen pengurangan sulfur (%)
1	100	1,1691	0,79609	31,905
2	150		0,77235	33,9363
3	200		0,73435	37,1867
4	250		0,6968	40,3985
5	300		0,6383	45,4024



Gambar 6. Hubungan Antara Jumlah Surfaktan dengan Kadar Sulfur

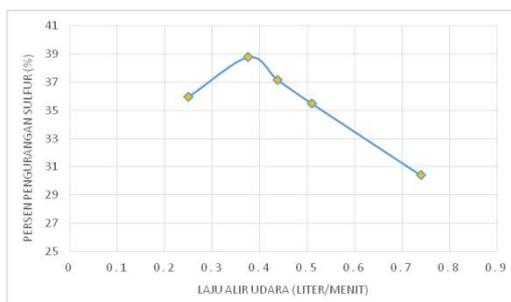
Flotasi dengan Variasi Laju Alir Udara

Berat batubara : 200 gr
Volume air : 20 liter
Jumlah surfaktan : 200 ml
Ukuran batubara : 100 mesh
pH : 6

Diameter kolom : 6,35 cm (2,5 inch)
Tinggi kolom : 134 cm
Waktu flotasi : 60 menit
Tabel 5 menampilkan hubungan antara laju alir udara dengan persen kadar sulfur (%).

Tabel 5. Hubungan antara laju alir udara dengan persen kadar sulfur (%)

No	Laju alir udara (liter/menit)	Kadar sulfur mula-mula (%)	Kadar sulfur setelah desulfurisasi (%)	Persen pengurangan sulfur (%)
1	0,25	1,1691	0,7484	35,984
2	0,376		0,71575	38,7776
3	0,438		0,73435	37,1696
4	0,51		0,75415	35,4931
5	0,74		0,81365	30,4037



Gambar 7. Hubungan Antara Laju Alir Udara dengan Kadar Sulfur (%)

Pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin cepat laju alir, maka persen sulfur yang terambil pada batubara semakin kecil. Hal ini dikarenakan waktu tinggal batubara pada kolom flotasi semakin cepat sehingga waktu kontak antara campuran *slurry* pada batubara dengan udara akan semakin cepat yang menyebabkan persen sulfur yang terambil akan semakin sedikit. Namun pada laju alir 0,25 liter/menit persen sulfur yang terambil lebih sedikit dibandingkan pada laju alir 0,376 liter/menit hal ini disebabkan bahwa laju alir udara yang terlalu kecil menyebabkan batubara yang terangkat juga semakin kecil sehingga mempengaruhi kadar sulfur yang terambil. Hasil optimal terjadi pada laju alir 0,376 dengan kadar sulfur yang terambil sekitar 38,7776%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lidah buaya dapat dijadikan sebagai surfaktan dalam proses desulfurisasi batubara
2. Semakin tinggi jumlah gel lidah buaya maka kemampuan surfaktan untuk memisahkan sulfur pada batubara juga semakin besar.
3. Semakin kecil laju alir udara maka kadar sulfur yang terambil pada batubara semakin tinggi, hal ini dikarenakan waktu tinggal batubara pada kolom flotasi semakin lama.
4. Kondisi optimum untuk mengurangi kandungan sulfur dalam batubara adalah laju alir udara alir 0,376 liter/menit dengan kadar sulfur yang terambil sekitar 38,7776%, dan jumlah surfaktan 300 ml dengan persen sulfur terambil sebesar 45,4024%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aladdin, A., 2009, Penentuan Rasio Optimum Campuran CPO: Batubara Dalam Desulfurisasi dan Deashing Secara Flotasi Sistem Kontinyu, Universitas Muslim Indonesia.
- Aladin dan Mandasini, 2002, Desulfurisasi Batubara Secara Flotasi, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V, UI Jakarta.
- American Society for Testing and Materials (ASTM), 1994, *Standard test method for microscopical determination of the reflectance of vitrinite in a polished specimen of coal*: Annual book of ASTM

standards: gaseous fuels; coal and coke, sec. 5, V.5.05, D 2798-91, p. 280-283.

- Bayrak, N., O'Donnell, J., A., and Toroglu, I., 2000, Removal of Fine Coals by Column Flotation, paper #918.
- Daniela, C. Dan Rusmalin, H., 2018, Potensi Sari Lidah Buaya dan Sari Lemon dalam Mereduksi Formalin pada Tahu, Jurnal SainHealth, Vol. 2 No. 1, hal. 13-20.
- Departemen Energi & Sumber Daya Mineral, 1999, Buku Tahunan Pertambangan dan Energi 1999; Paradigma Baru Menyongsong Milenium III, hal. 19-20, 65-72, 105-110, 255-260.
- Ehsani, M. R., 2006, "Desulfurization of Tabas Coal Using Chemicalreagents". Journal of Chemical Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran.
- Fatimah, Herudiyanto, 2017, Kandungan Sulfur dalam Batubara Indonesia, Kelompok Program Penelitian Energi Fosil, Pusat Sumber Daya Geologi.
- Gusviputri, A., Meliana PS, N., Aylilianawati, Indraswati, N., 2012, Pembuatan Sabun dengan Lidah Buaya (Aloe Vera) sebagai Antiseptik Alami, Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Kawatra, S. K. dan Eisele, T. C., 1997, Pyrit Removal Mechanisms in Coal Flotation, Journal of Mineral Processing, Vol. 50, hal. 187-201.
- Kirk, R. E. dan Othmer, D. F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology* 3rd ed, Vol. 10, John Wiley & Sons, Inc. New York, hal. 523-545.
- Pratama, A. N., Sriyanti, Guntoro, D., 2013, Pengaruh Kualitas Batubara Sebagai Bahan Bakar Utama, Prosiding Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung.
- Reningtyas, R. dan Mahreni, 2015, Biosurfaktan, Eksergi, Vol. XII, No. 2, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 1995, Batubara dan Gambut. Fakultas teknik Universitas Gadjah Mada, Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- <http://www.ptba.co.id/id/berita/detail/563/getting-to-know-coal>, 10 Desember 2019.

BIODATA PENULIS

Ir. Abdullah Kunta Arsa, M.T. lahir di Yogyakarta tanggal 16 Februari 1957, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Kimia dari UPN "Veteran"

Yogyakarta tahun 1988, dan S2 bidang ilmu Teknik Kimia dari Universitas Gadjah Mada tahun 2000. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat teknik kimia.

Ir. Purwo Subagyo, M.T. lahir di Yogyakarta tanggal 12 Desember 1956,

menyelesaikan pendidikan bidang ilmu Teknik Kimia dari UPN "Veteran" Yogyakarta tahun 1991, dan S2 bidang ilmu Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada tahun 2001. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat teknik kimia.

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI PENGGUNAAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK KHUSUS ORANG TUA

Nur Azmi Ainul Bashir¹, Teduh Dirgahayu²

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

²Dosen Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Email: ¹15917222@students.uii.ac.id, ²teduh.dirgahayu@uui.ac.id

Masuk: 09 Januari 2020, Revisi masuk: 20 Januari 2020, Diterima: 23 Januari 2020

ABSTRACT

This time, parent's academic information system service or SIORTU is often found on several campuses. One of the campuses that provides this system is Islam Indonesia University. This system made for helping parents of students to monitor their children's academic activities. Until now, many parent of student who have not used this system. There are 20.068 SIORTU accounts provided for parents of students from 2015 to 2018. But, only 7.361 or 36,68% account who active between April 2018 and Maret 2019. This research discusses factors that influence to use siorto and why these factors are included. Expectations of this research, gave feedback to owner of SIORTU service to improve that system, provide references for future research and provide references for educational institution. So that, SIORTU can be use as expected.

This research is a quantitative research, which is done by analyzing the data in the form of voting from 75 respondents. The research respondent is parent of student from Islam Indonesia University who have used this system from April 2018 to March 2019. The software who they use to analyze is SmartPLS 3 by Partial Least Squares (PLS) method.

The result of analysis who obtained was pointing that factors that influence this system are social influence, facilitating condition, habit, behavioral intention. These factors are evidence from the result of the analysis which show a positive value on original sample estimate and significant value on T statistic.

Keywords: Behavioral intention, Academic System, SIORTU, Parents, SmartPLS.

INTISARI

Dewasa ini layanan system informasi akademik untuk orang tua atau SIORTU semakin banyak dijumpai di beberapa kampus. Salah satu kampus yang menyediakan layanan SIORTU adalah Universitas Islam Indonesia. SIORTU dibuat untuk memudahkan orang tua/wali mahasiswa dalam memantau aktivitas akademik anaknya. Selama ini banyak di antara orang tua/wali mahasiswa yang belum menggunakan SIORTU. Tercatat sebanyak 20.068 akun SIORTU disediakan untuk orang tua/wali mahasiswa angkatan 2015-2018. Namun, hanya 7.361 atau 36,68% akun yang aktif pada rentang April 2018 sampai dengan Maret 2019. Penelitian ini membahas mengenai faktor-faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU dan mengapa faktor tersebut termasuk di dalamnya. Hasil penelitian ini antara lain memberikan umpan balik kepada penyedia layanan SIORTU untuk meningkatkan efisiensi layanan, memberikan referensi bagi penelitian selanjutnya, dan memberikan referensi bagi institusi pendidikan agar SIORTU yang ada dapat digunakan sesuai harapan pengguna.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dengan menganalisis data berupa angka dari 73 responden. Responden penelitian ini adalah orang tua/wali mahasiswa UII yang telah menggunakan SIORTU pada rentang waktu April 2018 hingga Maret 2019. *Software* yang digunakan untuk analisis adalah SmartPLS 3, dengan metode *Partial Least Squares (PLS)*.

Hasil analisis yang didapatkan menunjukkan bahwa faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU antara lain adalah pengaruh sosial (*social influence*), kondisi yang memfasilitasi (*facilitating condition*), kebiasaan (*habit*) dan niat menggunakan (*behavioral intention*). Beberapa faktor tersebut dibuktikan dari hasil analisis yang menunjukkan nilai positif pada *original sample estimate* dan signifikan pada *T statistics*.

Kata-kata kunci: Minat menggunakan, Sistem Akademik, SIORTU, Orang tua, SmartPLS.

PENDAHULUAN

Sistem Informasi Akademik (SIKAD) merupakan salah satu penerapan teknologi informasi dalam lingkungan kampus. SIKAD adalah sistem yang dibangun untuk memberikan kemudahan pengguna dalam kegiatan akademik. Kegiatan akademik yang terdapat dalam sistem antara lain laporan keuangan, penerimaan mahasiswa baru (PMB), rencana perkuliahan, perkuliahan, pengolahan data mahasiswa, tenaga pendidik dan tenaga kependidikan serta kegiatan lain yang berkaitan dengan administrasi akademik ((Widjaya, 2010), (Setiawan, 2016)). Menurut Setiawan, sistem ini dapat menjadi alat bantu orang tua/wali mahasiswa dalam memantau kegiatan akademik anak secara langsung dari pihak kampus melalui suatu portal atau *website*.

Dewasa ini SIKAD mulai dikembangkan menjadi SIKAD untuk orang tua, atau layanan akademik khusus orang tua. Salah satunya adalah di kampus Universitas Islam Indonesia (UII). Sistem tersebut dalam penelitian ini disebut sebagai SIKAD khusus Orang Tua (SIORTU). SIORTU dibuat untuk memberikan ruang kepada orang tua/wali mahasiswa untuk memantau kegiatan akademik anaknya.

Sejauh ini, belum banyak orang tua/wali yang menggunakan SIORTU. Tercatat oleh Badan Sistem Informasi (BSI) UII yang mengelola SIORTU, bahwa pada rentang April 2018 hingga Maret 2019, hanya 7.361 akun yang aktif dari 20.068 yang disediakan. Akun aktif tersebut merupakan akun milik orang tua/wali mahasiswa angkatan 2015-2018.

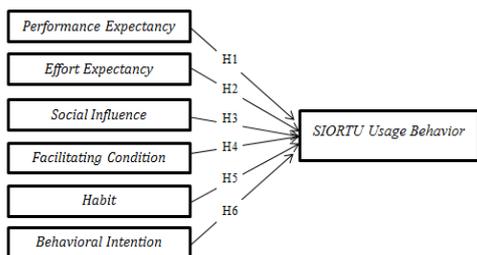
Penelitian ini mengidentifikasi apa saja faktor-faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU dan mengapa faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi pengguna SIORTU. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan umpan balik guna meningkatkan efisiensi penyelenggaraan layanan SIORTU, memberikan referensi kepada organisasi dan institusi pendidikan yang akan membangun sistem informasi berkaitan dengan orang tua/wali agar sistem yang dibangun dapat digunakan secara efektif, memberikan acuan pengembangan SIORTU agar sistem yang dibuat sesuai dengan harapan pengguna, serta memberikan gagasan, dan referensi baru berkaitan dengan ide penelitian dan pengembangan teori mengenai SIKAD dan SIORTU.

Penelitian mengenai penggunaan SIORTU secara khusus belum banyak dilakukan. Penelitian ini berkaitan erat dengan penelitian mengenai SIKAD. Widjaya (2010) dan Setiawan (2016) melakukan penelitian mengenai SIORTU dengan tujuan mengimplementasi

SIORTU pada media *online* berupa *website*. Adapun penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan SIKAD adalah Husein dan Wibowo (2006). Penelitiannya menganalisis sikap terhadap pengguna yang memengaruhi penggunaan SIKAD. Penelitian oleh Suzanto dan Sidharta (2015) bertujuan mengukur penggunaan SIKAD yang sudah berjalan. Penelitian yang berkaitan dengan SIKAD dilakukan pula oleh Sitanggang dkk. (2017) mengenai perilaku pengguna SIKAD oleh mahasiswa keperawatan.

Penelitian lain yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya adalah mengenai faktor-faktor penggunaan suatu sistem maupun teknologi. Menurut Davis (1989) penggunaan suatu teknologi dipengaruhi oleh niat menggunakan. Venkatesh dkk. (2003) menyebutkan niat menggunakan sebagai niat perilaku. Menurutnya niat menggunakan atau niat perilaku dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain persepsi kemanfaatan (*perceived usefulness*) dan persepsi kemudahan (*perceived easy to use*) Davis (1989), serta norma subjektif (*subjective norm*). Menurut Venkatesh dkk. (2003), faktor yang memengaruhi niat perilaku pengguna antara lain harapan kinerja (*performance expectancy*), harapan usaha (*effort expectancy*) dan pengaruh sosial (*social influence*). Adapun hasil penelitian oleh Handayani & Sudiana (2015) menyatakan kondisi yang memfasilitasi (*facilitating condition*) memiliki pengaruh terhadap penggunaan suatu sistem.

Model dalam penelitian ini dibuat berdasarkan studi pustaka penelitian sebelumnya mengenai SIKAD, *behavioral intention* dan penggunaan suatu sistem. Rangkuman hasil studi pustaka penelitian sebelumnya, ditunjukkan pada Tabel 1. Studi pustaka yang dilakukan menghasilkan gambaran variabel-variabel yang memengaruhi niat pengguna maupun penggunaan suatu sistem. Variabel yang memiliki hasil positif signifikan terhadap penggunaan suatu sistem dijadikan faktor yang akan dianalisis. Faktor-faktor tersebut diasumsikan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Faktor-faktor yang diasumsikan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Model Pemikiran

Penelitian Venkatesh dkk. (2003), Fiddin dkk. (2014), Handayani (2007), Hasyim (2010), Agustine (2009), dan Hardianto dkk. (2018) menghasilkan variabel *performance expectancy* berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat penggunaan sistem informasi. Sitanggang dkk. (2017), Venkatesh dkk. (2003), Fiddin dkk. (2014), Handayani (2007), Hasyim (2010), Agustine (2009), dan Hardianto dkk. (2018) menyatakan *effort expectancy* berpengaruh positif terhadap minat penggunaan sistem informasi. Sitanggang dkk. (2017), Venkatesh dkk. (2003), Handayani & Sudiana (2015), Fiddin dkk. (2014), Mustaqim dkk. (2018), Hasyim (2010), Agustine (2009), dan Hardianto dkk. (2018) menyatakan *social influence* berpengaruh positif signifikan terhadap minat penggunaan sistem informasi. Penelitian oleh Handayani & Sudiana (2015), Handayani (2007), dan Febrianti (2017) menyatakan *facilitating condition* berpengaruh positif signifikan terhadap penggunaan sistem informasi. Penelitian Venkatesh dkk. (2012) dan Auliya (2018) menyatakan *habit* berpengaruh positif signifikan terhadap penggunaan sistem informasi. Penelitian oleh Venkatesh dkk. (2012), Auliya (2018), dan Pertiwi dan Ariyanto (2017) menyatakan bahwa *behavioral intention* berpengaruh positif signifikan terhadap penggunaan sistem informasi.

Perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah variabel *performance expectancy*, *effort expectancy*, *social influence* menjadi variabel yang memengaruhi penggunaan suatu sistem. Penelitian Febrianti (2017) menyatakan *performance expectancy*, *effort expectancy*, *social influence*, dan *facilitating condition* berpengaruh positif terhadap penggunaan sistem informasi. Variabel *behavioral intention* bukan menjadi variabel penghubung seperti pada penelitian oleh Venkatesh dkk. (2003), Fiddin dkk. (2014), Handayani (2007), Wibowo (2008), Hasyim (2010), dan Muntianah dkk. (2012), namun menjadi variabel dependen yang diasumsikan langsung memengaruhi penggunaan sistem informasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis kuantitatif yang menggunakan data berupa angka-angka dari hasil pengumpulan data kuesioner. Responden pada penelitian ini adalah 73 orang. Analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

- H1: *Performance Expectancy* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU
H2: *Effort Expectancy* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU
H3: *Social Influence* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU
H4: *Facilitating Condition* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU
H5: *Habit* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU
H6: *Behavioral Intention* berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan SIORTU

Instrumen pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2.

Identifikasi Variabel

Variabel penelitian ditentukan dari variabel penelitian sebelumnya yang telah memenuhi hipotesis. Penelitian ini memilih tujuh variabel, dengan enam diantaranya merupakan variabel *independent* dan satu variabel.

- *Performance Expectancy* (PE) atau harapan kinerja didefinisikan sebagai seberapa percaya seseorang merasa pekerjaannya mudah karena menggunakan suatu sistem ((Venkatesh dkk., 2003)), (Fiddin dkk., 2014), (Handayani, 2007)), dan (Agustine, 2009)).
- *Effort Expectancy* (EE) atau harapan usaha didefinisikan sebagai seberapa mudah pengguna dalam menggunakan suatu sistem, sehingga dapat mengurangi usaha dan waktu dalam melakukan pekerjaannya ((Sitanggang dkk., 2017), (Venkatesh dkk., 2003), (Handayani & Sudiana, 2015), (Fiddin dkk., 2014), (Handayani, 2007), (Mustaqim dkk., 2018).
- *Social Influence* (SI) atau pengaruh sosial didefinisikan sebagai sejauh mana seseorang memandang orang-orang yang dianggap penting percaya bahwa seharusnya ia menggunakan

- suatu sistem ((Sitanggang dkk., 2017), (Venkatesh dkk., 2003), (Fiddin dkk., 2014), (Handayani, 2007), (Mustaqim dkk., 2018), (Agustine, 2009), dan (Hardianto dkk., 2018)).
- *Facilitating Condition* (FC) atau kondisi yang memfasilitasi didefinisikan sebagai tingkat sejauh mana seseorang percaya bahwa fasilitas pendukung seperti infrastruktur organisasi, dukungan teknis maupun dukungan non teknis dari penyedia sistem, ada untuk menunjang penggunaannya ((Sitanggang dkk., 2017), (Venkatesh dkk., 2003), (Fiddin dkk., 2014), (Handayani, 2007), (Handayani & Sudiana, 2015), (Mustaqim dkk., 2018), (Febrianti, 2017)).
 - *Habit* (Hb) atau kebiasaan didefinisikan sebagai tingkat sejauh mana seseorang cenderung melakukan perilaku secara otoma-

tis karena pembeajaran atau perilaku sebelumnya ((Venkatesh dkk., 2012), (Auliya, 2018)).

- *Behavioral Intention* (BI) atau niat perilaku didefinisikan sebagai perilaku yang memiliki keinginan untuk menggunakan secara terus menerus (Dharmmesta & Handoko, 2015).
- *Usage Behavior* (UB) atau perilaku penggunaan didefinisikan sebagai perilaku pengguna yang akan menggunakan suatu sistem pada masa mendatang Auliya (2018) atau keinginan untuk terus menggunakan sistem Dharmmesta & Handoko (2015). Penelitian ini perilaku penggunaan yang dimaksud terkait pada perilaku penggunaan SIORTU (*SIORTU usage behavior*).

Tabel 1. Hasil Studi Pustaka

No	Peneliti, Tahun	Pembahasan	Variabel Yang Digunakan	Hasil
SIAKAD				
1	Handayani & Sudiana, 2015	Penerapan UTAUT terhadap perilaku pengguna SIAKAD	Variabel bebas: PE, EE, social influence dan FC. Variabel terikat: BI to use the system	PE, social influence dan FC berpengaruh secara signifikan terhadap BI to use the system, sedangkan EE tidak memberikan hasil yang signifikan.
2	Sitanggang, dkk. 2017	Perilaku penggunaan SIAKAD	Variabel bebas: PE, EE, social influence dan FC. Variabel terikat: BI	Keempat variabel yang dipilih berpengaruh positif terhadap BI
3	Suzanto, Sidharta (2015)	Penggunaan SIAKAD	Variabel bebas: Content, accuracy, format, easy of use, timeliness Variabel penghubung: Attitude Variabel terikat: intention to use	Content, easy of use, format dan timeliness berpengaruh signifikan. Accuracy tidak berpengaruh signifikan. Attitude berpengaruh namun signifikan terhadap perilaku penggunaan.
4	Bendi, Andayani (2013)	Memahami Perilaku Penggunaan SIAKAD	Variabel bebas: PE, EE, Social Influence, FC Variabel terikat: BI	Perfomance Expectancy dan EE berpengaruh positif dan signifikan terhadap BI, sedangkan Social Influence dan FC tidak berpengaruh.
5	Fazizah (2016)	Penerapan TAM terhadap penggunaan Aplikasi SIAKAD	Variabel bebas: Perceived easy of use Variabel penghubung: Perceived usefulness, attitude toward using Variabel terikat: Actual usage	Perceive easy of use berpengaruh positif dan signifikan terhadap perceived usefulness dan actual usage. Perceived usefulness dan perceived easy of use berpengaruh positif dan signifikan terhadap attitude toward using. Perceived usefulness berpengaruh positif dan signifikan terhadap actual usage.
PENGUNAAN SISTEM				
1	Mustaqim, Kusyanti, Aryadita (2018)	Faktor yang mempengaruhi penggunaan e-commerce	Variabel bebas: PE, EE dan social influence Variabel terikat: BI	Hanya variabel social influence yang berpengaruh signifikan terhadap BI, dua variabel lainnya tidak memiliki pengaruh yang signifikan
2	Wibowo (2008)	Perilaku penggunaan sistem informasi	Variabel bebas: Perceived easy of use Variabel penghubung: Perceive usefulness, attitude toward using, BI to use Variabel terikat: Actualy system use	Perceived easy of use berpengaruh terhadap perceived usefulness. Perceived usefulness berpengaruh terhadap attitude toward using dan intention to use. Intention to use berengaruh terhadap actualy system use. Attitude toward using tidak dipegaruhi oleh perceived easy of use.
3	Fiddin, Kamaliah, Hardi (2014)	Faktor yang memengaruhi pemanfaatan dan penggunaan sistem informasi	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, pengaruh sosial, kondisi yang memfasilitasi, kesesuaian tugas teknologi Variabel penghubung: Minat pemanfaatan teknologi SI Variabel terikat: Penggunaan teknologi SI	Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, pengaruh sosial berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat pemanfaatan teknologi sistem informasi, sedangkan kesesuaian tugas dan kondisi yang memfasilitasi tidak memiliki pengaruh terhadap minat pemanfaatan teknologi sistem informasi. Minat pemanfaatan teknologi sistem informasi memiliki pengaruh terhadap penggunaan teknologi sistem informasi
4	Febrianti (2017)	Faktor yang memengaruhi penggunaan sistem informasi	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, pengaruh sosial, kondisi yang memfasilitasi pemakai Variabel terikat: Penggunaan sistem teknologi informasi	Keempat variabel bebas: memengaruhi variabel terikat: yaitu penggunaan sistem tenologi informasi

Tabel 2. (Lanjutan)

5	Handayani (2007)	Faktor yang memengaruhi minat pemanfaatan dan penggunaan sistem	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, pengaruh sosial, kondisi yang memfasilitasi Variabel penghubung: Minat pemanfaatan Variabel terikat: Penggunaan SI	Ekspektasi kinerja dan ekspektasi usaha berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat pemanfaatan, sedangkan pengaruh sosial hanya berpengaruh positif. Kondisi yang memfasilitasi berpengaruh positif signifikan terhadap penggunaan SI, sedangkan minat pemanfaatan hanya berpengaruh positif terhadap penggunaan SI
6	Aulia (2017)	Minat dan Perilaku Penggunaan E-Ticketing	Variabel bebas: Ekspektasi Kinerja, Kespaktasi Usaha, Motivasi Hedonisme, Nilai Harga, Kondisi Yang Memfasilitasi, Kebiasaan Variabel penghubung: Minat Penggunaan Variabel terikat: Perilaku Penggunaan	Ekspektasi usaha, motivasi hedonisme dan nilai harga berpengaruh positif signifikan terhadap minat perilaku. Kebiasaan berpengaruh positif signifikan terhadap perilaku penggunaan. Minat penggunaan berpengaruh terhadap perilaku penggunaan. Ekspektasi kinerja dan kondisi yang memfasilitasi tidak berpengaruh signifikan.
7	Herdianto, Wjayanti, Masitoh (2018)	Pengaruh variabel terhadap penggunaan SIA	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, faktor sosial, kompleksitas tugas Variabel terikat: Penggunaan SIA	Ekspektasi usaha dan kompleksitas tugas berpengaruh terhadap penggunaan SIA
8	Hasyim (2010)	Pengaruh variabel terhadap penggunaan sistem informasi	Variabel bebas: Ekspektasi Kinerja, Ekspektasi Usaha, Faktor Sosial Variabel penghubung: Minat Pemanfaatan Variabel terikat: Penggunaan	Variabel ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha dan faktor sosial berpengaruh positif signifikan terhadap minat pemanfaatan SI dan penggunaan SI melalui minat pemanfaatan SI, sedangkan penggunaan SI secara langsung hanya dipengaruhi oleh ekspektasi kinerja dan ekspektasi usaha.
9	Muntaimah, Astuti, Azizah (2012)	Pengaruh minat perilaku terhadap <i>actual use</i>	Variabel bebas: Persepsi kemudahan pengguna Variabel penghubung: Persepsi kemanfaatan, sikap pengguna, minat perilaku Variabel terikat: Pengguna sesungguhnya	Variabel persepsi kemudahan berpengaruh positif dan signifikan terhadap persepsi kemanfaatan. Variabel persepsi kemanfaatan berpengaruh terhadap minat perilaku. Variabel minat perilaku berpengaruh terhadap pengguna sesungguhnya.
10	Agustine (2009)	Pengaruh variabel terhadap penggunaan sistem informasi berbasis komputer	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, faktor sosial, kepuasan pamakai Variabel terikat: Penggunaan sistem informasi berbasis komputer	Semua variabel bebas: berpengaruh signifikan terhadap penggunaan sistem informasi berbasis komputer
BI				
1	Davis (1989)	Niat pengguna dalam penerimaan teknologi informasi	Variabel bebas: <i>Perceived usefulness, perceived easy to use</i> Variabel penghubung: BI Variabel terikat: <i>Use behavior</i>	<i>Perceived usefulness</i> dan <i>perceived easy to use</i> memengaruhi BI. BI memengaruhi <i>usage behavior</i> .
2	Venkatesh, dkk. (2003)	Niat perilaku penggunaan teknologi informasi secara umum	Variabel bebas: <i>PE, EE, social influence</i> Variabel penghubung: BI Variabel terikat: <i>Use behavior</i>	Ketiga variabel bebas: mempengaruhi niat perilaku. Selanjutnya niat perilaku mempengaruhi tingkah laku pengguna.
3	Venkatesh, dkk. (2012)	Modifikasi model UTAUT	Variabel bebas: <i>Performance expetancy, EE, social influence, FC, hedonism motivation, price value, habit</i> Variabel penghubung: BI Variabel terikat: <i>Use behavior</i>	Semua variabel bebas: berpengaruh terhadap variabel moderator yaitu BI. <i>Use behavior</i> dipengaruhi oleh BI, FC dan <i>habit</i> .
4	Pertiwi dan Ariyanto (2017)	Minat dan perilaku penggunaan <i>Mobile Banking</i>	Variabel bebas: Ekspektasi kinerja, ekspektasi usaha, faktor sosial budaya, kondisi yang memfasilitasi, motivasi hedonisme, nilai harga, kebiasaan Variabel penghubung: Minat penggunaan Variabel terikat: Perilaku penggunaan	Ekspektasi kinerja berpengaruh terhadap minat penggunaan. <i>Habit</i> dan minat penggunaan berpengaruh terhadap perilaku penggunaan.

Tabel 3. Instrumen Penelitian

Variabel	Item Pertanyaan	Nomor Item	Referensi
Performance Expectancy (PE)	SIORTU dapat membantu Saya dalam pemantauan kegiatan akademik anak Saya.	1	Venkatesh dkk. (2003)
	Menggunakan SIORTU memungkinkan Saya memantau kegiatan akademik anak saya dengan lebih cepat	2	Venkatesh dkk. (2003)
Effort Expectancy (EE)	Interaksi dalam SIORTU jelas dan mudah dimengerti	3	Venkatesh dkk. (2003)
	Mudah bagi Saya untuk mempelajari penggunaan SIORTU	4	Venkatesh dkk. (2003)
	Menggunakan SIORTU menjadikan pemantauan kegiatan akademik anak saya lebih efisien dalam segi tenaga dan waktu	5	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya percaya SIORTU memudahkan Saya dalam memantau kegiatan akademik anak Saya.	6	Venkatesh dkk. (2003)
Social Expectancy (SI)	Saya dapat dengan mudah mengakses SIORTU	7	Suiistyo (2017)
	Pihak kampus mewajibkan orang tua mahasiswa untuk menggunakan SIORTU	8	Venkatesh dkk. (2003)
	Pihak kampus menyarankan saya untuk menggunakan SIORTU	9	Venkatesh dkk. (2003)
	Anak saya yang mengingatkan saya untuk menggunakan SIORTU	10	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya menggunakan SIORTU karena Saya tahu orang tua/ wali mahasiswa yang lain juga menggunakan SIORTU.	11	Bakhtiar (2014), Auliya (2018)
Facilitating Condition (FC)	Saya memiliki sumber daya yang diperlukan (misal: smartphone, PC, dll) untuk menggunakan SIORTU.	15	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya memiliki pengetahuan yang diperlukan untuk menggunakan SIORTU.	16	Venkatesh dkk. (2003)

Tabel 4. (Lanjutan)

Habit (Hb)	Saya mendapatkan panduan penggunaan SIORTU	17	Bakhtiar (2014), Auliya (2018)
	Saya bisa mendapatkan bantuan dari orang lain (pihak kampus, keluarga dan kerabat) ketika saya mengalami kesulitan dalam menggunakan SIORTU.	18	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya sudah pernah menggunakan SIORTU sebelumnya	12	Venkatesh dkk. (2012)
	Penggunaan SIORTU telah menjadi kebiasaan bagi saya	13	Venkatesh dkk. (2012)
	Saya gemar menggunakan SIORTU	14	Venkatesh dkk. (2012)
Behavioral Intention (BI)	Saya berniat untuk seterusnya menggunakan SIORTU	19	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya berusaha menggunakan SIORTU demi mengetahui aktivitas akademik anak saya.	20	Venkatesh dkk. (2003)
	Kedepannya Saya tetap menggunakan SIORTU agar aktivitas akademik anak Saya terus terpantau.	21	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya rasa menggunakan SIORTU menjadi langkah yang tepat dalam pemantauan akademik anak	22	Sulistyo (2017)
Usage Behavior (UB)	Saya sering menggunakan SIORTU	23	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya biasa memantau perkembangan aktivitas akademik anak melalui SIORTU	24	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya lebih memilih menggunakan SIORTU dari pada harus mendatangi/ menghubungi pihak kampus	25	Venkatesh dkk. (2003)
	Saya menggunakan SIORTU dengan durasi sesuai kebutuhan	26	Sulistyo (2017)

Data Penelitian

Pengambilan data penelitian ini menggunakan metode survey dengan kuesioner. Kuesioner didistribusikan secara *online* melalui *link* kuesioner yang dikirimkan kepada calon responden melalui email. Pertanyaan-pertanyaan kuesioner dibuat dengan acuan variabel-variabel yang ada. Jawaban dari responden berupa angka menggunakan skala likert skala 5. Data hasil kuesioner selanjutnya dianalisis menggunakan metode PLS dengan aplikasi SmartPLS.

PEMBAHASAN

Analisis data dilakukan menggunakan beberapa tahapan. Tahap pertama dilakukan uji model pengukuran meliputi uji validitas dan reliabilitas. Tahap kedua dilakukan uji model struktural. Tahap ketiga dilakukan uji hipotesis.

Hasil Uji Model Pengukuran

Uji model pengukuran dilakukan untuk mengukur validitas instrumen penelitian dan reliabilitas variabel penelitian. pengujian ini lazim digunakan pada penelitian survey menggunakan kuesioner.

1) Uji Validitas

Pengujian validitas dilakukan untuk mengetahui kesesuaian angket. Kesesuaian angket dilihat dari perbandingan nilai indikator variabel dengan variabelnya. Uji validitas didasarkan oleh nilai *loading factor*. Nilai tersebut diharapkan lebih dari sama dengan 0,7 agar mendapatkan nilai

yang valid. Hasil uji validitas dengan menggunakan *software* SmartPLS 3 tampak pada Tabel 3.

Tabel 5. Hasil Uji Validitas Menggunakan SmartPLS 3

Variabel	Indikator Variabel	Nilai Factor Loading	Hasil
Performance Expectancy (PE)	PE1	0.982	VALID
	PE2	0.979	VALID
Effort Expectancy (EE)	EE1	0.837	VALID
	EE2	0.851	VALID
	EE3	0.753	VALID
	EE4	0.729	VALID
	EE5	0.807	VALID
Social Influence (SI)	SI1	0.839	VALID
	SI2	0.764	VALID
	SI3	0.690	TIDAK VALID
	SI4	0.750	VALID
Facilitating Condition (FC)	FC1	0.688	TIDAK VALID
	FC2	0.818	VALID
	FC3	0.705	VALID
	FC4	0.629	TIDAK VALID
Habit (Hb)	Hb1	0.801	VALID
	Hb2	0.964	VALID
	Hb3	0.929	VALID
Behavioral Intention (BI)	BI1	0.873	VALID
	BI2	0.957	VALID
	BI3	0.953	VALID
	BI4	0.849	VALID
SIORTU Usage Behavior (SUB)	SUB1	0.849	VALID
	SUB2	0.877	VALID
	SUB3	0.713	VALID
	SUB4	0.847	VALID

Hasil uji validitas berdasarkan nilai *factor loading* menghasilkan tiga indikator variabel yang tidak valid. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *factor loading* yang kurang dari 0,7.

Indikator tersebut adalah SI3, FC1 dan FC4. Ketiganya dihapus dan dilakukan pengujian ulang. Hasil pengujian validitas untuk yang kedua kali tampak seperti pada Tabel 4. Hasil pengujian validitas kedua menunjukkan semua indikator variabel dinyatakan valid. Semua nilai *factor loading* menunjukkan angka di atas 0,7. Nilai *factor loading* terkecil yaitu 0,801. Nilai tersebut dimiliki oleh indikator pertama variabel *Habit*.

Tabel 4. Hasil Uji Validitas Kedua Kali

Variabel	Indikator Variabel	Nilai Factor Loading	Hasil
Performance Expectancy (PE)	PE1	0.982	VALID
	PE2	0.979	VALID
Effort Expectancy (EE)	EE1	0.837	VALID
	EE2	0.851	VALID
	EE3	0.753	VALID
	EE4	0.729	VALID
	EE5	0.806	VALID
Social Influence (SI)	SI1	0.851	VALID
	SI2	0.792	VALID
	SI4	0.737	VALID
Facilitating Condition (FC)	FC2	0.845	VALID
	FC3	0.828	VALID
Habit (Hb)	Hb1	0.801	VALID
	Hb2	0.964	VALID
	Hb3	0.929	VALID
Behavioral Intention (BI)	BI1	0.873	VALID
	BI2	0.957	VALID
	BI3	0.953	VALID
	BI4	0.849	VALID
SIORTU Usage Behavior (SUB)	SUB1	0.850	VALID
	SUB2	0.879	VALID
	SUB3	0.710	VALID
	SUB4	0.847	VALID

2) Uji Reliabilitas

Pengujian reliabilitas bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi kuesioner, sehingga dapat diandalkan dalam pengukuran variabel penelitian. Pengujian ini dilakukan dengan *software* SmartPLS 3. Penentuan uji validitas menggunakan nilai *Composite Reliability*. Menurut Sari (2018), nilai tersebut diharapkan lebih dari 0,6 agar lolos uji reliabilitas. Hasil uji reliabilitas tampak pada Tabel 5.

Tabel 6. Hasil Uji Reliabilitas Menggunakan SmartPLS 3

Variabel	Composite Reliability	Hasil
PE	0.980	Reliabel
EE	0.897	Reliabel
SI	0.837	Reliabel
FC	0.823	Reliabel
HB	0.927	Reliabel
BI	0.950	Reliabel
SUB	0.894	Reliabel

Hasil uji reliabilitas menunjukkan semua variabel reliabel atau konsisten. Keputusan ini dihasilkan dari nilai *composite reliability* yang menunjukkan angka lebih besar dari 0,6.

Hasil Uji Model Struktural

Uji mode struktural digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel *independent* dengan variabel *dependent*. uji model struktural diawali dengan melihat seberapa besar pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*. besarnya pengaruh dapat dilihat pada nilai *R Square*. Selanjutnya pengujian menggunakan nilai *original sample estimate* dan *T statistic* untuk menentukan arah dan signifikansi pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*. Hasil pengujian menunjukkan nilai *R Square* sebesar 0,656. Nilai tersebut menunjukkan pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent* sebesar 65,6%, termasuk dalam kategori moderat.

Pengujian selanjutnya adalah mengetahui arah dan signifikansi pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent*. Pengujian ini menggunakan nilai *original sample estimate* untuk mengetahui arah pengaruh dan nilai *T statistics* untuk mengetahui signifikan atau tidaknya pengaruh yang ada. Tabel 7 menampilkan arah dan signifikansi pengaruh variabel.

Tabel 8. Arah dan Signifikansi Pengaruh Variabel

Pengaruh Variabel	Original Sample (O)	T Statistics (O /STDEV)	Hasil
PE-> SUB	0.018	0.190	Positif Non Signifikan
EE -> SUB	-0.288	1.963	Negatif Signifikan
SI -> SUB	0.345	2.396	Positif Signifikan
FC -> SUB	0.231	2.327	Positif Signifikan
Hb -> SUB	0.474	4.929	Positif Signifikan
BI -> SUB	0.343	3.654	Positif Signifikan

Berdasarkan Tabel 6 terlihat dua variabel tidak memiliki pengaruh positif signifikan, yaitu yaitu variabel *performance expectancy* dan *effort expectancy*. Empat variabel lainnya menunjukkan hasil yang positif dan signifikan.

Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan dari nilai *original sample estimate* dan *T statistics*. Pengujian t dilakukan dengan dua *software* yaitu SPSS 16 dan SmartPLS 3. Hasil kedua *software* tersebut memiliki perbedaan.

Hipotesis pertama (H1) yaitu *performance expectancy* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *performance expectancy* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *performance expectancy* menunjukkan hasil yang positif namun tidak signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H1 ditolak.

Hipotesis kedua (H2) yaitu *effort expectancy* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *effort expectancy* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *effort expectancy* menunjukkan hasil yang negatif namun signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H2 ditolak.

Hipotesis ketiga (H3) yaitu *social influence* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *social influence* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *social influence* menunjukkan hasil yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H3 diterima.

Hipotesis keempat (H4) yaitu *facilitating condition* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *facilitating condition* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *facilitating condition* menunjukkan hasil yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H4 diterima.

Hipotesis kelima (H5) yaitu *habit* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *habit* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *habit* menunjukkan hasil yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H5 diterima.

Hipotesis keenam (H6) yaitu *behavioral intention* merupakan faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Diasumsikan *behavioral intention* memiliki pengaruh yang positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*. Pengujian hipotesis menyatakan *behavioral intention* menunjukkan hasil yang

positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior*, sehingga H6 diterima.

Berdasarkan analisis yang dilakukan mengenai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU, menunjukkan empat hipotesis diterima dari enam hipotesis yang ada. Dua hipotesis dinyatakan ditolak karena tidak memiliki nilai positif dan signifikan, sedangkan empat variabel yang lain dinyatakan diterima.

Dua variabel yang ditolak yaitu *performance expectancy* dan *effort expectancy*. *Performance expectancy* atau harapan kinerja diartikan sebagai seberapa percaya seseorang merasa pekerjaannya mudah karena menggunakan suatu sistem (Venkatesh dkk. (2003); Handayani & Sudiana (2015); Handayani (2007)). Hasil analisis menunjukkan bahwa harapan kinerja hanya berpengaruh positif namun tidak signifikan terhadap penggunaan SIORTU. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan SIORTU dapat memberikan kemudahan bagi mereka untuk memantau aktivitas akademik anaknya, namun pengaruh tersebut tidak signifikan. Orang tua/wali mahasiswa tetap dapat memantau aktivitas akademik anaknya tidak melalui SIORTU.

Effort expectancy merupakan hipotesis kedua yang juga ditolak. *Effort expectancy* atau harapan usaha didefinisikan sebagai seberapa mudah pengguna dalam menggunakan suatu sistem, sehingga dapat mengurangi usaha dan waktu dalam melakukan pekerjaannya ((Sitanggang dkk., 2015), (Venkatesh dkk., 2003), (Handayani, 2007)). Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan SIORTU tidak memiliki pengaruh terhadap penggunaan. Dinyatakan bahwa harapan usaha memiliki pengaruh yang negatif terhadap penggunaan SIORTU. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kemudahan dalam menggunakan SIORTU orang tua/wali mahasiswa belum dapat mengurangi usaha dan waktu dalam pemantauan aktivitas akademik anaknya. Hasil ini menunjukkan bahwa orang tua/wali masih perlu usaha dan waktu lebih untuk memantau aktivitas akademik anaknya. Hasil yang ada menandakan dalam menggunakan SIORTU orang tua/wali mahasiswa masih memerlukan usaha dan waktu. Semakin banyak usaha yang dilakukan, semakin besar pula waktu yang dibutuhkan. Usaha yang dimaksud dapat dikaitkan kemudahan interaksi *interface*, mempelajari penggunaan SIORTU maupun akses pada SIORTU.

Variabel pertama yang dinyatakan diterima adalah *social influence*. (*Social influence*) atau pengaruh sosial didefinisikan sebagai sejauh mana seseorang memandang orang-orang yang dianggap penting percaya bahwa seharusnya ia menggunakan suatu sistem Sitanggang dkk. (2015), Venkatesh dkk. (2003), Fiddin dkk. (2014)-Handayani (2007). Hasil ini menunjukkan penggunaan SIORTU dipengaruhi oleh orang-orang penting yang orang tua/wali mahasiswa untuk menggunakan SIORTU. Orang tua/wali mahasiswa itu sendiri dapat terpengaruh orang tua/wali mahasiswa yang lain yang diketahui menggunakan SIORTU, sehingga ia juga menggunakan SIORTU. Orang-orang yang dimaksudkan penting dan memberi pengaruh pada orang tua/wali mahasiswa yaitu pihak kampus, anaknya, maupun orang tua/wali mahasiswa lain yang menggunakan SIORTU.

Facilitating condition atau kondisi yang memfasilitasi dinyatakan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Hal ini ditunjukkan dengan diterimanya hipotesis keempat yang menyatakan bahwa *facilitating condition* memiliki pengaruh positif signifikan terhadap *SIORTU usage behavior* atau perilaku penggunaan SIORTU. Menurut Sitanggang dkk. (2015), Venkatesh dkk. (2003), Fiddin dkk. (2014), Handayani (2007), Handayani & Sudiana (2015), Mustaqim dkk. (2018), dan Febrianti (2017) kondisi yang memfasilitasi didefinisikan sebagai tingkat sejauh mana seseorang percaya bahwa fasilitas pendukung seperti infrastruktur organisasi, dukungan teknis maupun dukungan non teknis dari penyedia sistem, ada untuk menunjang penggunaannya. Kondisi yang dimaksud dalam memfasilitasi orang tua/wali mahasiswa dalam menggunakan SIORTU seperti tersedianya panduan penggunaan SIORTU, sumber daya dan bantuan dari orang lain. Hasil yang ada menunjukkan bahwa orang tua/wali mahasiswa memperoleh fasilitas untuk menggunakan SIORTU.

Habit atau kebiasaan dinyatakan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. *Habit* atau kebiasaan didefinisikan sebagai tingkat sejauh mana seseorang cenderung melakukan perilaku secara otomatis karena pembeajaran atau perilaku sebelumnya ((Venkatesh, 2012), (Auliya 2018)). Hasil analisis menunjukkan variabel *habit* menjadi variabel yang paling berpengaruh dengan nilai *T statistics* paling besar di antara variabel lainnya. Hal ini menunjuk-

kan bahwa orang tua/wali mahasiswa menggunakan SIORTU karena pernah menggunakan SIORTU atau sistem yang sejenis.

Hipotesis terakhir yang diterima yaitu hipotesis ke enam. Dinyatakan sebagai hipotesis bahwa *behavioral intention* memiliki pengaruh positif signifikan terhadap penggunaan SIORTU. *Behavioral Intention* atau niat perilaku didefinisikan sebagai perilaku seseorang untuk mulai menggunakan suatu sistem dan menggunakannya secara terus menerus (Auliya, 2018). Didefinisikan pula oleh Dharmmesta & Handoko (2015) sebagai keinginan untuk terus menggunakan sistem atau niat untuk menggunakan. *Behavioral intention* dinyatakan sebagai faktor penggunaan SIORTU berdasarkan masih analisis. Niat orang tua/wali mahasiswa untuk menggunakan SIORTU menjadi salah satu faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU.

KESIMPULAN

Penggunaan SIORTU dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berdasarkan hasil pengujian dari 73 responden yang ada menunjukkan setidaknya ada empat faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Empat faktor yang dimaksud antara lain pengaruh sosial (*social influence*), kondisi yang memfasilitasi (*facilitating condition*), kebiasaan (*habit*) dan niat menggunakan (*behavioral intention*). Keempat faktor tersebut merupakan empat dari enam variabel penelitian yang menjadi hipotesis. Keempat variabel tersebut dinyatakan dari nilai *original sample estimate* yang menunjukkan nilai positif dan nilai *T statistics* yang menunjukkan angka lebih dari 1,9 sehingga keempat variabel tersebut memiliki pengaruh yang signifikan.

Berdasarkan hasil analisis, keempat variabel penelitian tersebut dinyatakan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU. Hal ini ditegaskan dengan nilai *R square* uji model struktural yang menunjukkan nilai 0,656. Nilai tersebut berarti enam variabel yang diasumsikan sebagai faktor yang memengaruhi penggunaan SIORTU memiliki pengaruh sebesar 65,6%. Hasil ini dapat digunakan untuk evaluasi SIORTU guna memberikan layanan yang lebih baik kepada orang tua/wali mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

Agustine, F., 2009, Pengaruh Ekspektasi Kinerja, Ekspektasi Usaha, Faktor Sosial dan Kepuasan Pemakai Terhadap Penggunaan Sistem Informasi Berbasis Komputer pada Perusahaan Penerbitan di

- Surakarta, Skripsi, Universitas Sebelas Maret.
- Auliya, N., 2018, Penerapan Model Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 Terhadap Minat dan Perilaku Penggunaan E-Ticket di Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.
- Davis, F. D., 1989, Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology, *MIS Quarterly*, 13(0), 319-340. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2017.08.036>
- Dharmmesta, B. S. & Handoko, T. H., 2008, Manajemen Pemasaran: Analisis Perilaku Konsumen, Yogyakarta.
- Febrianti, E. F., 2017, Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penggunaan Sistem Informasi Berbasis Komputer.
- Fiddin, F., Kamaliah, K., & Hardi, H., 2014, Faktor-faktor yang Mempengaruhi Minat Pemanfaatan Sistem Informasi dan Penggunaan Sistem Informasi (Studi Pada Satuan Kerja Perangkat Daerah Pemerintah Provinsi Riau), *Sorot*, 8(1), 77. <https://doi.org/10.31258/sorot.8.1.2352>.
- Handayani, R., 2007, Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Minat Pemanfaatan Sistem Informasi dan Penggunaan Sistem Informasi (Studi Empiris pada Perusahaan Manufaktur di Bursa Efek Jakarta), *Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, 9(2), 76-88.
- Handayani, T. & Sudiana, S., 2015, Analisis Penerapan Model UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) Terhadap Perilaku Pengguna Sistem Informasi (Studi Kasus: Sistem Informasi Akademik pada STTNAS Yogyakarta), *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 7(2), 165-180. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v7i2.159>.
- Hardianto, D., Wijayanti, A., & Masitoh, E., 2018, Pengaruh Ekspektasi Kinerja, Ekspektasi Usaha, Faktor Sosial dan Kompleksitas Tugas Terhadap Penggunaan SIA, Seminar Nasional dan The 5th Call for Syariah Paper.
- Hasyim, 2010, Analisis Pengaruh Ekspektasi Kinerja, Ekspektasi Usaha dan Faktor Sosial Terhadap Penggunaan Sistem Informasi (Studi Kasus PT Semen Bosowa Maros), Universitas Hasanudin Makasar.
- Husein, M. F. & Wibowo, A., 2006, Sistem Informasi Manajemen (Edisi Revisi), Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Muntianah, S. T., Astuti, E. S., & Azizah, D. F., 2012, Pengaruh Minat Perilaku Terhadap Actual Use Teknologi Informasi dengan Pendekatan Technology Acceptance Model (TAM), *Profit*, 6(1), 88-113.
- Mustaqim, R., Kusyanti, A., & Aryadita, H., 2018, Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Niat Penggunaan E-Commerce XYZ Menggunakan Model UTAUT (Unified Theory Acceptance and Use of Technology), *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(7), 2584-2593, <http://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/jptiik/article/view/1653/608>.
- Pertiwi, N. W. D. M. Y. & Ariyanto, D., 2017, Penerapan Model UTAUT 2 untuk Menjelaskan Minat dan Perilaku Penggunaan Mobile Banking di Kota Denpasar, *E-Jurnal Akuntansi Universitas Udayana*, 18(2), 1369-1397.
- Bakhtiar, M. R., 2014, Penerapan Model The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) untuk Memahami Tingkat Penerimaan dan Penggunaan E-Learning (Be Smart) Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sari, D. R., 2018, Pengaruh Dimensi Budaya Terhadap Perilaku Penggunaan E-Commerce: Daerah Istimewa Yogyakarta dan Kalimantan Timur, Universitas Islam Indonesia.
- Setiawan, A., 2016, Analisis Sistem Informasi Orang Tua Wali Mahasiswa berbasis Website Studi Kasus Universitas Muhammadiyah Magelang, *Jurnal Informatika Upgris*, 2(1), 8-17. <https://doi.org/10.26877/jju.v2i1.1063>.
- Sitanggang, M., Bendi, R. K. J., & Soejono, F., 2017, Analisis Perilaku Penggunaan Sistem Informasi Akademik Oleh Mahasiswa Keperawatan, *JuSiTik: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Komunikasi*, 1(1), 11, <https://doi.org/10.32524/jusitik.v1i1.155>.
- Sulistyo, H. W. 2017. "Evaluasi Penerimaan Mahasiswa Terhadap Sistem Informasi Akademik (SIA) Menggunakan TAM 3 Di Universitas Muhammadiyah Jember", Universitas Islam Indonesia.
- Suzanto, B. & Sidharta, I., 2015, Pengukuran End-User Computing Satisfaction Atas Penggunaan Sistem Informasi Akademik, *Jurnal Ekonomi, Bisnis dan Entrepreneurship*, 9(1), 16-28.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D., 2003, User Acceptance of Information Technology: Toward A Unified View, *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478, <https://doi.org/10.1006/mvire.1994.1019>.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X., 2012, Consumer Acceptance and Use Of Information Technology: Extending The Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, *MIS Quarterly*, 36(1), 157-178.
- Wibowo, A., 2008, Kajian Tentang Perilaku Pengguna Sistem Informasi dalam Pendekatan TAM, Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, 1-8.
- Widjaya, H. A. E., 2010, Implementasi Portal Layanan Bagi Orang Tua Mahasiswa pada Perguruan Tinggi, *SemnasIF*, 91-96.

BIODATA PENULIS

Nur Azmi Ainul Bashir, S.Kom., lahir di Brebes tanggal 2 Januari 1993, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Sistem Komputer dari Universitas Teknologi Yogyakarta tahun 2014. Saat ini sedang

menempuh pendidikan jenjang S2 bidang ilmu Teknik Informatika di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, memiliki bidang minat penelitian sistem informasi enterprise, dan evaluasi sistem informasi.

Dr. Raden Teduh Dirgahayu, S.T., M.Sc., lahir di Yogyakarta tanggal 22 Juni 1974, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada tahun 1997, S2 bidang *telematics* dari University of Twente tahun 2005, dan S3 bidang *computer science* dari University Of Twente tahun 2010. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat penelitian *enterprise engineering*, *software engineering*, dan *service computing*.

ANALISIS KOMBINASI WARNA PADA ANTARMUKA *WEBSITE* PEMERINTAH KABUPATEN KLATEN

Muhammad Nurcahyo Sasongko¹, M. Suyanto², Mei P. Kurniawan³

¹Bagian Humas, Setda Klaten, Jawa Tengah

^{2,3}Universitas AMIKOM Yogyakarta

Email: ¹nurcahyosasongko@gmail.com, ²msuyanto@amikom.ac.id,

³meikurniawan@amikom.ac.id

Masuk: 21 Januari 2020, Revisi masuk: 24 Januari 2020, Diterima: 27 Januari 2020

ABSTRACT

The combination of colors of a website is one of the most important things to make an attractive website look. To determine the color combination of a website, it is necessary to pay attention to the proper harmonization and contrast. This research is conducted on the website of the Klaten Regency Government. The purpose of this research is to determine the color combination based on the desires of the website visitors. The method used is the theory of color psychology by Goethe and Itten, using the Color Extraction tool to find the dominant colors. The preparation of the questionnaire is assisted by psychologists, and the results of the questionnaire are used as references to determine the new color combinations of the website. 77 website visitors like the new color combinations created based on psychological questionnaires, therefore, it can be concluded that the new color combinations are accepted by the website visitors. This research proves that color determination based on the color psychology can be implemented in the website color combinations' construction.

Keywords: Color combination, Color psychology, Website.

INTISARI

Kombinasi warna pada *website* merupakan salah satu hal yang penting untuk membuat tampilan *website* yang menarik. Dalam menentukan kombinasi warna pada *website* perlu memperhatikan harmonisasi dan kontras yang tepat. Penelitian ini dilakukan pada *website* Pemerintah Kabupaten Klaten. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kombinasi warna berdasarkan keinginan pengunjung *website*. Metode yang digunakan adalah teori psikologi warna Goethe dan Itten, menggunakan tool Color Extraction untuk mencari warna dominan. Penyusunan kuesioner dibantu ahli psikologi, dan hasil kuesioner digunakan sebagai acuan kombinasi warna baru pada *website*. Dari 77 pengunjung *website* menyukai kombinasi warna baru yang dibuat berdasarkan kuesioner psikologi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi warna baru, dapat diterima oleh pengunjung *website*. Pada penelitian ini membuktikan bahwa penentuan warna berdasarkan psikologi warna dapat diimplementasikan pada penyusunan kombinasi warna *website*.

Kata-kata kunci: Kombinasi warna, Psikologi warna, Website.

PENDAHULUAN

Undang-undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah pada Bab XXI bertajuk Inovasi Daerah, pada Pasal 386 hingga Pasal 390, menyatakan bahwa dalam rangka peningkatan kinerja penyelenggaraan Pemerintahan Daerah, Pemerintah Daerah dapat melakukan inovasi. Inovasi sebagaimana dimaksud adalah semua bentuk pembaharuan dalam penyelenggaraan Pemerintahan Daerah. Dalam merumuskan kebijakan inovasi, Pemerintahan Daerah mengacu pada prinsip-prinsip peningkatan efisiensi, perbaikan efektivitas, perbaikan

kualitas pelayanan, tidak ada konflik kepentingan, berorientasi kepada kepentingan umum, dilakukan secara terbuka, memenuhi nilai-nilai kepatutan, dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan.

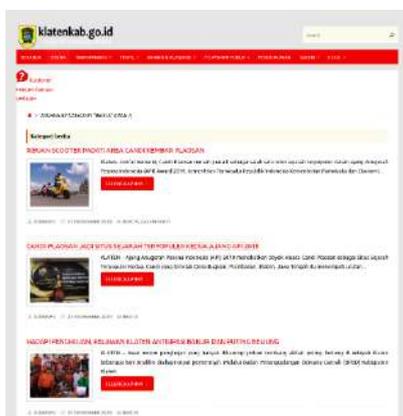
Sejalan dengan hal tersebut, reformasi birokrasi juga menuntut lembaga pemerintahan untuk mewujudkan *good and clean government*. Salah satu aspek yang menunjang terwujudnya *good and clean government* adalah keterbukaan informasi publik. Lembaga pemerintahan dituntut untuk menyajikan informasi-informasi yang dibu-

tuhkan oleh masyarakat secara transparan, akuntabilitas, efektif, dan efisien.

Pemerintah Kabupaten (Pemkab) Klaten sebagai salah satu lembaga pemerintahan terus berbenah dalam rangka mewujudkan keterbukaan informasi publik. Salah satu kanal yang digunakan oleh Pemkab Klaten adalah berupa *website* dengan alamat <http://www.klatenkab.go.id> yang dikelola oleh Dinas Komunikasi dan Informatika (Dinas Kominfo) Kabupaten Klaten.

Website pada dasarnya dapat dikategorikan sebagai media visual, untuk menyusun halaman *website* memerlukan perhatian dari segi presentasi dan desain, sehingga seorang desainer *website* membuat keputusan hal-hal apa saja yang ada di halaman *website*, seperti grafis, tipe warna, tata letak, dan lain-lain.

Pelaksana Teknis Informatika Dinas Kominfo Klaten mengungkapkan bahwa Dinas Kominfo Klaten berencana untuk memperbaiki tampilan *website* Pemkab Klaten agar semakin menarik untuk dikunjungi dan sesuai dengan keinginan mayoritas pengunjung. Meskipun konten atau isi *website* memegang peranan yang sangat penting untuk menarik minat pengunjung, perbaikan kombinasi warna pada *website* juga merupakan faktor penting untuk membuat tampilan *website* yang menarik. Penyusunan komposisi warna harus memperhatikan harmonisasi dan kontras antar warna yang tepat. Pada beberapa bagian *website* Pemkab Klaten ditemui penggunaan warna blok dan *font* yang sangat kontras dan tajam, hal ini tidak sesuai dengan kaidah *Human Computer Interaction* (HCI) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi warna dengan kontras tajam

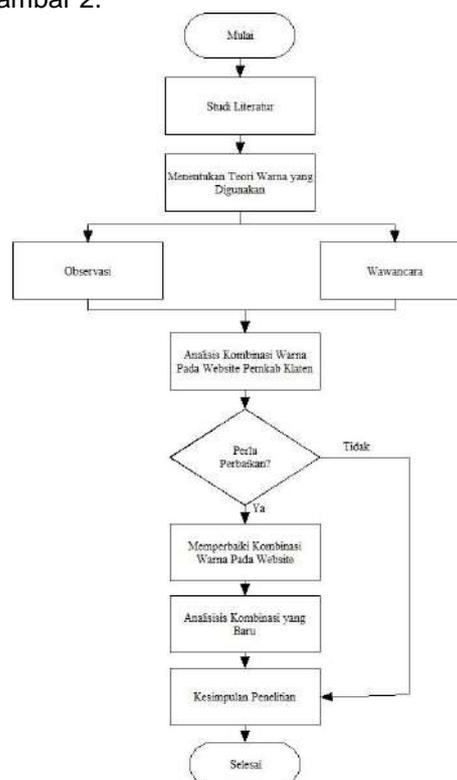
Pada Gambar 1 terlihat bahwa *background* putih dipadukan dengan *font* merah menyala

sangat tajam terlihat sangat mencolok dan melelahkan mata pengunjung *website*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keselarasan antara keinginan tampilan antarmuka *website* menggunakan aspek psikologi kombinasi warna dari pengguna, sehingga dapat meningkatkan ketertarikan pengunjung *website* Pemkab Klaten. Hasil penelitian ini berupa perbaikan komposisi warna pada antarmuka *website* Pemkab Klaten. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah penerapan hasil analisis kombinasi warna berdasarkan teori psikologi warna yang diterapkan pada antarmuka *website* Pemkab Klaten dapat diterima oleh pengunjung. Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kombinasi warna pada tampilan *website* Pemkab Klaten apakah sudah sesuai dengan keinginan pengguna.
2. Untuk menyusun kombinasi warna pada antarmuka *website* Pemkab Klaten sesuai dengan keinginan pengguna.
3. Untuk mengetahui tingkat penerimaan antara komposisi warna yang sudah ada dengan komposisi warna yang baru.

Alur pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur penelitian

Pada dasarnya penentuan kombinasi warna dapat mempengaruhi seseorang dalam melakukan respon, dikarenakan warna

adalah hal yang pertama kali dilihat oleh seseorang. Dalam setiap warna memberikan kesan dan identitas tertentu, walaupun pada dasarnya hal tersebut tergantung dari siapa yang melihatnya (Nugroho, 2008). Meskipun begitu, untuk menarik perhatian dari pengunjung *website*, maka tampilan dari *website* tersebut harus diperhatikan, dikarenakan hal ini dinilai sebagai tolak ukur keberhasilan sebuah *website*

Yogananti (2015) melakukan analisis tentang pengaruh psikologi warna pada *website* menggunakan teori warna, komponen desain yang dibentuk dari beberapa unsur, yaitu *layout and composition, color, texture, typography*, dan *imagery*. Hasil penelitian ini memberikan informasi komponen warna yang terkandung dalam sebuah *website* dan kemudian memberikan penjelasan makna warna dalam *website* tersebut.

Penelitian Sutrisno dkk. (2013) melakukan pengelolaan pola citra *background color* pada *website e-commerce*, analisis dalam penelitian digunakan untuk mengetahui warna dominan dari setiap *website e-commerce* yang diteliti. Hasilnya warna dominan dari 33 *website* tentang *e-commerce* yang diteliti adalah warna putih dengan jumlah data *website* sebanyak 23.

Itten menjelaskan kombinasi dari sebuah warna akan memberikan efek tertentu bagi yang melihatnya. Komposisi tersebut ditentukan dari situasi di sekitar warna, hal ini terjadi disebabkan warna selalu dilihat dalam keterkaitan dengan lingkungannya. Itten juga menjelaskan bila sebuah warna dikeluarkan dari sebuah lingkaran warna, maka warna tersebut memiliki kekuatan atau arti sendiri (Nijdam, 2009).

Goethe (1840) menjelaskan bahwa psikologi warna dapat diketahui dengan melakukan pelambangan warna. Dalam pelambangan warna akan berbeda, tergantung dari budaya dan waktu. Goethe juga menyebutkan setiap warna memiliki arti yang berbeda dan ada yang mengandung arti positif dan ada yang negati.

Salah satu kesimpulan penelitian El Ghiffary (2018) menyebutkan bahwa penggunaan warna tertentu dapat mempengaruhi tingkat kenyamanan pengguna. Hasil dari penelitian ini adalah pengguna lebih nyaman menggunakan warna oranye atau jingga dibandingkan menggunakan biru.

Setiawan dkk. (2017) pada penelitiannya tentang analisis kombinasi warna pada antarmuka *website* UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta menerapkan psikologi warna untuk menyusun kombinasi warna baru pada *website* UIN Sunan Kalijaga dnyakan bahwa aspek psikologis warna dari sebagian besar pengunjung *website* dapat diterapkan untuk melakukan perbaikan komposisi warna pada *website*.

PEMBAHASAN

Human Computer Interaction (HCI)

HCI merupakan ilmu multidisiplin atau banyak faktor yang secara langsung mempengaruhinya. Berbagai faktor ikut mendewasakan dan mengembangkan interaksi manusia dan komputer, khususnya kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), rekayasa perangkat lunak (*software engineering*), matematika (*mathematics*) (Sudarmawan, 2007).

Penelitian psikologi kombinasi warna pada antarmuka *website* termasuk dalam faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan HCI pada *faktor social psychology* dan *cognitive psychology*. Faktor ini penting karena setiap pengguna memiliki sifat dan perilaku berbeda. Faktor psikologi juga mencakup pengetahuan dan keahlian pengguna dalam mempresepsikan dan memecahkan masalah (*problem solving*) (Sudarmawan, 2007).

Dalam HCI sistem komputer terdiri atas tiga aspek, yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan manusia (*brainware*) (Santosa, 1997). Pada penelitian ini fokus pembahasan pada aspek manusia terutama dalam penggunaan panca indra khususnya penglihatan.

Teori Warna Goethe

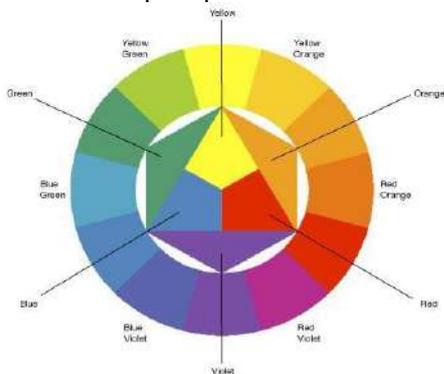
Goethe membagi warna menjadi dua kategori, yaitu bagian positif dan negatif, seperti tampak pada Gambar 3. Pada gambar tersebut, Goethe menjelaskan warna yang termasuk dalam kategori positif adalah kuning, merah-kuning (jingga/oranye), dan kuning-merah (vermeil). Warna-warna tersebut memiliki makna semangat dan ambisius. Adapun warna yang termasuk kategori negatif antara lain biru, biru-merah, dan merah-biru warna-warna tersebut melambangkan gelisah, rentan, dan cemas (Goethe, 1840).



Gambar 3. Lingkaran warna Goethe (Nijdam, 2009)

Teori Warna Itten

Dalam bukunya, Itten (2003) menggambarkan Farbkreis berupa lingkaran warna berbasis R,Y,B sebagai warna primer, segitiga di tengah mengumpulkan kembali warna primer tersebut yang dipisahkan posisinya dalam roda warna seperti pada Farbkreis seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Farbkreis (Itten, 2003)

Itten juga menjelaskan bahwa sebuah warna dalam komposisi ditentukan oleh situasi atau warna di sekitarnya, karena warna selalu dilihat dalam hubungannya dengan lingkungannya. Bila sebuah warna dikeluarkan dari lingkaran warna, ia akan memiliki kekuatan sendiri. Nilai dan kepentingan sebuah warna dalam komposisi atau sebuah lukisan tidak berdiri sendiri, kualitas dan kuantitas keluasannya merupakan faktor-faktor yang menunjang (Itten, 2003). Itten juga menyatakan warna dapat memberikan kesan dan efek yang berbeda-beda pada manusia.

Psikologi Warna Goethe Dan Itten

Secara psikologis warna memiliki efek terhadap manusia, karena selain menimbulkan sensasi juga menimbulkan rasa senang dan tidak senang sehingga penggunaan warna perlu memperhatikan faktor-faktor psikologis. Setiap warna dapat menimbulkan respon psikologis yang

berbeda (Auria, 2015). Tabel 1 menunjukkan makna warna menurut Goethe dan Itten.

Dari teori psikologi warna Goethe dan Itten pada Tabel 1 disusun kuesioner psikologi warna yang berisi 60 pertanyaan dengan bantuan Psikolog dari dari Biro Psikologi Bangun Jiwa, Yogyakarta. Hasil kuesioner akan digunakan untuk menggali informasi warna apa yang sesuai dengan psikologi mayoritas pengunjung *website*.

Tabel 1. Makna warna menurut Goethe dan Itten

Warna	Makna
Kuning	Memberi arti kehangatan dan rasa bahagia. Semangat dan ceria.
Orange	Memberi kesan hangat dan bersemangat. warna ini merupakan symbol dari petualangan, percaya diri dan kemampuan dalam bersosialisasi.
Merah Muda	Warna ini melambangkan keromantisan, kelembutan, kasih sayang, cinta dan feminim.
Biru	Diasosiasikan dengan kecerdasan, komunikasi, kepercayaan, efisiensi, ketenangan, tugas, logika, kesejukan, protektif, refleksi, kooperatif, integritas, dan sensitif.
Ungu	Kemewahan, spiritualitas, kekayaan, dan kecanggihan.
Merah	Simbol dari energi, emosi, tantangan, aktif, kekuatan dan kegembiraan.
Hijau	Mampu memberi suasana tenang dan santai. Keterbukaan dalam berkomunikasi
Coklat	Kuat dan dapat diandalkan. Kaku, malas, kolot, dan pesimis.
Putih	Keaslian, kemurnian, kesucian, sederhana, kepolosan, kedamaian, dan kebersihan.
Hitam	Suram, penyendiri, gelap, tegas dan menakutkan namun juga elegan

Kombinasi Warna Website

Santosa (1997) dalam bukunya mengungkapkan bahwa sejumlah kombinasi warna telah diuji coba untuk mendapatkan kombinasi warna terbaik dan terburuk seperti ditampilkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Kombinasi warna terbaik

Latar Belakang	Garis Tipis Dan Teks	Garis Tebal Dan Teks
Putih	Biru (94%), Hitam (63%), Merah (25%)	Hitam (69%), Biru (63%), Merah (31%)

Merah	Kuning (75%), Putih (56%), Hitam (44%)	Hitam (50%), Kuning (44%), Putih (44%), Cyan (31%)
Hijau	Hitam (100%), Biru (56%), Merah (25%)	Hitam (69%), Merah (63%), Biru (31%)
Hitam	Putih (75%), Kuning (63%)	Kuning (69%), Putih (59%), Hijau (25%)
Biru	Putih (81%), Kuning (50%), Cyan (25%)	Kuning (38%), Magenta (31%), Hitam (31%), Cyan (31%), Putih (25%)
Cyan	Biru (69%), Hitam (56%), Merah (37%)	Merah (56%), Biru (50%), Hitam (44%), Magenta (25%)
Magenta	Hitam (63%), Putih (56%), Biru (44%)	Biru (50%), Hitam (44%), Kuning (25%)
Kuning	Merah (63%), Biru (63%), Hitam (56%)	Merah (75%), Biru (63%), Hitam (50%)

Tabel 3. Kombinasi warna terbaik

Latar Belakang	Garis Tipis Dan Teks	Garis Tebal Dan Teks
Putih	Kuning (100%), Cyan (94%)	Kuning (94%), Cyan (75%)
Merah	Magenta (81%), Biru (44%), Hijau dan Cyan (21%)	Biru (81%), Magenta (31%)
Hijau	Cyan (81%), Magenta (50%), Kuning (37%)	Cyan (81%), Magenta dan Kuning (44%)
Hitam	Biru (89%), Merah (44%), Magenta (25%)	Biru (81%), Magenta (31%)
Biru	Hijau (62%), Merah dan Hitam (37%)	Hijau (44%), Merah dan Hitam (31%)
Cyan	Hitam (81%), Kuning (75%), Putih (31%)	Kuning (69%), Hijau (62%), Putih (56%)
Magenta	Hijau (75%), Merah (56%), Cyan (44%)	Cyan (81%), Hijau (69%), Merah (44%)
Kuning	Putih dan Cyan (81%)	Putih (81%), Cyan (56%), Hijau (25%),

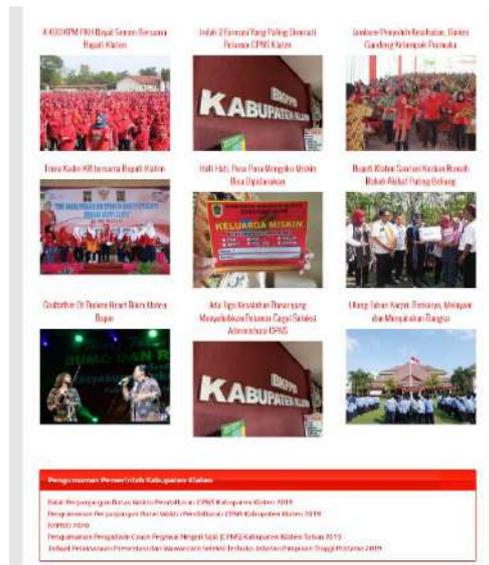
Tampilan Website Awal

Bagian header website Pemkab Klaten terdiri dari menu Beranda, Berita, Transparansi, Profil, Datang dan Kunjungi, Pelayanan publik, Pengumuman, Galeri, dan e-Doc seperti ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan header website Pemkab Klaten

Bagian body website berisikan berita dan pengumuman yang berkaitan dengan Pemkab Klaten seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan body website Pemkab Klaten

Bagian footer website Pemkab Klaten berisikan pengumuman dari pemerintah pusat, widget galeri foto, widget agenda, twitter, informasi alamat, nomor telepon, dan email seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan footer website Pemkab Klaten

Tool untuk Color Extraction

Color extraction adalah tool yang disediakan oleh TinEye Lab menggunakan MulticolorEngine (<https://labs.tineye.com/color/>). Tool ini dapat mengidentifikasi komposisi warna, deskripsi warna, kelompok warna dan kode heksadesimal warna yang ada dalam sebuah file citra dengan hanya mengunggah file gambar tersebut. Tampilan Tool color extraction ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan *tool* Color Extraction

Hasil Analisis Warna Dominan Pada Desain Lama *Website*

Hasil analisis warna dominan pada *website* lama menggunakan *tool Color Extraction* didapatkan komposisi warna seperti pada Tabel 4. Dari Tabel 4 diperoleh informasi bahwa warna dominan pada *website* lama Pemkab Klaten adalah putih, merah, dan merah muda.

Tabel 4. Komposisi warna *website* lama

Bagian	Kode Heksadesimal Warna	Deskripsi	Kelompok Warna	Persentase	Persentase Kelompok Warna	
HEADER	#f2f3f3	White Smoke	White	61,1	67,9	
	#fcfbed	Ivory	White	6,8		
	#f80706	Red	Red	15,7		
	#a93837	Milano Red	Red	3,4		
	#cd1214	Venetian Red	Red	3,3		
	#f4393a	Coral Red	Red	3,2		
	#d26a6b	Light Coral	Red	2,7		
BODY	#f15656	Mahogany	Red	1,4	2,4	
	#ffb9bb	Sundown	Pink	2,4		
	#fdfcfc	White	White	89,2		89,2
	#e8c3c1	Pink Flare	Pink	7,1		7,1
	#ea2311	Red Orange	Red	2,4		3,2
#f68a7f	Geraldine	Red	0,8			
FOOTER	#e85e51	Bittersweet	Orange	0,6	0,6	
	#e00000	White Smoke	White	92,6	92,6	
	#e78e8f	Sweet Pink	Pink	2,9	2,9	
	#f30602	Scarlet	Red	2,1	3,7	
	#eb1f1f	Red Orange	Red	0,9		
	#e54948	Mahogany	Red	0,7		
	#0d0d0d	Black	Black	0,8	0,8	

Kuesioner Psikologi Warna

Untuk memperoleh informasi mengenai warna yang sesuai dengan mayoritas pengunjung, maka kuesioner yang telah dibuat kemudian disebar dengan cara menempelkan tautan pada *banner website* yang apabila diklik akan menuju ke *google form* untuk pengisian kuesioner. Pada kuesioner psikologi warna diperoleh 35 responden yang mengisi kuesioner dengan hasil seperti pada Tabel 5. Dari Tabel 5 diperoleh informasi bahwa warna yang sesuai dengan psikologi mayoritas pengunjung *website* Pemkab Klaten adalah: putih, merah dan hitam.

Tabel 5. Hasil kuesioner psikologi warna

Warna	Total Skor	Rata-Rata
Kuning	656	3,12
Orange	651	3,1
Merah Muda	620	2,95
Biru	620	2,95
Ungu	645	3,07
Merah	680	3,24
Hijau	658	3,13
Coklat	650	3,1
Putih	688	3,28
Hitam	661	3,15

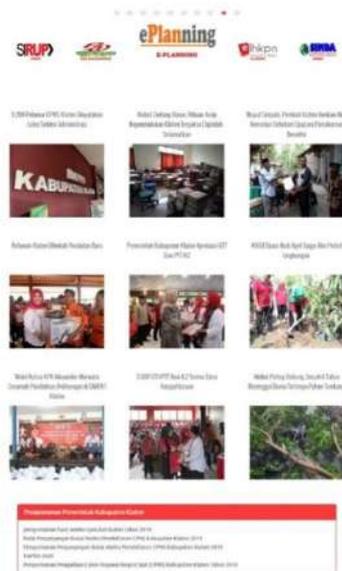
Penyusunan Komposisi Warna Baru

Setelah didapatkan warna yang disukai pengunjung, maka dilakukan penyusunan kombinasi warna baru dengan melibatkan pakar *website*. Rekomendasi dari diberikan adalah perlu memperhatikan harmonisasi, kontras, dan spektrum warna, dan hindari kombinasi yang melelahkan atau membuat mata tidak nyaman. Untuk itu disarankan agar warna merah dibuat lebih *soft*, warna *background* putih, hitam untuk teks, dan warna hitam dan hitam muda untuk *footer*. Dengan rekomendasi tersebut maka disusun CSS untuk membuat komposisi warna baru. Komposisi warna baru pada *header* adalah seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan baru *header website* Pemkab Klaten

Untuk komposisi warna baru pada *body* seperti ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan baru *body website* Pemkab Klaten

Untuk komposisi warna baru pada *footer* seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan baru *body website* Pemkab Klaten

Hasil Analisis Warna Dominan pada Desain Lama Website

Dengan menggunakan *tool* Color Extraction didapatkan komposisi warna seperti pada Tabel 6. Dari Tabel 6 maka penyusunan komposisi warna sudah sesuai dengan kuesioner pertama, yaitu warna dominan untuk komposisi warna yang baru adalah putih, merah, dan hitam.

Tabel 6. Komposisi warna desain *website* baru

Bagian	Kode Heksadesimal Warna	Deskripsi	Kelompok Warna	Persentase	Persentase Kelompok Warna
HEADER	#f9393a	Coral Red	Red	66,9	83,8
	#ef4646	Alizarin Crimson	Red	7,2	
	#d55252	Valencia	Red	4,6	
	#e47c7d	Light Coral	Red	2,6	
	#991f1e	Carmin	Red	1,4	
	#741516	Falu Red	Red	1,1	
	#fcfaec	Ivory	White	6,4	
	#f0ffff	Azure	Blue	5,9	5,9
BODY	#f0ffff	Sundown	Pink	4	4
	#fefefd	White	White	87,1	87,1
	#0d0d0d	Black	Black	10,2	10,2
	#f8383a	Coral Red	Red	1	2,1
	#ec4c4b	Persian Red	Red	0,7	
	#d75a5b	Roman	Red	0,4	
	#de9493	Petite Orchid	Pink	0,6	
FOOTER	#ffffff	White	White	77,6	77,6
	#000000	Black	Black	16	16
	#eb5353	Mahogany	Red	2,2	3,8
	#f9393a	Coral Red	Red	1,6	
	#e98b8c	Sweet Pink	Pink	1,5	
	#efb1b2	Azalea	Pink	1,1	

Perbandingan Desain Lama dengan Desain Baru

Pada tahapan ini pengunjung diberikan 2 gambar desain *website* lama dan desain baru dengan pertanyaan sebagai berikut:

- 1) Komposisi warna *website* lebih menarik?
- 2) Penggunaan warna pada *website* nyaman dilihat?
- 3) Kesesuaian penggunaan warna *font*?
- 4) Kesesuaian kombinasi warna pada *website*?
- 5) Kemudahan membaca informasi?

Dari 77 responden yang mengisi kuesioner hasilnya seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Penilaian kombinasi warna desain lama dan desain baru

Pertanyaan	P1	P2	P3	P4	P5
Desain Lama	22	27	11	20	8
Desain Baru	55	50	66	57	69
Jumlah	77	77	77	77	77

Dari Tabel 5 maka diperoleh skor perbandingan desain lama dan desain baru seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Skor kombinasi warna desain lama dan desain baru

Pertanyaan	Jumlah Skor		Total Skor
	Lama	Baru	
P1-P5	88	297	385
Warna Lama	23%		
Warna Baru	77%		

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis kombinasi warna terhadap antarmuka *website* Pemkab Klaten yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kombinasi warna *website* dari segi pengguna dengan menggunakan kuesioner psikologi warna yang disusun mengacu pada teori warna, dan penyusunan instrumen pertanyaan dibantu oleh ahli psikologi. Kuesioner disebarkan ke 35 responden yang merupakan pengunjung *website*. Hasil kuesioner menunjukkan kombinasi warna yang diinginkan oleh pengunjung dengan jumlah rata-rata: 3,28 untuk warna putih, 3,24 untuk warna merah, dan 3,15 untuk warna hitam.
2. Penempatan kombinasi warna berdasarkan rekomendasi pakar *website* yaitu; warna putih untuk bagian *background*, warna merah yang tidak tajam untuk bagian *header*, menu dan judul dari berita/informasi dan ornamen-ornamen kecil, dan warna hitam untuk bagian *footer*.
3. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi perbaikan kombinasi warna berdasarkan keinginan pengguna. Untuk mengetahui hasil penilaian rekomendasi maka dilakukan penyebaran kuesioner kedua dengan menampilkan perbandingan tampilan *website* Pemkab Klaten yang lama dan yang baru.
4. Kuesioner untuk menilai *website* yang baru diberikan 5 pertanyaan dan diisi oleh 77 responden pengunjung *website*. Hasil dari kuesioner menyimpulkan 23% responden memilih kombinasi warna desain *website* lama, sedangkan 77% responden memilih kombinasi warna desain baru.
5. Dari hasil penelitian ini membuktikan bahwa penentuan warna berdasarkan teori psikologi warna Goethe dan Itten

dapat diterapkan pada kombinasi warna sebuah *website*.

Untuk penelitian selanjutnya, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk mempertimbangkan fitur tambahan pada *website* untuk pengguna memilih warnanya sendiri, dan tidak dibatasi warna berdasarkan hasil rekomendasi yang telah diberikan.
2. Penelitian selanjutnya, agar responden tidak bosan dengan banyaknya pernyataan kuesioner warna maka akan lebih menarik jika digabungkan dengan kuesioner berupa gambar yang mengarah pada emosional responden untuk selanjutnya diterjemahkan dalam psikologi warna.

DAFTAR PUSTAKA

- El Ghiffary. M.N. , Susanto, T. D., dan Herdiyanti, A., 2018, Analisis Komponen Desain Layout, Warna, dan Kontrol Pada Antarmuka Pengguna Aplikasi Mobile Berdasarkan Kemudahan Penggunaan (Studi Kasus: Aplikasi Olride), *Jurnal Teknik ITS*, 2018.
- Gothe, J. W. V., 1840, *Theory of Colour*, John Murray, Jerman.
- Setiawan, H., Utami, E., dan Al Fatta, H., 2017, Analisis Kombinasi Warna Pada Antarmuka Website UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, UN PGRI Kediri, 2017.
- Itten, J. Dan Birren, F., 2003, *The Elements of Color*, New York: John Wiley & Son, Inc.
- Nijdam, N. A., 2009, *Mapping Emotion to Color*, Human Media Interaction University of Tente, Netherland.
- Nugroho, E., 2008, *Pengenalan Teori Warna*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Santosa, P. I., 1997, *Interaksi Manusia dan Komputer; Teori dan Praktek*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sudarmawan, A. D., 2007, *Interaksi Manusia & Komputer*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sutrisno, Utami, E., dan Fatta, H. A., 2013, Pengelolaan Pola Citra Background Color pada Web E-Commerce, *Jurnal Dasi*, Vol. 14, No. 2, Juni 2013.
- Xu, Y., 2015, Vector Sparse Representation of Color Image Using Quaternion Matrix Analysis Application, *IEEE*, Vol. 24, No. 4.

Yogananti, A. F., 2015, Pengaruh Psikologi Kombinasi Warna dalam Website, *Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia*, Vol. 1.

BIODATA PENULIS

Muhammad Nurcahyo Sasongko, S.Kom., lahir di Sleman pada 5 Juli 1984, menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Komputer dari IST AKPRIND tahun 2008. Saat ini tercatat sebagai Mahasiswa Program Magister Teknik Informatika Universitas Amikom Yogyakarta.

Prof. Dr. M. Suyanto, M.M., lahir di Madiun pada 20 Februari 1960, menyelesaikan pendidikan S1 FMIPA Fisika UGM tahun 1987, Magister Manajemen UGM tahun 1993, PhD In Management (IOWA USA -

1998), Doktor Ilmu Ekonomi Universitas Airlangga tahun 2007 dengan konsentrasi Ekonomi Syariah, serta memperoleh gelar Guru Besar tanggal 1 Mei 2008 pada bidang *e-business*, *strategic management*, dan marketing. Saat ini menjabat sebagai Rektor di Universitas Amikom Yogyakarta.

Mei Parwanto Kurniawan, M.Kom., lahir di Boyolali pada 12 Mei 1985, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Sistem Informasi di STMIK AMIKOM Yogyakarta tahun 2008, dan S2 Magister Teknik Informatika di STMIK AMIKOM Yogyakarta tahun 2011. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Amikom Yogyakarta.

EKSTRAKSI ANTOSIANIN DARI BIJI ALPUKAT SEBAGAI PEWARNA ALAMI

Zubaidi Achmad¹, Bambang Sugiarto²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Email: ¹zubed1959@yahoo.com, ²bgiartokd@gmail.com

Masuk: 21 Januari 2020, Revisi masuk: 4 Februari 2020, Diterima: 5 Februari 2020

ABSTRACT

The needs for colorant is increasing, so the colorant produced by natural substances begin to be substituted for synthetic colorant as technology and knowledge develop. The substitution can reduce production cost, but the synthetic colorants have negative effects. The synthetic colorants can be dangerous to our health and environment if they are used for food colorants and textile industry. Therefore, natural substances such as avocado seeds are still needed for coloring which is eco-friendly by applying science and technological development.

This research aim to study the effect of extraction time and the ratio of solvent concentration to the concentration of anthocyanin extract and find good conditions in the anthocyanin color test process with the extraction time and the ratio of solvent concentration variable. This research has been carried out through 4 (four) stages: (i) extracting anthocyanin, (ii) separating the anthocyanin extract uses a solvent, (iii) coloring the fabric uses anthocyanin extract which is more concentrated, (iv) testing the anthocyanin colorant by washing it uses detergent.

Dissolved anthocyanin concentration analysis is carried out with a UV-Visible Spectrophotometer. This method is applied for discovering the quantity of anthocyanins dissolved in the detergent solution after washing the cloth that has been colored. The research indicate that the largest anthocyanin extract is 0.10002 mL anthocyanin /mL solvent when the extraction time is 150 minutes and the ratio of solvent concentration is 1:13.

Keywords: Avocado seeds, Extraction, Natural colorant.

INTISARI

Kebutuhan zat pewarna saat ini sudah semakin banyak, sehingga zat warna yang dulunya diperoleh dari bahan-bahan alami, seiring berkembangnya teknologi dan pengetahuan, mulai disubstitusi dengan pewarna sintesis agar dapat menekan biaya produksi. Namun selain berbahaya dari segi kesehatan apabila digunakan di industri pangan, zat pewarna sintesis yang digunakan di berbagai macam jenis industri termasuk tekstil juga dapat memberi dampak buruk bagi lingkungan. Maka bahan baku alami seperti biji buah alpukat masih diperlukan untuk menghasilkan zat warna yang alami serta ramah lingkungan, namun tetap menerapkan ilmu pengetahuan dan perkembangan teknologi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh waktu ekstraksi dan perbandingan konsentrasi pelarut terhadap konsentrasi antosianin terekstrak dan mencari kondisi yang relatif baik pada proses uji warna antosianin dengan variable waktu ekstraksi dan perbandingan konsentrasi pelarut. Penelitian telah dilakukan melalui 3 (tiga) tahap yaitu: (i) mengekstraksi antosianin, (ii) memisahkan ekstrak antosianin dengan pelarut, (iii) mewarnai kain dengan ekstrak antosianin yang lebih pekat, (iv) pengujian zat warna antosianin dengan mencucinya dengan deterjen.

Analisis konsentrasi antosianin terlarut dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Visible untuk mengetahui banyak antosianin yang terlarut dalam larutan deterjen saat dilakukan pencucian kain yang telah diwarnai.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa percobaan dengan waktu ekstraksi 150 menit dan perbandingan konsentrasi pelarut 1:13 menghasilkan ekstrak antosianin terbesar yaitu 0,10002 mL antosianin/mL pelarut.

Kata-kata kunci: Biji alpukat, Ekstraksi, Warna alami.

PENDAHULUAN

Warna merupakan daya tarik terbesar untuk konsumen dalam memilih sebuah

produk, misalnya kain. Kebutuhan zat pewarna zaman dahulu, saat teknologi masih minim, masyarakat hanya tahu

mengambil zat warna dari produk-produk alami, misalnya dari tanaman. Seiring berjalannya waktu dan perlembangan teknologi, masyarakat mulai tahu ilmu kimia dan dapat menyubstitusi kebutuhan pewarna alami tersebut dengan yang sintetis. Di dunia perindustrian sekarang pun lebih memilih menggunakan pewarna sintetis yang harganya jauh lebih murah sehingga dapat menekan biaya produksi.

Zat pewarna sintesis merupakan zat warna yang berasal dari zat kimia. Dari segi kesehatan, zat pewarna ini tidak dapat digunakan untuk industri pangan. Namun, untuk industri selain pangan pun akan memberi dampak buruk bagi lingkungan.

Indonesia sudah resmi menerapkan MEA (Masyarakat Ekonomi Asean) sejak 1 Januari 2016. Salah satu poin penting pelaksanaan MEA adalah perkuatan daya saing. Dalam konteks arus barang, sudahkah barang-barang lokal nasional mampu bersaing melawan produk-produk unggulan dari negara-negara ASEAN lainnya, baik dari sisi harga maupun kualitas.

Salah satu contoh industri unggulan Indonesia adalah batik. Produk kain batik yang umumnya diwarnai dengan pewarna sintetis akan sulit masuk ke pasar ASEAN karena pemberlakuan MEA menuntut kita untuk memproduksi barang yang tidak mengandung bahan berbahaya dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, sebaiknya Indonesia mulai berpikir untuk kembali pada bahan-bahan organik agar MEA dapat berlangsung dengan baik dan memberi dampak yang besar bagi Negara ini.

Biji alpukat mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder diantaranya polifenol, flavonoid (antosianin), terpenoid, kuinon, saponin, tanin, monoterpenoid dan seskuiterpenoid. Pengambilan zat warna antosianin dapat dilakukan dengan ekstraksi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, diperoleh ekstrak warna orange. Ekstrak biji alpukat potensial digunakan sebagai zat warna orange alami pada kain.

Mengingat pentingnya zat pewarna alami untuk membuat produk yang lebih ramah lingkungan, diperlukan suatu proses pengambilan antosianin dalam biji alpukat. Pengambilan antosianin dapat dilakukan dengan cara ekstraksi, yaitu proses pemindahan suatu komponen di padatan atau cairan ke dalam larutan lain sebagai pelarut (*solven*).

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh waktu ekstraksi dan perbandingan konsentrasi pelarut

terhadap konsentrasi antosianin terekstrak.

2. Mencari kondisi yang relatif baik pada proses uji warna antosianin dengan variabel waktu reaksi dan perbandingan konsentrasi pelarut.

Tinjauan Umum Alpukat

Alpukat (*Persea Americana*) merupakan tanaman yang berasal dari Meksiko dan Amerika Selatan, nama lainnya adalah *Persea Americana*. Alpukat kini banyak dibudidayakan di Amerika Tengah sebagai tanaman perkebunan monokultur dan sebagai tanaman perkarangan di daerah-daerah tropika lainnya di dunia seperti di Indonesia

Buah alpukat merupakan salah satu jenis buah yang digemari banyak orang karena selain rasanya yang enak, buah alpukat juga kaya antioksidan dan zat gizi seperti lemak yaitu 9,8 g/100 g daging buah (Afrianti, 2010). Sebagian besar masyarakat memanfaatkan alpukat pada buahnya saja sedangkan bagian lain seperti biji kurang dimanfaatkan. Biji alpukat dapat digunakan untuk pengobatan secara tradisional dengan cara dikeringkan kemudian dihaluskan, dan air seduhannya dapat diminum. Biji alpukat dipercaya dapat mengobati sakit gigi, maag kronis, hipertensi dan diabetes melitus (Monica, 2006).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa biji alpukat memiliki kandungan berbagai senyawa berkhasiat, salah satunya adalah efek antidiabetes melalui kemampuannya menurunkan kadar glukosa darah (Zuhrotun, 2007).

Hasil *skrining* fitokimia yang dilakukan oleh Churniati dkk. (2016) terhadap ekstrak biji alpukat menunjukkan bahwa biji alpukat mengandung flavonoid, antosianin, dan tannin.

Pohon dengan batang mencapai tinggi 20m dengan daun sepanjang 12 hingga 25 cm. Bunganya tersembunyi dengan warna hijau kekuningan dan ukuran 5 hingga 10 milimeter. Ukuran buahnya bervariasi dari 7 hingga 20 sentimeter, dengan massa 100 hingga 1000 gram, dengan biji yang besar berdiameter 5 sampai 6,4 sentimeter.

Buahnya bertipe buni, memiliki kulit tak rata berwarna hijau tua hingga ungu kecoklatan, tergantung varietasnya. Daging buah alpukat berwarna hijau muda dekat kulit dan kuning muda dekat biji, dengan tekstur lembut. Klasifikasi tumbuhan Alpukat (*Persea Americana*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tumbuhan alpukat

Klasifikasi	Nama Klasifikasi
Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Magnoliopsida</i>
Ordo	<i>Lurales</i>
Famili	<i>Lauraceae</i>
Genus	<i>Persea</i>
Spesies	<i>Persea Americana</i>

Buah yang memiliki nama ilmiah *Persea Americana* ini, mempunyai banyak manfaat. Bijinya bisa di olah menjadi pewarna pakaian yang tidak mudah luntur. Batang pohonnya dapat digunakan sebagai bahan bakar. Kulit pohonnya digunakan sebagai pewarna warna coklat pada produk dari bahan kulit. Daging buahnya dapat dijadikan berbagai macam hidangan serta menjadi bahan dasar untuk beberapa produk kosmetik dan kecantikan. Selain itu, daging buah alpukat bisa digunakan untuk obat sariawan dan melembabkan kulit yang kering. Daun alpukat digunakan untuk mengobati kencing batu,

darah tinggi, sakit kepala, nyeri syaraf, nyeri lambung, saluran napas membesar dan menstruasi tidak teratur. Bijinya dapat digunakan untuk mengobati sakit gigi dan kencing manis.

Zat Warna

Zat warna umumnya terbagi menjadi dua yaitu zat warna alami dan zat warna sintesis. Zat warna alami adalah zat warna (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan ataupun sumber mineral yang penggunaannya lebih aman dibandingkan dengan zat warna sintesis. Kandungan zat warna alami dari suatu tumbuhan kadarnya akan berbeda-beda dipengaruhi oleh jenis tumbuhan, iklim, tanah, umur, dan faktor lainnya. Kelemahan penggunaan pewarna alami antara lain:

1. Konsentrasi pigmen rendah
2. Stabilitas pigmen rendah
3. Keseragaman warna kurang baik
4. Spectrum warna

Tabel 2 menampilkan macam warna alam.

Tabel 2. Zat Warna Alam

Golongan	Warna	Sumber Senyawa	Larut Dalam	Kestabilan
Antosianin	Oranye, merah, ungu	Tanaman	Air	Peka terhadap pH dan panas
Flavonoid	Tak berwarna, kuning	Tanaman	Air	Agak tahan panas
Tannin	Tak berwarna, kuning	Tanaman	Air	Tahan panas
Kuinon	Kuning sampai hitam	Tanaman, Bakteri, alga	Air	Tahan panas
Xanton	Kuning	Tanaman	Air	Tahan panas
Karotenoid	Tak berwarna, Kuning, merah	Tanaman	Air	Tahan panas
Khlorofil	Hijau, coklat	Tanaman	Air, lemak	Peka terhadap panas
Pigmen heme	Merah, coklat	Hewan	Air	Peka terhadap panas

Zat warna sintesis atau zat warna buatan adalah zat warna yang berasal dari zat kimia yang proses pembuatannya melalui penambahan asam sulfat atau asam nitrat yang terkontaminasi oleh arsen dan logam berat lainnya yang bersifat racun (Winarno, 1997). Zat warna sintesis mempunyai keuntungan yang nyata dibandingkan dengan pewarna alami karena lebih kuat, lebih stabil, lebih seragam dan biasanya lebih murah. Tabel 3 menampilkan macam bahan pewarna sintetik dan Tabel 4 menunjukkan perbedaan zat pewarna sintetik dan alami.

Tabel 3. Bahan pewarna sintetik

Warna	Nama Kimia
Merah	<i>Carmoisine</i>
Merah	<i>Erthrosine</i>
Orange	<i>Sunset yellow</i>
Kuning	<i>Tatrazine</i>
Kuning	<i>Quinoline yellow</i>
Biru	<i>Brilliant blue</i>
Biru	<i>Indigocarmine</i>
Hijau	<i>Fast green FCF</i>
Ungu	<i>Violet GB</i>

Tabel 4. Perbedaan zat pewarna sintetik dan alami

Pembeda	Zat Pewarna Sintesis	Zat Pewarna Alami
Warna yang dihasilkan	Lebih cerah dan lebih homogen	Lebih pudar dan tidak homogen
Variasi warna	Banyak	Sedikit
Harga	Lebih murah	Lebih mahal
Ketersediaan	Tak terbatas	Terbatas
Kestabilan	Stabil	Kurang Stabil

Antosianin

Antosianin berasal dari kata *anthos* (Yunani) yang berarti bunga dan *kyanos* (Yunani) yang berarti biru adalah pigmen yang tergolong dalam kelompok senyawa flavonoid. Flavonoid umumnya larut dalam air sehingga dapat diekstraksi dengan alkohol (Harborne, 1987).

Antosianin adalah pigmen yang paling tersebar luas dalam tumbuhan. Pigmen berwarna kuat ini adalah penyebab hampir semua warna orange, merah, ungu, dan biru dalam daun, bunga, buah, dan mungkin juga terdapat pada kulit buahnya saja, seperti pada terong, anggur, rambutan, apel. Di dalam tanaman antosianin terdapat sebagai glikosida, dimana kandungan utamanya adalah sifat gulanya (seringkali glukosa, tetapi mungkin juga galaktosa, ramnosa, silosa, dan arabinosa), jumlah satuan gulanya (mono-, di dan triglikosida) dan letak ikatan gula (biasanya padapada 3- dan 5- hidroksi) (Gross, 1987).

Total antosianin yang terdapat pada buah-buahan sebagian besar tergantung pada beberapa faktor seperti spesies, varietas, kondisi tumbuh tanaman, sifat fisik tumbuhan dan buah, ukuran buah, letak buah pada tanaman, pemberian obat-obatan dan pupuk. Beberapa buah-buahan dan sayuran serta bunga memperlihatkan warna-warna yang menarik yang mereka miliki termasuk komponen warna yang bersifat larut dalam air dan terdapat dalam cairan sel tumbuhan (Gross, 1987).

Salah satu fungsi antosianin adalah sebagai antioksidan di dalam tubuh sehingga dapat mencegah terjadinya aterosklerosis, penyakit penyumbatan pembuluh darah. Antosianin bekerja menghambat proses aterosclerosis dengan mencegah terjadinya oksidasi lemak jahat atau LDL (lipoprotein densitas rendah) oleh antioksidan. Kemudian antosianin juga melindungi integritas sel endotel yang melapisi dinding pembuluh darah sehingga tidak terjadi kerusakan. Kerusakan sel endotel merupakan tahap awal terjadinya aterosklerosis sehingga perlu dihindari. Selain itu, antosianin juga dapat merelaksasi pembuluh darah, melindungi lambung dari kerusakan, menghambat sel tumor, meningkatkan kemampuan penglihatan mata, serta berfungsi sebagai senyawa anti-inflamasi yang melindungi otak dari kerusakan (Gross, 1987).

Antosianin juga bermanfaat sebagai antikarsinogen, antiinflamasi, antihepa-

toksik, antibakterial, antiviral, antialergenik, antitrombotik, dan sebagai perlindungan akibat kerusakan yang disebabkan oleh radiasi sinar UV dan sebagai antioksidan (Gross, 1987).

Faktor-faktor yang Memengaruhi Kestabilan Antosianin

Menurut Houghton dan Hendry (1995), antosianin mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilannya, antara lain:

1. pH
Warna yang ditimbulkan oleh antosianin tergantung dari tingkat keasaman (pH) lingkungan sekitar sehingga pigmen ini dapat dijadikan sebagai indikator pH. Warna yang ditimbulkan adalah merah (pH 1), biru kemerahan (pH 4), ungu (pH 6), biru (pH 8), hijau (pH 12), dan kuning (pH 13). Untuk mendapatkan warna yang diinginkan, antosianin harus disimpan menggunakan larutan bufer dengan pH yang sesuai. Antosianin stabil pada pH 3,5.
2. Kation
Sebagian kation, terutama kation divalen dan trivalen harus dihindari karena dapat menyebabkan perubahan warna antosianin menjadi biru hingga terjadi pengendapan pigmen. Selain itu, permukaan tembaga, baja ringan, dan besi juga sebaiknya dihindari.
3. Oksigen
Saat terlarut di dalam suatu larutan campuran, antosianin akan teroksidasi perlahan-lahan.
4. Sulfur dioksida (SO₂)
Apabila sulfur dioksida bereaksi dengan antosianin maka akan terbentuk produk yang tidak berwarna. Reaksi perubahan warna tersebut bersifat *reversible* sehingga hanya dengan memanaskan SO₂ maka warna akan kembali seperti semula.
5. Protein
Apabila sumber antosianin bereaksi dengan protein maka akan terbentuk uap atau endapan. Peristiwa ini lebih dipengaruhi oleh pigmen non fenolik yang bereaksi dengan protein seperti gelatin.
6. Enzim
Penggunaan beberapa enzim dalam pengolahan makanan yang mengandung antosianin dapat mengakibatkan kandungan antosianin di dalamnya hilang atau berkurang. Hal ini sebagian

disebabkan oleh enzim glukosidase yang ada pada tahap preparasi enzim.

Manfaat Antosianin

Salah satu fungsi antosianin adalah sebagai antioksidan di dalam tubuh sehingga dapat mencegah terjadinya aterosklerosis, penyakit penyumbatan pembuluh darah. Antosianin bekerja menghambat proses aterogenesis dengan mengoksidasi lemak jahat dalam tubuh, yaitu lipoprotein densitas rendah. Kemudian antosianin juga melindungi integritas sel endotel yang melapisi dinding pembuluh darah sehingga tidak terjadi kerusakan. Kerusakan sel endotel merupakan awal mula pembentukan aterosklerosis sehingga harus dihindari (Houghton dan Hendry, 1995).

Selain itu, antosianin juga merelaksasi pembuluh darah untuk mencegah aterosklerosis dan penyakit kardiovaskuler lainnya. Berbagai manfaat positif dari antosianin untuk kesehatan manusia adalah untuk melindungi lambung dari kerusakan, menghambat sel tumor, meningkatkan kemampuan penglihatan mata, serta berfungsi sebagai senyawa antiinflamasi yang melindungi otak dari kerusakan. Selain itu, beberapa studi juga menyebutkan bahwa senyawa tersebut mampu mencegah obesitas dan diabetes, meningkatkan kemampuan memori otak dan mencegah penyakit neurologis, serta menangkal radikal bebas dalam tubuh. (Houghton dan Hendry, 1995)

Berbagai macam pigmen antosianin yang diekstrak dari buah-buahan tertentu telah banyak dimanfaatkan sebagai pewarna pada produk minuman ringan, susu, bubuk minuman, minuman beralkohol, produk beku, dan lain-lain. Penggunaan pewarna alami seperti antosianin semakin diminati karena dapat mengurangi penggunaan pewarna sintetik yang bersifat toksik dan tidak ramah lingkungan (Houghton dan Hendry, 1995).

Antosianin juga dimanfaatkan dalam pembuatan suplemen nutrisi karena memiliki banyak dampak positif bagi kesehatan manusia. Selain itu, antosianin juga dimanfaatkan dalam proses penyimpanan serta pengawetan buah, serta pembuatan selai buah. Di Jepang, antosianin tidak hanya digunakan sebagai pewarna makanan, tetapi juga sebagai pewarna kertas (kertas Awobana) (Bechtold dan Mussak, 2009).

Ekstraksi Sokletasi

Ekstraksi adalah salah satu metode pemisahan dua atau lebih komponen dengan menambahkan suatu pelarut yang tepat. Ekstraksi meliputi distribusi zat terlarut diantara dua pelarut yang tidak saling bercampur. Pelarut yang umum dipakai adalah air, pelarut organik seperti kloroform, eter, dan alkohol.

Dalam prosedur ekstraksi, zat-zat terlarut akan terdistribusi diantara lapisan air dan lapisan organik sesuai dengan perbedaan kelarutannya. Ekstraksi lebih efisien apabila dilakukan berulang dengan jumlah pelarut lebih kecil daripada bila pelarut banyak namun hanya dilakukan ekstraksi satu kali. Pemisahan secara ekstraksi ada dua macam, yaitu ekstraksi padat-cair dan ekstraksi cair-cair (Sudjadi, 1988).

Pada penelitian ini menggunakan ekstraksi cair-cair. Ekstraksi ini adalah metode pemisahan campuran terlarut yang terdapat dalam sampel padat (misalnya daun, kayu, biji dan lainnya) dengan menggunakan pelarut organik (Winarno, 2007).

Sokletasi adalah ekstraksi dengan menggunakan pelarut organik yang dilakukan secara berulang-ulang dan menjaga jumlah pelarut relatif konstan, dengan menggunakan alat soklet. Proses sokletasi digunakan untuk ekstraksi lanjutan dari suatu senyawa dari material atau bahan padat dengan pelarut panas. Alat yang digunakan adalah labu didih, ekstraktor dan kondensor. Sampel dalam sokletasi perlu dikeringkan sebelum disokletasi. Tujuan dilakukannya pengeringan adalah untuk mengilangkan kandungan air yang terdapat dalam sampel sedangkan dihaluskan adalah untuk mempermudah senyawa terlarut dalam pelarut. Didalam sokletasi digunakan pelarut yang mudah menguap. Pelarut itu bergantung pada tingkatannya, polar atau non polar.

Ekstraksi sokletasi ini digunakan untuk simplisia yang jumlahnya sedikit dan tahan terhadap pemanasan. Prinsip sokletasi adalah penarikan komponen kimia yang dilakukan dengan cara serbuk simplisia ditempatkan dalam selongsong yang telah dilapisi kertas saring sedemikian rupa, cairan penyari dipanaskan dalam labu alas bulat dengan menggunakan heating mantle sehingga menguap dan dikondensasikan oleh kondensor bola menjadi molekul-molekul cairan penyari yang jatuh ke dalam klonsong menyari zat aktif di dalam simplisia

dan jika cairan akan turun kembali ke labu alas bulat melalui pipa kapiler hingga terjadi sirkulasi. Proses ini akan terus berulang sehingga proses ekstraksi terjadi dengan sempurna.

Metoda sokletasi seakan merupakan penggabungan antara metoda maserasi dan perkolasi. Dimana metode maserasi dilakukan dengan cara merendam serbuk dalam pelarut, sedangkan metode perkolasi dilakukan dengan mengalirkan pelarut melalui serbuk yang telah dibasahi. Jika pada metoda pemisahan minyak astiri (distilasi uap), tidak dapat digunakan dengan baik karena persentase senyawa yang akan digunakan atau yang akan diisolasi cukup kecil atau tidak didapatkan pelarut yang diinginkan untuk maserasi ataupun perkolasi ini, maka cara yang terbaik yang didapatkan untuk pemisahan ini adalah sokletasi.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Ekstraksi

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ekstraksi adalah:

1. Ukuran partikel
Ukuran partikel mempengaruhi laju ekstraksi dalam beberapa hal. Semakin kecil ukurannya, semakin besar luas permukaan antara padat dan cair; sehingga laju perpindahannya menjadi semakin besar. Dengan kata lain, jarak untuk berdifusi yang dialami oleh zat terlarut dalam padatan adalah kecil.
2. Zat pelarut
Larutan yang akan dipakai sebagai zat pelarut seharusnya merupakan pelarut pilihan yang terbaik dan viskositasnya harus cukup rendah agar dapat dapat bersirkulasi dengan mudah. Biasanya, zat pelarut murni akan dipakai pada awalnya, tetapi setelah proses ekstraksi berakhir, konsentrasi zat terlarut akan naik dan laju ekstraksinya turun, pertama karena gradien konsentrasi akan berkurang dan kedua zat terlarutnya menjadi lebih kental.
3. Temperatur
Dalam banyak hal, kelarutan zat terlarut (pada partikel yang diekstraksi) di dalam pelarut akan naik bersamaan dengan kenaikan temperatur untuk memberikan laju ekstraksi yang lebih tinggi.
4. Rasio pelarut dan bahan baku
Jika rasio pelarut-bahan baku besar maka akan memperbesar jumlah senyawa yang terlarut. Akibatnya laju ekstraksi akan semakin meningkat. Akan

tetapi semakin banyak pelarut, proses ekstraksi juga semakin mahal. digunakan maka proses hilirnya akan semakin mahal.

5. Waktu Ekstraksi

Ekstraksi antosianin dari penelitian yang pernah dilakukan dengan variabel waktu, di dapat waktu yang tepat dengan rentang 0,5-3 jam. Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak ekstrak zat warna antosianin yang didapat.

Pelarut

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air. Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap. Untuk membedakan antara pelarut dengan zat yang dilarutkan, pelarut biasanya terdapat dalam jumlah yang lebih besar.

Syarat utama penggunaan pelarut untuk ekstraksi senyawa organik yaitu non toksik dan tidak mudah terbakar (*nonflammable*) walaupun persyaratan ini sangat sulit untuk dilaksanakan. Pelarut untuk ekstraksi senyawa organik terbagi menjadi golongan pelarut yang memiliki densitas lebih rendah dari pada air dan pelarut yang memiliki densitas lebih tinggi dari pada air. Kebanyakan pelarut senyawa organik termasuk dalam pelarut golongan pertama seperti dietil eter, etil asetat, dan hidrokarbon (light petroleum, heksana dan toluen). Beberapa pelarut yang biasa digunakan untuk ekstraksi diantaranya adalah metanol, etanol, etil asetat, aseton dan asetonitril dengan air atau HCl.

Antosianin adalah molekul polar dan tentunya pigmen ini akan larut dalam pelarut polar seperti metanol dan etanol. Bagaimanapun, jelas bahwa kelarutan bergantung pada beberapa faktor, termasuk kondisi media tertentu. Sebagaimana telah diketahui, sistem ekstraksi telah dimodifikasi untuk menghasilkan *yield* yang lebih banyak dan keamanan tetap diperhatikan

Asam klorida berperan menjaga pH agar tetap rendah. Asam klorida adalah asam kuat yang dapat mengubah bentuk asli antosianin dengan cara memecah ikatan lemah yang terjadi dengan metal dan kopigmen.

Proses Pewarnaan Tekstil

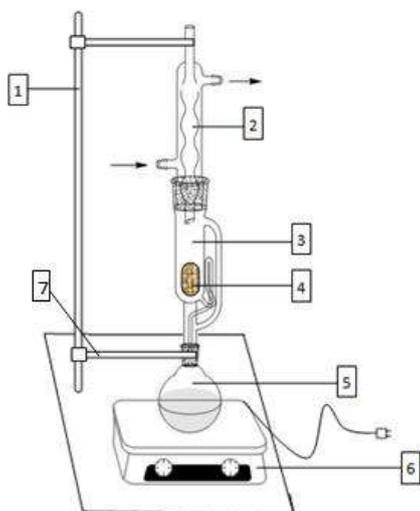
Proses pewarnaan pada tekstil secara sederhana meliputi mordanting, pewarnaan, fiksasi, dan pengeringan. *Mordanting* adalah perlakuan awal pada kain yang akan diwarnai agar lemak, minyak, kanji, dan kotoran yang tertinggal pada proses penunuan dapat dihilangkan. Pada proses ini kain dimasukkan ke dalam larutan tawas yang akan dipanaskan sampai mendidih. Proses pewarnaan dilakukan dengan pencelupan kain pada zat warna. Proses fiksasi adalah proses mengunci warna kain. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan air atau tawas.

Bahan tekstil yang hendak diwarnai harus diproses mordanting terlebih dahulu. Proses *mordanting* ini dimaksudkan untuk meningkatkan daya tarik zat warna alami terhadap tekstil serta berguna untuk menghasilkan kerataan dan ketajaman warna yang baik.

Proses mordanting dilakukan dengan merebus larutan tawas ditambah soda abu sampai mendidih, lalu memasukkan kain yang akan diwarnai, merebusnya selama 15 menit. Setelah 15 menit, kain diangkat, dan dikeringkan lalu disetrika (www.batikindonesia.info.com, diakses 01 Januari 2020).

Metodologi

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji buah alpukat, aquades, metanol 70 %,deterjen, kain katun, HCl, tawas (Al_2SO_4), dan soda abu (Na_2CO_3). Rangkaian alat ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi

Keterangan:

1. Statif
2. Pendingin bola
3. Soxhlet
4. Bahan yang diekstraksi
5. Labu didih
6. Pemanas listrik
7. Klem

Cara Kerja

1. Tahap Persiapan Pendahuluan

Mencuci biji buah alpukat sampai bersih dari daging buah alpukat dengan air lalu memotongnya kecil-kecil. Mengeringkan biji buah alpukat dibawah sinar matahari langsung sampai potongan biji terasa lembab dan mulai keriput, kemudian dilanjutkan pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 45°C sampai beratnya. Biji alpukat yang sudah kering lalu dihancurkan dengan menggunakan blender hingga menjadi serbuk.

2. Tahap Ekstraksi Antosianin dari Serbuk Biji Alpukat

Menimbang biji alpukat yang telah dikeringkan sebanyak 20 gram. Membungkus biji alpukat tersebut menggunakan kertas saring, lalu memasukkannya ke dalam kolom soxhlet. Menuang metanol teknis 70% dan aquades dengan perbandingan volume 1:3 sebanyak 200 mL ke dalam labu leher satu. Menambahkan asam klorida pekat sebanyak 1% dari volume pelarut (2 mL) ke dalam labu leher satu yang sudah berisi pelarut. Lalu memasang rangkaian alat soxhlet. Mengalirkan air pendingin bola, kemudian menyalakan pemanas mantel. Waktu ekstraksi berlangsung selama 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Ulangi percobaan dengan variasi perbandingan metanol dan aquades 1:5, 1:7, 1:9, dan 1:13 dengan jumlah volume yang sama.

Proses Pewarnaan Pada Kain

1. Proses Mordanting

Dalam tahap ini kain dipotong sebagai sampel dengan ukuran 5x5 cm sebanyak tiga lembar. Selanjutnya kain direndam kain sampel yang akan diwarnai tersebut dengan larutan 2 mL deterjen cair dalam 100 mL aquades, membuat larutan yang mengandung 8 gram tawas (Al_2SO_4) dan 2 gram soda abu (Na_2CO_3) dalam 1 L aquades merebus larutan di atas hingga mendidih, kemudian memasukkan kain dan merebusnya selama 15 menit.

- Setelah 15 menit mematikan pemanas kemudian mengangkat kain dan membilasnya dengan air bersih, dan mengeringkan kain kemudian disetrika.
2. Proses Pewarnaan
Proses pewarnaan dilakukan dengan mendidihkan 50 mL aquadest dalam gelas beker, kemudian menuangkan 0,5 gram zat warna yang sudah di distilasi. Memasukkan kain yang telah *dimordanting* ke dalam larutan zat warna, dan merebus kain selama 15 menit, dan mengangkat kain dari perebusan kemudian diangin-anginkan sampai kering.
 3. Proses Fiksasi dengan Tawas ($A1_2SO_4$)
Menimbang 70 gram tawas dan melarutkannya dalam 1 L aquadest. Biarkan larutan tawas mengendap dan mengambil larutan beningnya (larutan fixer), memasukkan kain yang sudah diwarnai ke dalam larutan selama 10 menit, lalu kain dikeringkan dan dicuci

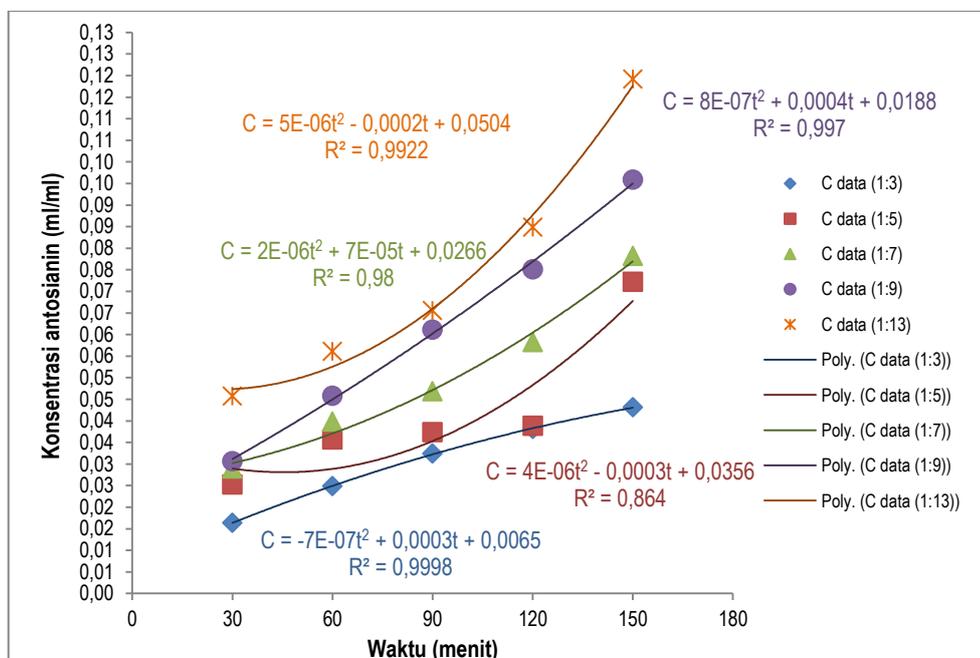
- bersih kemudian dikeringkan lagi di tempat yang teduh, kemudian disetrika.
4. Pengujian Warna pada Kain Terhadap Deterjen
Kain berwarna yang sudah didapat kemudian dilakukan pencucian menggunakan deterjen 0,2 gram pada 50 mL air, kemudian air rendaman kain diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible untuk mengetahui absorbansi antosianin terlarut pada air rendaman (Zakaria dan Kristianingrum, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 5 menampilkan data pengaruh waktu ekstraksi dengan konsentrasi antosianin dalam berbagai perbandingan pelarut. Gambar 2 menampilkan grafik hubungan antara waktu ekstraksi dengan konsentrasi antosianin pada berbagai perbandingan konsentrasi pelarut.

Tabel 5. Pengaruh Waktu Ekstraksi dengan Konsentrasi Antosianin dalam berbagai perbandingan pelarut

Waktu ekstraksi t (menit)	Konsentrasi antosianin (mL/mL) Perbandingan Pelarut				
	1:3	1:5	1:7	1:9	1:13
30	0,01637	0,02525	0,02894	0,03064	0,04569
60	0,02488	0,03564	0,0398	0,04575	0,05608
90	0,03243	0,03734	0,04679	0,06106	0,06553
120	0,0381	0,03886	0,05822	0,07504	0,0848
150	0,04311	0,0722	0,07815	0,09582	0,11918



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Ekstraksi dengan Konsentrasi Antosianin pada Berbagai Perbandingan Konsentrasi Pelarut

Secara matematis hubungan antara waktu ekstraksi dengan konsentrasi antosianin dalam tiap-tiap perbandingan konsentrasi pelarut (1:3; 1:5; 1:7; 1:9; 1:13) dinyatakan dengan persamaan:

(i) $C = -0,0000007t^2 + 0,0003t + 0,0065$;

(ii) $C = 0,000004t^2 - 0,0003t + 0,0356$;

(iii) $C = 0,00002t^2 + 0,00007t + 0,0266$;

(iv) $C = 0,0000008t^2 + 0,0004t + 0,0188$;

(v) $C = 0,000005t^2 - 0,0002t + 0,0504$

dengan:

t = waktu ekstraksi (menit)

C = konsentrasi antosianin (mL antosianin/mL pelarut)

Dengan persen kesalahan rata-rata tiap-tiap perbandingan konsentrasi pelarut (1:3; 1:5; 1:7; 1:9; 1:13) sebesar 13,40%; 5,9%; 19,69%; 1,76%; 9,28%.

Dari Tabel 5, terlihat bahwa semakin lama waktu ekstraksi maka konsentrasi antosianin yang dihasilkan juga semakin besar. Konsentrasi antosianin tertinggi di dapat dari waktu ekstraksi selama 150 menit dengan perbandingan konsentrasi pelarut 1:13 (metanol:aquadets). Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu ekstraksi, semakin lama pula bahan berkontak dengan pelarut yang mengakibatkan pecahnya dinding sel pada bahan sehingga mengeluarkan zat terlarut (*solute*) ke dalam pelarut (*solvent*).

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa data paling kecil diperoleh pada perbandingan konsentrasi pelarut 1:3 (metanol: aquadest). Hal ini terjadi karena ekstraksi menggunakan kombinasi pelarut dengan komposisi metanol yang lebih banyak dapat menghasilkan konsentrasi antosianin yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh metanol yang menurunkan polaritas. Sifat kepolaran pelarut berpengaruh pada konsentrasi antosianin yang terekstrak.

KESIMPULAN

1. Semakin lama waktu ekstraksi maka semakin banyak antosianin terekstrak sehingga konsentrasi antosianin semakin besar.
2. Semakin kecil perbandingan konsentrasi pelarut (metanol:aquadest) maka semakin banyak antosianin terekstrak sehingga konsentrasi antosianin semakin besar.
3. Konsentrasi antosianin tertinggi diperoleh pada waktu ekstraksi 150 menit dengan perbandingan konsentrasi pelarut 1:13 (metanol:aquadest) yaitu 0,11918 mL antosianin/mL pelarut.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk tahap purifikasi, sehingga dapat menghasilkan antosianin hasil ekstraksi yang lebih murni.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk variabel yang lain, seperti perbandingan volume pelarut, ukuran butiran, variasi suhu, dan lain-lain.
3. Perlu dilakukan penambahan bahan pengawet agar pewarna dapat bertahan dalam jangka waktu lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, L. H., 2010, 33 Macam Buah-buahan untuk Kesehatan, Bandung.
- Bechtold, T. dan Mussack, R., 2009, Handbook of Colorant, Willey, pp. 144-147.
- Churniati, N. A., Chairul, S., Erwin, 2016, Uji Fitokimia dan Stabilitas Zat Warna dari Ekstrak Biji Alpukat dengan Metode Spektroskopi UV-Vis, Universitas Mulawarman, Samarinda
- Gross, J., 1987, Pigments in Fruits. London: Academic Press, p. 1-55.
- Harborne, J. B., 1987, Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan, Institut Teknologi Bandung.
- Houghton, J. D. dan Henry G. A. F., 1995, Natural Food Colorants, Springer, pp. 53-59.
- Kurniawati, F. dan Susanti, L.D. 2009, Pembuatan Zat Warna Alami Tekstil dari Biji Mahkota Dewa, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Monica, F., 2006, Pengaruh Pemberian Air Seduhan Serbuk Biji Alpukat (*Persea Americana*) Terhadap Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar yang diberi beban Glukosa, Skripsi Universitas Diponegoro. Semarang.
- Navas, M. J., Jimenez-Moreno, A.M., Bueno, J.M., Saez-Plaza, P., dan Asuero, A. G., 2012, Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigment, Part IV: Extraction of Anthocyanin, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 42:313-342.
- Sudjadi, 1988, Metode Pemisahan, Yogyakarta: Kanisius.
- Winarno, 2007, Dasar-dasar Pemisahan Analitik, Universitas Negeri Semarang.
- Winarno, F. G., 1997, Kimia Pangan dan Gizi, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Zakaria, Y. H. dan Kristianingrum, 2014, Peningkatan Kestabilan Zat Warna Klorofil Daun Katuk Menggunakan

Hidrotalsit Sebagai Zat Warna Industri Tekstil, Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta.

Zuhrotun, A., 2007, Aktivitas Antidiabetes Ekstrak Etanol Biji Buah Alpukat Bentuk Bulat, Universitas Padjajaran, Bandung.
www.batikindonesia.info.com, diakses 01 Januari 2020.

BIODATA PENULIS

Ir. Zubaidi Achmad, M.T., lahir di Bantul tanggal 3 Oktober 1959, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Teknik Kimia di UPN "Veteran" Yogyakarta tahun 1987 dan S2 bidang Teknik Kimia di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1998. Saat ini tercatat sebagai

Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, UPN "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat teknologi proses.

Ir. Bambang Sugiarto, M.T., lahir di Yogyakarta tanggal 13 September 1963, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Teknik Kimia di UPN "Veteran" Yogyakarta lulus tahun 1992 dan S2 bidang Teknik Kimia di ITS Surabaya lulus tahun 2002. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Kimia, UPN "Veteran" Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat Teknologi Proses.

OPTIMALISASI MODEL SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN ARSIP ELEKTRONIK PADA PEMERINTAH KABUPATEN SRAGEN

Moch. Arfian Ardiansyah¹, Wing Wahyu Winarno², Asro Nasiri³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika Universitas Amikom Yogyakarta

Email: moch.ar@students.amikom.ac.id¹, maswing@gmail.com², asro@amikom.ac.id³

Masuk: 23 Januari 2020, Revisi masuk: 11 Februari 2020, Diterima: 13 Februari 2020

ABSTRACT

Electronic records management information system in the Sragen regency government (SIALEK) is an information system that functions to store records in digital form such as letter, photo and other archives. SIALEK can be accessed by each regional apparatus organization (OPD) to store the files of each OPD. Data stored at this time is only for storage. For several years, the electronic archive management information system in Sragen regency government has been very minimal in operation. The reason is the decline in performance on the information system. The decrease in performance is due to the data structure in the database owned by SIALEK that is not well organized and when there is already a lot of data, so the performance decreases. This research aims to provide a proposal for modeling a new database to improve the performance of SIALEK and modeling a new information system to maximize the function of SIALEK to provide information about archiving to the Sragen district government. By changing the database to PostgreSQL and normalizing the table structure. The results showed that there were differences in performance in the form of fast response time and smaller database table sizes after normalizing and moving databases. The modeling of the new system makes SIALEK not only a storage medium but also produces some information in the form of a dashboard on the system that is useful for providing information related to the archives of the Sragen district government.

Keywords: Archive, Basis data, MySQL, PostgreSQL.

INTISARI

Sistem Informasi Pengelolaan Arsip Elektronik (SIALEK) pada Pemerintah Kabupaten Sragen adalah suatu sistem informasi yang berfungsi menyimpan arsip-arsip dalam bentuk digital seperti arsip surat, foto, dan lain-lain. SIALEK dapat diakses oleh setiap organisasi perangkat daerah (OPD) untuk menyimpan arsip masing-masing OPD. Data yang disimpan saat ini hanya untuk disimpan saja. Selama beberapa tahun, SIALEK pada pemerintahan kabupaten Sragen sudah sangat jarang dioperasikan. Penyebabnya adalah menurunnya performa pada sistem informasi. Penurunan performa dikarenakan struktur data pada basis data yang dimiliki SIALEK tidak tersusun dengan baik, sehingga ketika sudah banyak data maka performa sistem menjadi menurun. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan sebuah usulan pemodelan basis data yang baru untuk meningkatkan performa SIALEK dan pemodelan sistem informasi yang baru untuk memaksimalkan fungsi SIALEK yang mampu memberikan informasi tentang kearsipan kepada Pemerintah Kabupaten Sragen. Perbaikan basis data dilakukan dengan cara melakukan perubahan ke PostgreSQL dan menormalisasi struktur tabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan performa dalam bentuk respon *time* yang lebih cepat dan ukuran tabel basis data menjadi lebih kecil setelah dinormalisasi dan migrasi basis data. Pemodelan sistem yang baru menjadikan SIALEK bukan hanya menjadi media penyimpanan data saja, tetapi menghasilkan beberapa informasi berupa *dashboard* pada sistem yang berguna untuk memberikan informasi terkait kearsipan Pemerintah Kabupaten Sragen.

Kata-kata kunci: Arsip, Basis data, MySQL, PostgreSQL.

PENDAHULUAN

Sistem informasi merupakan salah satu hal terpenting dalam suatu instansi atau perusahaan. Menurut Jogianto (2004) informasi adalah data yang diolah menjadi

bentuk yang lebih berguna bagi yang menerimanya. Dengan adanya sistem informasi maka organisasi atau perusahaan dapat menjamin kualitas informasi yang

disajikan dan dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi tersebut.

Kabupaten Sragen adalah salah satu kota di Jawa Tengah yang banyak mendapatkan penghargaan di bidang teknologi informasi. Pada tahun 2018, Kabupaten Sragen mendapatkan 6 penghargaan di bidang teknologi informasi, yaitu penghargaan *IT Telco* kategori TOP IT *Implementation Regency Government* 2018 dari majalah *IT Works*, predikat Kepatuhan Tinggi dari Ombudsman RI, *Bhumandala Award* 2018 dari Badan Informasi Geospasial, peringkat *Bhumandala Ariti*, Kabupaten Peduli HAM 2017 dari Kemenkumham, penghargaan Anugerah Indeks Daya Saing Daerah tingkat provinsi Jateng 2018 kategori Ekosistem Inovasi, dan penghargaan Digital Inclusion Award 2018 dari Masyarakat Telematika Indonesia.

Pemerintah Kabupaten Sragen telah memiliki beberapa sistem informasi di antaranya yaitu SIALEK yang digunakan untuk menunjang proses penyimpanan dan pengarsipan elektronik. SIALEK berfungsi sebagai media untuk penyimpanan arsip-arsip yang bersifat elektronik, seperti dokumen yang *discan*, *video*, dan gambar yang berhubungan dengan pemerintahan atau dokumentasi. SIALEK dikembangkan oleh Dinas Komunikasi dan Informatika (Diskominfo) Kabupaten Sragen. Berdasarkan informasi dari DISKOMINFO Kabupaten Sragen, saat ini terdapat permasalahan pada SIALEK. Selain data yang tersimpan pada sistem tersebut sudah banyak sehingga akses semakin lambat. SIALEK yang sudah berjalan kurang lebih 4 tahun mengalami penurunan performa dan sulit dilakukan perawatan. Masalah pada SIALEK sering timbul ketika memasuki awal tahun dan pertengahan tahun dimana beberapa OPD mengumpulkan dokumen yang akan diarsipkan dan akan *discan* untuk kemudian diunggah ke SIALEK. Proses pengunggahan tersebut berjalan lambat. Permasalahan lain yang dihadapi adalah berkaitan dengan kegiatan pengelolaan arsip elektronik, diantaranya proses pengambilan data dari basis data sangat berat dan lambat. Masalah-masalah yang dikemukakan di atas menjadi dasar perlunya mengoptimasi SIALEK.

Pada penelitian ini perubahan SIALEK dilakukan dengan cara mengubah basis data sistem informasi yang lama ke basis data yang baru yaitu PostgreSQL. Perubahan basis data dilakukan pada rancangan,

struktur basis data pada sistem. Dengan perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat memberikan performa yang lebih baik pada sistem, yaitu kecepatan respon, kebutuhan *hardware*, dan *resource* yang dibutuhkan, sehingga pengguna akan lebih mudah dan lebih cepat dalam memproses data arsip elektronik dan mendapatkan informasi dan pada SIALEK Pemerintah kabupaten Sragen.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah rekomendasi apa yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang perlu dilakukan untuk meningkatkan performa SIALEK Pemerintah Kabupaten Sragen saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan alternatif solusi untuk meminimalkan waktu respon pada sistem dengan cara mengubah basis data lama yaitu *MySQL* ke basis data baru yaitu *PostgreSQL* dan mengubah *query* lama ke *query* yang baru. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan umpan balik bagi Diskominfo Kabupaten Sragen dalam rangka perbaikan dan pengembangan sistem informasi selanjutnya.

PEMBAHASAN

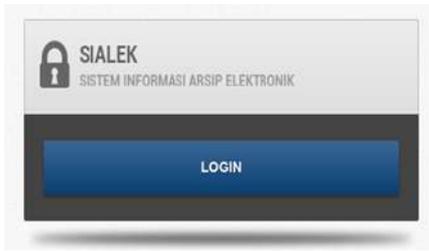
Hasil penelitian yang dilaksanakan di Dinas Arsip dan Perpustakaan Kabupaten Sragen, ditemukan beberapa masalah diantaranya adalah lamanya akses halaman daftar arsip pada SIALEK, belum optimalnya sistem informasi dikarenakan sistem sudah usang dan belum diperbaiki atau dikembangkan lagi, dan basis data yang tidak efisien karena rancangan struktur basis data yang tidak normal dan data yang sudah terlanjur banyak tidak terindeks dengan baik.

Optimalisasi SIALEK menjadi langkah awal pada penelitian ini untuk menemukan rekomendasi pengembangan selanjutnya. Performa SIALEK tidak sesuai dikarenakan waktu respon yang sangat lama dan melebihi batas standar. Menurut Sari (2016), disebutkan bahwa toleransi waktu tunggu adalah kurang dari 15 detik. Hasil pengukuran menggunakan *tool developer option* di aplikasi *Google Chrome*, waktu respon pada SIALEK adalah 21.33 detik untuk ukuran halaman sebesar 3 Mb pada kecepatan koneksi internet rata-rata 10 Mbps.

Kinerja Website

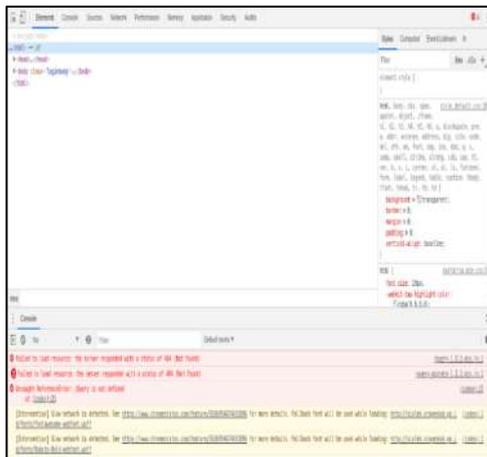
Kinerja *website* akan lambat apabila file yang diunduh berukuran besar, misal *plugin javascript* untuk animasi. Pada SIALEK,

ketika dibuka pertama kali, maka sistem akan mengarahkan pengguna ke halaman awal sebelum *login* seperti pada Gambar 1.



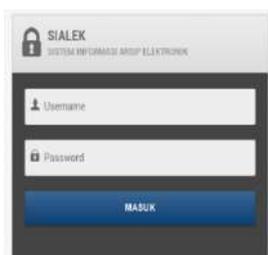
Gambar 1. Halaman sebelum *login*

Pada halaman awal tersebut setelah dilakukan evaluasi menggunakan *tool developer* pada *Google Chrome*, terdapat beberapa *error*. *Error* tersebut terjadi karena file *javascript* yang tidak terdefinisi dengan baik, seperti tampak pada Gambar 2.

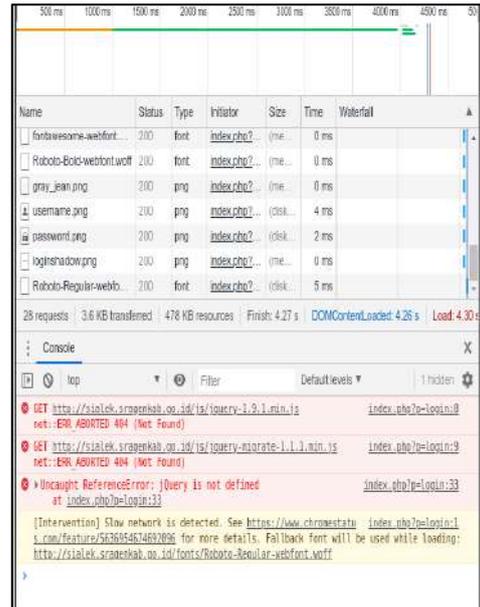


Gambar 2. *Error* pada halaman sebelum *login*

Pada unduhan pertama tersebut, file *jquery* tidak terunduh dengan baik atau tidak ditemukan pada *server*. Ketika pengguna mengeksekusi tombol *login*, pengguna dihadapkan pada halaman *login* seperti pada Gambar 3 yang juga terdapat *error* didalamnya seperti tampak pada Gambar 4.

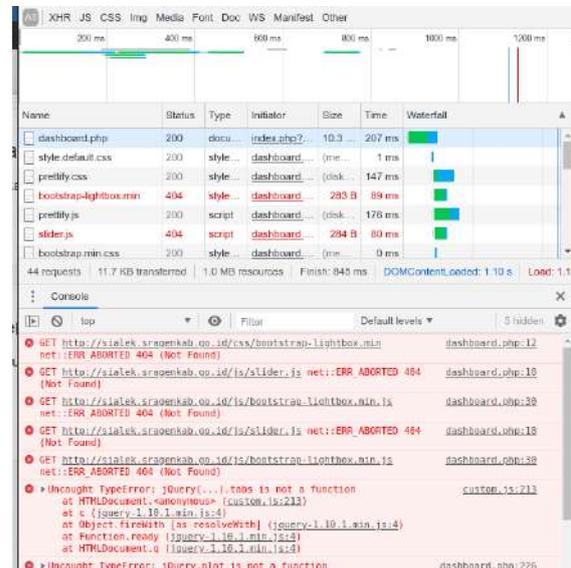


Gambar 3. Halaman *Login*



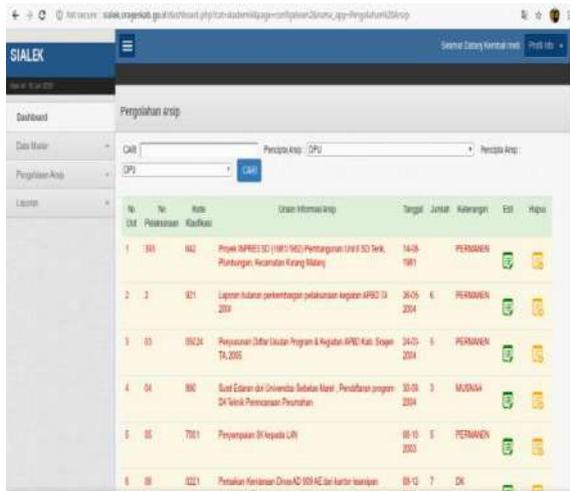
Gambar 4. *Error* pada halaman *Login*

Setelah pengguna berhasil masuk ke sistem dengan *user* dan *password* masing masing, pengguna akan disuguhkan dengan halaman *dashboard*. Pada Gambar 5, ditunjukkan bahwa pada halaman *dashboard* tersebut dijumpai banyak *error* dikarenakan file yang dituju tidak ditemukan.

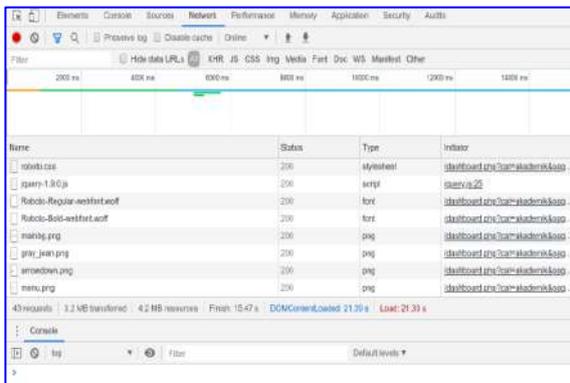


Gambar 5. *Error* di halaman *dashboard*

Pada halaman berikutnya pengguna membuka bagian inti dari SIALEK yaitu pengelolaan data arsip, tampilannya seperti Gambar 6, sedangkan pada Gambar 7 ditampilkan *error* pada pengelolaan arsip elektronik.



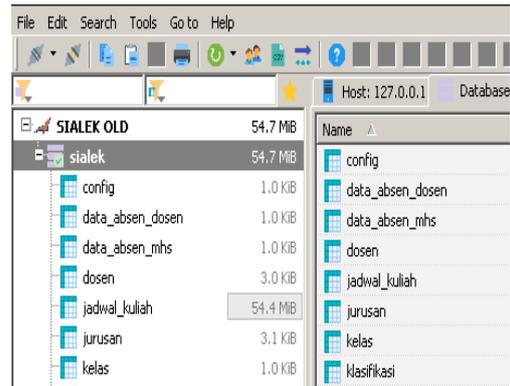
Gambar 6. Halaman pengelolaan arsip elektronik



Gambar 7. Error pada pengelolaan arsip

Permasalahan yang terjadi pada halaman pengelolaan arsip elektronik adalah waktu unduh halaman pertama melebihi batas standar. Pada halaman ini juga terdapat beberapa *error*, dan data yang diunduh sangat banyak. Data pada basis data juga tidak diunduh dengan baik pada antarmuka SIALEK. Beberapa file tidak ditemukan sehingga kadang fungsi *javascript* tidak berfungsi dengan baik.

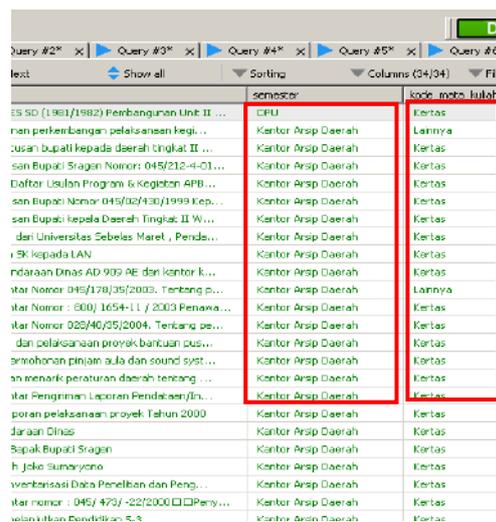
Berdasarkan hasil analisa pada basis data yang digunakan pada SIALEK, dapat diketahui beberapa hal, yaitu terdapat 15 tabel dalam basis data yang digunakan oleh SIALEK, tidak terdapat *foreign key* pada tabel sehingga sulit untuk menggambarkan *Entity Relationship Diagram (ERD)* pada basis data tersebut. Basis data pada SIALEK ditunjukkan pada Gambar 8, dimana tabel basis data yang digunakan tidak sesuai peruntukannya.



Gambar 8. Basis data pada SIALEK

Struktur basis data pada SIALEK tidak menggunakan basis data sebagaimana semestinya. Dapat dipastikan bahwa pengembang selanjutnya akan mengalami kesulitan dalam mengolah basis data dan menelusuri alur basis data SIALEK ini. Pada basis data SIALEK, struktur data yang digunakan dapat diperkirakan adalah data perkuliahan, karena terdapat beberapa nama tabel yang sangat mirip dengan tabel perkuliahan, misal mahasiswa, jadwal_kuliah, dan dosen.

Hasil evaluasi selanjutnya, pada basis data lama, diketahui beberapa tabel tidak terindeks dengan baik, sehingga data *string* yang dimasukkan menjadi lebih panjang dan membuat ukuran basis data menjadi lebih besar. Sebagai contoh, data inti pengelolaan arsip adalah ditampilkan pada Gambar 9.

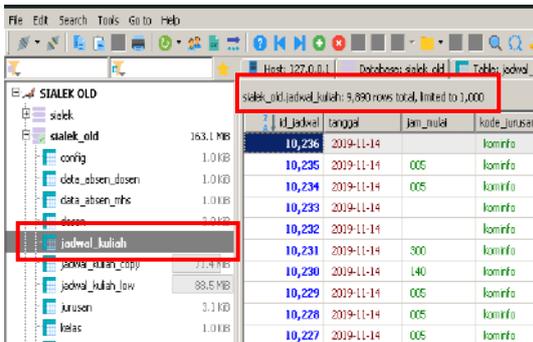


Gambar 9. Tabel SIALEK yang belum dioptimalisasi.

Pada bagian yang ditandai dalam Gambar 9, seharusnya data dipisah dan disimpan pada data tabel yang baru, sehingga penggunaan

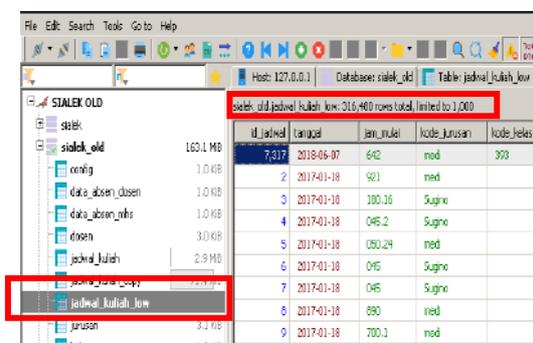
karakter pada basis data menjadi lebih sedikit. Pada penelitian ini, basis data SIALEK yang akan akan diduplikat untuk mengetahui perbandingan performa basis data yang digunakan. Jumlah record yang tersimpan pada tabel pengelolaan arsip ini adalah 9.890. Pengujian performa ini bertujuan untuk melihat seberapa efisien performa struktur data yang digunakan pada SIALEK ketika nantinya data sudah bertambah banyak.

Pada pengujian ini, dilakukan duplikasi data sebanyak 5 kali, sehingga menghasilkan data sebanyak 316.480 records. Data tersebut diduplikat ke tabel yang berbeda dengan nama tabel yang berbeda juga sebagai pembandingan. Gambar 10 menampilkan data asli yang belum diduplikat dan sudah diberikan *id* pada *attribut*.



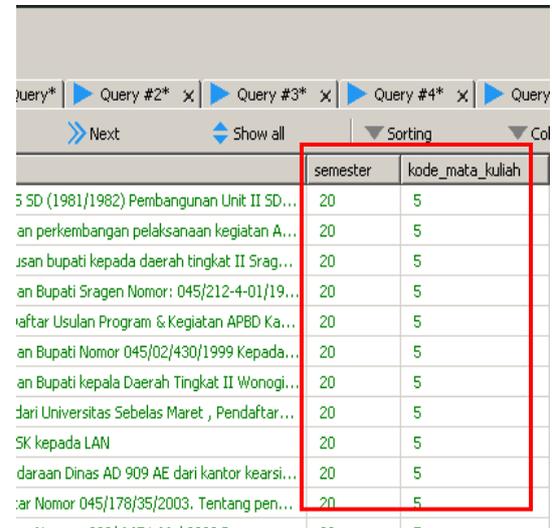
Gambar 10. Tabel yang sudah diberikan *id* pada *attribut*

Pada Gambar 10 terdapat 9.890 record data. Lalu data diduplikat tanpa mengubah isinya. Gambar 11 menampilkan tabel yang belum diberikan *id* pada *attribut*.



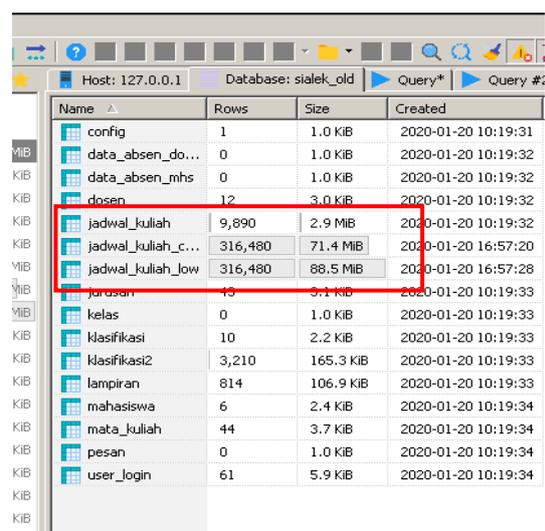
Gambar 11. Tabel yang belum diberikan *ID* pada *attribut*

Data pada Gambar 11 selanjutnya diduplikat menjadi 316.480 records dengan tanpa mengubah data yang bisa dijadikan tabel seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Data setelah berelasi

Data pada Gambar 12 adalah data ketika sudah dinormalisasi. Kolom-kolom pada tabel isinya sudah dirubah menjadi ID pada tabel lain, dan dapat dilihat perbandingan ukuran pada tabel tersebut. Gambar 13 menampilkan data yang ada dalam basis data lama dalam SIALEK dan yang telah dinormalisasi.



Gambar 13. Perbandingan ukuran tabel

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa perbandingan ukuran data di antara keduanya sangat signifikan. Ukuran basis data sebelum dirubah sebesar 88.5 Mb, dan

saat sudah dirubah berkurang menjadi 71.4 Mb.

Basis data baru sebagai target untuk pemodelan sistem yang baru adalah menggunakan *PostgreSQL*. Mengacu pada penelitian Hartono dkk. (2016), dikatakan bahwa *PostgreSQL* lebih baik performanya dibandingkan dengan *MySQL*. Pengujian basis data pada penelitian ini dilakukan menggunakan *DBEaver* sebagai *tool* untuk mengeksekusi *query*. *DBEaver* adalah *tool database management* yang berfungsi untuk manajemen basis data. Pengujian dilakukan dengan mengeksekusi *query* berdasarkan data yang ada pada SIALEK.

Pengujian Query

Untuk pengujian optimalisasi *query* terdapat beberapa *query*, dimana *query* tersebut akan dieksekusi pada basis data baru yang telah dirancang sebelumnya. Setiap hasil eksekusi akan diukur waktunya dalam satuan *mili second (ms)*, kemudian dilakukan perbandingan antara *query* yang belum dioptimasi dengan *query* yang telah dioptimasi. Hasil-hasil pengujian sebelum dan sesudah optimasi *query* ditunjukkan pada tabel-tabel berikut.

Gambar 14 menampilkan *query* yang akan dieksekusi untuk perbandingan antara *MySQL* dengan *PostgreSQL*.

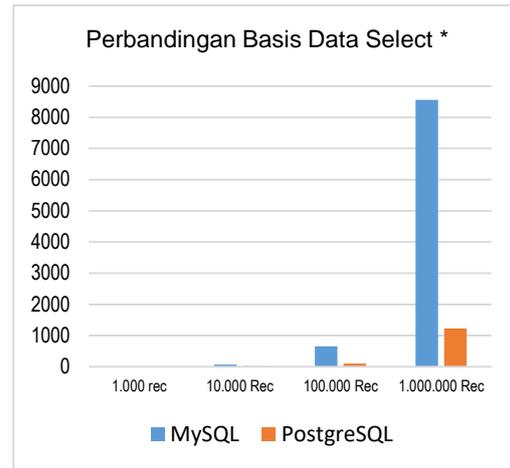
```
select count(0) from (
  select * from jadwal_kuliah jk limit 1000
) t;
```

Gambar 14. Perintah memanggil 1000 data

Dengan menggunakan perintah *query* tersebut dan dengan mengganti data *limit* hingga 1.000.000 *record*, terdapat perbedaan hasil yang signifikan. Tabel 1 menampilkan perbandingan eksekusi *query* pada *PostgreSQL* dan *MySQL* untuk basis data SIALEK, sedangkan Gambar 15 merupakan tampilan dalam bentuk grafis .

Tabel 1. Pengukuran Query dengan select *

Database/ Detik	MySQL	PostgreSQL
1000	12 ms	3 ms
10000	16ms	3 ms
100000	653 ms	99 ms
1000000	8.558 s	1.23 s



Gambar 15. Grafik perbandingan Query dengan select *

Pada Gambar 15 ditampilkan hasil pengujian optimasi *query* dalam satuan *mili second (ms)*, dimana terdapat empat kelompok data berdasarkan jumlah data yang dihasilkan pada setiap *query*. *MySQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang belum teroptimasi dan *PostgreSQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang telah dioptimasi. Dari hasil pengujian diketahui bahwa *query* yang telah dioptimasi lebih baik dibandingkan *query* sebelum dioptimasi. Untuk Gambar 15 *query* pada 1.000 *record* dihasilkan 12 ms sebelum optimasi dan setelah dioptimasi menjadi 3 ms. Untuk pengujian *query* pada 10.000 *record* dihasilkan 72 ms sebelum optimasi dan 16 ms setelah dioptimasi. Pada pengujian *query* 100.000 *record* dihasilkan 653 ms sebelum optimasi dan setelah dioptimasi 99 ms. Pada pengujian *query* untuk 1.000.000 *record* 8.558 ms sebelum dioptimasi dan 1.230 ms setelah dilakukan optimasi. Perbandingan pengujian *query* pada dua basis data tersebut bisa dikatakan signifikan, dan jika data bertambah banyak maka akan berpengaruh semakin besar terhadap performa basis data.

Untuk pengujian berikutnya akan dibandingkan *query* dengan menggunakan semua kolom yang ada pada tabel basis data. Pada pengujian ini, tabel yang diuji adalah *pengelolaan_arsip* karena memiliki data paling banyak. Pengujian dilakukan dengan cara menambahkan *query* untuk menampilkan semua kolom data dengan instruksi *select all (*)*. Pada kasus ini, data yang akan dipilih adalah sebanyak 1 juta. *Query* akan diuji menggunakan *DBEaver*. Pengujian dilakukan untuk melihat seberapa

banyak perbandingan antara ketika menggunakan *MySQL* atau *PostgreSQL*. Perintah yang digunakan ditampilkan pada Gambar 16.

```

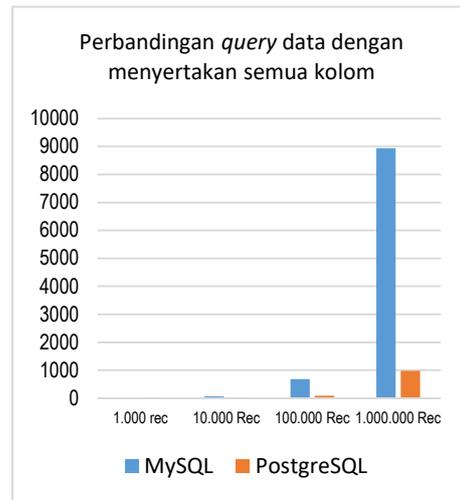
select count(0) from (
select
id_jadwal,
tanggal,
jam_mulai,
kode_jurusan,
kode_kelas,
nid,
semester,
kode_mata_kuliah,
a, b, c, d, e, f, g, h, i, j,
k,
l,
m,
kd_k,
kd_s,
kd_l,
box,
korektor,
keterangan,
lembar1,
lembar2,
pilih1,
pilih2,
jam2,
unit
from
public.jadwal_kuliah jk limit 1000
) t;
    
```

Gambar 16. Perintah Query dengan semua kolom

Perbandingan berikutnya dilakukan dengan menyertakan seluruh kolom dengan perintah *query* seperti pada Gambar 16, dan hasil yang didapatkan ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 17.

Tabel 2. Perbandingan *query* untuk menampilkan semua kolom

Database/ Detik	MySQL	PostgreSQL
1000	11 ms	4 ms
10000	62ms	12 ms
100000	679 ms	84 ms
1000000	8.941 s	975 ms



Gambar 17. Grafik perbandingan *query* dipilih semua dengan nama kolom

Pada Gambar 17 tampak bahwa pengujian optimasi *query* menggunakan satuan waktu *mili second (ms)*, dimana terdapat empat kelompok data berdasarkan jumlah data yang dihasilkan pada setiap *query*. *MySQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang belum teroptimasi dan *PostgreSQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang telah dioptimasi. Dari hasil pengujian diketahui bahwa *query* yang telah dioptimasi lebih baik dibandingkan *query* sebelum optimasi. Untuk *query* kelompok 1.000 record dihasilkan 11 ms sebelum optimasi dan setelah dioptimasi dihasilkan 4 ms. Untuk *query* kelompok 10.000 record dihasilkan 62 ms sebelum optimasi dan setelah dilakukan optimasi sebesar 12 ms. Untuk *query* kelompok 100.000 record dihasilkan waktu 679 ms sebelum dioptimasi dan setelah dioptimasi sebesar 84 ms. Untuk *query* pada kelompok 1.000.000 record diperoleh waktu 8.941 ms dan setelah dilakukan optimasi dihasilkan 975 ms.

Perbandingan dari 2 basis data tersebut bisa dikatakan signifikan, dan jika data bertambah banyak maka akan sangat berpengaruh terhadap performa sistem. Perbedaan dengan hasil uji sebelumnya yang menggunakan tanda (*) juga terdapat perbedaan waktu beberapa milidetik. Dengan menuliskan kolom yang akan ditampilkan, terdapat perbedaan beberapa milidetik dibandingkan *query* sebelumnya dengan menggunakan tanda (*). Selain itu, didapatkan hasil bahwa *PostgreSQL* lebih cepat dibandingkan *MySQL*.

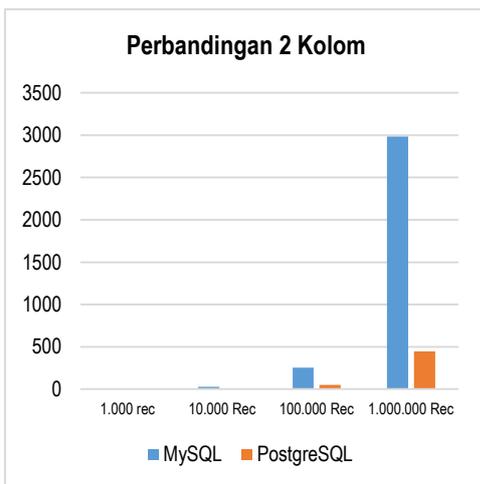
Pada kasus berikutnya, dibandingkan *query select* dengan mengambil 2 kolom saja, yaitu kolom isi berkas dan kolom id dengan perintah seperti pada Gambar 18. Hasil pengujian yang didapatkan ditampilkan ada Tabel 3 dan secara grafis ditampilkan pada Gambar 19.

```
select count(0) from (
    select id_jadwal,nid
    from public.jadwal_kuliah jk
    limit 1000) t;
```

Gambar 18. Perintah Query 2 kolom

Tabel 3. Tabel perbandingan *select* dengan beberapa *field*

DB / Detik	MySQL	PostgreSQL
1000	3 ms	1 ms
10000	29 ms	7 ms
100000	254 ms	49 ms
1000000	2.986 s	446 ms



Gambar 19. Gambar perbandingan *select* dengan beberapa *field*

Pada Gambar 19 ditampilkan hasil pengujian optimasi *query* dalam satuan *mili second* (ms), dimana terdapat empat kelompok data berdasarkan jumlah data yang dihasilkan pada setiap *query*. *MySQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang belum teroptimasi dan *PostgreSQL* merupakan *query* yang dieksekusi pada basis data baru yang telah dioptimasi. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa *query* yang telah dioptimasi adalah lebih baik dibandingkan *query* sebelum optimasi. Untuk *query* kelompok 1.000 record dihasilkan waktu 3 ms sebelum

optimasi dan setelah dioptimasi diperoleh 1 ms. Untuk *query* kelompok 10.000 record dihasilkan 29 ms sebelum optimasi dan setelah dilakukan optimasi dihasilkan 7 ms. Untuk *query* kelompok 100.000 record diperoleh waktu 254 ms sebelum dioptimasi dan setelah dioptimasi 49 ms. Untuk *query* kelompok 1.000.000 *record* dihasilkan waktu 2.986 ms dan setelah dilakukan optimasi dihasilkan 446 ms. Perbandingan dari 2 basis data tersebut bisa dikatakan signifikan, dan jika data bertambah banyak maka akan sangat berpengaruh terhadap performa sistem.

Dari pengujian yang dilakukan diketahui bahwa penggunaan *PostgreSQL* untuk SIALEK akan menambah performa yang signifikan. Perbandingan dari kedua basis data tersebut selanjutnya akan diimplementasikan pada sistem yang baru.

Pada basis data baru rancangan disesuaikan dengan alur sistem SIALEK sebelumnya, perbedaannya adalah pada basis data yang baru telah dilakukan normalisasi. Dari hasil pengujian dihasilkan rata-rata waktu *query* pada lima kelompok pengujian yaitu sebelum optimasi sebesar 818 ms dan setelah optimasi sebesar 125,75 ms. Dapat disimpulkan bahwa *query* setelah dilakukan optimasi dan dieksekusi pada basis data baru lebih cepat dibandingkan dengan *query* sebelum dilakukan optimasi yang dieksekusi pada basis data yang sama.

Algoritma Pemrograman

Modul inti pada SIALEK yang lama dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP. Pemrograman pada SIALEK yang lama, kode untuk menuliskan *query* terletak di bagian halaman yang berhubungan langsung dengan *client*. Gambar 20 menampilkan algoritma pada SIALEK yang lama.

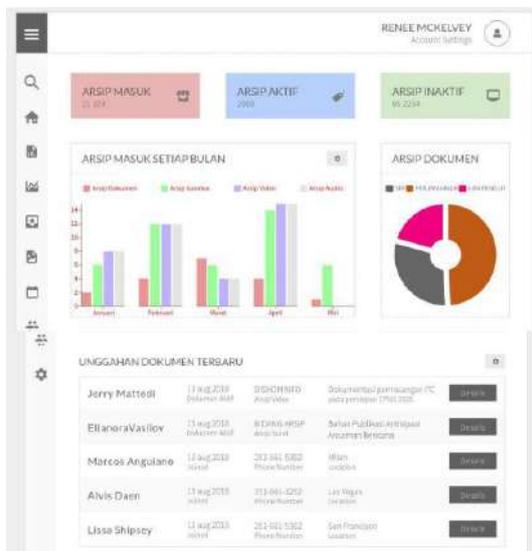
```
<?php
<form action="" method="post">
<input type="text" name="car1" size="50" />
<br/>
Pencipta Arsip : <select name="skpd">
<?php
include('fs_kalender.php');
$rw=mysql_query("Select * from mata_kuliah");
while ($s=mysql_fetch_array($rw))
{
<option value="<?=$s[1];?>"<?=$s[1];?></option>
}
}
</select>
<br/>
Pencipta Arsip : <select name="unit_skpd">
<?php
include('fs_kalender.php');
$rw=mysql_query("Select * from mata_kuliah where unit!=''");
while ($s=mysql_fetch_array($rw))
{
<option value="<?=$s[1];?>"<?=$s[2];?></option>
}
}
</form>
```

Gambar 20. Algoritma pada SIALEK lama

Query pada Gambar 20 memuat beberapa perintah *select* pada basis data. Pada SIALEK yang lama, *query* diletakkan pada bagian *view*, pada tabelnya tidak terdapat *plugin Data Tables*. Akibatnya penampilan pertama halaman tersebut menjadi lambat. Hal ini terjadi karena proses akan selalu menampilkan data dari awal. Pada SIALEK yang baru, sistem dikembangkan dengan *framework*, sehingga pengelolaan *source code* pada aplikasi menjadi lebih mudah dan tertata. *Framework* yang digunakan pada SIALEK yang baru adalah *Codeigniter*. Penggunaan *framework Codeigniter* tersebut akan memberikan keuntungan yaitu pengembangan aplikasi menjadi lebih mudah dan lebih cepat.

Perancangan Antarmuka Dashboard Baru

Pada rancangan halaman *dashboard* SIALEK yang baru, sistem akan menampilkan ringkasan data arsip yang telah tersimpan di *database*. *Dashboard* pada sistem baru berfungsi untuk menampilkan ringkasan informasi yang kemudian dapat diolah untuk OPD lain. Gambar 21 adalah tampilan *dashboard* pada SIALEK yang baru.



Gambar 21. Dashboard SIALEK baru

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengoptimasi SIALEK pada Pemerintah Kabupaten Sragen. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan optimalisasi pada *query* dan *source code* aplikasi, pada *query* yang dioptimasi lebih cepat dengan rata-rata waktu 125 ms dibandingkan dengan sebelum dioptimasi

yang menghasilkan rata-rata waktu sebesar 818 ms. Penerapan optimalisasi terbukti meningkatkan performa sistem informasi menjadi lebih cepat. Penerapan optimalisasi basis data juga membuat ukuran basis data pada aplikasi menjadi lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, N., Utami, E., dan Amborowati, A., 2016, Migrasi dan Optimalisasi Database Sistem Informasi Manajemen, Universitas Cokroaminoto Palopo, *Jurnal Buana Informatika*, Vol. 7, No. 4, Hal.: 255-264.
- Jogiyanto, H., 2004, *Analisis dan Desain Sistem Informasi*, Yogyakarta: BPFE.
- Sari, T. N., 2016, Analisis Kualitas dan Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web Menggunakan Standard ISO 9126, *Jurnal Informatika dan Komputer*, Vol. 1, No. 1, Hal.: 1-7.

BIODATA PENULIS

Moch Arfian Ardiansyah, S. Kom., memperoleh gelar Sarjana Komputer (S. Kom) dari Jurusan Teknik Informatika STMIK AMIKOM Yogyakarta tahun 2016. Saat ini sedang menempuh pendidikan Magister Teknik Informatika di Jurusan Teknik Informatika, Universitas AMIKOM Yogyakarta.

Dr. Wing Wahyu Winarno, MAFIS, CA, Ak., memperoleh gelar Sarjana Akuntansi, Jurusan Ekonomi, UGM Yogyakarta tahun 1987, memperoleh gelar Master of Accountancy and Financial Information Systems (MAFIS) dari Cleveland State University tahun 1994, dan memperoleh gelar Doktor (Dr.) dari Program Pascasarjana Ilmu Akuntansi Universitas Indonesia Jakarta tahun 2011. Saat ini menjadi Staf Pengajar di STIE YKPN Yogyakarta dan Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Asro Nasiri, S.Si., M.Kom., memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) dari Universitas Gajah Mada tahun 1993, dan memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom.) dari Universitas AMIKOM Yogyakarta tahun 2009. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Amikom Yogyakarta.

APLIKASI UJI SKRINING FITOKIMIA TERHADAP DAUN UNCARIA TOMENTOSA SEBAGAI BAHAN UTAMA DALAM PEMBUATAN TEH

Dodi Iskandar¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak
Email: ¹iskandar.dodi79@gmail.com

Masuk: 01 Februari 2020, Revisi masuk: 15 Februari 2020, Diterima: 17 Februari 2020

ABSTRACT

Uncaria Tomentosa plants grow around Pontianak and peat forests in West Kalimantan. The leaves of it turned out to have a high selling value, even some were exported abroad. The benefits of Uncaria Tomentosa leaves are as an ingredient in making herbal tea. This leaf has efficacy as a remedy for sore bronchitis, sore throat, water fat, tumors, asthma, and clamysia or sexually transmitted diseases, especially in young women. Departing from this, there needs to be publications that reveal scientifically about this plant. So that by knowing the content of compounds that are in the leaves can break the community to be able to process it from raw material into pure material so that it hopes will increase the sale value even higher. But to go there, of course, must first start from basic research. The content of chemical compounds in plants is called phytochemicals. This Plant has chemical compounds source that can be used as medicine. The method used in this research is experimentation in the laboratory. Using phytochemical screening tests following Novindriana, et. al. (2013) procedure. The result is that the ethanol extract of Uncaria Tomentosa leaves contains alkaloid, flavonoid, polyphenol, triterpenoid, steroid, saponin, and tanin compounds.

Keywords: *Uncaria tomentosa, Phytochemical screening tests.*

INTISARI

Tanaman *Uncaria Tomentosa* banyak tumbuh secara liar di sekitar kota Pontianak dan hutan gambut di Kalimantan Barat. Daun tanaman ini ternyata memiliki nilai jual yang tinggi, bahkan sampai ada yang diekspor ke luar negeri. Manfaat daun *Uncaria Tomentosa* ini yaitu sebagai bahan pembuatan teh herbal. Dari sisi medis daun ini memiliki khasiat sebagai obat untuk sakit bronchitis, sakit kerongkongan, gemuk air, tumor, asma, dan clamysia atau penyakit menular seksual terutama pada wanita muda. Berangkat dari inilah perlu adanya publikasi yang mengungkap secara ilmiah tentang tanaman ini. Agar dengan diketahuinya kandungan senyawa yang ada di dalam daunnya dapat memotivasi masyarakat untuk dapat mengolahnya dari *raw material* menjadi bahan yang murni, sehingga akan meningkatkan nilai jual. Untuk menuju ke arah sana, perlu dilakukan penelitian awal. Kandungan senyawa-senyawa kimia dalam tanaman tersebut disebut fitokimia. Tanaman dapat menjadi sumber senyawa-senyawa kimia yang dapat dijadikan sebagai obat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimen di laboratorium menggunakan pengujian skrining fitokimia mengikuti prosedur pada Novindriana, dkk. (2013). Hasil penelitian ini berhasil mengungkap secara kualitatif bahwa ekstrak etanol daun *Uncaria Tomentosa* mengandung senyawa golongan alkaloid, flavonoid, polifenol, triterpenoid, steroid, saponin, dan tanin.

Kata-kata kunci: *Uncaria Tomentosa, Uji skrining fitokimia.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara *megadiversity* dari 17 negara di Asia Tenggara (Rintelen, dkk., 2017). Banyaknya jenis tumbuhan yang ada merupakan bagian dari kekayaan dan keanekaragaman hayati. Salah satunya adalah tanaman *Uncaria Tomentosa*. Tanaman ini banyak tumbuh liar di sekitar pinggiran kota Pontianak dan hutan-hutan gambut di Kalimantan Barat. Daun tanaman

ini berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan ternyata memiliki nilai jual yang tinggi, bahkan sampai ada yang diekspor ke luar negeri. Fakta ini berdasarkan hasil wawancara langsung dengan salah seorang eksportir dari ratusan eksportir dari Kalimantan Barat.

Manfaat daun *Uncaria Tomentosa* ini yaitu sebagai bahan pembuatan teh herbal. Dari sisi medis daun ini memiliki khasiat sebagai obat untuk sakit bronchitis, sakit

kerongkongan, gemuk air, tumor, asma, dan *clamydia* atau penyakit menular seksual terutama pada wanita muda (Sabarudin, 2012).

Sayangnya banyak masyarakat yang belum mengetahuinya. Berangkat dari latar belakang inilah perlu adanya publikasi yang mengungkap secara ilmiah tentang tanaman ini. Agar dengan diketahuinya kandungan senyawa yang ada di dalam daunnya dapat mendobrak masyarakat untuk dapat mengolahnya dari *raw material* menjadi bahan yang murni sehingga harapannya akan meningkatkan nilai jual yang lebih tinggi lagi. Namun untuk menuju ke arah sana, tentunya harus dimulai terlebih dahulu dari penelitian dasarnya. Kandungan senyawa-senyawa kimia dalam tanaman tersebut disebut fitokimia. Tanaman dapat menjadi sumber senyawa-senyawa kimia yang dapat dijadikan sebagai obat (Pradhan,dkk., 2013).

Bagian tanaman *Uncaria Tomentosa* berupa batang dan daun. Produk yang diekspor selama ini adalah tepung daunnya. Karena menyesuaikan permintaan importir dari luar negeri, sehingga bagian dari tanaman yang akan diteliti adalah daunnya. Uji yang dilakukannya adalah skrining fitokimia metabolit sekunder dengan mengikuti prosedur yaitu alkaloid, flavonoid, polifenol, triterpenoid dan steroid, saponin, dan tanin (Novindriana, dkk., 2013).

Informasi tentang fitokimia daun tanaman *Uncaria Tomentosa* yang berasal dari Pontianak ini sepengetahuan kami belum ada publikasinya. Dengan dasar inilah Tujuan penelitian ini yaitu aplikasi uji skrining fitokimia terhadap daun *Uncaria Tomentosa* sehingga dapat diketahui secara garis besar kelompok senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalamnya.

Uji Fitokimia

Uji fitokimia adalah salah satu metode untuk mengetahui aneka ragam senyawa kimia yang terbentuk dan terkandung dalam tumbuhan. Mulai dari struktur kimia, biosintesa, perubahan, serta metabolisme dan bioaktivitasnya. Uji fitokimia diawali dengan uji skrining fitokimia untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder. Urut-urutannya yaitu bagian tanaman apa saja berupa batang, kulit atau daun dipotong kecil-kecil, dikeringkan, dihancurkan sampai berbentuk bubuk dan

dimaserasi menggunakan etanol, dimasukan kedalam wadah, ditutup dan didiamkan selama 24 jam tanpa terkena cahaya, Setelah didiamkan selama 24 jam, kemudian disaring sehingga didapat maserat. Maserat kemudian dievaporasi menggunakan *rotaryvacuum evaporator* pada suhu 45°C sampai diperoleh ekstrak kental dan disimpan di dalam kulkas dengan suhu 10°C. Metode uji ini dikenal sebagai prosedur Harborne (Novindriana, dkk., 2013).

Uncaria Tomentosa

Taksonomi tanaman *Uncaria Tomenstosa* adalah sebagai berikut (National Plant Germplasm System, 2013):

Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Order : Gentianalis
Famil : Rubiaceae
Genus : *Uncaria*
Species : *tomentosa*

Binomial name : *Uncaria Tomentosa*

Tanaman *Uncaria Tomentosa* dapat dilihat pada Gambar 1. Tanaman ini tumbuh liar dan sangat mudah ditemukan di semak-semak dekat kota Pontianak.



Gambar 1: Tanaman *Uncaria Tomentosa*
(Hasil foto di Jalan Reformasi belakang
Kampus Untan)

Di luar negeri tanaman *Uncaria Tomentosa* dikenal dengan sebutan Cat's Claw. Tanaman ini tumbuh liar di Kalimantan Barat termasuk sekitar Pontianak. Sangat mudah ditemukan di tempat-tempat lembab dan di semak-semak pepohonan di atas tanah gambut.

Tanaman ini diklaim sebagai sumber asam fenolik dan flavonoid (Junior, dkk., 2018). Dengan mengkonsumsi 300 mg ekstrak kering tanaman ini setiap harinya, juga diakui sangat efektif untuk memulihkan

akibat induksi neutropenia kemoterapi. Bahkan dapat mengembalikan sel DNA akibat kerugian dari kemoterapi (Araujo, dkk., 2012).

Belum ada data statistik mengenai jumlah tanaman *Uncaria Tomentosa* ini. Namun dengan mudah untuk menemukan tanaman yang tumbuh liar ini diperkirakan jumlahnya sangat melimpah. Sebagai penguat yaitu para eksportir dapat mengirim puluhan ton ke luar negeri.

Bahan Baku Teh

Di luar negeri, *Uncaria Tomentosa* telah digunakan sebagai bahan dasar teh. Manfaat teh *Uncaria Tomentosa* yaitu membantu DNA memperbaiki dirinya sendiri secara alami, akan menghilangkan sel-sel, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, memiliki elemen anti-aging, mengurangi peradangan, dan dapat memperbaiki sel-sel kulit (Allyoung, 2019).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah tepung daun tanaman *Uncaria Tomentosa* berasal dari Pontianak dibeli dari CV. Borneo Herbal. Pelarut yang dipakai meliputi dietileter, etanol, etilasetat, metanol, aquades. Bahan kimia yang dipakai antara lain alumunium klorida 1%, ammonia encer, ammonium hidroksida pekat dan encer, asam asetat anhidrida, asam asetat glasial, asam klorida 1%, asam klorida 0,1 N, asam sulfat pekat, butanol, fenol, besi (III) klorida 0,1%, besi (III) klorida 0,1 M, kalium heksasianoferrat (III) 0,008 M, kloroform, minyak zaitun, tanin standar, pereaksi Meyer dan Wagner.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu eksperimen di Laboratorium, menggunakan pengujian skrining fitokimia mengikuti prosedur pada Novindriana, dkk. (2013). Berikut ini adalah tahapan-tahapannya:

1. Tahap Maserasi

Sebanyak 1000 gram serbuk simplisia kering tepung daun dimaserasi dengan penyari etanol 70% pada suhu kamar selama 3 hari dengan penggantian pelarut tiap 1x24 jam, yaitu hari pertama sebanyak 1300 ml dan hari kedua dan ketiga masing-masing 1000 ml. Maserat kemudian dipekatkan dengan evaporator pada suhu 60 oC yang

dilanjutkan dengan water bath hingga diperoleh ekstrak kental.

2. Penetapan Susut Pengerinan

Susut pengeringan adalah kadar bagian yang menguap suatu zat. Suhu penetapan adalah 1050C dan susut pengeringan ditetapkan sebagai berikut: ditimbang seksama ± 1 gram sampel dalam krusibel yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu penetapan selama 30 menit dan telah ditara. Dimasukkan ke dalam ruang pengering, dibuka tutupnya, keringkan pada suhu penetapan hingga bobot tetap.

3. Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder

a. Uji Alkaloid

larutan basa amonia 1% dan kloroform di dalam tabung reaksi, dikocok, kemudian lapisan kloroform (lapisan bawah) dipipet dan ditambahkan HCl 2 N lalu dikocok. Larutan yang didapat dibagi tiga, yaitu sebagai blangko, dan sisanya direaksikan masing-masing dengan pereaksi Mayer dan Dragendorf. Hasil positif, yaitu campuran dengan pereaksi Mayer menimbulkan endapan putih dan campuran dengan pereaksi Dragendorf menimbulkan kekeruhan dan endapan berwarna jingga.

b. Uji Flavonoid

Ekstrak etanol sebanyak 2 mL ditambahkan dengan sedikit serbuk magnesium dan 2 mL HCl 2N. Hasil positifnya adalah larutan berubah warna menjadi jingga.

c. Uji Polifenol

Ekstrak etanol diteteskan di atas pelat tetes dan ditambah larutan FeCl₃. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi hijau kehitaman.

d. Uji Triterpenoid dan Steroid

Ekstrak etanol ditambahkan dengan ditambahkan dengan pereaksi Lieberman-Burchard. Hasil positif untuk senyawa steroid ialah timbulnya warna biru atau ungu sedangkan untuk senyawa triterpenoid hasil positif ditandai dengan munculnya warna merah kecoklatan.

e. Uji Saponin

Dipipet 2 tetes ekstrak etanol, dimasukkan ke dalam tabung

reaksi, kemudian ditambahkan 10 mL air panas, setelah itu didinginkan dan dikocok kuat-kuat selama 10 menit hingga terbentuk buih yang mantap selama tidak kurang 10 menit setinggi 1 cm sampai 10 cm. pada penambahan 1 tetes asam klorida 2 N, buih tidak hilang maka kemungkinan ada saponin.

f. Uji Tanin

Ekstrak di dalam tabung reaksi dilarutkan dengan sedikit aquadest kemudian dipanaskan di atas penangas air lalu diteteskan dengan larutan gelatin 1% (1:1). Hasil positif ditandai dengan terbentuknya endapan putih.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yaitu dengan cara kuantitatif untuk penetapan susut pengeringan dengan perhitungan dan cara kualitatif untuk dengan mengamati perubahan warna pada setiap pengujian.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian skrining fitokimia dapat dilihat pada Tabel 1.

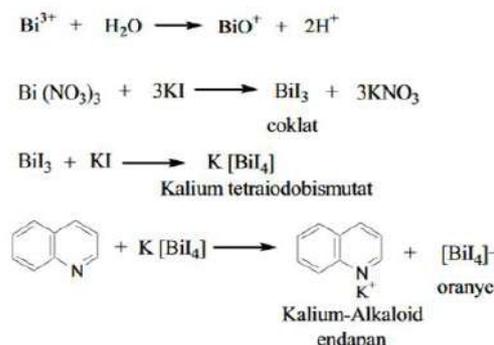
Tabel 1. Hasil Pengujian Skrining Fitokimia

Perlakuan	Pereaksi	Pengamatan	Keterangan
Alkaloid	Dragendorf	Endapan jingga tua	positif
Alkaloid	Mayer	Tidak ada	negatif
Flavonoid	Serbuk Mg + HCl	Jingga	Positif
Polifenol	FeCl ₃	Hijau kehitaman	Positif
Triterpenoid & Steroid	Lieberman-Burchard	Merah ungu & hijau biru	positif
Saponin	Air	Terbentuk busa konstan	positif
Tanin	Gelatin 1%	Endapan putih	positif

Sampel diambil dari tanaman *Uncaria Tomentosa* yang berada di wilayah kota Pontianak. Berdasarkan skrining fitokimia, ekstrak etanol daun *Uncaria Tomentosa* mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, polifenol, triterpenoid dan steroid, saponin, dan tanin.

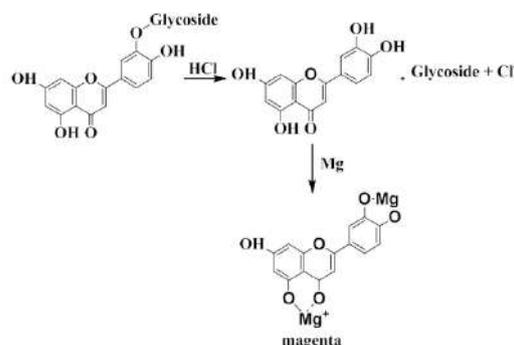
Uji dengan pereaksi Dragendorf menunjukkan positif ditandai endapan berwarna jingga tua. Secara mekanisme reaksi, pelarutan bismuth nitrat dalam asam klorida agar tidak terjadi reaksi hidrolisis. Dengan adanya penambahan ion H⁺ dari asam klorida maka kesetimbangan bergeser ke kiri. Setelah itu, ion Bi³⁺ bereaksi dengan kalium iodide membentuk

komplek kalium tetraiodobismutat yang kemudian bereaksi dengan senyawa alkaloid membentuk endapan kalium-alkaloid berwarna jingga tua, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1 (Marliana, dkk., 2005).



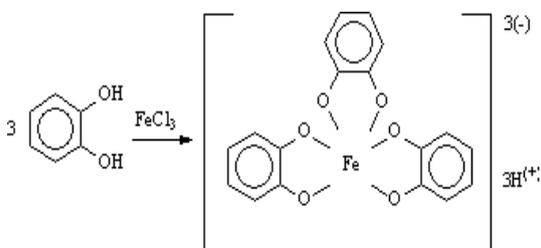
Gambar 1. Mekanisme reaksi Dragendorf

Uji flavonoid diawali dengan menambahkan HCl sehingga gugus glikosida putus digantikan oleh ion H⁺ yang berasal dari HCl. Uji flavonoid dilakukan sesuai dengan reaksi Wilstater. Uji flavonoid fraksi etanol menunjukkan bahwa positif mengandung flavonoid karena larutan berubah menjadi jingga. Reaksi flavonoid dengan 37% HCl dan bubuk magnesium diilustrasikan pada Gambar 2. Reaksi Wilstater dilakukan untuk menentukan keberadaan senyawa flavonoid dengan γ-benzopyrone. Uji flavonoid menunjukkan adanya flavonoid dengan γ-benzopyrone sebagai flavon, flavonol, dan isoflavon. Selain itu, perubahan warna magenta menunjukkan bahwa flavonoid memiliki kelompok C = O pada posisi C-4 dan gugus -OH pada posisi C-5, posisi C-3, dan dihydroxyl yang berdekatan pada cincin B (posisi orto pada 3 'dan 4' atau 4 'dan 5').



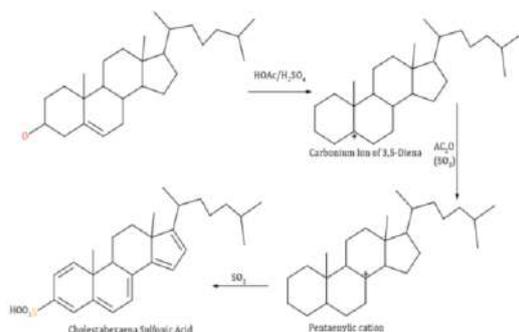
Gambar 2. Mekanisme reaksi uji flavonoid

Uji fenol dilakukan dengan mereaksikan fraksi etanol dengan FeCl_3 sehingga menimbulkan warna hijau kehitaman yang merupakan senyawa kompleks polifenol dengan atom pusatnya yaitu Fe, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3 (Horváth, dkk., 2014).



Gambar 3. Mekanisme reaksi uji fenol

Reaksi triterpenoid dengan pereaksi Liebermann menghasilkan warna merah-ungu sedangkan steroid memberikan warna hijau-biru. Hal ini didasari oleh kemampuan senyawa triterpenoid dan steroid membentuk warna oleh H_2SO_4 dalam pelarut asam asetat anhidrid. Perbedaan warna yang dihasilkan oleh triterpenoid dan steroid disebabkan perbedaan gugus pada atom C-4, seperti ditunjukkan oleh Gambar 4 (Habibi, dkk., 2018).



Gambar 4. Reaksi uji triterpenoid dan steroid

Gugus hidrofil dan hidrofob berperilaku sebagai sisi permukaan aktif dalam pembentukan busa. Busa yang terbentuk diuji kestabilannya dengan penambahan HCl. Saponin dapat larut dalam air karena memiliki gugus hidrofil (OH) yang dapat menghasilkan ikatan hidrogen dengan molekul air (Novitasari dan Putri, 2016).

Tanin dideteksi dengan uji gelatin. Hasilnya yaitu positif ditandai dengan terbentuknya endapan putih. Tanin ini perlu dilakukan uji lanjut agar terbedakan antara tannin terkondensasi dan tanin terhidrolisis.

KESIMPULAN

Aplikasi uji skrining fitokimia berhasil mengungkap secara kualitatif bahwa ekstrak etanol daun *Uncaria Tomentosa* mengandung senyawa golongan alkaloid, flavonoid, polifenol, triterpenoid dan steroid, saponin, tanin.

DAFTAR PUSTAKA

- Allyoung, 2019, *Uncaria Tomentosa*, <https://www.allyoung.co.id>, diakses 16 Juli 2019.
- Araujo, M.do.C. S; Iria, L. F., Jessie, G., Sergio L. D., N lia Flores., Julia, F., Ivana de Cruz, J. C., Vera, M. M., and Maria, R. C. S, 2012, *Research Article Uncaria Tomentosa Adjuvant Treatment for Breast Cancer: Clinical Trial. Hindawi Publishing Evidence Based Complementary and Alternative Medicine Volume.*
- Habibi, A. I., Firmansyah, R. A., dan Setyawati, M., 2018, *Skrining Fitokimia Ekstrak n-Heksan Korteks Batang Salam (Syzygium polyanthum), Indo. J. Chem. Sci., Vol. 7, No. 1.*
- Horváth, G., Molnár, H., dan Bencsik, T., 2014, *Pharmacognosy 2*. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0016_08_pharmacognosy_2/ch14.html, diakses 28 Maret 2020.
- Júnior, O. T., Fernanda, K., Paulo, J. M. P., Luiz, R. M. V., Sergio, W. da S., Bruno, C. da S., Delano, D. S., Cristiano, N. N., Jacir, D. M., dan Sílvia de L. C., 2018, *Survival of White Spot Syndrome Virus-Infected Litopenaeus vannamei Fed with Ethanol Extract of Uncaria Tomentosa, Journal of The World Aquaculture Society, Vol. 49, No. 1.*
- Marliana, S. D., Suryanti, V., dan Suyono, 2005, *Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Komponen Kimia Buah Labu Siam (Sechium edule Jacq. Swartz.) dalam Ekstrak Etanol, Biofarmasi, Vol. 3, No. 1, Hal.: 26-31.*
- National Plant Germplasm System, 2013, <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomy/detail.aspx?id=403273>, diakses 16 Juli 2019.
- Novindriana, D., Wijianto, B., Andrie, M., 2013, *Uji Efek Sedatif Ekstrak Etanolik Daun Kratom (Mitragyna Speciosa Korth) pada Mencit Jantan Galur Balb/C, http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfar/masi/article/view/3985*, diakses 12 Juli 2019.

- Novitasari, A. E. dan Putri, D. Z., 2016, Isolasi dan Identifikasi Saponin pada Ekstrak Daun Mahkotadewa dengan Ekstraksi Maserasi, *Jurnal Sains*, Vol. 6, No. 12, <http://journal.unigres.ac.id/index.php/Sains/article/viewFile/577/450>
- Pradhan, C., Mohanty, M., Rout, A., Das, A. B., Satupathy, K. B., dan Patra, H. K., 2013, Phytocosintituent screnning and Comparative Assessment of Antimicrobial Potentiality of Artocaprus Atilis Fruit Extract. *International J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, Vol. 5, hal. 840-843.
- Rintelen, K. V., Arida, E., dan Häuser, C., 2017., A Review of Biodiversity-Related Issues and Challenges in Megadiverse Indonesia and Other Southeast Asian Countries, *Research Ideas and Outcomes*, Vol. 3, hal. e20860.
- Sabarudin, 2012, Kayu Kuku Naga, <http://nagavitbahan.spanaturo.com>, diakses 12 Juli 2019.
- Syarifah, A. L., Retnowati, R., dan Soebiantoro, 2019, Characterization of Secondary Metabolites Profile of Flavonoid from Salam Leaves (*Eugenia polyantha*) Using TLC and UV-Spectrophotometry, *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*, Vol. 6, No. 3, hal. 155-163.

BIODATA PENULIS

Dodi Iskandar, S.Si., M.Pd., lahir di Cllacap tanggal 17 November 1979, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu kimia dari Universitas Negeri Sebelas Maret tahun 2005 dan S2 bidang ilmu Pendidikan Kimia dari Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2014. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Politeknik Negeri Pontianak dengan jabatan akademik Penata pada bidang minat kimia bahan alam.

POTENSI DAYA PEMBANGKIT LISTRIK BIOGAS DI KAMPUNG TERNAK "SIDO REJO" SULANG KIDUL, PATALAN, JETIS, BANTUL, YOGYAKARTA

Dwi Otik Kurniawati¹, Adelia Octora Pristisahida²

^{1,2}Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta

Email: ¹dwi_otik@unu-jogja.ac.id, ²adelia@unu-jogja.ac.id

Masuk: 28 Januari 2020, Revisi masuk: 16 Februari 2020, Diterima: 18 Februari 2020

ABSTRACT

The main source of Electricity Energy in Indonesia currently uses fossil fuels, such as oil, coal and others which formation takes a very long time and their use causes pollution. As we know that the supply of fossil fuels in Indonesia in general is running low. The fact shows that since 2004 Indonesia has imported petroleum because domestic oil reserves are insufficient. The electricity installed in most Sulang Kidul residents is 450 VA with an average monthly cost of around Rp. 40,000-Rp. 60,000. The need for electricity usage is still slightly affected by the economic conditions of Sulang Kidul residents who are in the middle to lower levels. Not much household electronic equipment is used. Most residents use electricity only for lighting and television. The potential electricity produced is $23m^3 \times 4.7 \text{ kWh} = 108.1 \text{ kWh/day}$ or 3243 kWh/month. With household purchasing power of Rp.930/kWh compared to the average selling price of biogas electricity (of three interest rates) which is still below the purchasing power for household electricity, which is Rp.457.55/kWh. So farmers around Sulang Kidul can afford to buy electricity with the biogas fuel.

Keywords: Alternative energy, Biogas, Electrical potential.

INTISARI

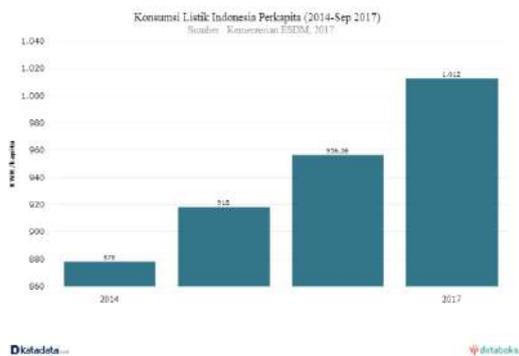
Sumber Energi Listrik yang utama di Indonesia saat ini menggunakan bahan bakar fosil, seperti minyak, batu-bara dan lainnya yang mana pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama dan penggunaannya menimbulkan polusi. Seperti diketahui bahwa persediaan bahan bakar fosil di Indonesia pada umumnya semakin menipis. Fakta menunjukkan bahwa sejak tahun 2004 Indonesia mengimpor minyak bumi karena cadangan minyak dalam negeri tidak mencukupi lagi. Daya listrik yang terpasang pada sebagian besar penduduk Sulang Kidul adalah sebesar 450 VA dengan rata-rata biaya yang dikeluarkan perbulan adalah sekitar Rp. 40.000-Rp. 60.000. Kebutuhan penggunaan listrik yang masih sedikit dipengaruhi oleh kondisi ekonomi penduduk Sulang Kidul yang berada pada menengah kebawah. Tidak banyak peralatan elektronik rumah tangga yang digunakan. Sebagian besar penduduk menggunakan listrik hanya untuk lampu dan televisi. Potensi Listrik yang dihasilkan adalah $23m^3 \times 4,7 \text{ kWh} = 108,1 \text{ kWh/hari}$ atau 3243 kWh/bulan. Dengan daya beli listrik rumah tangga sebesar Rp.930/kWh dibandingkan dengan harga jual rata-rata energi listrik biogas (dari tiga suku bunga) yang masih dibawah daya beli untuk listrik rumah tangga yaitu sebesar Rp.457,55/kWh, maka peternak di sekitar Sulang Kidul mampu untuk membeli energi listrik dengan bahan bakar biogas tersebut.

Kata-kata Kunci: Biogas, Energi alternatif, Potensi listrik.

PENDAHULUAN

Sumber Energi Listrik yang utama di Indonesia saat ini menggunakan bahan bakar fosil, seperti minyak, batu-bara dan lainnya yang mana pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama dan penggunaannya menimbulkan polusi. Sedangkan kebutuhan energi listrik semakin lama semakin meningkat yang dapat menimbulkan krisis energi. PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) (Persero) mencatat

konsumsi listrik meningkat sebanyak 3,67 persen di kuartal I-2018 dibandingkan dengan periode yang sama di tahun sebelumnya (Artanti, 2018). Gambar 1 menampilkan pertumbuhan kebutuhan listrik di Indonesia tahun 2014 hingga 2017.



Gambar 1. Pertumbuhan Kebutuhan Listrik (Sumber: Katadata, 2017)

Jumlah penduduk Indonesia selama 25 tahun juga terus meningkat. Tingkat pertumbuhan populasi Indonesia antara tahun 2000 dan 2010 adalah sekitar 1.49 persen per tahun (Jamzuri, 2018). Dengan pertumbuhan penduduk Indonesia yang terus bertambah akan mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik bertambah. Akibatnya cadangan batu bara hanya akan cukup untuk beberapa tahun yang akan datang. Rasio cadangan/produksi bahan bakar fosil pada akhir tahun 2009 adalah Minyak 46 tahun (habis pada 2055), gas alam 63 tahun (habis pada 2072), batubara 119 tahun (habis tahun 2128) (Laer, 2016).

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang masih tergolong cepat disebabkan oleh aspek kependudukan fertilitas dan mortalitas. Proses pertumbuhan penduduk dapat dilihat sebagai proses transisi demografi. Transisi demografi pada dasarnya menunjukkan urutan tahap-tahap perubahan dalam tingkat kelahiran dan kematian (Priyono, 1990). Gambar 2 menampilkan grafik pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia tahun 1971 hingga 2010 setiap periode 10 tahun.



Gambar 2. Pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia

Seperti diketahui bahwa persediaan bahan bakar fosil di Indonesia pada umumnya semakin menipis. Fakta menunjukkan bahwa sejak tahun 2004 Indonesia mengimpor minyak bumi karena cadangan minyak dalam negeri tidak mencukupi lagi. Solusi bagi krisis energi listrik dan bahan baku fosil seperti tersebut di atas adalah adanya sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar substitusi yang ramah lingkungan, efektif, efisien, dan dapat diakses oleh masyarakat luas. Selain itu, sumber energi alternatif tersebut idealnya berasal dari sumber energi yang bisa diperbarui (Hanif, 2010).

Menipisnya cadangan sumber daya, dampak pemanasan global, hujan asam, dan dampak-dampak turunan yang lain seperti gelombang pasang, perubahan iklim, kerusakan lingkungan, sampai melonjaknya harga minyak dan lain-lain akan menjadi permasalahan serius dimasa mendatang (Harjanto, 2008). Pemanfaatan biogas untuk pembangkit listrik erat kaitannya dengan perhitungan konsumsi dan produksi energi, sehingga diperlukan analisis energi mengenai sistem keseluruhan untuk memaksimalkan produktivitas energi biogas. Analisis ini dapat meliputi potensi biogas, daya yang dihasilkan, biaya yang akan dibutuhkan dalam memproses energi biogas.

Biogas mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan BBM yang berasal dari fosil. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui merupakan keunggulan dari biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil selama ini diisukan menjadi penyebab dari pemanasan global. Bahan bakar fosil yang pembakarannya tidak sempurna dapat menyebabkan gas CO₂ naik ke permukaan bumi dan menjadi penghalang pemantulan panas bumi. Hal tersebut menyebabkan tingginya suhu di atas permukaan bumi seperti yang terjadi beberapa tahun belakang ini. Biogas sebagai salah satu energi alternatif yang dipastikan dapat menggantikan bahan bakar fosil yang keberadaannya semakin hari semakin terbatas (Wahyuni, 2015).

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktifitas mikrobia secara anaerobik pada bahan-bahan organik meliputi: kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), serta sampah atau limbah

organik yang *biodegradable*. Kandungan utama dalam biogas adalah 55% sampai 75% metana dan 22% hingga 45% CO₂. Biogas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerobik sangat populer digunakan dalam pengolahan limbah *biodegradable*, karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dari emisi karbondioksida yang lebih sedikit (Sufyandi, 2001). Feses sapi memiliki komposisi yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas. Penggunaan kotoran ternak sebagai bahan biogas merupakan pilihan yang tepat. Dengan teknologi sederhana ini kotoran ternak yang tadinya hanya mencemari lingkungan dapat diubah menjadi sumber energi baru terbarukan yang sangat bermanfaat (Setiawan, 2005).

Pemanfaatan kotoran sapi perah menjadi biogas sangat cocok dikembangkan pada peternakan BBG karena selain mengurangi dampak lingkungan juga menambah keuntungan dan penghematan dalam penggunaan bahan bakar atau sumber energi listrik. Potensi biogas yang dihasilkan dari 42 ekor sapi perah adalah 8,4 m³/hari. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai lampu penerangan kandang 60-100 watt selama 50 jam, sebagai sumber penggerak energi 1 PK selama 17 jam, menghasilkan energi listrik 39 kWh dan dapat memasak 3 jenis masakan untuk 40-48 porsi. Kondisi eksisting yang ada pada peternakan sapi saat ini dengan memanfaatkan 132 kg kotoran sapi/hari berarti baru memanfaatkan 5 ekor sapi, sehingga biogas yang dihasilkan hanya 1 m³/hari (Arianto, 2017).

Pemanfaatan biogas dari kotoran sapi sebagai alternatif bahan bakar pembangkit listrik dilakukan melalui proses anaerobik. *Pilot plant* dengan produksi biogas sebesar 7 m³/hari telah terpasang di Pesantren Saung Balong. Biogas ini dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak dan penerangan, dan digunakan sebagai bahan bakar pure biogas dengan genset skala 2.500 Watt. Produksi biogas rata-rata sebesar 0,040 m³ per 30 menit atau 0,080 m³/jam. Biogas yang dihasilkan selama pengukuran (450 menit) adalah 0,604 m³. Dengan data tersebut maka diperkirakan dalam sehari (24 jam) biogas

yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1,92 m³. Sementara, konsumsi biogas untuk genset pada beban 1.047 W adalah 0,019 m³/menit, genset akan beroperasi selama 101,05 menit atau sekitar 1,68 jam. Dengan demikian listrik yang dapat dihemat adalah 1,759 kWh per-hari atau 52,77 kWh per-bulan dan biaya listrik yang dapat dihemat yaitu sebesar Rp. 40.896/bulan (Arifin, dkk., 2011).

Proses studi analisis daya yang dilakukan adalah dengan memasang *flow meter* untuk melihat konsumsi biogas sebagai bahan bakar ketika tanpa beban dan ketika berbeban menggunakan *dummy load*, melihat tegangan keluaran dengan osiloskop, serta melakukan analisis perhitungan daya dari kotoran organik sebagai bahan baku pembangkit biogas dikapasitas 1 kW. Hasil studi didapatkan daya keluaran yang dihasilkan pada beban 0,5kW adalah 399,9 watt dengan menggunakan genset biogas berkapasitas 1 kW. Semakin besar beban menyebabkan efisiensi total motor berbahan bakar gas meningkat. Efisiensi total tertinggi adalah 7,62% ketika beban 0,5 kW. Grafik daya input linier dengan konsumsi gas metana. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah konsumsi gas metana sangat menentukan daya input (Arnando dan Syahrial, 2015).

Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi dapat dilakukan secara langsung, dengan membakar biogas tersebut, atau secara tidak langsung dengan mengubahnya menjadi bentuk energi lain seperti listrik. Sebagian warga Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Sleman selama ini telah memanfaatkan biogas secara langsung.

Salah satu karakteristik yang menarik adalah biogas dapat diproduksi mendekati titik konsumsinya sehingga sangat ideal untuk pembangkit listrik yang terdesentralisasi di daerah pedesaan terpencil. Di sisi lain, biogas juga dapat diproduksi pada skala yang lebih besar dari bahan limbah perkotaan dan digunakan untuk menghasilkan listrik bagi masyarakat setempat (Jiasheng, dkk., 2010).

Dari volume biogas yang diproduksi per hari diperkirakan energi ini setara dengan listrik sebesar 18,75 kW. Sedangkan dari analisis teknis dan ekonomis, mesin penggerak pembangkit listrik berbahan bakar biogas skala rumah tangga yang cocok dikembangkan di Dusun Kaliurang

Timur adalah menggunakan mesin diesel dengan estimasi pembangkitan daya sebesar 3kW dan waktu operasional 12 jam/hari. Kondisi ini layak secara ekonomi layak dengan BC ratio 1,76 serta *simple pay back* 1,9 tahun (Yulianto, dkk., 2010).

Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah pertanian dan peternakan untuk menghasilkan energi dan pupuk sehingga diperoleh keuntungan baik secara sosial terutama dari segi ekonomi khususnya bagi rumah tangga di pedesaan. Limbah buangan gas yang terbentuk dan telah digunakan akan menyisakan limbah buangan berupa pupuk organik yang kaya unsur hara. Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah pertanian dan peternakan untuk menghasilkan energi dan pupuk, sehingga diperoleh multi margin (keuntungan ganda) baik secara sosial ekonomi maupun dari segi kelestarian lingkungan.

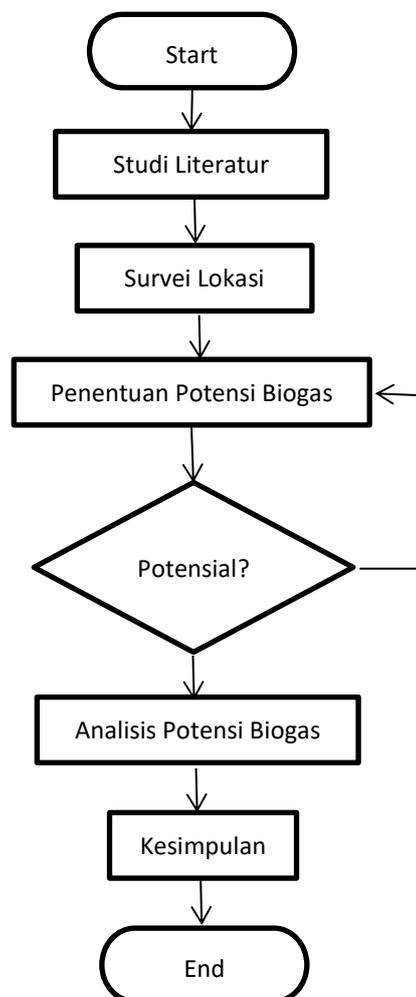
METODE

Penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka dengan analisis teknik deskriptif kualitatif. Tahapan dalam memulai studi ini adalah studi literatur untuk memahami apa itu biogas mulai dari cara kerja, dan bagian yang akan dijadikan studi. Selanjutnya dilakukan survei di lokasi penelitian. Hasil survei diperoleh data bahwa kampung tersebut Memiliki sekitar 50 kandang sapi dengan daya tampung per kandang 4 ekor sapi. Kondisi ini menjadi alasan bahwa lokasi penelitian ini tepat untuk mengembangkan potensi biogas.

Tahap selanjutnya yaitu penentuan potensi biogas, dilakukan dengan menghitung berapa banyak biogas yang dihasilkan per hari. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah 1 m³ biogas dapat membangkitkan tenaga listrik sebesar 1,24 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian ini memiliki potensi biogas sebagai sumber energi pembangkit listrik. Selanjutnya, pada tahap analisis potensi biogas sebagai sumber energi, dilakukan analisis pada aspek kebutuhan listrik, bahan bakar, dan ekonomi penduduk yang tinggal di daerah lokasi penelitian.

Pada tahap akhir, yaitu kesimpulan diharapkan diperoleh hasil analisis yang dapat digunakan sebagai tahap awal untuk mengetahui potensi biogas sebagai sumber pembangkit listrik yang siap untuk

dimanfaatkan. Sehingga di masa yang akan datang dapat diwujudkan program mandiri energi. Secara ringkas tahapan yang dilakukan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kampung Ternak "Sido Rejo" Sulang Kidul, Patalan, Jetis, Bantul. Data yang dikumpulkan berupa data primer dengan cara melakukan wawancara langsung dengan pengelola peternakan, peternak, dan penduduk di sekitar lokasi peternakan sebagai lokasi penelitian. Data sekunder diperoleh melalui studi pustaka dan dokumen yang berkaitan dengan penelitian ini.

Gambar 4 menampilkan gambaran di Kampung Ternak "Sido Rejo", Gambar 5 menunjukkan kegiatan wawancara yang dilakukan pada penelitian ini.



Gambar 4. Kampung ternak “Sido Rejo”



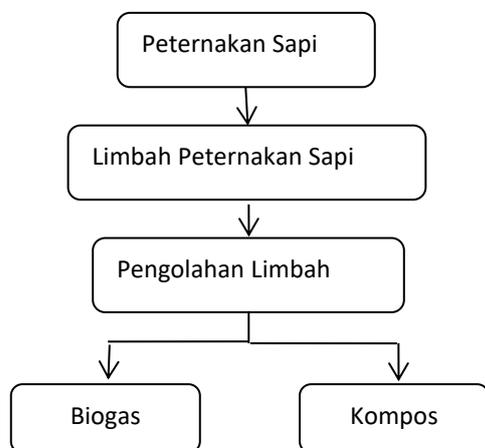
Gambar 5. Kegiatan wawancara



Gambar 7. Pemurnian biogas

PEMBAHASAN

Pengolahan limbah kotoran sapi dapat dikelola menjadi biogas dan kompos. Pengolah limbah kotoran sapi menjadi biogas membuat kotoran sapi memiliki nilai lebih maupun manfaat yang lebih besar. Pengolahan limbah peternakan sapi di Kampung Ternak “Sido Rejo” ada 2, yaitu menjadi biogas dan kompos (Gambar 6), namun pengelolaan pada keduanya belum optimal. Gambar 7 menampilkan proses pemurnian biogas di lokasi penelitian.



Gambar 6. Pengolahan limbah kotoran sapi

Hasil studi literatur yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini, secara singkat dijelaskan sebagai berikut. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Dalam segala aspek kehidupan energi merupakan fasilitas meningkatkan kemampuan manusia untuk melakukan kerja dan manusia menggunakannya untuk tujuan konstruktif secara ekonomi dalam menjalankan kegiatan yang tidak mungkin dihadapi oleh manusia sebelum adanya teknologi energi. Sedangkan energi alternatif mengacu pada sumber energi yang tidak didasarkan pada pembakaran bahan bakar fosil (Liun, 2011).

Biogas atau sering pula disebut gas bio merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan seperti kotoran hewan, kotoran manusia, ataupun sampah, direndam di dalam air dan disimpan di tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dari udara). Proses kimia terbentuknya gas cukup rumit, tetapi cara menghasilkannya tidak sesulit proses pembentukannya. Hanya dengan teknologi sederhana (Sulistiyanto, dkk., 2016).

Pertumbuhan peternakan dari tahun 2019 mengalami perkembangan yang pesat (Gambar 8), itu artinya peternakan memiliki potensi besar untuk menjadi desa mandiri energi. Desa mandiri energi adalah sebuah program agar desa bisa memenuhi kebutuhannya sendiri, penciptaan lapangan kerja dan mengurangi pengangguran serta kemiskinan dengan mendorong kemampuan masyarakat dan pengguna sumber daya setempat.



Gambar 8. Grafik pertumbuhan peternakan sapi

Tinja yang dihasilkan makhluk hidup berbeda-beda. Tabel 1 menampilkan data jenis dan volume tinja yang dihasilkan oleh beberapa makhluk hidup.

Tabel 1. Tinja yang dihasilkan oleh beberapa makhluk hidup

Jenis	Banyak tinja (kg/hari)
Gajah	30
Sapi	25-30
Kambing/Domba	1,13
Ayam	0,18
Itik	0,34
Babi	7
Manusia	1,25-0,4

(Sumber: Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, 2008).

Data kandungan bahan kering pada berbagai makhluk hidup ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan bahan kering beberapa makhluk hidup

Jenis	Kandungan Bahan kering (%)
Gajah	18
Sapi	20
Kambing/Domba	26
Ayam	28
Itik	38
Babi	9
Manusia	23

(Sumber: Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, 2008).

Biogas adalah fermentasi anaerob bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar (*flammable*). Biogas yang

dihasilkan setiap makhluk hidup berbeda beda. Kandungan biogas setiap makhluk hidup ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan Tabel 4 menampilkan data kandungan gas dalam biogas

Tabel 3. Kandungan gas dalam biogas beberapa makhluk hidup

Jenis	Biogas yang dihasilkan (m ³ /kg.BK)
Gajah	0,018 – 0,025
Sapi	0,023 – 0,040
Kambing/Domba	0,040-0,059
Ayam	0,065 – 0,116
Itik	0,065 – 0,116
Babi	0,040 – 0,059
Manusia	0,020-0,028

(Sumber: Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, 2008).

Tabel 4. Kandungan gas dalam biogas

Jenis Gas	Campuran Kotoran+Sisa Pertanian	Kotoran Sapi
Methana (CH ₄)	54-70%	65,7%
Karbon dioksida (CO ₂)	27-45%	27,0%
Nitrogen (N ₂)	0,5-3%	2,3%
Karbon Monoksida (CO)	0,1%	0,0%
Oksigen (O ₂)	0,1%	1,0%
Propen (C ₃ H ₈)	-	0,7%
Hidrogen	Sedikit sekali	Tidak teratur
Sulfida (H ₂ S)		
Nilai Kalori (Kcal/m ³)	4800-6700	6513

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik (seperti kotoran hewan, kotoran manusia, jerami, sekam, dan sayur-sayuran) difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Biogas terdiri dari campuran metana (50-75%) CO₂ (25-45%), serta sejumlah kecil H₂, N₂, dan H₂S. Komponen terbesar (penyusun utama) biogas adalah metana (CH₄, 50-70%) dan karbondioksida (CO₂, 30-40%). Namun, komposisi biogas dapat bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi (Anggito, 2014). Tabel 5 menampilkan data kesetaraan biogas dengan kadungan bahan lainnya.

Tabel 5. Kesetaraan biogas dengan kadungan bahan lainnya

Aplikasi	Bahan Bakar	Jumlah kesetaraan
1 m ³	Elpiji	0,46 kg
	Minyak Tanah	0,62 liter
	Minyak Solar	0,52 liter
	Bensin	0,8 liter
	Kayu Bakar	3,5 kg
	Listrik	4,7 kWh

Hasil analisis yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kampung Ternak "Sido Rejo" memiliki potensi hingga 200 ekor sapi
2. Seekor sapi menghasilkan 25 kg tinja per hari, sehingga kotoran yang dihasilkan adalah 200x25 kg = 5000 kg/hari.
3. Dalam 1 kg kotoran sapi terdapat ±0,023 m³ biogas, sehingga potensi biogas di Kampung Ternak "Sido Rejo" adalah 0,023 m³x5000 = 0,023 m³x5000 kg = 115 m³ biogas.
4. Padatan kering yang dihasilkan 115 m³x20%= 23 m³/hari.
5. Potensi elpiji yang dihasilkan adalah 23m³x0,46 kg = 10,58 kg/hari atau 317kg/bulan.
6. Kebutuhan penduduk adalah 230 kx9 kg elpiji/bulan = 2070 kg. Kondisi ini berarti peternakan perlu dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan elpiji penduduk.
7. Potensi minyak tanah yang dihasilkan adalah 23m³x0,62 liter = 14,26 liter/hari atau 427,8 liter/bulan.
8. Potensi minyak solar yang dihasilkan adalah 23m³x0,52 liter = 11,96 liter/hari atau 358,8 liter/bulan.
9. Potensi bensin yang dihasilkan adalah 23m³x0,8 liter = 18,4 liter/hari atau 552 liter/bulan.
10. Potensi kayu bakar yang dihasilkan adalah 23m³x3,5 kg = 80,5 kg/hari atau 2415 kg/bulan.
11. Potensi listrik yang dihasilkan adalah 23m³x4,7 kWh = 108,1 kWh/hari atau 3243 kWh/bulan.
12. Potensi kandungan biogas 23m³ x 3000 kkal = 69.000 kkal/hari atau 2.070.000 kkal/bulan.
13. Padatan kering yang diproses (ton) pada awal proses *anaerobic* = 25 kgx20%x200 ekor sapi = 1000 kg/hari = 1 ton/hari.

Tabel 6 menampilkan data hasil survei daya listrik yang terpasang pada rumah penduduk.

Tabel 6. Hasil survei daya yang terpasang pada rumah penduduk

Besar Daya Listrik Terpasang	Jumlah	Persentase
450 VA	33	82,5
900 VA	7	17,5
1300 VA	0	0,0

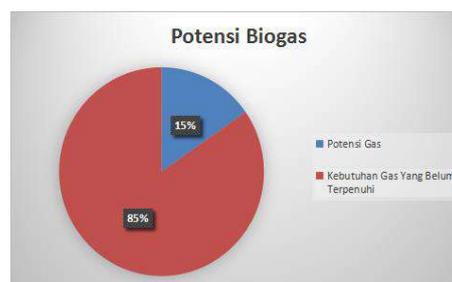
Daya listrik yang terpasang pada sebagian besar penduduk Sulang Kidul adalah sebesar 450 VA dengan rata-rata biaya yang dikeluarkan perbulan adalah Rp. 40.000-Rp. 60.000. Kebutuhan penggunaan listrik yang masih sedikit dipengaruhi oleh kondisi ekonomi penduduk yang berada pada kelompok menengah ke bawah, sehingga tidak banyak peralatan elektronik rumah tangga yang digunakan. Sebagian besar penduduk menggunakan listrik hanya untuk lampu dan televisi. Dengan asumsi pengeluaran rumah tangga untuk energi listrik rata-rata adalah 8%, maka besarnya pengeluaran adalah Rp. 1.500.000x8% = Rp. 120.000.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai daya beli masyarakat pada 450 VA adalah: Daya Beli 2019 =

$$\begin{aligned} & (\text{Rata-rata pengeluaran biaya listrik/rata-rata biaya total pemakaian listrik}) \\ & \times \text{harga rata-rata energi per kWh} \\ & = (\text{Rp } 120.000/\text{Rp. } 60.000) \times \text{Rp. } 415 \text{ kWh} \\ & = \text{Rp. } 930 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Dengan daya beli listrik rumah tangga sebesar Rp.930/kWh dibandingkan dengan harga jual rata-rata energi listrik biogas (dari tiga suku bunga) yang masih di bawah daya beli untuk listrik rumah tangga yaitu sebesar Rp.457,55/kWh, maka masyarakat mampu untuk membeli energi listrik dengan bahan bakar biogas. Tetapi di sisi lain, pengeluaran menjadi lebih besar karena daya listrik yang terpasang pada rumah tangga para penduduk masuk kategori penerima subsidi.

Selanjutnya, Gambar 9 menampilkan data potensi biogas pada Kampung Ternak "Sido Rejo".



Gambar 9. Potensi biogas

Potensi biogas di kampung ternak "Sido Rejo" dapat memenuhi kebutuhan penduduk sebesar 15%, sedangkan untuk menjadi Desa Mandiri Energi harus memenuhi minimal 60% kebutuhan penduduk.

KESIMPULAN

Potensi listrik yang dapat dihasilkan oleh Kampung Ternak "Sido Rejo" adalah 108,1 kWh/hari atau 3243 kWh/bulan. Dengan daya beli listrik rumah tangga sebesar Rp. 930/kWh dibandingkan dengan harga jual rata-rata energi listrik biogas (dari tiga suku bunga) yang masih di bawah daya beli untuk listrik rumah tangga yaitu sebesar Rp. 457,55/kWh, maka Kampung Ternak "Sido Rejo" mampu untuk membeli energi listrik dengan bahan bakar biogas tersebut, tetapi pengeluaran menjadi lebih besar karena daya listrik yang terpasang masuk dalam kategori subsidi. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menjual listrik kepada penduduk di sekitar lokasi Kampung Ternak "Sido Rejo" yang berprofesi sebagai karyawan, ASN, dan para pelaku usaha dimana daya yang terpasang adalah 900 VA dengan tarif Rp. 605/kWh untuk subsidi dan Rp. 1352/kWh untuk non subsidi. Desa Sulang Kidul memiliki potensi menjadi Desa Mandiri Energi karena telah memiliki peternakan terpadu yang memiliki potensi kemandirian energi sebesar 15%.

SARAN

Pemanfaatan biogas di Kampung Ternak "Sido Rejo" perlu dikelola lebih serius, apabila ingin menjadikan Desa Sulang Kidul menjadi Desa Mandiri Energi. Langkah awal yang paling utama adalah mengedukasi penduduk setempat agar mengetahui manfaat yang tersimpan dalam biogas selain sebagai kompos.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta, Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Kampung Ternak "Sido Rejo" Sulang Kidul, Patalan, Jetis, Bantul, dan LPPM IST AKPRIND sebagai Pengelola Jurnal Teknologi Technosciantia.

DAFTAR PUSTAKA

Anggito, A. T., 2014, Studi Pembangunan Energi Listrik Berbasis Biogas, *Laporan Proyek Akhir*, Universitas Pendidikan Indonesia.

- Arianto, M. R., 2017, Evaluasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Berbahan Kotoran Sapi (Studi Kasus: Desa Jungkat, Kecamatan Siantan, Kabupaten Mempawah), *Jurnal Teknik Elektro*, Universitas Tanjungpura, Vol. 2, No. 1.
- Arifin, M., Saepudin, A., dan Santosa, A., 2011, Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat, *Journal of Mechatronics Electrical Power, and Vehicular Technology*, Vol. 02, No. 2.
- Arnando, R., dan Syahrial, W., 2015, *Studi Analisis Daya Pembangkit Listrik Biogas Dari Kotoran Sapi dan Manusia Di Pondok Pesantren Baiturrahman Jawa Barat*, *Jurnal Reka Elkomika*, Vol.3, No. 2.
- Artanti, A., 2018, *Mempercepat Program Penyediaan Listrik*.
- Hanif, A., 2010, *Studi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi*.
- Harjanto, N. T., 2008, *Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil Dan Prospek Pltn Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional*.
- Jamzuri, M., 2018, *Penduduk Indonesia*.
- Jiasheng, G., Qin, C., dan Schmitz, G., 2010, Numerical Investigation on the Performance of Spark Ignition Engine Used for Electricity Production Fuelled by Natural Gas/Liquefied Petroleum Gas-Biogas Blends with Modelica, in *Proceeding of 2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology*, Chengdu, 2010, pp. V6-682-V6-687.
- Katadata, 2017, Berapa Konsumsi Listrik Perkapita Indonesia?.
- Laer, R., 2016, *Peak Uncertainty, When Will We Run Out of Fossil Fuels?*.
- Liun, E., 2011, Potensi Energi Alternatif Dalam Sistem Kelistrikan Indonesia, *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV*.
- Priyono, 1990, *Forum Geografi*. Fakultas Geografi UMS, Surakarta.
- Setiawan, A. I., 2005, *Memfaatkan Kotoran Ternak*, Cetakan ke 10, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sufyandi, A., 2001, *Informasi Teknologi Tepat Guna untuk Pedesaan Biogas*, Bandung: Pustaka Utama.

- Sulistiyanto, Y., Sustiyah, Zubaidah, S., dan Satata, B., 2016, Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas Rumah Tangga di Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah, *Jurnal Udayana Mengabdi*, Vol. 15, No. 2.
- Wahyuni, S., 2015, *Panduan Praktis Biogas*, 2, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Yulianto, A., Adi, A. N., dan Priyambodo, H.V., 2010, Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur, Kelurahan Hargobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 2, No. 2.

BIODATA PENULIS

Dwi Otik Kurniawati, S.T., M.Eng., lahir di Lumajang pada tanggal 23 Oktober 1986, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2010, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada tahun 2012. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta pada bidang minat energi baru terbarukan.

Adelia Octora Pristisahida, S.Si., M.T., lahir di Yogyakarta pada tanggal 26 Oktober 1988, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Elektronika dan Instrumentasi dari Universitas Gadjah Mada tahun 2007, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut Teknologi Bandung tahun 2013. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta pada bidang minat instrumentasi dan kendali.

STUDI KOMPARASI MENYIMPAN DAN MENAMPILKAN DATA HISTORI ANTARA DATABASE TERSTRUKTUR MARIADB DAN DATABASE TIDAK TERSTRUKTUR INFLUXDB

Hendra¹, Widyastuti Andriyani²

¹Mahasiswa Magister Teknologi Informasi, STMIK AKAKOM Yogyakarta

²Magister Teknologi Informasi, STMIK AKAKOM Yogyakarta

Jl. Raya Janti (Majapahit) No. 143, Karangjambe, Yogyakarta

E-mail ¹camp.hendra@gmail.com, ²widya@akakom.ac.id

Masuk: 31 Januari 2020, Revisi masuk: 18 Februari 2020, Diterima: 19 Februari 2020

ABSTRACT

The use of structured databases is still very widely used by companies in small and medium scale with the aim of processing data so that from these data conclusions can be drawn to determine a decision. But over time, of course the need for data that continues to grow can make a system run very slowly when using a structured database. That is caused by the amount of data that continues to increase every day, even for certain cases the data can increase every second. For this reason, an unstructured database is needed specifically for storing history data. From some existing unstructured databases, InfluxDB is one of the unstructured databases specifically intended for storing history data and has a very good ability to process data into a matrix for analysis. One of the key factors in an unstructured database is the database structure which is very different and supports to maximize database performance.

Keywords: *Big data, InfluxDB, MariaDB, Time-series data.*

INTISARI

Penggunaan *database* terstruktur masih banyak digunakan oleh perusahaan dalam skala kecil dan menengah dengan tujuan untuk melakukan pemrosesan data sehingga dari data tersebut dapat diambil kesimpulan untuk menentukan sebuah keputusan. Namun seiring berjalannya waktu, kebutuhan data yang terus menerus bertambah dapat membuat sebuah sistem menjadi berjalan lambat jika menggunakan *database* terstruktur. Hal itu disebabkan oleh jumlah data yang terus menerus bertambah setiap hari, bahkan untuk kasus tertentu data dapat bertambah setiap detik. Untuk itu diperlukan sebuah *database* tidak terstruktur yang khusus digunakan untuk menyimpan data histori. Dari beberapa *database* tidak terstruktur yang ada, InfluxDB merupakan salah satu *database* tidak terstruktur yang khusus diperuntukkan untuk menyimpan data histori dan memiliki kemampuan yang baik dalam memproses data ke dalam bentuk matriks untuk dianalisis. Salah satu faktor kunci dalam *database* tidak terstruktur adalah struktur *database* yang sangat berbeda dan mendukung untuk memaksimalkan performa *database*.

Kata-kata Kunci: *Big Data, InfluxDB, MariaDB, Time-Series Data.*

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia teknologi saat ini sangat cepat, sehingga manusia dituntut untuk mengikuti perkembangan. Untuk itu dibutuhkan sumber daya manusia dalam bidang IT yang memiliki kemampuan beradaptasi secara cepat. Dalam dunia teknologi informasi saat ini kebutuhan terhadap data adalah sebuah kunci yang wajib dimiliki pada setiap lini bisnis. Meskipun bisnisnya bahkan tidak berhubungan dengan dunia teknologi, namun data sangat diperlukan dalam melakukan analisis yang nantinya akan digunakan untuk pengambilan keputusan.

Data histori atau biasa disebut juga dengan *time series data* merupakan sebuah data yang disimpan ke dalam *database* dengan tujuan untuk mencatat sejarah pergerakan angka [1]. Biasanya jenis data seperti ini tidak membutuhkan jumlah kolom yang banyak, karena hanya mencatat nama variabel, nilai variabel, dan waktu. Namun karena tujuan dari data histori adalah mencatat pergerakan angka yang terjadi setiap menit bahkan setiap detik, tentunya pemilihan *database* merupakan bagian yang sangat penting, karena *database* tersebut nantinya harus mampu mengelola data dalam jumlah yang sangat besar sehingga performa *database* tetap terjaga.

Salah satu *database* yang cukup populer hingga saat ini adalah MariaDB dimana *database* ini adalah *database* yang dibuat oleh orang yang sama dengan yang membuat MySQL sehingga semua struktur *database* MariaDB sangat mirip dengan MySQL [2]. Salah satu alat bantu pendukung yang digunakan pada MariaDB adalah PHPMyAdmin yang berfungsi untuk melakukan semua administrasi terhadap *database* dan *user* secara visual yang berjalan menggunakan *platform* berupa *browser* [3].

Saat ini tercatat sudah cukup banyak perusahaan besar yang bermigrasi ke *database* MariaDB, contohnya adalah perusahaan komunikasi Verizon, Samsung, DBS Bank, Deutsche Bank, Nasdaq, ingenico Payment Service, dan masih banyak lagi.

InfluxDB merupakan sebuah *database* khusus yang dibuat untuk menyimpan data *time series* [4]. Data *time series* merupakan sebuah data yang disimpan lengkap dengan data waktu (*timestamp*) untuk menunjukkan kapan data tersebut disimpan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan analisis perbandingan kinerja dalam menyimpan dan menampilkan data antara MariaDB dengan InfluxDB.

Penelitian tentang perbandingan kinerja *database* juga telah dilakukan dengan membandingkan kinerja *query* pada *database management system* (DBMS) antara MySQL 5.7.16 dan MariaDB 10.1 [5]. Dalam penelitian tersebut dapat dilakukan perbandingan kinerja *database* secara *apple to apple* karena secara struktur kedua *database* tersebut adalah sama.

Selain itu juga terdapat penelitian yang serupa yang membandingkan kinerja antara NoSQL yang diwakili dengan MongoDB dan SQL yang diwakili oleh MySQL [6]. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa performa MongoDB lebih baik dibandingkan dengan MySQL pada saat menangani jumlah baris data yang cukup besar yaitu 226.232 *record*.

Penelitian lain yang memberikan informasi secara detail adalah sebuah paper yang ditulis oleh Kumar dan Jayagopal [7]. Dalam paper tersebut benar-benar dibandingkan secara utuh antara *database* NoSQL dengan *database* tradisional. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa NoSQL memiliki keuntungan yang besar dari segi performa menangani data dalam jumlah yang besar dibandingkan dengan *database* tradisional.

METODE PENELITIAN

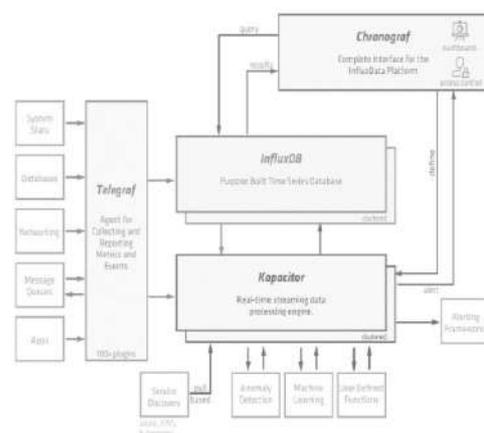
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode komparatif dimana dilakukan perbandingan berdasarkan spesifikasi, cara kerja dan fitur kunci dari masing-masing *database*.

Perbandingan secara *head-to-head* dilakukan untuk menemukan persamaan dan perbedaan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap objek masing-masing *database* dan juga berdasarkan dokumentasi resmi yang di *publish* di website masing-masing *database*.

HASIL DAN PEMBAHASAN InfluxDB

InfluxDB adalah salah satu *time-series database* yang cukup populer saat ini, berbasis *open source* yang dikembangkan oleh InfluxData dengan bahasa pemrograman Go. InfluxDB memiliki kecepatan yang cukup tinggi dalam melakukan *read data* maupun *write data* sehingga cocok jika diterapkan pada aplikasi yang bertipe *real-time* [8], baik itu untuk penerapan model *machine learning* maupun melakukan penyimpanan data dari IoT [9]. InfluxDB dibuat untuk menangani penulisan data dan *query* muatan yang masif atau tinggi dengan menggunakan HTTP *Representational State Transfer* (REST) API untuk proses *query* dan menggunakan *SQL-like query language*.

Secara garis besar InfluxDB dibagi ke 3 komponen utama yaitu Grafana, InfluxDB, dan Telegraf. Skema model InfluxDB ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema model InfluxDB

Telegraf merupakan sebuah *plugin* atau bisa disebut juga *engine* yang berfungsi sebagai pengambil data baik secara *streaming* (*IoT sensor*, *log data*, *real-time analytics*, *metriks*, dsb) maupun mengambil

data yang bersumber dari data statis (*database* seperti *MongoDB*, *MySQL*, *Cassandra*, *PostgreSQL*, *Apache HBASE*, dsb). Telegraf dapat mengumpulkan metrik dari beragam input dan menuliskannya ke dalam beragam output. Telegraf merupakan *plugin-driven* untuk pengumpulan dan keluaran data sehingga mudah diterapkan dalam berbagai konsep maupun model.

Telegraf ditulis dengan bahasa pemrograman *Go* yang berarti bahwa ini dapat dieksekusi pada sistem apapun tanpa memerlukan ketergantungan eksternal, tidak memerlukan *npm*, *pip*, *gem*, atau alat manajemen paket lainnya yang diperlukan. Data yang disimpan di dalam *InfluxDB* bersifat *key-value*, dimana *key* berupa waktu (*timestamps*) dengan format *nanosecond* dan *value* berupa data yang pada umumnya bertipe numerik. Setiap data akan disimpan ke dalam *measurement* (dalam *database* tradisional disebut juga tabel) akan diberikan *tags* yang akan membantu mengelompokkan data berdasarkan *tags* tertentu (disebut juga kategori).

Komponen selanjutnya yang menjadi unggulan dari *InfluxDB* adalah *Chronograf*, dimana fungsi utamanya adalah sebagai *user interface* dan *administrative component* pada platform *InfluxDB*. *Chronograf* memungkinkan penggunaannya untuk melihat data yang disimpan di dalam *database* *InfluxDB* dan membangun sebuah *query* atau bahkan menciptakan peringatan. *Chronograf* cukup mudah digunakan dan dilengkapi *templates* dan *library* sehingga mudah untuk membuat visualisasi data secara *real-time*.

InfluxDB secara garis besar juga disebut sebagai *Push system*, dimana *InfluxDB* akan melakukan transformasi data ke arah visualisasi untuk keperluan *monitoring* data.

MariaDB

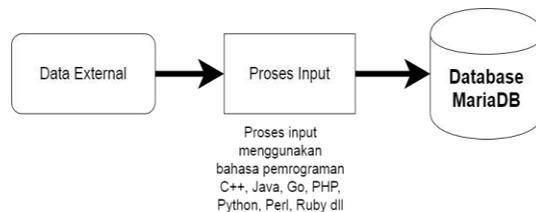
MariaDB merupakan *Relational Database Management System* (RDBMS) yang cukup populer dikarenakan diciptakan oleh orang yang sama dengan yang menciptakan *MySQL*. Secara umum baik perintah, fungsi, maupun tampilan sangat mirip antara *MySQL* dengan *MariaDB*.

MariaDB memiliki struktur *database* berupa relasi antara tabel yang satu dengan yang lain. Dalam artian bahwa sebelum menggunakan *MariaDB*, terlebih dahulu harus dilakukan inisialisasi terhadap setiap tabel dan setiap *field* di dalam masing-masing tabel. Setelah dilakukan inisialisasi, baru kemudian dilakukan *normalisasi* tabel untuk memaksimalkan performa *database*.

Normalisasi tabel di dalam *database* *MariaDB* adalah sebuah proses yang dilakukan untuk mengelompokkan atribut data sehingga nantinya data yang akan dihasilkan tidak terjadi *redundansi* data dan memastikan data berada pada tabel yang benar. Proses ini sekaligus mencegah terhadap anomali data yang kemungkinan terjadi di kemudian hari yang tentunya merugikan sistem secara keseluruhan, khususnya terkait dengan kinerja *database*.

Perbandingan MariaDB dan InfluxDB

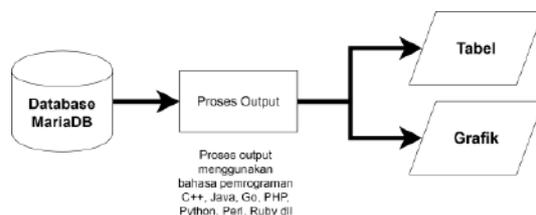
Karena terdapat perbedaan yang sangat mendasar antara *InfluxDB* dan *MariaDB*, maka untuk membedakannya akan dibagi ke dua bagian, yaitu perbedaan dalam menyimpan data dan dalam menampilkan data. Gambar 2 menampilkan skema input data pada *MariaDB*.



Gambar 2. Skema input data *MariaDB*

MariaDB memiliki *tools* yang berfungsi untuk visualisasi *database* bernama *phpmyadmin*. Dengan *tools* ini data dapat dimasukkan langsung ke alam tabel melalui menu *insert*. Namun pada prakteknya *tools* *phpmyadmin* jarang digunakan, karena untuk proses *input* data ke *database* *MariaDB* dibutuhkan *custom-program* yang terhubung dengan *database* *MariaDB*. Beberapa bahasa pemrograman yang bisa bekerja dengan *MariaDB* antara lain *C++*, *Perl*, *Java*, *PHP*, dan *Python*. Program yang telah dibuat tersebut yang nantinya akan digunakan untuk proses input data ke dalam *database*.

Sementara untuk menampilkan data juga dibutuhkan *custom-program* yang berfungsi untuk *load data* dari dalam *database* yang kemudian akan divisualisasikan dalam bentuk tabel ataupun grafik. Gambar 3 menampilkan skema output data pada *MariaDB*.



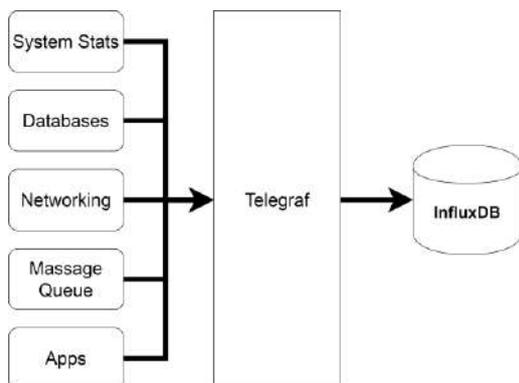
Gambar 3. Skema output data *MariaDB*

MariaDB hanya berfokus terhadap penyimpanan data, sementara untuk proses input data dan menampilkan data membutuhkan bantuan *custom-program* dengan berbagai bahasa pemrograman yang cukup banyak dan memberikan pilihan sesuai dengan kebutuhan sistem.

InfluxDB memberikan pengalaman yang berbeda, dimana setelah menciptakan sebuah *database*, data sudah bisa langsung dimasukkan tanpa perlu dilakukan konfigurasi terlebih dahulu. Untuk input data InfluxDB juga menyediakan *query* yang bahasanya sangat mirip dengan SQL, sehingga *database* ini bisa jika menggunakan *custom-program*.

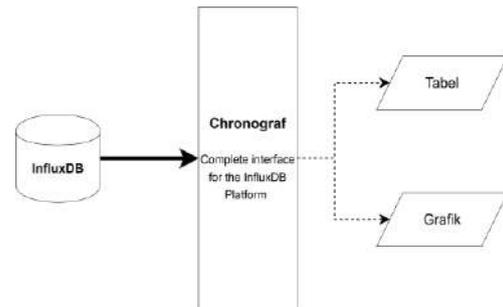
Namun, jika data diambil secara *streaming*, baik itu dari IoT, *website*, *message queue*, atau *networking*, maka bisa digunakan *telegraf*. Dengan adanya fitur ini, pengguna cukup mengunduh *plugin telegraf*, dan melakukan konfigurasi didalamnya, maka *telegraf* akan melakukan pengambilan data secara *streaming* dan langsung memasukkan data ke dalam *database*.

Telegraf akan *online* secara terus menerus melakukan pengambilan data serta langsung melakukan input data ke dalam *database* selama tidak dimatikan. Skema ini akan sangat cocok terhadap data IoT lalu lintas, cuaca, pergerakan harga saham, jaringan komputer dan lain sebagainya. Gambar 4 menampilkan skema input data InfluxDB.



Gambar 4. Skema input data InfluxDB

Setelah data dimasukkan ke dalam *database* InfluxDB, yang menjadi fokus utama selanjutnya adalah menampilkan data ke dalam bentuk yang mudah dipahami. InfluxDB memiliki *tools* yang disebut dengan *chronograf* yang berfungsi memvisualisasikan data ke bentuk tabel ataupun grafik [10]. Gambar 5 menampilkan skema output data InfluxDB.



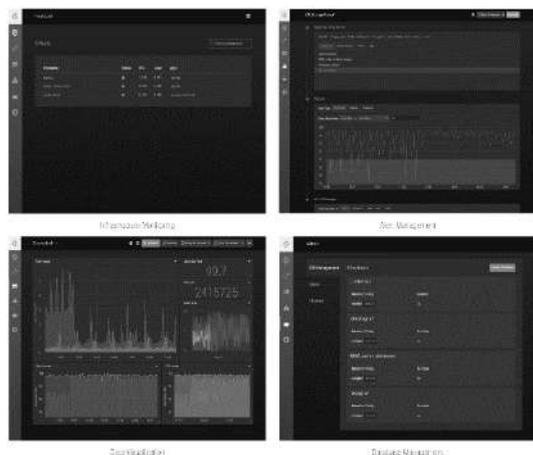
Gambar 5. Skema output data InfluxDB

Chronograf mudah untuk digunakan karena pengguna cukup melakukan konfigurasi terhadap data apa saja yang ingin ditampilkan, kemudian visualisasi dalam bentuk tabel atau grafik, bahkan *chronograf* memiliki fitur untuk memberikan *warning* jika ada data tertentu yang melebihi batas kewajaran. Fitur ini sangat membantu untuk pengawasan data, karena dalam keadaan yang sesungguhnya seorang pengguna yang bertugas mengawasi tidak mungkin akan selalu *stand-by* di depan monitor.

Selain menggunakan *chronograf*, data pada InfluxDB bisa di-load ke *custom-program* dengan menggunakan berbagai bahasa pemrograman seperti Go, Java, PHP, R, Scala, dan lain sebagainya. Menampilkan data menggunakan *database* InfluxDB memiliki fleksibilitas yang tinggi, baik menggunakan aplikasi bawaan dari InfluxDB yaitu *chronograf*, maupun menggunakan bahasa pemrograman yang sudah ada sebelumnya.

Chronograf memiliki 3 fitur utama. yaitu visualisasi data, peringatan terhadap data, dan monitor terhadap infrastruktur. Ketiga fitur ini akan sangat membantu dalam pembuatan sebuah sistem, karena untuk mendapatkan ketiga fitur tersebut tidak perlu dilakukan *coding* program lagi.

Gambar 6 menampilkan cuplikan tampilan *chronograf* yang menampilkan data secara tabel ataupun grafik. Selain grafik yang bersifat statis, *chronograf* juga bisa menampilkan *running* grafik yang bisa di-*update* sesuai keinginan (misalkan per detik atau setiap ada data baru).



Gambar 6. Tampilan Chronograf

Tabel 1 menampilkan perbandingan antara *database* MariaDB dan InfluxDB yang memberikan gambaran secara lebih detail dari kedua *database*. Sedangkan Tabel 2 menampilkan perbandingan perintah dasar pada InfluxDB dan MariaDB.

Tabel 1. Perbandingan *head-to-head* InfluxDB dan MariaDB

	MariaDB	InfluxDB
Deskripsi	RDBMS " <i>Open Source</i> " dengan tingkat keamanan dan kinerja yang cukup tinggi. Bekerja maksimal dengan penyimpanan data berorientasi kolom.	DBMS yang khusus digunakan untuk menyimpan data " <i>Time Series</i> ", " <i>Events</i> " dan " <i>Metrics</i> ".
Model Database Utama	Relasional DBMS	<i>Time Series DBMS</i>
Website	mariadb.com & mariadb.org	www.influxdata.com/products/influxdb-overview
Website Dokumentasi	mariadb.com/kb/en/library	docs.influxdata.com/influxdb
Peluncuran Pertama	2009	2013
Lisensi	<i>Open Source</i>	<i>Open Source</i>
Bahasa	C & C++	Go
Tersedia di Server	FreeBSD Linux Solaris Windows	Linux OS X
Skema Data	Ya	<i>Skema Bebas</i>
Definisi Data di awal	Ya	<i>Numeric data and Strings</i>
Dukungan XML	Ya	Tidak
Dukungan Bahasa SQL	Ya	SQL seperti bahasa Query
Dukungan API & Metode akses data	ADO.NET JDBC ODBC <i>Proprietary native API</i>	HTTP API JSON over UDP
Dukungan Bahasa Pemrograman	Ada C C# C++ D Eiffel Erlang Go Haskell Java JavaScript (Node.js) Objective-C	.Net Clojure Erlang Go Haskell Java JavaScript JavaScript (Node.js) Lisp Perl PHP Python

	MariaDB	InfluxDB
	Ocaml Perl PHP Python Ruby Scheme Tcl	R Ruby Rust Scala
Metode Partisi	Horizontal partitioning, sharding with Spider storage engine or Galera cluster	Sharding
Metode Replikasi	Master-master replication Master-slave replication	Selectable replication factor

Tabel 2. Perbandingan perintah dasar antara InfluxDB dan MariaDB

	MariaDB	InfluxDB
Menciptakan Database Baru	CREATE DATABASE IF NOT EXISTS `[nama_database]` DEFAULT CHARACTER SET latin1 COLLATE latin1_swedish_ci;	CREATE DATABASE [nama_database]
Menciptakan Tabel Baru	CREATE TABLE [nama_tabel] ([Nama_Field1] [type] NOT NULL, [Nama_Field2] [type] NOT NULL, ...)	None
Menyimpan Data	INSERT INTO [nama_tabel] (kolom1, kolom2, kolom3, ...) VALUES ('data1', 'data2', 'data3', ...)	INSERT [nama_measurement], nama_tag_set=[tag_set], nama_value=[value] [timestamp]
Mengupdate Data	UPDATE [nama_tabel] SET kolom1=[data_baru], kolom2=[data_baru2], ... WHERE [kondisi]	Simpan data baru dengan [timestamp] yang sama terhadap data lama yang ingin diperbaharui.
Menghapus Data	DELETE FROM [nama_tabel] WHERE [kondisi]	DROP SERIES FROM [nama_measurement] WHERE [tag_key] = [tag_value]
Menampilkan Data	SELECT * FROM [nama_tabel]	SELECT * FROM [measurement]

KESIMPULAN

Setiap *database* memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dalam mengelola, memproses, dan menampilkan data. Secara umum *database* MariaDB dan InfluxDB tidak dapat dibandingkan secara *head-to-head* karena infrastruktur kedua *database* tersebut dibuat dengan sangat berbeda jauh.

InfluxDB memiliki keunggulan dalam menyimpan data *time-series* dikarenakan beberapa hal sebagai berikut:

1. InfluxDB mendukung format *time* hingga ke *nanosecond*, sementara MariaDB hanya mendukung format *time* hingga *second*.
2. InfluxDB tidak perlu melakukan inialisasi data di awal, sementara MariaDB perlu melakukan inialisasi data terlebih dahulu sebelum digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa MariaDB tidak siap terhadap

perubahan data di kemudian hari seperti penambahan *field*, karena MariaDB harus menginisialisasi *field* baru terlebih dahulu. Sementara InfluxDB cukup menambahkan *tags* baru pada proses input data tanpa perlu inialisasi terlebih dahulu.

3. InfluxDB sudah dilengkapi *tools* yang bisa melakukan input data secara *streaming* serta menampilkan data dengan visualisasi yang bisa disesuaikan dengan keinginan, sementara MariaDB adalah *database* yang berdiri sendiri, sehingga dibutuhkan program *custom* tambahan untuk menyimpan data, memproses data, dan memvisualisasikan data ke bentuk yang lebih mudah dipahami.
4. InfluxDB lebih fleksibel untuk melakukan input maupun output data dalam bentuk visualisasi, karena selain bisa menggunakan *tools* bawaan

seperti *telegraf* dan *chronograf* juga dapat dibuat program dengan berbagai bahasa pemrograman yang tersedia, sementara MariaDB dalam melakukan input data dan menampilkan data tidak menyediakan *tools* bawaan, melainkan harus dibuat program sendiri yang didukung oleh bahasa pemrograman yang banyak tersedia dan populer saat ini.

Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa InfluxDB hanya bisa maksimal dalam penyimpanan data bertipe *time-series* yang mendukung format *key-value*, sehingga jika *database* InfluxDB digunakan untuk kebutuhan lain maka hasilnya tidak akan maksimal (misalkan untuk *database* administrasi perusahaan), sementara MariaDB memiliki kemampuan yang sangat baik jika digunakan untuk kebutuhan selain *time-series*.

Sebagai lanjutan penelitian ini, diharapkan dapat menampilkan perbandingan performa kedua *database* tersebut dalam menangani data *time-series* baik dalam penyimpanan maupun menampilkan data. Dengan adanya perbandingan performa ini, maka akan dapat memberikan *insight* seberapa kuat sebuah *database* dari sisi kecepatan jika menangani data dalam jumlah besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Esling and C. Agon, "Time-series Data Mining," ACM Comput. Surv., 2012.
- [2] MariaDB Foundation, "About Mariadb," mariadb.org, 2016.
- [3] "phpMyAdmin," in The Definitive Guide to MySQL5, 2006.
- [4] Dix, P., "InfluxData (InfluxDB) Time Series Database Monitoring & Analytics," InfluxData, Inc., 2017.
- [5] I. Warman dan R. Ramdaniansyah, "Analisis Perbandingan Kinerja Query Database Management System (DBMS) antara MySQL 5.7.16 dan MARIADB 10.1," J. TEKNOIF, 2018.
- [6] V. No dan A. Junaidi, "Studi Perbandingan Performansi antara MongoDB dan MySQL dalam Lingkungan Big Data," Prosiding Annual Research Seminar 2016, 2016.
- [7] Kumar, M. S. and Jayagopal, P., "Comparison of NoSQL Database and Traditional Database-An Emphatic Analysis," JOIV Int. J. Informatics Vis., 2018.
- [8] Ganz, J., Beyer, M., and Plotzky C., "Time-series Based Solution Using InfluxDB," 2017.

- [9] Nasar, M. and Kausar, M., "Suitability of InfluxDB Database for IoT Applications," International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2019.
- [10] Dix, P., "InfluxData (InfluxDB) Time Series Database Monitoring & Analytics," 2017.

BIODATA PENULIS

Hendra, S.Kom., lahir di Kendari tanggal 22 Oktober, menyelesaikan pendidikan S1 pada bidang Ilmu Komputer dari STMIK AKAKOM Yogyakarta tahun 2008, dan saat ini sedang menempuh Program Magister Teknologi Informasi di STMIK AKAKOM Yogyakarta. Penulis juga aktif sebagai IT specialist Kantor Pemasaran Mandiri PT. Prudential Life Assurance di Yogyakarta.

Dr. Widyastuti Andriyani, S.Kom., M.Kom., lahir di Karanganyar tanggal 17 Maret, menyelesaikan pendidikan S1 pada bidang Ilmu Komputer dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2005, S2 pada bidang Ilmu Komputer dari UGM Yogyakarta tahun 2008, dan S3 pada bidang Ilmu Komputer dari UGM Yogyakarta tahun 2019. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Magister Teknologi Informasi di STMIK AKAKOM Yogyakarta dengan bidang minat kecerdasan buatan.

PETA KENDALI ATRIBUT UNTUK MENGIDENTIFIKASI KECACATAN PRODUK FURNITURE DI PT. ISI

Elly Wuryaningtyas Yunitasari¹, Puji Royanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta
Email:¹ellywy@ustjogja.ac.id, ²pujiroyanto98@gmail.com

Masuk: 31 Januari 2020, Revisi masuk: 18 Februari 2020, Diterima: 19 Februari 2020

ABSTRACT

PT. ISI is one of the furniture industries in Bantul area. In that area there are a lot of advanced furniture industries. To compete with similar company, we need a perfect product quality to gain the trust of consumer. Thus good quality control effort is needed by PT. ISI to be able to compete and continue to grow. The problems from this research that is what type of defective product that occur and how the quality of the final product at PT. ISI. The steps in this research are first collecting defect product data, calculating Center Line (CL), Upper Control Limit (UCL) and Lower Control Limit (LCL) and then identifying cause and effect of defects using a fishbone diagram. There are five types of defects in the production process of PT ISI, the five types of defects are broken or cracked, the color is not appropriate, scratch, impact former and lamination. The implementation of the final product quality control at PT ISI is still within the control limit, this can be seen in the control chart graph which shows no deviation that occur from the upper control limit and the lower control limit.

Keywords: *Center Line (CL), Defective product, Lower Control Limit (LCL), Quality control, Upper Control Limit (UCL).*

INTISARI

PT. ISI adalah salah satu industri *furniture* di daerah Bantul. Di daerah tersebut terdapat banyak sekali industri *furniture* yang sudah maju. Untuk berkompetisi dengan perusahaan sejenis maka diperlukan suatu kualitas produk yang sempurna agar mendapat kepercayaan dari konsumen. Dengan demikian upaya pengendalian kualitas yang baik sangat diperlukan PT. ISI agar mampu bersaing dan terus berkembang. Permasalahan dari penelitian ini yaitu jenis produk cacat apa saja yang terjadi dan bagaimana kondisi kualitas produk akhir di PT. ISI. Tahapan dalam penelitian ini yang pertama pengumpulan data produk cacat, menghitung *Center Line (CL)*, *Upper Control Limit (UCL)* dan *Lower Control Limit (LCL)* kemudian mengidentifikasi sebab akibat cacat menggunakan *fishbone diagram*. Ada lima jenis cacat pada proses produksi PT ISI, kelima jenis cacat tersebut adalah pecah atau retak, warna tidak sesuai, gores, bekas benturan dan laminasi. Pelaksanaan pengendalian kualitas produk akhir pada PT ISI masih dalam batas kendali, hal ini dapat dilihat pada grafik peta kendali yang menunjukkan tidak adanya penyimpangan yang terjadi dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah.

Kata-kata kunci: *Center Line (CL), Lower Control Limit (LCL), Pengendalian kualitas, Produk cacat, Upper Control Limit (UCL).*

PENDAHULUAN

PT. ISI adalah salah satu perusahaan industri *furniture* di wilayah Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Di daerah tersebut terdapat banyak industri *furniture* yang sudah maju. Untuk berkompetisi dengan perusahaan sejenis maka diperlukan suatu kualitas produk yang sempurna agar mendapat kepercayaan dari konsumen. Dengan demikian upaya pengendalian kualitas yang baik sangat diperlukan oleh PT. ISI agar mampu bersaing dan terus berkembang. Tujuan penelitian ini adalah

mengidentifikasi jenis produk cacat apa saja dan mengetahui kualitas produk akhir di PT. ISI dalam rangka menjaga kualitas produk.

Beberapa penelitian terkait kualitas produk pernah dilakukan sebelumnya. Khomah dan Rahayu (2012) telah mengembangkan aplikasi peta kendali P (*control p chart*) sebagai pengendalian kualitas karet pada PTPN Kerjoarum. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui daerah batas pengendalian kualitas karet yang dihasilkan di PTPN Kerjoarum dengan menggunakan metode

Statistical Quality Control (SQC). SQC dapat digunakan sebagai alat bantu untuk pengendalian kualitas, yakni dalam penentuan seberapa besar tingkat kerusakan produk yang dapat diterima oleh perusahaan, dengan menentukan batas toleransi cacat produk yang dihasilkan. Alat bantu statistik, dalam hal ini peta kendali p digunakan sebagai alat bantu pengendalian kualitas karet. Pengendalian kualitas dengan alat bantu statistik bermanfaat pula mengawasi tingkat efisiensi produksi, yaitu dapat digunakan sebagai alat untuk mencegah kerusakan dengan cara menolak atau menerima berbagai produk yang dihasilkan, sekaligus sebagai upaya efisiensi.

Penelitian Wibowo, dkk. (2017) juga telah melakukan analisis peta kendali atribut untuk mengidentifikasi kerusakan produk batang kawat di PT. Krakatau Steel Tbk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan pada batang kawat dengan peta kendali p. Penelitian ini menggunakan alat bantu statistik berupa *check sheet*, *histogram*, peta kendali P, diagram pareto, dan diagram sebab-akibat. Hasil analisis peta kendali p pada penelitian ini menunjukkan bahwa proses berada dalam keadaan terkendali dan tidak terjadi adanya penyimpangan. Dengan menggunakan diagram pareto diketahui prioritas perbaikan yang perlu dilakukan oleh PT. Krakatau Steel Tbk pada 3 jenis kerusakan yang dominan terjadi, yaitu kerusakan batang kawat ROF (27,3%), RC (23,3%), dan RK (20,1%). Berdasarkan analisis sebab-akibat dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi dan menjadi penyebab kerusakan produk yaitu manusia, bahan baku, mesin, metode, dan lingkungan produksi.

Yani (2018) juga telah melakukan analisis tentang kualitas produk dengan menggunakan metode *P-Chart*. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan tingkat kerusakan produk atau mengurangi jumlah produk cacat pada UKM sepatu. Metode *P-Chart* dipakai untuk mencari solusi dan memperbaiki kualitas proses produksi agar jumlah produk yang cacat dapat dikurangi. Berdasarkan perhitungan terhadap data jumlah produk yang cacat, diketahui bahwa cacat lem merupakan jenis cacat dengan jumlah tertinggi. Pada penelitian ini, diagram pareto digunakan sebagai alat analisis untuk mengidentifikasi, mengurutkan, dan bekerja menyisihkan produk yang cacat permanen

yang paling dominan, serta untuk membuat usulan perbaikan. Berdasarkan hasil analisis, ada tiga tindakan perbaikan yang diperlukan, yaitu menyediakan alat berupa kuas untuk pengambilan lem, mengadakan pemeriksaan setelah proses pengeleman, dan menyediakan masker untuk perlindungan pekerja.

Proses pengendalian kualitas merupakan salah satu usaha yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk memenuhi kepuasan pelanggan berupa usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas perbaikan secara terus menerus. Menurut Heizer dan Render (2006), yang dimaksud pengawasan kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan mutu/kualitas dari barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan. Pengendalian adalah suatu proses pendelegasian tanggung jawab dan wewenang untuk suatu aktivitas manajemen untuk menopang usaha-usaha atau sarana dalam rangka menjamin hasil-hasil yang memuaskan (Feigenbaum, 1992). Kualitas ialah konsistensi peningkatan atau perbaikan dan penurunan variasi karakteristik dari suatu produk, baik barang maupun jasa yang dihasilkan agar dapat memenuhi kebutuhan yang telah dispesifikasikan guna meningkatkan kepuasan pelanggan internal maupun eksternal (Gaspersz, 1997).

Berdasarkan definisi-definis tersebut, maka pengendalian kualitas dapat didefinisikan sebagai aktivitas teknik dan manajemen dari mana harus mengukur karakteristik kualitas barang atau jasa yang dihasilkan, kemudian membandingkan hasil pengukuran dengan spesifikasi output yang diinginkan pelanggan, serta mengambil tindakan perbaikan yang tepat apabila ditemukan perbedaan antara performansi aktual dan standar. Tujuan pengendalian kualitas pada akhirnya adalah spesifikasi produk yang telah ditetapkan dalam standar dapat tercermin dalam produk akhir atau hasil akhir. Tujuan pengendalian kualitas adalah:

1. Agar barang-barang hasil produk mencapai standar kualitas yang ditetapkan.
2. Mengusahakan supaya biaya inspeksi dapat ditekan menjadi sekecil mungkin.
3. Mengusahakan agar biaya desain produk dan proses dengan menggunakan kualitas produksi dapat

menjadi sekecil mungkin.

Menurut Tampubolon (2004), yang dimaksud dengan peta kendali perusahaan adalah alat untuk menganalisis banyaknya barang yang ditolak yang ditemukan dalam pemeriksaan atau sederetan pemeriksaan terhadap total barang yang diperiksa. Manfaat dari peta kendali perusahaan adalah untuk membuat pengendalian pengawasan kualitas produksi, serta dapat memberikan informasi mengenai kapan dan dimana perusahaan tersebut harus melakukan perbaikan kualitas.

Menurut Gaspersz (1997), pada prinsipnya setiap peta kendali mempunyai garis tengah (*Central Line*), yang biasanya dinotasikan dengan CL. CL terdiri atas sepasang batas kendali atas (*Upper Control Limit*), biasanya dinotasikan sebagai UCL, dan yang satu lagi ditempatkan dibawah garis tengah yang dikenal sebagai batas kendali bawah (*Lower Control Limit*), biasanya dinotasikan sebagai LCL. Selain itu, peta kendali juga mempunyai tebaran nilai-nilai karakteristik kualitas yang menggambarkan keadaan dari proses. Jika semua nilai ditebarkan (diplot) pada peta itu berada di dalam batas-batas kendali tanpa memperlihatkan kecenderungan tertentu, proses yang berlangsung dianggap berada dalam kendali atau terkendali secara statistikal. Namun jika nilai-nilai yang ditebarkan pada peta itu jauh atau berada di luar batas-batas kendali atau memperlihatkan kecenderungan tertentu, atau memiliki bentuk yang aneh, proses yang berlangsung dianggap berada di luar kendali (tidak terkendali), sehingga perlu diambil tindakan korektif untuk memperbaiki proses yang ada.

Fishbone diagram (diagram tulang ikan) yang sering juga disebut *cause and effect* diagram atau juga dikenal dengan *Ishikawa* diagram pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas yang berasal dari negeri Jepang sebagai salah satu dari tujuh alat kualitas dasar (*basic quality control*). *Fishbone* diagram digunakan ketika ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab terjadinya suatu masalah. Suatu tindakan dan langkah *improvement* akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan penyebab masalah tersebut telah ditemukan. Manfaat dari *fishbone* diagram ini dapat membantu untuk menemukan akar dari penyebab masalah tersebut secara *user friendly*. *Tools* yang *user friendly* biasanya disukai oleh

orang-orang yang bekerja dalam industri manufaktur dimana proses di sana memiliki ragam variabel yang berpotensi menyebabkan terjadinya permasalahan dalam proses tersebut (Purba, 2008). *Fishbone* diagram berfungsi untuk mengidentifikasi berbagai sebab potensi dari suatu efek atau masalah, dan menganalisa masalah tersebut melalui sesi *brainstorming*. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, yaitu mencakup manusia, material, mesin, prosedur pelaksanaan, kebijakan, dan sebagainya. Setiap kategori tersebut mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*.

Konsep dasar dari *fishbone* diagram adalah menjabarkan sebuah masalah dan penyebabnya yang dibagi menjadi penyebab utama dan penyebab lainnya. Penyebab-penyebab tersebut biasanya mempengaruhi pada masalah, yaitu sumber daya manusia (*people*), proses (*process*), lingkungan (*environment*), metode (*method*) dan material (*materials*). Manfaat dari digunakannya *fishbone diagram* untuk menentukan sebab dan akibat dari suatu permasalahan adalah sangat besar, dan biasanya digunakan untuk:

1. Membantu mengidentifikasi akar penyebab dari suatu masalah.
2. Membantu membangkitkan ide-ide untuk solusi masalah.
3. Membantu dalam penyelidikan atau pencarian fakta lebih lanjut.
4. Mengidentifikasi tindakan yang akan dilakukan untuk menciptakan hasil yang diinginkan.
5. Membahas isu secara lengkap dan terstruktur.
6. Menghasilkan pemikiran baru dari solusi-solusi yang ditemukan.

METODOLOGI

Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini, pertama adalah pengumpulan data produk cacat, kedua adalah menghitung CL, UCL, dan LCL, dan ketiga adalah mengidentifikasi sebab akibat cacat menggunakan *fishbone* diagram. Data produk cacat pada penelitian ini terdiri atas lima jenis, yaitu pecah atau retak, warna tidak sesuai, tergores, bekas benturan, dan laminasi.

PEMBAHASAN

Tabel 1 menampilkan data hasil inspeksi.

Tabel 1. *Check sheet* inspeksi

No	Nomor Bets	Jml Produk Diperiksa	Jml Cacat	Proporsi (%)	Pecah /Retak	Warna Tdk Sesuai	Gores	Bekas Benturan	Laminasi
1	TIKAMOONAGUSTUS#10	328	26	7,93	7	10	6	1	2
2	TIKAMOONSEPTEMBER#11	342	17	4,97	0	6	6	3	2
3	TIKAMOONOKTOBER#12	334	36	10,78	9	14	3	4	6
4	TIKAMOONNOVEMBER#13	365	33	9,04	14	9	6	0	4
5	TIKAMOONDESEMBER#14	370	28	7,57	7	11	4	1	5
6	TIKAMOONJANUARI#15	354	39	11,02	5	10	7	8	9
7	TIKAMOONFEBRUARI#16	345	19	5,51	2	14	3	0	0
8	TIKAMOONMARET#17	312	32	10,26	8	9	7	6	2
9	TIKAMOONAPRIL#18	375	24	6,40	4	8	5	4	3
10	TIKAMOONMEI#19	346	34	9,83	8	15	0	7	4
11	TIKAMOONJUNI#20	382	39	10,21	10	16	5	2	6
12	TIKAMOONJULI#21	335	34	10,15	9	12	7	5	1
Total		4188	361	103,65	83	134	59	41	44

(Sumber : PT. ISI, 2019)

Untuk membuat sebuah peta kendali maka perlu dilakukan perhitungan nilai-nilai CL, UCL, dan LCL. Formula yang digunakan untuk adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{np}{n} \quad (1)$$

dimana,

p = proporsi unit kesalahan dalam sampel

n = jumlah sampel atau subgrup

np = jumlah kesalahan unit dalam sampel

$$CL = p(\text{Total produk reject/Total produksi}) \quad (2)$$

$$BKA = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (3)$$

$$BKB = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (4)$$

dimana:

CL = garis tengah

BKA = batas kendali atas

BKB = batas kendali bawah

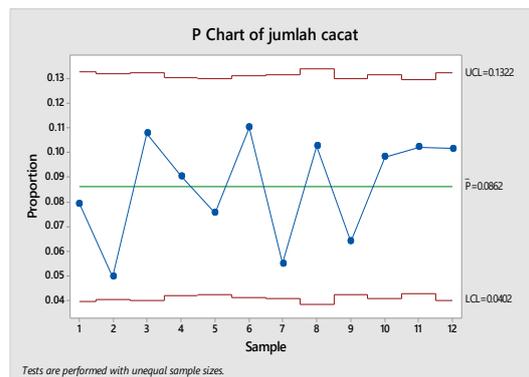
Np = jumlah kesalahan unit dalam sampel

\bar{p} = proporsi

N = jumlah sampel

Hasil perhitungan untuk penyusunan Peta kendali P ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 diperoleh nilai-nilai CL sebesar 0,0862, UCL dan LCL berbeda pada setiap harinya.

Selanjutnya Gambar 1 menampilkan grafik Peta Kendali produk cacat.



Gambar 1. Grafik Peta Kendali produk cacat

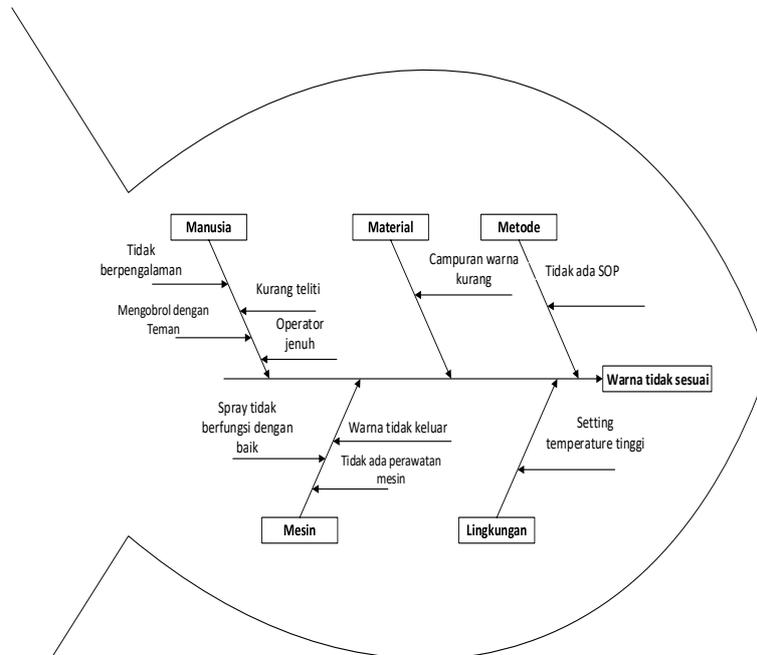
Tabel 2. Hasil perhitungan Peta kendali P

No	Nomor Bets	Jml Produk Diperiksa	Jml Cacat	Proporsi (%)	CL	UCL	LCL
1	TIKAMOONAGUSTUS#10	328	26	7,93	0,0862	0,1240	0,0345
2	TIKAMOONSEPTEMBER#11	342	17	4,97	0,0862	0,0850	0,0145
3	TIKAMOONOKTOBER#12	334	36	10,78	0,0862	0,1587	0,0569
4	TIKAMOONNOVEMBER#13	365	33	9,04	0,0862	0,1354	0,0454
5	TIKAMOONDESEMBER#14	370	28	7,57	0,0862	0,1169	0,0344
6	TIKAMOONJANUARI#15	354	39	11,02	0,0862	0,1601	0,0602
7	TIKAMOONFEBRUARI#16	345	19	5,51	0,0862	0,0919	0,0182
8	TIKAMOONMARET#17	312	32	10,26	0,0862	0,1541	0,0510
9	TIKAMOONAPRIL#18	375	24	6,40	0,0862	0,1019	0,0261
10	TIKAMOONMEI#19	346	34	9,83	0,0862	0,1463	0,0503
11	TIKAMOONJUNI#20	382	39	10,21	0,0862	0,1486	0,0556
12	TIKAMOONJULI#21	335	34	10,15	0,0862	0,1510	0,0520
Total		4188	361	103,65			

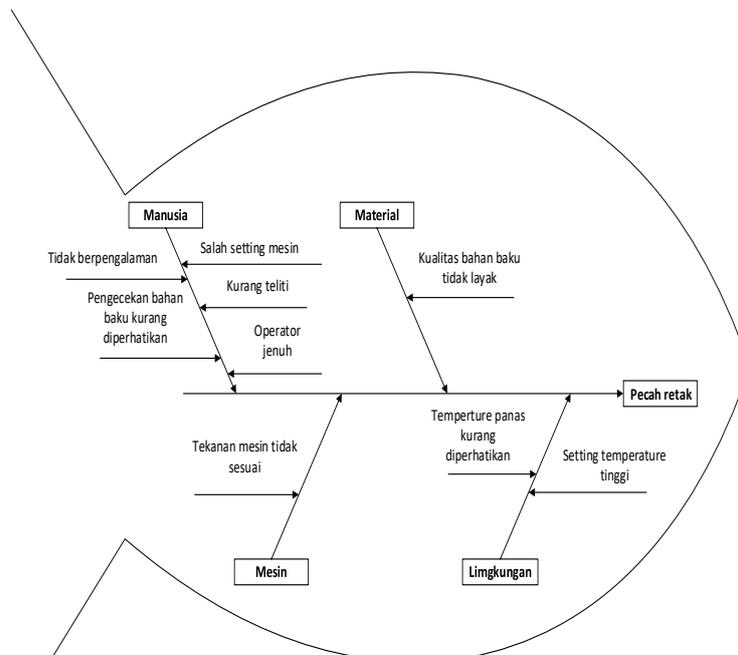
Pada Gambar 1 terlihat bahwa seluruh titik berada dalam kontrol, sehingga dapat dinyatakan proses sudah berada dalam keadaan terkendali.

Selanjutnya, Gambar 2 hingga Gambar 6 secara berturut-turut menampilkan *fishbone diagram* yang menggambarkan hasil

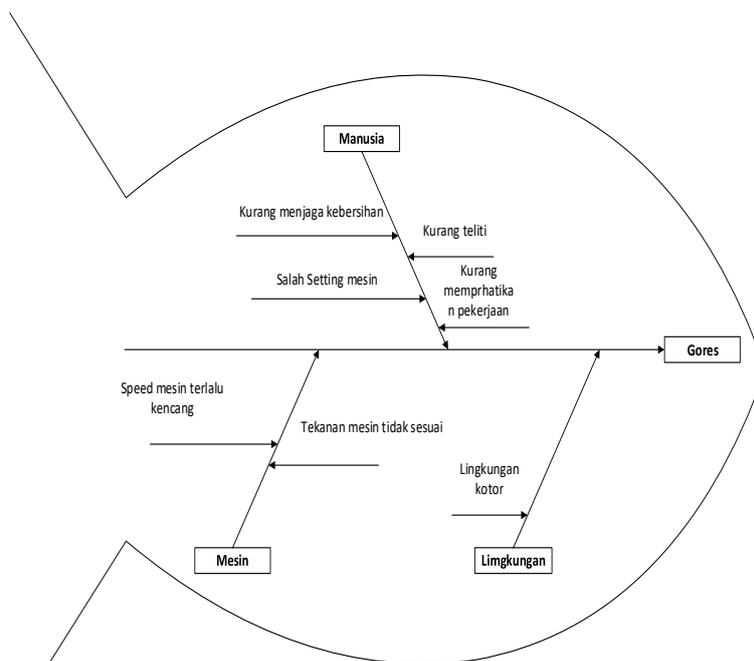
identifikasi sebab akibat terjadinya cacat, yaitu Gambar 2 untuk cacat warna tidak sesuai, Gambar 3 untuk cacat pecah atau retak, Gambar 4 untuk cacat gores, dan Gambar 5 untuk cacat bekas benturan, serta Gambar 6 untuk cacat laminasi.



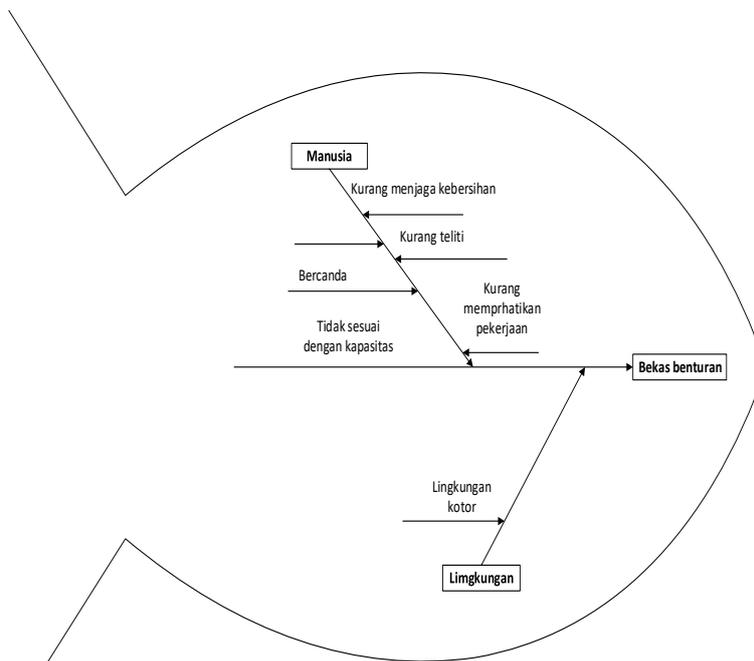
Gambar 2. *Fishbone diagram* warna tidak sesuai



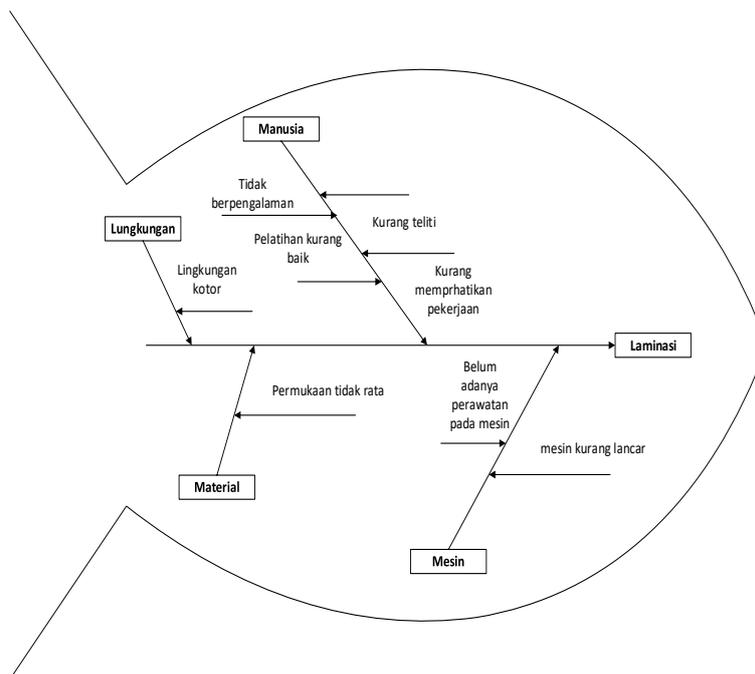
Gambar 3. *Fishbone diagram* cacat pecah atau retak



Gambar 4. Fishbone diagram cacat gores



Gambar 5. Fishbone diagram cacat bekas benturan



Gambar 6. Fishbone diagram cacat laminasi

Setelah dilakukan pengamatan produk cacat di bagian produksi dan dilakukan perhitungan perbandingan antara jumlah produk cacat dan jumlah sampel, maka diperoleh data persentase produk cacat yaitu pecah atau retak 23,80%, warna tidak sesuai 38,44%, gores 17,03%, bekas benturan 11,94% dan laminasi 12,45% seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Warna tidak sesuai merupakan cacat produk yang diakibatkan oleh kurang telitinya operator ketika melakukan pengecatan terhadap produk dan mesin spray yang tidak berfungsi dengan baik. Pecah retak adalah kondisi dimana pada produk terdapat pecah atau retakan pada bagian tertentu yang disebabkan oleh bahan

baku yang tidak layak atau operator tidak berpengalaman ketika merakit komponen produk. Gores merupakan rusaknya bagian permukaan dari produk cacat yang dapat disebabkan oleh operator yang kurang memperhatikan pekerjaannya ketika melakukan perakitan atau pengamplasan. Bekas benturan adalah cacat yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang kotor atau operator yang kurang memperhatikan kapasitas muatan dari trolley untuk memindahkan produk. Cacat laminasi adalah cacat yang disebabkan oleh departemen laminasi menggunakan lem yang melebihi kapasitas, sehingga lem tercecer pada bagian-bagian yang seharusnya tidak ikut dilem.

Tabel 3. Persentase jenis produk cacat

No	Nomor Bets	Proporsi (%)				
		Pecah/Retak	Warna Tdk Sesuai	Gores	Bekas Benturan	Laminasi
1	TIKAMOONAGUSTUS#10	2,13	3,05	1,83	0,30	0,61
2	TIKAMOONSEPTEMBER#11	0,00	1,75	1,75	0,88	0,58
3	TIKAMOONOKTOBER#12	2,69	4,19	0,90	1,20	1,80
4	TIKAMOONNOVEMBER#13	3,84	2,47	1,64	0,00	1,10
5	TIKAMOONDESEMBER#14	1,89	2,97	1,08	0,27	1,35
6	TIKAMOONJANUAR#15	1,41	2,82	1,98	2,26	2,54
7	TIKAMOONFEBRUARI#16	0,58	4,06	0,87	0,00	0,00
8	TIKAMOONMARET#17	2,56	2,88	2,24	1,92	0,64
9	TIKAMOONAPRIL#18	1,07	2,13	1,33	1,07	0,80
10	TIKAMOONMEI#19	2,31	4,34	0,00	2,02	1,16
11	TIKAMOONJUNI#20	2,62	4,19	1,31	0,52	1,57
12	TIKAMOONJULI#21	2,69	3,58	2,09	1,49	0,30
Total		23,80	38,44	17,03	11,94	12,45

Selanjutnya, berdasarkan hasil-hasil perhitungan menggunakan peta kendali *P-Chart* didapatkan nilai CL sebesar 0,0862 dan nilai UCL dan LCL yang berbeda-beda. Berdasarkan *P-chart* diketahui bahwa pada pengamatan tidak terjadi penyimpangan dari batas kendali, artinya tingkat pola kecacatan masih terkendali, akan tetapi kecacatan produk masih mengalami fluktuatif yang besar. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor yang meliputi metode, mesin, manusia, bahan baku, lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* cacat produk sebagai akibat faktor manusia terjadi karena tidak berpengalaman, mengobrol dengan teman, kurang teliti, jenuh, salah *setting* mesin, dan pengecekan bahan baku kurang diperhatikan, kurang menjaga kebersihan, kurang memperhatikan pekerjaan, bercanda, tidak sesuai dengan kapasitas, dan pelatihan kurang baik. Dalam perekrutan karyawan, faktor pengalaman juga tidak diutamakan sehingga ketika bekerja masih kurang terampil apalagi pelatihan untuk karyawan baru masih kurang, dalam bekerja masih kurang teliti sehingga salah ketika melakukan *setting* mesin, dan mengobrol dengan teman dan bercanda. Beban kerja juga kurang merata sehingga ada karyawan yang santai tetapi ada yang *overload* sehingga menjadi jenuh. Selain itu juga tidak dilakukan pengecekan bahan baku dan faktor kebersihan dalam bekerja kurang diperhatikan.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* cacat produk sebagai akibat faktor material terjadi karena campuran warna kurang, kualitas bahan baku tidak layak, dan permukaan tidak rata. Tidak adanya seleksi bahan baku telah menyebabkan kualitasnya kurang baik, serta proporsi dalam pencampuran warna kurang, atau permukaan tidak rata.

Hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* cacat produk sebagai akibat faktor metode terjadi karena tidak ada SOP sehingga masih banyak ditemukan produk yang cacat.

Hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* cacat produk sebagai akibat faktor mesin terjadi karena *spray* tidak berfungsi dengan baik, warna tidak keluar, tidak ada perawatan mesin, tekanan mesin tidak sesuai, *speed* mesin terlalu kencang, atau mesin kurang lancar. Karena belum ada perawatan mesin di perusahaan sehingga

terjadi kerusakan *spray* pada waktu proses produksi. Akibatnya warna tidak keluar, tekanan mesin tidak tepat, *speed* mesin terlalu kencang, atau mesin kurang lancar.

Hasil analisis menggunakan *fishbone diagram* cacat produk sebagai akibat faktor lingkungan terjadi karena *setting* temperatur tinggi, temperatur panas kurang diperhatikan, dan lingkungan kotor. Semua unsur pada faktor lingkungan tersebut mempengaruhi proses produksi sehingga dapat menyebabkan produk cacat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui:

1. Ada lima jenis cacat pada produk yang dihasilkan oleh PT ISI, yaitu pecah atau retak, warna tidak sesuai, gores, bekas benturan, dan laminasi.
2. Pelaksanaan pengendalian kualitas produk pada PT. ISI masih dalam batas kendali, hal ini dapat dilihat pada grafik peta kendali yang menunjukkan tidak adanya penyimpangan yang terjadi dari batas kendali atas maupun batas kendali bawah.

Berdasarkan penelitian ini, maka perusahaan disarankan untuk:

1. Memberikan pengarahan kepada karyawan agar memperhatikan kualitas produk, melakukan perawatan dan/atau perbaikan alat dan mesin yang digunakan agar produk yang dihasilkan lebih baik.
2. Memberikan pelatihan kepada karyawan untuk meningkatkan ketrampilan.

DAFTAR PUSTAKA

- Feigenbaum, A. V., 1992, *Kendali Mutu Terpadu*, Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Gaspersz, V., 1997, *Manajemen Kualitas Penerapan Konsep-konsep Kualitas dalam Manajemen Bisnis Total*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Heizer, J. dan Render, B., 2006, *Operations Management*, Edisi terjemahan, Jakarta: Salemba Empat.
- Khomah, I. Dan Rahayu, E. S., 2012, Aplikasi Peta kendali P Sebagai Pengendalian Kualitas Karet di PTPN Kerjoarum, *Jurnal Agraris*, Volume 2, Halaman 12-24.
- Purba, H. H., 2008, Diagram Fishbone dari Ishikawa, Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Tampubolon, M. P., 2004, *Manajemen Operasional*, Jakarta: Ghalia Indonesia.

- Wibowo, H., Sulastri, dan Arifudin, A., 2017, Analisis Peta Kendali Atribut dalam Mengidentifikasi Kerusakan pada Produk Batang Kawat PT. Krakatau Steel Tbk, *Seminar Nasional Teknik Industri*, 13-14 Agustus 2017, Halaman 228-235.
- Yani, A., S., 2018, Analisis Pengawasan Kualitas Produk dengan Menggunakan Metode P-Chart untuk Meminimalkan Tingkat Kerusakan Produk pada UKM Sepatu, *Jurnal Online Nasional Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*, Volume 2, Halaman 54-64.

BIODATA PENULIS

Elly Wuryaningtyas Yunitasari, S.T., M.T. , lahir di Yogyakarta tanggal 24 Juni 1977, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Teknik Industri dari UPN “Veteran” Yogyakarta tahun 2000 dan S2 bidang Teknik Industri dari UPN “Veteran” Yogyakarta tahun 2009. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Industri di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat pengendalian dan penjaminan mutu, *six sigma*, manajemen rantai pasok dan *green SCM*.

Puji Royanto, lahir di Bantul tanggal 30 Juni 1998. Saat ini tercatat sebagai mahasiswa pada Program Studi Teknik Industri di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta.

UJI AKTIVITAS ANTIFUNGI EKSTRAK METANOL DAUN PEPAYA (*CARICA PEPAYA L.*) TERHADAP *COLLETOTRICHUM GLOESPORIOIDES* PENYEBAB PENYAKIT ANTRONKOSA PADA TANAMAN KAKAO (*THEOBROMA CACAO L.*)

Dodi Iskandar¹, Ira Erdiandini², Marsiana Deonesia³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Pontianak

Email: ¹iskandar.dodi79@gmail.com, ²ira.erdiani@faperta.untan.ac.id,
³tphp.putussibau@gmail.com

Masuk: 1 Februari 2020, Revisi masuk: 18 Februari 2020, Diterima: 22 Februari 2020

ABSTRACT

It has been studied on the phytochemical qualitative test of papaya leaf extract and the inhibitory test against diseases against Colletotrichum gloesporioides that cause antronnose disease in cocoa (Theobroma cacao L.) plants. Qualitatively, the methanol extract of papaya leaves (Carica Papaya L.) shows a positive presence of Alkaloids, Saponin, Flavonoids, and Terpenoid-Steroids. This extract also has inhibition against anthracnose disease (Collectotrichum gloesporioides) after 10 days with various similiar concentrations showing data of 8.4% (10 mg / mL), 14% (20 mg / mL), 17% (30 mg / mL) and 20% (40 mg / mL). Meanwhile, for a period of 20 days with the same concentration showed inhibition of 14% (10 mg / mL), 16% (20 mg / mL), 16% (30 mg / mL), and 17% (40 mg / mL).

Keywords: Antifungal Activity, Colletotrichum gloesporioides, Papaya.

INTISARI

Telah dipelajari uji kualitatif fitokimia ekstrak daun pepaya dan uji penghambatan terhadap Colletotrichum gloesporioides yang menyebabkan penyakit antronnose pada tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*). Secara kualitatif, ekstrak metanol daun pepaya (*Carica Papaya L.*) menunjukkan adanya alkaloid, saponin, flavonoid, dan terpenoid-steroid yang positif. Ekstrak ini juga memiliki penghambatan terhadap penyakit antronnose (*Collectotrichum gloesporioides*) setelah periode 10 hari dengan variasi konsentrasi menunjukkan data sebesar 8,4% (10 mg / mL), 14% (20 mg / mL), 17% (30 mg / mL) dan 20% (40 mg) / mL). Sementara itu, untuk periode 20 hari dengan variasi konsentrasi yang sama menunjukkan penghambatan 14% (10 mg / mL), 16% (20 mg / mL), 16% (30 mg / mL), dan 17% (40 mg / mL)).

Kata-kata kunci: Aktivitas antifungi, Colletotrichum gloesporioides, Pepaya.

PENDAHULUAN

Pengendalian penyakit antronnose (*Collectotrichum gloesporioides*) menggunakan fungisida sintetik sering dilakukan, namun berdampak negatif bagi lingkungan. Salah satu alternatif fungisida yang dipergunakan ialah fungisida nabati.

Fungisida nabati adalah fungisida yang berasal dari tanaman atau tumbuhan berbahan organik yang berkhasiat mengendalikan serangan hama dan penyakit pada tanaman. Harganya relatif murah, bahan mudah didapatkan di alam karena ketersediaannya banyak dan tidak berbahaya bagi lingkungan dan pengguna. Salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai fungisida nabati adalah daun pepaya (*Carica papaya L.*).

Daun pepaya diketahui memiliki aktifitas antifungi. Ariani (2016) menyatakan bahwa ekstrak dengan pelarut akuades daun

pepaya dengan konsentrasi 5% efektif menghambat cendawan *Collectotrichum capsici* penyebab penyakit antronnose pada tanaman cabai.

Daun pepaya dengan pelarut akuades memiliki aktivitas antifungi yang ditunjukkan oleh diameter zona penghambatan dengan konsentrasi 10%, 15%, dan 20% masing-masing pada *Camdida albicans* (Nuryanti, 2017). Namun, ekstrak metanol daun pepaya (*Carica papaya L.*) belum pernah dilakukan uji daya hambat fungsi *Collectotrichum gloesporioides* (CG) pada tanaman kakao. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas antifungi ekstrak metanol daun pepaya (*Carica papaya L.*) terhadap CG pada tanaman kakao (*Theobromae cacao L.*).

Tujuan penelitian ini yaitu (a) untuk mengetahui kandungan senyawa yang terdapat pada ekstrak metanol daun pepaya

sebagai aktivitas antifungi. (b) untuk mengetahui dosis konsentrasi dosis efektif metanol daun pepaya untuk menghambat pertumbuhan CG secara in vitro.

METODE

Penelitian dilakukan di Balai Proteksi Tanaman Perkebunan (BPTP) Kalimantan Barat. Isolat *Collectotrichum gloesporioides* yang digunakan ialah isolat lokal Kalimantan Barat koleksi BPTP Kalimantan Barat.

Bahan yang digunakan adalah daun pepaya, isolat *Collectotrichum gloesporioides*, media PDA, tisu kering, alkohol, spiritus, akuades, suntikan, *aluminium foil*, dan *sealed*. Alat yang dipakai yaitu autoklaf, cawan petri, saringan, tabung reaksi, pipet tetes, panci, *oven*, erlenmeyer, *beaker glass*, kertas *whatman*, botol kaca, laminar, *cork borer*, corong kaca, pisau, saringan, *waterbath*, mikroskop, timbangan analitik, bunsen, timbangan manual, *freezer*, dan *hotplate*.

Ekstrak Metanol Daun Pepaya

Ekstraksi dilakukan menggunakan metode yang telah termodifikasi dari Wibisana (2016). Daun pepaya sebanyak 200 g disiapkan kemudian dicuci dan ditiriskan. Daun pepaya dijemur di bawah sinar matahari yaitu bertujuan untuk menghilangkan kadar air dan dijemur sampai layu. Daun pepaya yang sudah kering dipotong-potong dan disimpan dalam wadah kaca tertutup berisi metanol sebanyak 1 liter selama 1x24 jam.

Setelah itu larutan disaring menggunakan kertas *whatman* dan diuapkan sampai pekat pada *waterbath* suhu 80°C. Ekstrak metanol yang sudah pekat disimpan pada wadah yang tertutup kemudian dimasukkan ke *freezer*.

Uji Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Pepaya

Uji alkaloid

Mengacu pada penelitian Farnsworth (1966) termodifikasi. 20 tetes dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Residu yang dihasilkan kemudian dilarutkan dengan 5 mL HCl 2N. Larutan yang diperoleh dibagi ke dalam 3 tabung reaksi. Tabung pertama ditambahkan 3 tetes pereaksi Dragendorf, tabung kedua ditambahkan 3 tetes pereaksi Mayer, tabung ketiga sebagai blanko tanpa ada tambahan pereaksi hanya ekstrak metanol daun pepaya. Terbentuknya endapan jingga pada tabung pertama,

endapan putih hingga kuning pada tabung kedua. Menurut Ditjen POM (1995), larutan ekstrak metanol daun pepaya mengandung alkaloid jika sekurang-kurangnya terbentuk endapan menggunakan dua golongan larutan percobaan yang digunakan.

Uji Saponin

Mengikuti metode Ditjen POM (1995) termodifikasi. Larutan ekstrak metanol daun pepaya sebanyak 20 tetes dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan air yang sudah dipanaskan sebanyak 5 mL. Tabung reaksi dikocok selama 10 detik. Saponin ditunjukkan dengan terbentuknya busa.

Uji Flavonoid

Mengacu pada metode Ridayani (2013) termodifikasi. Larutan ekstrak metanol daun pepaya 20 tetes dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan sedikit serbuk magnesium dan 2 mL HCl 2N. Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna larutan jingga sampai merah.

Uji Terpenoid-Steroid

Mengacu pada metode Ciulei (1984). Larutan ekstrak metanol daun pepaya 20 tetes dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 0,5 mL kloroform P, larutan tersebut kemudian ditambahkan 0,5 mL asam asetat anhidrat dan ditambahkan 2 mL H₂SO₄ pekat melalui dinding tabung. Terbentuk cincin kecoklatan atau violet pada perbatasan larutan menunjukkan adanya terpenoid, sedangkan steroid terbentuk warna hijau kebiruan.

Uji Tanin

Mengacu pada metode Ridayani (2013). Larutan ekstrak metanol daun pepaya 20 tetes dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan pereaksi FeCl₃ 1%. Perubahan warna pada filtrat menjadi hijau kehitaman atau biru tua menunjukkan adanya tanin.

Pengujian Daya Hambat In Vitro

Pengujian dilakukan menggunakan metode Harni et al (2013) termodifikasi. Ekstrak metanol diuji terhadap pertumbuhan isolat *Collectotrichum gloesporioides* (CG) pada media Potato Dekstrosa Agar (PDA).

Pengujian dilakukan dengan mencampur 1 mL ekstrak dalam 100 mL media PDA yang masih mencair (45°C) pada cawan

petri. Selanjutnya media yang telah mengandung ekstrak dituangkan ke dalam cawan petri yang telah steril dan dibiarkan mengeras.

Setelah media mengeras, isolat *Collectotrichum gloesporioides* diinokulasi dengan cara meletakkan potongan isolat CG (berdiamater ±5 mm di tengah-tengah medium yang telah diinkubasi pada suhu 25°C. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan yaitu kontrol, 50 mg/mL, 100 mg/mL, 200 mg/mL, dan 400 mg/mL.

Pengamatan dilakukan terhadap diameter koloni isolat CG setiap hari sehingga pertumbuhan cendawan pada kontrol memenuhi permukaan cawan petri. Pengamatan terhadap pengukuran CG dilakukan hingga isolat pada perlakuan kontrol memenuhi cawan petri. Cara perhitungan pembuatan variasi konsentrasi ekstrak metanol daun pepaya dapat dilihat pada Lampiran 2. Daya hambat formula yang diuji terhadap CG dihitung dengan rumus (1):

$$\text{Daya hambat} = \frac{K-P}{K} \times 100\% \quad (1)$$

K = diameter koloni jamur pada perlakuan kontrol (mm)

P = diameter koloni jamur pada perlakuan yang diuji (mm)

PEMBAHASAN

Uji Fitokimia

Gambar 1 menampilkan uji fitokimia, sedangkan hasilnya ditunjukkan di Tabel 1.



Gambar 1. Hasil uji fitokimia

Senyawa Metabolit Sekunder	Hasil
Alkaloid	+
Saponin	+
Flavonoid	+
Terpenoid-Steroid	+
Tanin	-

Hasil pengamatan mikroskopis isolat CG dapat diamati pada Gambar 2. CG memiliki konidia dengan panjang 11.83 µm. Sedangkan secara makroskopis dapat

dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Hasil pengamatan mikroskopis isolat CG



Gambar 3. Hasil pengamatan makroskopis isolat CG

Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol Daun Pepaya Terhadap CG

Telah dilakukan uji antifungi dengan metode peracunan media. Berdasarkan pengukuran diameter koloni cendawan CG, data yang diperoleh dilakukan analisis uji statistik Anova dan uji lanjut Tukey secara umum, diketahui bahwa perlakuan ekstrak metanol daun pepaya berpengaruh terhadap penghambatan cendawan CG. Analisis data untuk penghambatan CG disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis data penghambatan CG

Perlakuan	Diameter Koloni (cm) hari ke	
	10	20
K	7.14±0.52 A	8.90±0.00 A
P1	6.54±0.52 AB	7.59±0.49 B
P2	6.14±0.52 B	7.47±0.59 B
P3	5.88±0.52 B	7.44±0.84 B
P4	5.67±0.52 B	7.36±0.55 B

Dalam Tabel 2;

K : kontrol

P1 : 50 mg/mL

P2 : 100 mg/mL

P3 : 200 mg/mL

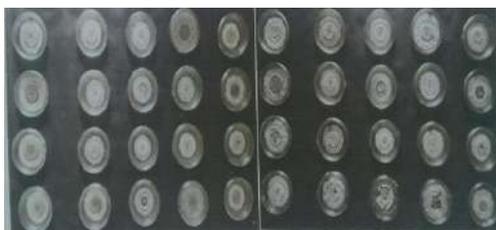
P4 : 400 mg/mL

Angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama menunjukkan hasil yang berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 95%. Tabel 2 jika dikonversikan dalam bentuk persentasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase penghambatan CG

Perlakuan	Persentase daya hambat (%)	
	10 hari	20 hari
K	0	0
P1	8,4	14
P2	14	16
P3	17	16
P4	20	17

Hasil pengamatan daya hambat pada isolat CG dengan ekstrak metanol daun pepaya pada pengamatan hari ke 10 dan ke 20 dapat dilihat pada Gambar 4.



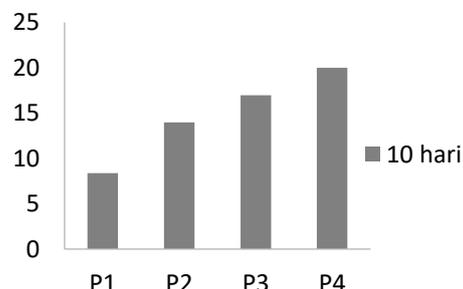
Gambar 4. Hasil pengamatan daya hambat pada isolat CG dengan ekstrak metanol daun pepaya

PEMBAHASAN

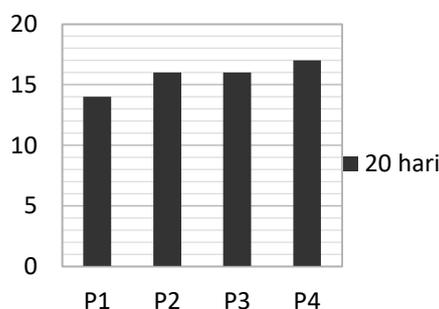
Secara mekanis pada uji aktivitas antifungi oleh senyawa yang terdapat pada kandungan ekstrak metanol daun pepaya. Pengamatan pada hari ke 20 karena pertumbuhan diameter isolat CG pada perlakuan kontrol mencapai maksimum. Grafik pada Gambar 5 menunjukkan persentase kenaikan yang tajam setelah diamati 10 hari. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi ekstrak metanol daun pepaya semakin menghambat CG.

Berbeda dengan pengamatan pada hari ke 20 pada grafik di Gambar 6. Kenaikan persentase daya hambat tidak terlalu tajam. Akan tetapi semakin naiknya konsentrasi ekstrak metanol daun pepaya tetap menunjukkan daya hambat terhadap CG semakin meningkat. Hal ini dikuatkan juga oleh hasil penelitian Adejuwon (2011) yang menyatakan bahwa konsentrasi 400 mg/mL dapat menghambat diameter koloni *Candida albicans* sebesar 24,6 mm. Senyawa aktif dalam ekstrak tersebut yaitu alkaloid, saponin, flavonoid, dan terpenoid steroid (Pelezar, 1988). Alkaloid merupakan

senyawa yang memiliki aktivitas antifungi yang tinggi yaitu menghambat esterase, DNA dan RNA polimerase, serta menghambat respirasi sel dan berperan aktif dalam interkalasi DNA (Rahayu et al, 2009).



Gambar 5. Persentase kenaikan yang tajam setelah diamati 10 hari



Gambar 6. Persentase kenaikan yang tajam setelah diamati 20 hari

KESIMPULAN

Ekstrak metanol daun pepaya secara kualitatif mengandung alkaloid, saponin, flavonoid, terpenoid tereoid. Konsentrasi 400 mg/mL menunjukkan daya hambat paling kuat terhadap pertumbuhan *Collectotrichum gloeosporioides* pada hari ke 20 sebesar 17%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejuwon, A.O; Agbaje, E.O and Indika, N. (2011). *Antifungal And Antibacterial Activities Of Aqueous And Methanlonic Root Extract Of Carica Papaya Linn. (Caricaceae)*. Vol 2 (8). pp 270-277.
- Ariani, K. (2016). *Skripsi, Uji Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (Carica Papaya L) Sebagai Fungisida Alami Terhadap Jamur Colletotrichum Capsici (Syd.) Butler & Bisby Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Tanaman Cabai Merah (Capsicum Annuum L.)*.
- Ciulei, I. (1984). *Methodology for Analysis of vegetable Drugs*. Bucharest-Rumania: Chemical Industries Branch Division

- Industrial Operation UNIDO. pp 11-26.
- Ditjen POM. (1995). *Materia Medika Indonesia*, Jilid VI. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Hal. 103-113.
- Farnsworth (1966). Biological and phytochemical screening of plants. *J Pharm Sci.* 1966 Mar; Vol 55(3). pp 225-76.
- Harni, R; Amaria,W; dan Supriadi. (2013). *Keefektifan Beberapa Formula Fungisida Nabati Eugenol dan Sitronela Terhadap Phytophthora Palmivora Bult Asal Kakao*. Bogor. Indonesia.
- Nuryanti, S. (2017). Aktivitas Antifungi Sari Daun Pepaya (*Carica Papaya L.*) Terhadap *Candida Albicans*. *As-Syifaa* Vol 09 (02). Hal. 137-145.
- Pelezar, M.J dan E.C.S Chan. (1988). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Rahayu, T. dan Rahayu, T. (2009). Uji Anti Jamur Kombucha Coffee Terhadap *Candida Albicans* dan *Tricophyton Mentagrophytes*. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*. Vol 10 (1). Hal. 10-17.
- Ridayani, Y. (2013). *Uji Efek Sedatif Fraksi Etanol Daun Kratom (Mitragyna Speciosa Korth.) Pada Mencit Jantan Galur Balb.* <https://Media.Neliti.Com/Media/Publications/189259-IdNone.Pdf>
- Wibisana, B. R. (2016) *Uji Potensi Ekstrak Metanol Daun Pepaya (Carica Papaya Linn.) Terhadap Mortalitas Lalat Buah (Bactrocera Spp.)*. <http://e-journal.uajy.ac.id/10243/>.

Marsiana Deonesia, lahir di Sekadau pada tanggal 09 Oktober 1994, lulus Program D4 bidang budidaya tanaman perkebunan dari Politeknik Negeri Pontianak tahun 2018.

BIODATA PENULIS

Dodi Iskandar, S.Si., M.Pd., lahir di Cilacap tanggal 17 November 1979, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu kimia dari Universitas Negeri Sebelas Maret tahun 2005 dan S2 bidang ilmu Pendidikan Kimia dari Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2014. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Politeknik Negeri Pontianak dengan jabatan akademik Penata pada bidang minat kimia bahan alam.

Ira Erdiandini, S.Si., M.Si., lahir di Pontianak tanggal 5 Desember 1986, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Biologi dari Universitas Negeri Tanjungpura tahun 2010 dan S2 bidang ilmu Mikrobiologi IPB tahun 2015. Saat ini tercatat sebagai Dosen Universitas Tanjungpura dengan bidang minat Agroteknologi.

PENGARUH TATA GUNA LAHAN TERHADAP KUALITAS AIR DAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN SELOKAN MATARAM YOGYAKARTA

Sri Hastutiningrum¹, Muchlis², Novri Anggia Astari³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹srihastutiningrum@akprind.ac.id, ²muchlis@akprind.ac.id, ³novrianggiaas@yahoo.com

Masuk: 1 Februari 2020, Revisi masuk: 20 Februari 2020, Diterima: 24 Februari 2020

ABSTRACT

Mataram Ditch is dominated by various land use variations. The potential entry of sewage pollution by land use activities is considered monitoring at the Mataram ditch. Research is done around the area of Mataram ditch flow divided into 3 segments namely Sidomoyo Village Godean District, Condongcatur District Depok, and Purwomartani subdistrict Kalasan. Determination of land use area of sewers processed by the process of digitising maps using Arcgis software. Quality parameters of sewer water tested include pH, temperature, BOD, COD, and TSS. The results showed the status of the water mutus of Mataram ditch in each segment using the contamination index method is categorized in mild contamination. Based on SPSS output results, the results of land use with water quality is shown a negative correlation obtained pH in rice fields, the temperature in the rice fields, the temperature in the settlement, the BOD in the rice fields, the BOD in the settlement, COD in the rice fields, and TSS in the rice fields. While the result of positive correlation obtained pH in settlements, COD in the settlement, TSS in the settlement. Calculation result of Load pollution method mass balance methods indicate for pH parameters 7.15, COD 16.91 mg/L and TSS 38.26 mg/L are still within the specified threshold of quality, while the temperature parameters 31, 13°C and BOD 3.475 mg/L have no capacity. Pollution affecting the water quality of the Mataram ditch comes from the inclusion of domestic runoff of residential activities, commercial runoff and runoff of agricultural waste. The sanitation system has not been carried out well, and the lack of vegetation surrounding the sewer flow.

Keywords: Deep-rote, Landslide, Rock, Soil, Vegetation.

INTISARI

Selokan Mataram didominasi berbagai variasi tata guna lahan. Adanya potensi masuknya unsur pencemaran selokan oleh aktivitas penggunaan lahan menjadi pertimbangan pemantauan di Selokan Mataram..Penelitian dilakukan di sekitar Daerah aliran Selokan Mataram yang dibagi menjadi 3 segmen yakni Desa Sidomoyo Kecamatan Godean, Condongcatur Kecamatan Depok, dan Kelurahan Purwomartani Kecamatan Kalasan.

Penentuan luas penggunaan lahan Daerah Aliran Selokan Mataram diolah dengan proses digitasi peta menggunakan *software ArcGIS*. Parameter kualitas air selokan yang diuji meliputi pH, Suhu, BOD, COD dan TSS.

Hasil penelitian menunjukkan status mutus air Selokan Mataram pada setiap segmen menggunakan metode Indeks Pencemaran dikategorikan dalam cemaran ringan. Berdasarkan hasil *output* SPSS, hasil korelasi tata guna lahan dengan kualitas air menunjukkan korelasi negatif diperoleh pH di persawahan, suhu di persawahan, suhu di permukiman, BOD di persawahan, BOD di pemukiman, COD di persawahan, dan TSS di persawahan. Sedangkan hasil korelasi positif diperoleh pH di pemukiman, COD di pemukiman, TSS di pemukiman. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran metode neraca massa menunjukkan untuk parameter pH 7,15, COD 16,91 mg/L dan TSS 38,26 mg/L masih dalam ambang batas baku mutu yang ditentukan, sedangkan parameter suhu 31,13°C dan BOD 3,475 mg/L tidak memiliki daya tampung. Pencemaran yang mempengaruhi kualitas air Selokan Mataram berasal dari masuknya limpasan domestik dari aktivitas pemukiman, limpasan komersial dan limpasan dari limbah pertanian dan kurangnya vegetasi disekita aliran selokan.

Kata-kata kunci: Daya tampung beban pencemaran, Kualitas air, Selokan Mataram, Tata guna lahan.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan pertumbuhan penduduk yang pesat menyebabkan penyediaan fasilitas perumahan, pendidikan, kesehatan, hingga industri maupun fasilitas sosial lainnya mengalami peningkatan. Bertambahnya tuntutan kebutuhan masyarakat akan lahan akibat berkembangnya kegiatan usaha, maka menimbulkan berbagai macam permasalahan yang akan mengakibatkan perubahan tata guna lahan yang berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan kota.

Seiring dengan peningkatan penduduk, maka luas lahan yang dibutuhkannya pun semakin meningkat. Bantaran sungai pun tak luput menjadi rumah maupun bangunan industri. Hal ini menyebabkan banyaknya pencemaran limbah yang masuk ke dalam sungai sehingga terjadi penurunan kualitas air. Menurut Anggun (2013), tingginya tingkat aktivitas pemukiman akan menimbulkan permasalahan khususnya terhadap kualitas air sungai. Memburuknya kualitas air sungai diakibatkan masih banyak aktivitas pemukiman yang langsung membuang air limbah ke badan sungai.

Kabupaten Sleman sebagai daerah yang berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta mengalami pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan wilayahnya terutama di daerah pinggiran kota. Menurut statistik lahan pertanian di Kabupaten Sleman pada tahun 2007-2012 berkurang seluas 1.784 Ha sedangkan lahan non pertanian mengalami peningkatan luas. Dalam Ritohardoyo (2013), menyatakan bahwa persaingan pemenuhan kebutuhan faktor penyebab untuk penggunaan lahan yang semakin meningkat merupakan faktor penyebab dalam proses terjadinya kerusakan lahan.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kondisi tata guna lahan terhadap kualitas air selokan mataram, mengetahui kelayakan kualitas air menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) dan penetapan daya tampung beban pencemaran Selokan Mataram.

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan penggunaan lahan terhadap kualitas air parameter pH, suhu, BOD, COD dan TSS, mengetahui kualitas air Selokan Mataram menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) dan menghitung daya tampung beban pencemaran Selokan Mataram.

Tata guna lahan dapat dimaknai sebagai suatu pengarah penggunaan lahan dengan kebijakan dan program tata keruangan, untuk memperoleh manfaat total sebaik-baiknya secara berkelanjutan, dari daya dukung setiap bagian lahan yang tersedia. Perubahan keadaan lahan dapat berkenaan dengan penggantian bentuk atau sistem penggunaan lahan, misalnya pertanian diubah menjadi permukiman, atau pertanian pangan diganti dengan perkebunan. Perubahan keadaan lahan dapat pula berkenaan dengan reklamasi untuk membuat keadaan lahan sesuai dengan syarat penggunaan lahan yang direncanakan, misalnya mengeringkan rawa untuk dijadikan kawasan industri (Ritohardoyo, 2013).

Daya tampung beban pencemaran diartikan sebagai kemampuan air pada suatu sumber air atau badan air untuk menerima beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 110 tahun 2003). Untuk menentukan daya tampung beban pencemaran air digunakan persamaan (1).

$$C_R = \frac{\sum C_i \cdot Q_i}{\sum Q_i} \quad (1)$$

dimana :

C_R : konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan (mg/L)

C_i : konsentrasi konstituen pada aliran ke-i (mg/L)

Q_i : laju alir aliran ke-i (m/dtk)

Metode yang digunakan untuk menentukan status mutu air sungai adalah Indeks Pencemaran. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. Evaluasi terhadap nilai IP adalah sebagai berikut:

$0 \leq P_{ij} \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (kondisi baik)

$1,0 < P_{ij} < 5,0$ = cemar ringan

$5,0 < P_{ij} \leq 10$ = cemar sedang

$P_{ij} > 10$ = cemar berat

METODOLOGI

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di Desa Sidomoyo Kecamatan Godean, Condongcatut Kecamatan Depok, dan Kelurahan Purwomartani Kecamatan Kalasan. Pengambilan sampel air Selokan

Mataram dilakukan pada hari Kamis 26 September 2019 pada jam 12.00.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*, dengan menganmbil sampel dari ketiga stasiun pengamatan yang telah ditentukan sebelumnya. Segmen 1 merupakan tata guna lahan persawahan dan pemukiman, segmen 2 merupakan tata guna lahan komersial dan pemukiman dan segmen 3 merupakan tata guna lahan pemukiman dan komersial. Pengambilan sampel juga menggunakan sistem *grab sample*. Menurut Effendi (2003), *grab sample* adalah sample sesaat, dimana sampel menggambarkan keadaan selokan pada saat pengambilan sample dilakukan.

Penelitian dilakukan secara langsung di lapangan dan di Laboratorium, parameter yang diukur di lapangan adalah parameter pH dan suhu sedangkan parameter BOD, COD dan TSS dilakukan di laboratorium.

PEMBAHASAN

Selokan Mataram dalam penelitian ini dibagi ke dalam tiga segmen, penentuan segmentasi dilakukan berdasarkan kondisi tata guna lahan Selokan Mataram. Penetapan segmen dimaksudkan untuk mengetahui secara lebih jelas fluktuasi kualitas air Selokan Mataram dan mempersempit faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air selokan. Adapun peta penggunaan lahan Daerah Aliran Selokan Mataram. Dari hasil pengolahan peta penggunaan lahan Daerah Aliran Selokan Mataram, dihasilkan luas penggunaan lahan pada setiap segmen selokan (Tabel 1).

Tabel 1. Luas penggunaan lahan Daerah Aliran Selokan Mataram

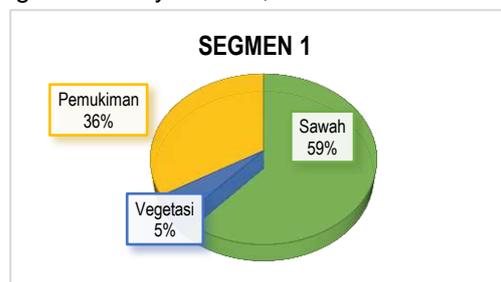
No	Lahan	Luas Lahan (Ha)		
		S.1	S.2	S.3
1	Persawahan	92,046	-	23,732
2	Pemukiman	49,820	33,200	71,800
3	Komersial	-	59,281	-
4	Vegetasi	7,024	2,154	1,032
Total		148,89	94,636	96,565

Sumber: Data primer (2019).

1. Segmentasi Selokan Mataram

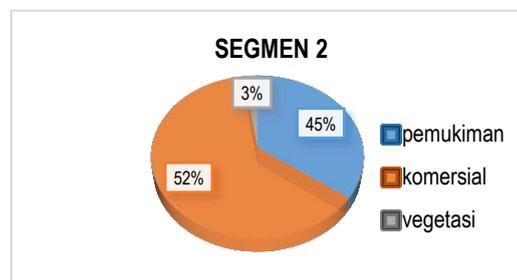
Segmen 1 (Gambar 1) terletak di Desa Susukan Margokatun Kecamatan Sayegan sampai Desa Bedog Trihanggo Kecamatan

Gamping Kabupaten Sleman, untuk titik pantau atau titik sampling oada segmen 1 terletak pada Desa Sidomoyo Kecamatan Godean dengan luas keseluruhan area pada segmentasi 1 yaitu 148,89 Ha.



Gambar 1. Persentase tata guna lahan segmentasi 1

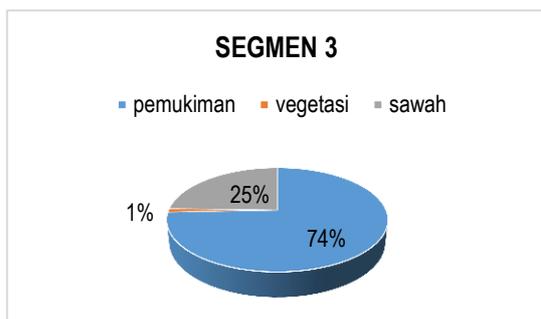
Segmen 2 (Gambar 2) terletak pada Trihanggo Kecamatan Gamping sampai Kelurahan Maguwoharjo Kecamatan Depok Kabupaten Sleman. Titik pantau atau titik sampling terletak pada daerah Condongcatur Kecamatan Depok. Pada titik sampling segmen 2 terdapat beberapa titik outlet drainase yang langsung masuk ke



badan selokan dan terdapat beberapa sumber limbah. Luas keseluruhan pada area segmentasi 2 yaitu 94,636 Ha.

Gambar 2. Persentase tata guna lahan segmentasi 2

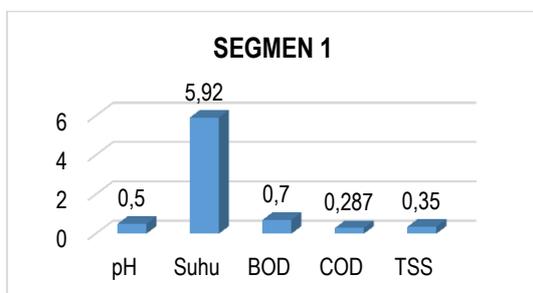
Segmen 3 (Gambar 3) terletak pada Kelurahan Maguwoharjo Kecamatan Depok sampai Kelurahan Tirtomartani Kecamatan Kalasan. Titik pantau atau titik sampling pada segmen 3 terletak pada Kelurahan Purwomartani Kecamatan Kalasan Kabupaten Sleman.



Gambar 3. Persentase tata guna lahan segmentasi 3

2. Indeks Pencemaran Selokan Mataram

Perhitungan status mutu air Selokan Mataram pada penelitian ini menggunakan Metode Indeks Pencemaran (IP). Berdasarkan Keputusan Lingkungan Hidup 2003, hasil perhitungan dalam analisis laboratorium untuk konsentrasi setiap parameter yang diteliti yakni parameter pH, Suhu, BOD, COD, dan TSS (Gambar 4). Dari perhitungan indeks pencemaran didapatkan status mutu air pada semua segmen. Selokan mataram bernilai cemar ringan. Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003, nilai indeks pencemaran yang berada diantara $1,0 < P_{ij} \leq 5,0$ dikategorikan tercemar ringan. (Tabel 2).



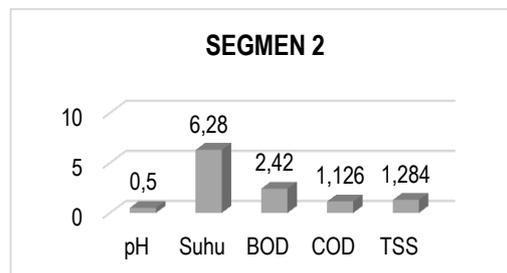
Gambar 4. Diagram nilai indeks pencemaran segmen 1

Tabel 2. Nilai Indeks Pencemaran pada semua titik segmen

Titik Segmen	Nilai IP	Status Mutu
Titik 1	4,32	Cemar Ringan
Titik 2	4,73	Cemar Ringan
Titik 3	4,57	Cemar Ringan

Berdasarkan hasil pemantauan, segmen 1 memiliki vegetasi yang cukup banyak tumbuh di pinggiran sungai di bandingkan segmen lainnya. Namun tidak mempengaruhi tingginya nilai suhu pada segmen ini, hal ini dikarenakan waktu

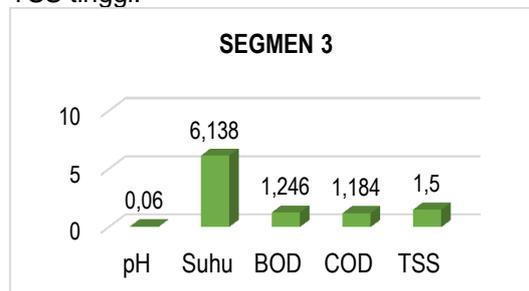
pengukuran yang dilakukan pada siang hari yang menyebabkan kenaikan suhu.



Gambar 5. Diagram nilai indeks pencemaran segmen 2

Hasil perhitungan indeks pencemaran segmen 2 menunjukkan parameter tertinggi adalah suhu sebesar 6,28 °C BOD sebesar 2,42 mg/L dan TSS sebesar 1,284 mg/L. Tingginya nilai suhu pada segmen 2 ini dikarenakan kurangnya vegetasi sepanjang aliran selokan jika dibandingkan dengan segmen 1 dan terdapat bangunan yang memanfaatkan lahan sepadan sungai yang sebelumnya merupakan tempat tumbuhan vegetasi serta waktu pengukuran juga dapat mempengaruhi tingginya angka suhu dimana pengukuran dilakukan pada siang hari.

Tingginya parameter BOD dan TSS pada segmen 2 ini disebabkan adanya buangan limbah komersial seperti Jasa pencucian motor, bengkel, rumah makan dan juga limbah pemukiman dari aktivitas masyarakat setempat yang melakukan seperti mencuci, mandi dan kakus serta akibat lain seperti erosi tanah disepanjang aliran. Limbah cair yang masuk kedalam selokan tersebut dapat berakibat menambah jumlah beban pencemar sehingga konsentrasi BOD dan TSS tinggi.



Gambar 6. Diagram nilai indeks pencemaran segmen 3

Hasil perhitungan indeks pencemaran pada segmen 3 menunjukkan tertinggi adalah suhu sebesar 6,138°C, TSS sebesar 1,5 mg/L, BOD sebesar 1,246 mg/L dan

COD sebesar 1,184 mg/L. Tingginya suhu dikarenakan kurangnya vegetasi sepanjang aliran selokan mataram dan terdapat adanya pembakaran vegetasi. jika dibandingkan dengan segmen 1 dan segmen 2 vegetasi di segmen 3 hanya 1%,

Tingginya nilai BOD dan COD pada segmen 3 dikarenakan terdapat titik outlet drainase dan titik inlet irigasi pertanian, sehingga besar kemungkinan tingginya BOD dan COD dikarenakan karena masuknya limpasan dari kawasan pertanian dan limbah domestik dari kawasan pertanian. Adanya hasil pembusukan hewan dan tanaman yang berada di sekitar segmen 3 serta di sekitar titik lokasi pemantauan mudah terjadi erosi, sehingga mempengaruhi nilai TSS yang berakibat menambah jumlah beban pencemar sehingga konsentrasi TSS tinggi.

Tabel 2. Data analisis dan debit

Segmen	Laju alir m ³ /dtk	pH	Suhu °C	BOD mg/L	COD mg/L	TSS mg/L
1	2,66	7,1	29	2,1	7,81	19
2	1,62	7,1	34	5,8	26,5	57
3	0,86	7,4	32	3,36	27,2	62,7

Sumber: Data primer (2019).

Tabel 3. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran

Laju alir m ³ /dtk	pH	Suhu °C	BOD mg/L	COD mg/L	TSS mg/L
2,66	7,1	29	2,1	7,81	19
1,62	7,1	34	5,8	26,5	57
0,86	7,4	32	3,36	27,2	62,7
5,152	7,15	31,13	3,475	16,91	38,26
-	6-9	Deviasi 3	3	25	50

Sumber: Data primer (2019).

Metode perhitungan daya tampung beban pencemar dihitung menggunakan neraca massa dari komponen-komponen sumber pencemar kemudian dibandingkan dengan baku mutu beban pencemar sesuai kelas air.

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran metode neraca massa untuk parameter pH, COD, TSS masih dalam ambang batas baku mutu yang ditentukan, untuk parameter Suhu dan BOD menunjukkan hasil perhitungan yang melebihi batas maksimal yang ditentukan. Kurangnya vegetasi disetiap aliran selokan mataram serta banyaknya pembangunan yang memanfaatkan lahan sepadan sungai membuat nilai suhu menjadi tinggi. Serta

tingginya nilai konsentrasi BOD dikarenakan terdapat masukan saluran pembuangan dari kawasan limbah pertanian, limbah pemukiman (perumahan, gedung) dan limbah komersial (jasa pencucian motor dan laundry) dan buangan sampah dapur dan kamar mandi, sehingga membuat nilai konsentrasi BOD tinggi. Maka berdasarkan baku mutu Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 tahun 2008 Selokan Mataram tidak mempunyai daya tampung lagi untuk parameter suhu dan BOD.

KESIMPULAN

Hasil Korelasi tata guna lahan dengan kualitas air menunjukkan korelasi negatif diperoleh pH di persawahan, suhu di persawahan, suhu di permukiman, BOD di persawahan, BOD di pemukiman, COD di persawahan, dan TSS di persawahan. Sedangkan hasil korelasi positif diperoleh pH di pemukiman, COD di pemukiman, TSS di pemukiman. Hasil korelasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu pengambilan sampling, pengaruh musim, kemampuan purifikasi selokan mataram dan aktivitas manusia di setiap segmennya.

Status mutu air Selokan Mataram pada setiap segmen masih dikategorikan dalam cemaran ringan. Nilai perhitungan pada segmen 1 sebesar 4,32 segmen 2 sebesar 4,73, dan segmen 3 sebesar 4,57. Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.115 tahun 2003, nilai indeks pencemaran berada antara $1,0 < Pij \leq 5,0$ dikategorikan cemaran ringan.

Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran menunjukkan untuk parameter pH, COD dan TSS masih dalam ambang baku mutu ditentukan, sedangkan parameter suhu dan BOD sudah tidak memiliki daya tampung.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air selokan mataram masuknya limpasan domestik berupa limbah dari aktivitas pemukiman, aktivitas komersial dan limpasan dari air pertanian, serta kurangnya vegetasi disekitar aliran selokan mataram yang dapat meningkatkan suhu di dalam air.

Saran

Perlu dilakukan peningkatan frekuensi kegiatan pemantauan kualitas air Selokan Mataram minimal dua kali dalam satu tahun yaitu pemantauan pada musim kemarau dan penghujan, sehingga diperoleh perbandingan hasil pengamatan yang

dijadikan sebagai bahan kebijakan dalam pengelolaan Selokan Mataram. Koordinasi antara masyarakat, petani dan pemerintah hendaknya lebih ditingkatkan lagi, agar segala tindakan dalam upaya pengelolaan lingkungan dapat terealisasi sesuai rencana dan mencapai hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, 2008, *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008*, Yogyakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 110 Tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air*.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2003, *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*, Jakarta.
- Anggun, H. S., 2013, *Simulasi Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Sungai dengan Metode Indeks Pencemaran (Studi Kasus Sungai Tuntang Jawa Tengah)*, Jurnal Teknik Lingkungan Volume II Nomor 1 Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ritohardoyo, 2013, *Penggunaan dan Tata Guna Lahan, Ombak*, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Sri Hastutiningrum, S.T., M.Si., lahir di Yogyakarta tanggal 24 Mei 1958, menyelesaikan pendidikan S1 Bidang Teknik Kimia dari UPN "Veteran" tahun 1993, dan Master Program Studi Kimia dari MIPA UGM tahun 2007. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Lingkungan di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor dengan bidang minat ilmu-ilmu kimia.

Dr. Muchlis, S.P., M.Sc., lahir di Jakarta tanggal 9 Februari 1974, menyelesaikan studi S1 tahun 1998 di Jurusan Agronomi UPN "Veteran" Yogyakarta, S2 tahun 2007 di Program Manajemen Lingkungan

Universiti Kebangsaan Malaysia, dan S3 tahun 2012 di Program Geologi Universiti Kebangsaan Malaysia. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat geologi lingkungan.

Novri Anggia Astari, S.T., lahir di Jambi pada tanggal 4 November 1997, menyelesaikan studi S1 tahun 2019 di Jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta. Saat ini bekerja di PT. VADS Indonesia Project Shopee.

ISSN 1979-8415



9 771979 841598