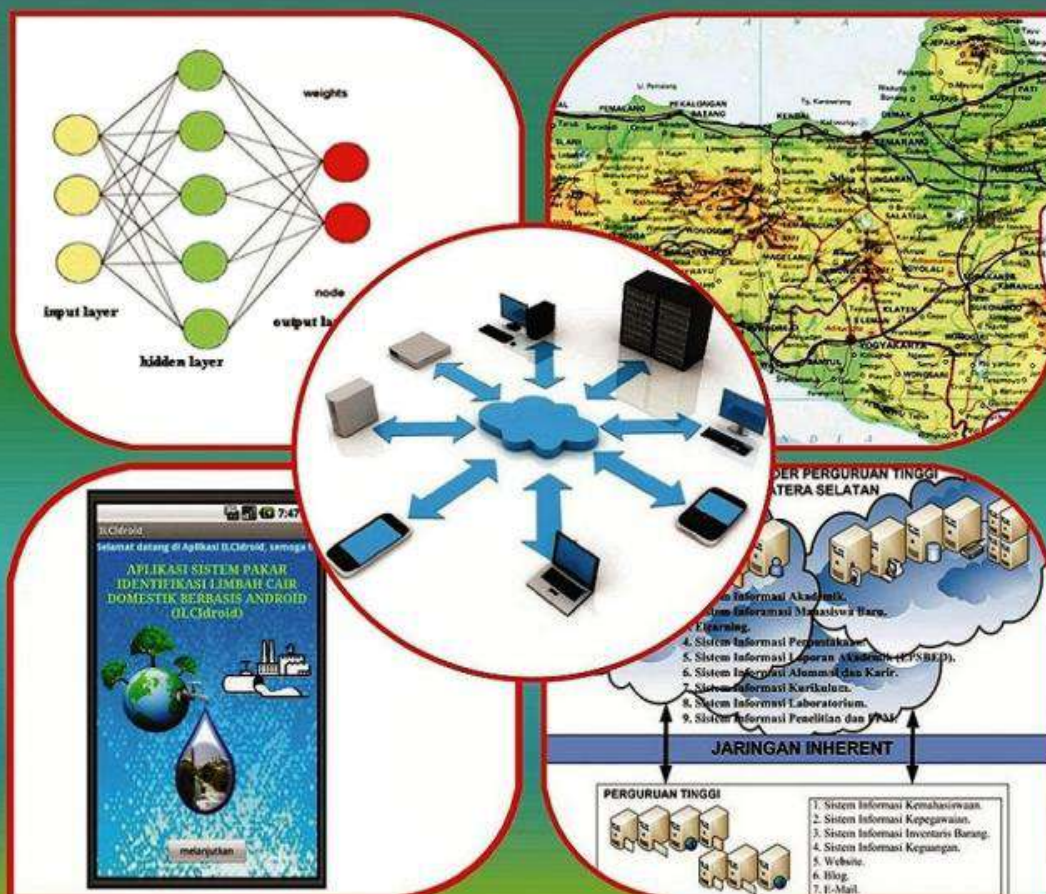


JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA

Vol. 13 No. 1 Agustus 2020



SUSUNAN REDAKSI

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

Reviewer :

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

Peer Reviewer :

1. Dr. Darwan, S.Kom., M.Kom. (IAIN Syekh Nurjati Cirebon)
2. Dr. Heri Setiawan, S.Kom., M.Kom. (Univ. Indo Global Mandiri Palembang)
3. Dr. Hermawan Syahputra, S.Si., M.Si. (Universitas Negeri Medan)
4. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si., M.Kom. (Univ. Pendidikan Ganesha Singaraja)
5. Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.T. (UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta)
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. Dra. Suprih Ambawani, M.Pd.
2. Dra. Yuli Pratiwi, M.Si.
3. Erna Kumalasari Nurnawati, S.T., M.T.
4. Joko Triyono, S.Kom., M.Cs.
5. Muhammad Andang Novianta, S.T., M.T.
6. Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.
7. Syafriyudin, S.T., M.T.

DAFTAR ISI

| | |
|--|--------------|
| PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN INSIDEN KEAMANAN INFORMASI BERDASARKAN SNI ISO/IEC 27035 DI INSTANSI PEMERINTAH Wikankara, Rudy Hartanto, Lukito Edi Nugroho | Hal: 1-10 |
| ANALISIS PRODUKTIVITAS MELALUI PENGENDALIAN KUALITAS MATERIAL, KOMPONEN, DAN PRODUK JADI DENGAN PENDEKATAN SIX SIGMA PADA PROYEK LRT JABODEBEK DI PT. INKA Suseno, Cahyanto | 11-19 |
| PEMBUATAN TEH DAUN GAMBIR (<i>Uncaria Gambir Roxb</i>) ASAL KALIMANTAN BARAT PADA VARIASI SUHU PENGERINGAN Dodi Iskandar, Noval Aditya Ramdhan | 20-26 |
| KOMPARASI ALGORITMA CLUSTERING DENGAN DATASET PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA PERIODE MARET-MEI 2020 Trientje Marlein Tamtelahitu | 27-34 |
| ANALISIS DAMPAK FAKTOR CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT PADA PELANGGAN E-MARKETPLACE DI INDONESIA (STUDI KASUS: SHOPEE DAN BUKALAPAK) Joanna Cristy Patty | 35-43 |
| RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH PURWARUPA DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE TRIANGLE FACE Muhammad Ibrahim Nursaid, Ahmad Taqwa, Sholihin - | 44-48 |
| ANALISIS KEAMANAN DATA SELULER TERHADAP SERANGAN SNIFFING MENGGUNAKAN RTL-SDR Yulivia Rhadita Savitri, Sopian Soim, Mohammad Fadhli | 49-58 |
| ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN Asma Yanziah, Sopian Soim, Martinus Mujur Rose | 59-67 |
| IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING PEMOSISI GLOBAL TRANSPORTASI DARAT BERBASIS ESP32 DENGAN KOMUNIKASI LORA Kevin Farid Alphasisy, Sopian Soim, Irawan Hadi | 68-75 |
| PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR DI INTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM X KOTA SURABAYA Septiya Rini Rahayu, Arqowi Pribadi, Sulistiya Nengse, Rr. Diah Nugraheni, Teguh Taruna Utama | 76-82 |
| EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI RIMPANG TEMU IRENG (<i>Curcuma aeruginosa Roxb</i>) DENGAN PELARUT ETANOL DAN N-HEKSANA Abdullah Kunta Arsa, Zubaidi Achmad | 83-94 |
| PERANCANGAN ULANG KERANJANG PETANI TEH UNTUK MENGURANGI RESIKO KELUHAN MUSCULOSKELETAL DISORDERS DI PT. PERKEBUNAN TAMBI UNIT PRODUKSI TANJUNGSARI Risma Adelina Simanjuntak, Titin Isna Oesman, Lalang Pramuditya | 95-101 |

PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN INSIDEN KEAMANAN INFORMASI BERDASARKAN SNI ISO/IEC 27035 DI INSTANSI PEMERINTAH

Wikankara¹, Rudy Hartanto², Lukito Edi Nugroho³

^{1,2,3}Magister Teknologi Informasi, Universitas Gadjah mada Yogyakarta
Email: ¹wikankara@mail.ugm.ac.id, ²rudy@ugm.ac.id, ³lukito@ugm.ac.id

Masuk: 16 Juli 2020, Revisi masuk: 25 Juli 2020, Diterima: 28 Juli 2020

ABSTRACT

The government services of information technology are required to always run optimally. On the other hand, many information services are still faced with security incidents. In terms of human resources, technology, policy, and procedural aspects, the focus problem has not been on security incidents of information. Therefore, we need information security incident management system as one of the system solutions that must be provided to ensure the sustainability of information services and IT systems. The purpose of this research is able to provide security information of incidents having a management system that was adopted and developed based on ISO/IEC 27035 standardization. The research methodology was carried out by using qualitative methods with case studies. The preparation of the document refers to the results of the assessment approach between the current conditions of business processes and the incident management of information security. It has been carried out with the clauses required by ISO/IEC 27035. The results of this study are policy documents and procedures for the incident management systems of information security specifically designed as a reference standard in government. Finally, the use of structured policies and procedures can improve performance in handling incidents faced by the government.

Keywords: Incident, Information security, ISO/IEC 27035, Management.

INTISARI

Layanan teknologi informasi pemerintah dituntut untuk selalu berjalan optimal tanda kendala. Namun masih banyak ditemukan permasalahan insiden keamanan informasi yang dihadapi. Dari sisi sumber daya manusia, teknologi, maupun dari sisi kebijakan dan prosedural belum fokus pada aspek insiden keamanan informasi. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem manajemen insiden keamanan informasi sebagai salah satu solusi sistematis yang harus disediakan untuk menjamin keberlangsungan layanan informasi dan sistem TI. Tujuan dari penelitian ini untuk menyediakan suatu sistem manajemen insiden keamanan informasi yang diadopsi dan dikembangkan berdasarkan standarisasi ISO/IEC 27035. Metode penelitian yang dilakukan menggunakan metode kualitatif dengan studi kasus. Penyusunan dokumen dilakukan mengacu pada pendekatan hasil assesmen antara kondisi saat ini (eksisting) dari proses bisnis dan manajemen insiden keamanan informasi yang telah dilakukan dengan klausul yang dipersyaratkan oleh ISO/IEC 27035. Hasil dari penelitian ini adalah dokumen kebijakan dan prosedur sistem manajemen insiden keamanan informasi yang didesain secara khusus sebagai standar acuan di pemerintahan. Melalui penggunaan kebijakan dan prosedur yang terstruktur akan dapat meningkatkan kinerja dalam penanganan insiden yang dihadapi pemerintah.

Kata-kata kunci: Insiden, ISO/IEC 27035, Keamanan informasi, Manajemen.

PENDAHULUAN

Di masa kini, proses bisnis pemerintahan tidak terlepas dari proses manajemen data seperti mengirim, mengumpulkan, membuat maupun menggunakan data untuk menjalankan berbagai kegiatan atau aktivitas yang terkait dengan bisnisnya. Proses pengelolaan data tersebut menjadikan pemerintah memiliki risiko besar terkait ancaman terjadinya suatu insiden

keamanan informasi dari layanan elektronik yang dimilikinya. Adanya ancaman tersebut menyebabkan setiap organisasi melakukan investasi besar untuk mengamankan teknologinya dengan kecenderungan yang semakin meningkat nilainya setiap tahun.

Beragamnya jenis layanan yang dimiliki oleh pemerintah tentunya memiliki tingkat keamanan dan potensi gangguan insiden yang berbeda beda. Gangguan insiden

tersebut disebabkan oleh manusia ataupun akibat kerusakan aplikasi dan perangkat jaringan. Insiden *deface* website milik pemerintah sering terjadi dan menyebabkan layanan tidak bisa diakses. Beragam jenis insiden lainnya seperti serangan DDoS, *malware*, *spamming*, *phising* maupun serangan *Advanced Persistent Threat* (APT) juga semakin marak terjadi.

Mesipun kejadian insiden semakin marak terjadi, namun pemerintah sampai dengan saat ini belum memberikan perhatian khusus pada penanganan insiden. Investasi yang dilakukan kecenderungannya hanya pada penyediaan infrastruktur teknologi saja. Sedangkan pada penyiapan sumber daya manusia (SDM) yang berkompeten masih belum optimal. Pegawai di lingkungan pemerintah banyak yang belum memiliki kesadaran (*awareness*) keamanan informasi sehingga sangat rentan terkena insiden keamanan informasi. Penyediaan pedoman kebijakan dan prosedur yang sistematis juga masih belum ada menjadikan penanganan dilakukan secara individual dan tidak terkelola dengan baik.

Penanganan insiden secara sistematis penting dilakukan karena insiden dapat memberikan dampak buruk bagi pemerintah. Insiden menyebabkan terjadinya kegagalan teknis dan dapat menimbulkan kerusakan data permanen. Kegagalan teknis akan mengakibatkan terganggu atau terhentinya proses bisnis pemerintahan dalam melaksanakan tugas fungsinya untuk memberikan pelayanan publik. Apabila tidak ditangani secara benar dampak yang diterima akibat insiden dapat menyebabkan reputasi pemerintahan menjadi buruk dan menurunkan tingkat kepercayaan publik terhadap pemerintah.

Penelitian mengenai manajemen insiden secara umum sangat berkembang saat ini. Pada perusahaan pernah dilakukan penelitian mengenai manajemen insiden menggunakan *framework* ITIL (Ilvarianto dan Legowo, 2017; Nugraha dan Legowo, 2017; Azizah dkk, 2020). Hasil dari beberapa penelitian tersebut adalah sebuah standar prosedur dalam penanganan insiden. Melalui penggunaan prosedur yang baik akan mempermudah dalam penanganan insiden.

Selanjutnya penelitian mengenai manajemen insiden di perguruan tinggi juga pernah dilakukan menggunakan *framework* ITIL (Palilngan dan Batmetan, 2018). Fokus

penelitian ini adalah pada sistem layanan akademik perguruan tinggi. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa menggunakan tata kelola manajemen insiden akan mempercepat proses penanganan insiden, sehingga layanan di sistem layanan akademik akan berjalan dengan baik dan efisien. Penelitian ini hanya membahas mengenai mekanisme layanan penanganan insiden yang baik tanpa mempertimbangkan aspek keamanan informasi.

Penelitian lainnya membahas tentang pembuatan arsitektur penanganan keamanan siber dan implementasinya (Tsakalidis dkk, 2019). Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa otomatisasi pada manajemen insiden akan berguna bagi lembaga terkait untuk mendapatkan wawasan dan mengkoordinasikan tindakan masing-masing. Namun penelitian ini tidak membahas mengenai potensi insiden keamanan informasi yang lain, seperti kegagalan sistem, kelistrikan, maupun gangguan lainnya.

Penelitian manajemen insiden di bidang pemerintahan sendiri masih jarang dilakukan. Salah satu penelitian yang pernah dilakukan adalah mengenai rekomendasi pembentukan tim penanganan insiden di pemerintah daerah (Setiawan, 2014). Penelitian ini menyarankan setiap pemerintah daerah untuk membentuk GovCSIRT sebagai tim pengelola insiden di daerah dan dapat selalu berkoordinasi dengan CSIRT Pusat. Penelitian implementasi manajemen insiden juga pernah dilakukan di Pemerintah Kota Surabaya (Rizky dkk, 2017). Penelitian ini menggunakan *framework* ITIL V3 dan menghasilkan sebuah dokumen SOP manajemen insiden.

Sebagian besar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya lebih banyak membahas pada sisi teknis penanganan insiden (deteksi, respon, dan pembelajaran insiden). Aktivitas pra insiden, seperti pembuatan kebijakan dan prosedur yang sistematis, pembuatan program pelatihan dan peningkatan *awareness* pegawai, maupun pembentukan tim respon insiden belum dibahas dalam penelitian sebelumnya. Padahal dalam sebuah proses manajemen insiden yang baik haruslah terdiri dari suatu kesatuan yang lengkap, mulai dari fase persiapan dan perencanaan, pelatihan dan peningkatan *awareness* hingga pendeteksian, respons, dan

pembelajaran dari insiden (Tello-Oquendo dkk, 2019).

Berdasarkan kesenjangan di atas, maka perancangan sistem manajemen insiden keamanan informasi yang sistematis dan menyeluruh perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Hal ini penting, karena dengan adanya sistem manajemen insiden keamanan informasi yang lengkap akan menjadikan pengelolaan insiden menjadi lebih tertib dan teratur. Selain itu juga dapat mengurangi potensi terjadinya insiden secara berulang di kemudian hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan sebuah dokumen panduan *best practice* dalam sistem manajemen insiden keamanan informasi di bidang pemerintahan, dengan batasan ruang lingkup pada instansi pemerintahan tingkat provinsi. Peneliti ini menggunakan SNI ISO/IEC 27035 sebagai acuan dalam perancangan tata kelola manajemen insiden keamanan informasi, dikarenakan SNI ISO/IEC 27035 dirancang secara khusus untuk dapat sesuai pada semua jenis organisasi. SNI ISO/IEC 27035 memiliki model penanganan proaktif dan mempunyai fase manajemen insiden yang detail, mulai dari perencanaan, deteksi, respon hingga pembelajaran pasca insiden. Model penanganan proaktif tersebut memberikan keunggulan tindakan gabungan dari layanan reaktif dan preventif.

SNI ISO/IEC 27035 merupakan standar yang dikembangkan oleh *International Organisation for Standardisation* (ISO) dan telah diadopsi secara resmi di Indonesia oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) menjadi SNI ISO/IEC 27035. Seperti ISO yang lainnya, ISO 27035 juga didesain secara generik untuk beragam organisasi maupun institusi. ISO/IEC 27035 merupakan standar turunan dari ISO/IEC 27001 Sistem Manajemen Keamanan Informasi khususnya pada domain A.16 Manajemen Insiden Keamanan Informasi. SNI ISO/IEC 27035 versi terakhir dirilis resmi pada tahun 2016. Dalam rilis tersebut terdapat 2 bagian, yaitu:

1. SNI ISO/IEC 27035-1:2016-Teknologi Informasi-Teknik Keamanan-Manajemen Insiden Keamanan Informasi-Bagian 1: Prinsip manajemen insiden.
2. SNI ISO/IEC 27035-2:2016-Teknologi Informasi-Teknik Keamanan-Manajemen Insiden Keamanan Informasi-Bagian 2: pedoman perencanaan dan persiapan respon insiden.

Dengan menggunakan *framework* ISO/IEC 27035 akan menjadikan layanan yang dilakukan dalam manajemen insiden keamanan informasi tidak hanya responsif terhadap insiden, namun juga memberikan layanan preventif untuk meminimalisir kejadian insiden akan terulang kembali. Selain itu, dengan mengadopsi ISO/IEC 27035 membuat dokumen yang dihasilkan tetap selaras dengan standar manajemen keamanan informasi yang telah digunakan saat ini.

Insiden Keamanan Informasi

Istilah insiden keamanan informasi memiliki beragam definisi. Menurut definisi dari ISO 27035, insiden adalah serangkaian peristiwa atau kejadian keamanan informasi yang tidak diinginkan atau tidak terduga yang memiliki probabilitas signifikan untuk mempengaruhi operasional bisnis dan mengancam keamanan informasi (ISO, 2019). Kejadian insiden keamanan informasi dapat beragam, diantaranya adalah pencurian data, bencana alam, bahaya dari lingkungan sekitar seperti kebakaran, kegagalan saluran data, *system crash*, *packet flooding*, penggunaan akses atau penggunaan sumber daya sistem yang tidak sah, penggunaan akun pengguna lain secara tidak sah, penggunaan hak sistem tanpa izin, perusakan *web*, penetrasi/intrusi sistem, maupun serangan virus yang masif.

Manajemen Insiden Keamanan Informasi

Manajemen insiden keamanan informasi merupakan satu atau serangkaian proses mendeteksi dan merespon insiden keamanan informasi, termasuk didalamnya adalah proses pembelajaran insiden dan menggunakan hasil pembelajaran yang didapat sebagai bagian dari input dalam keseluruhan proses manajemen selanjutnya.

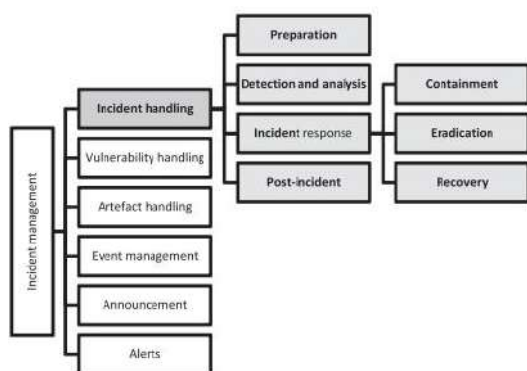
Manajemen insiden keamanan informasi dapat diadopsi dari berbagai macam *framework* atau standar yang ada di dunia. Sebagai contoh, standar ITIL 2011, ISO/IEC 27035, NIST SP 800-61, ENISA, dan SANS secara umum memiliki pedoman yang hampir sama (Line dkk, 2014).

Seluruh standar insiden manajemen keamanan informasi mempunyai kesamaan, yaitu terdiri dari beberapa fase/tahapan dalam proses manajemennya (Hove dkk, 2014). Beberapa standar memiliki fase persiapan (*preparation*) yang digunakan untuk mempersiapkan kapasitas dalam

penanganan insiden. Di fase berikutnya, hampir seluruh standar mempunyai fase deteksi, analisis dan respon atas insiden. Sedangkan fase pembelajaran (*lesson learned*) terdapat di semua standar.

Perbedaan di antara beberapa standar terletak pada model penanganannya. ISO 27035, NIST SP 800-61, dan SANS merupakan standar yang mengedepankan model penanganan secara proaktif, artinya lebih mengedepankan inisiatif yang didalamnya juga ada tindakan preventif dalam menghadapi insiden. Sedangkan ITIL, CERT, dan ENISA merupakan model penanganan dengan sifat reaktif yang hanya akan bereaksi ketika terjadi insiden (Tondel dkk, 2014). Strategi proaktif yang berarti seimbang antara preventif dan reaktif sangat penting, karena insiden yang terjadi sangat dinamis (Baskerville dkk, 2014).

Manajemen insiden lebih dari sekedar penanganan insiden. Di dalam manajemen insiden juga terdapat proses proaktif seperti pemberian *warning/alert* maupun *awareness* kepada pengguna layanan, peningkatan kapasitas melalui pelatihan dan *training*. Selain itu juga terdapat proses penanganan dan pembelajaran pasca insiden (Ab Rahman dan Choo, 2015), seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Cakupan manajemen insiden (Ab Rahman dan Choo, 2015)

Respon insiden (*incident response*) merupakan salah satu bagian dari proses penanganan insiden (*incident handling*), dan penanganan insiden merupakan bagian dari keseluruhan manajemen insiden (*incident management*). Penanganan insiden dilakukan oleh suatu tim respon insiden yang dapat dinamakan IRT (*Incident Response Team*), CSIRT (*Computer Security Incident Response Team*), atau

CERT (*Computer Emergency response Team*).

Beberapa tujuan utama manajemen insiden keamanan informasi menurut ISO 27035 adalah:

1. Menghindari terjadinya insiden keamanan informasi.
2. Meminimalkan dampak insiden keamanan informasi terhadap kerahasiaan, ketersediaan, atau integritas layanan, aset informasi, dan operasi organisasi.
3. Mengurangi ancaman dan kerentanan saat terjadi insiden.
4. Meningkatkan koordinasi dan manajemen insiden keamanan informasi dalam industri investasi.
5. Mengurangi dampak biaya yang disebabkan oleh insiden keamanan informasi.
6. Melaporkan temuan kepada manajemen eksekutif.

ISO/IEC 27035 membagi fase proses manajemen insiden menjadi lima tahap aktivitas (ISO, 2019), yaitu *plan and prepare*, *detection and reporting*, *assessment and decision*, *responses*, dan *lessons learn*. Kelima fase tersebut merupakan siklus yang berkesinambungan dan terus menerus.

METODOLOGI PENELITIAN

Fokus dalam penelitian ini adalah merancang sistem manajemen insiden keamanan informasi untuk lembaga pemerintah berdasarkan SNI ISO/IEC 27035. Penelitian ini dilaksanakan secara kualitatif menggunakan metode studi kasus. Dinas Komunikasi dan Informatika Pemda DIY dipilih sebagai objek studi dengan pertimbangan sudah memiliki tata kelola kerentanan maupun kejadian insiden yang terjadi masih cukup besar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan oleh instansi lainnya yang sejenis.

Tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan dan analisis data
2. Identifikasi ruang lingkup dan proses bisnis organisasi
3. Identifikasi aset
4. Identifikasi insiden
5. Menentukan bentuk tim respon insiden
6. Merancang dokumen manajemen insiden
7. Verifikasi dan validasi

PEMBAHASAN

Pengumpulan dan Analisis Data

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur mengenai manajemen insiden keamanan informasi serta standar SNI ISO/IEC 27035. Berikutnya adalah pengumpulan data tentang dokumen tata kelola maupun aturan yang dimiliki oleh Pemda DIY. Observasi dilakukan terhadap proses bisnis yang sedang berjalan untuk mengetahui kondisi riil yang dihadapi, terutama dalam menghadapi insiden. Wawancara dengan pihak-pihak terkait di Pemda DIY dilakukan untuk memperoleh informasi tambahan yang diperlukan untuk penyusunan kerangka kerja.

Setelah data terkumpul, dilanjutkan proses analisis data. Analisis data dilakukan

melalui assesmen data eksisting dengan kontrol yang ada pada SNI ISO/IEC 27035. ISO/IEC 27035 memiliki 198 kontrol dengan rincian terdapat 56 kontrol pada bagian 1 dan 142 kontrol pada bagian 2, seperti ditampilkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil assesmen pada data eksisting, dihasilkan temuan bahwa dari 198 kontrol pada SNI ISO/IEC 27035, terdapat 24 kontrol yang sudah diterapkan dan dijalankan secara menyeluruh oleh Dinas Komunikasi dan Informatika DIY. Sisanya sebanyak 106 kontrol baru dijalankan sebagian, dan 68 kontrol lainnya tidak dijalankan sama sekali. Atas dasar hasil assesmen tersebut kemudian dilakukan penggalan data lebih lanjut melalui wawancara.

Tabel 1. Hasil asesmen pemenuhan klausul SNI ISO/IEC 27035:2016

| Klausul | Judul Klausul | Implementasi | | | Jumlah Kontrol |
|--|--|--------------|-----------|-----------|----------------|
| | | Semua | Sebagian | Tidak | |
| SNI ISO/IEC 27035:2016-Bagian 1 | | | | | |
| 4,2 | <i>Objectives of Incident Management</i> | 0 | 5 | 1 | 6 |
| 4,4 | <i>Adaptability</i> | 1 | 3 | 0 | 4 |
| 5,2 | <i>Plan & Prepare</i> | 0 | 2 | 6 | 8 |
| 5,3 | <i>Detect & Report</i> | 2 | 6 | 0 | 8 |
| 5,4 | <i>Assessment & Decision</i> | 1 | 4 | 2 | 7 |
| 5,5 | <i>Responses</i> | 2 | 11 | 3 | 16 |
| 5,6 | <i>Lessons Learnt</i> | 0 | 3 | 4 | 7 |
| | | 6 | 34 | 16 | 56 |
| SNI ISO/IEC 27035:2016-Bagian 2 | | | | | |
| 4,1 | <i>Information security incident management policy</i> | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 4,2 | <i>Involved Parties</i> | 1 | 4 | 0 | 5 |
| 4,3 | <i>Information Security Management Content</i> | 5 | 10 | 12 | 27 |
| 5,1 | <i>Updating Information Security Policies</i> | 2 | 2 | 0 | 4 |
| 5,2 | <i>Linking of Policy Documents</i> | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 6,1 | <i>Creating Incident Management Plan</i> | 3 | 6 | 0 | 9 |
| 6,2 | <i>Plan is built on consensus</i> | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 6,3 | <i>Involved Parties</i> | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 6,4 | <i>Incident Response Plan Content</i> | 4 | 39 | 11 | 54 |
| 6,5 | <i>Incident Classification Scale</i> | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 6,6 | <i>Incident Forms</i> | 1 | 4 | 2 | 7 |
| 6,7 | <i>Process & Procedures</i> | 0 | 0 | 12 | 12 |
| 6,8 | <i>Trust & Confidence</i> | 0 | 0 | 6 | 6 |
| 6,9 | <i>Handling Confidential or Sensitive Information</i> | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 18 | 72 | 52 | 142 |

Atas dasar hasil assesmen tersebut kemudian dilakukan penggalan data lebih lanjut melalui wawancara. Dari hasil observasi lebih lanjut dapat disimpulkan beberapa permasalahan utama dari manajemen insiden keamanan informasi yang dijalankan oleh Dinas adalah sebagai berikut:

1. Dinas Komunikasi dan Informatika DIY sering mengalami kejadian keamanan informasi (*event*) yang kemudian berujung pada terjadinya insiden, seperti *web defacement*, serangan DDoS, *phising email*, dan lainnya.
2. Dinas sudah memiliki dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden

- keamanan informasi, namun dokumen tersebut belum memenuhi sebagian besar klausul dalam SNI ISO/IEC 27035.
3. Implementasi dari dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi tidak dilakukan dengan baik, disebabkan oleh:
 - a. Keterbatasan infrastruktur pendukung fungsi layanan teknologi informasi yang dimiliki,
 - b. Keterbatasan SDM yang menguasai keahlian penanganan insiden keamanan informasi.
 4. Rendahnya kesadaran pegawai terkait pentingnya manajemen insiden keamanan informasi.
 5. Dokumentasi laporan dan kegiatan penanganan insiden tidak dilakukan dengan baik.

Identifikasi Ruang Lingkup dan Proses Bisnis Organisasi

Dalam mengembangkan dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi yang efektif, diperlukan sebuah proses awal untuk mengidentifikasi seluruh proses bisnis layanan teknologi informasi pada Dinas Komunikasi dan Informatika DIY. Aktifitas memahami proses bisnis yang dijalankan sangatlah penting agar ruang lingkup dan konteks yang ditentukan dapat tepat sasaran dan tidak menjadikan masalah baru. Pada aktifitas ini, berhasil diidentifikasi proses bisnis yang dilakukan oleh Dinas Komunikasi dan Informatika DIY, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. identifikasi proses bisnis

| Proses Bisnis | Fungsi Bisnis |
|-----------------------|--|
| Pelayanan data center | Penyediaan layanan <i>hosting</i> |
| | Penyediaan layanan <i>subdomain</i> |
| | Penyediaan layanan <i>mail server</i> |
| | Penyediaan layanan <i>colocation server</i> |
| | Pemeliharaan infrastruktur data center |
| Pelayanan jaringan | Penyediaan akses internet |
| | Penyediaan fasilitas <i>video conference</i> |
| | Pemeliharaan infrastruktur jaringan |

Identifikasi Aset

Dalam tahap ini dilakukan proses identifikasi aset yang dikelola oleh Dinas Komunikasi dan Informatika DIY. Identifikasi

aset akan digunakan untuk menentukan bagian area mana saja yang terdampak ketika sebuah insiden terjadi. Hasil identifikasi aset kemudian dituangkan dalam bentuk tabel *aset register* dengan rincian terdapat 165 buah aset fisik, 161 buah aset aplikasi, dan 8 buah sarana pendukung yang harus dilindungi dari ancaman terjadinya insiden.

Identifikasi Insiden

Proses identifikasi insiden dilakukan dengan mengambil klasifikasi jenis insiden dengan mengacu pada SNI ISO/IEC 27035 dan disesuaikan dengan kondisi maupun potensi yang dihadapi. Hasil klasifikasi insiden yang ditetapkan ada 8 jenis, yaitu:

1. Akses tidak sah
2. *Denial of Service (DoS)*
3. *Malware*
4. Kebocoran Informasi
5. Penggunaan yang tidak benar
6. Kegagalan sistem
7. *Web defacement*
8. Gangguan jaringan

Hasil dari proses identifikasi insiden akan dituangkan dalam dokumen kebijakan dan prosedur yang akan dibuat pada tahap berikutnya. Setelah selesai melakukan klasifikasi jenis insiden, dilakukan tahapan penentuan kriteria dampak yang diakibatkan oleh suatu insiden. Kriteria dampak yang ditetapkan untuk manajemen insiden keamanan informasi yang ditetapkan ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil dari penentuan kriteria dampak digunakan untuk menentukan seberapa besar akibat yang dihasilkan oleh insiden yang terjadi. Setelah kriteria dampak ditetapkan dilanjutkan dengan penentuan standar tingkat layanan insiden. Hal ini diperlukan untuk memastikan bahwa insiden dikelola dan ditanggapi sesuai dengan tingkat layanan yang telah ditetapkan. Tingkat layanan ini berlaku sebagai komitmen respon untuk semua jenis insiden keamanan informasi. Waktu respons insiden bervariasi sesuai dengan tingkat prioritas yang ditetapkan untuk insiden tersebut. Standar tingkat layanan dituangkan dalam bentuk tabel yang disesuaikan dengan dampak insiden yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 3. Dampak insiden

| Dampak | keterangan | Contoh |
|------------|---|---|
| Kritis | Jika tidak segera diselesaikan, insiden akan mengakibatkan gangguan pada layanan dari sistem informasi yang berkategori kritis, atau terjadinya pelanggaran keamanan yang mengakibatkan terjadinya kerugian finansial atau kerusakan reputasi | <ul style="list-style-type: none"> - Kerusakan substansial, dengan cakupan luas, aktual atau potensial terhadap kerahasiaan, integritas, atau ketersediaan aset informasi dan sumber daya TIK - Sebuah insiden yang berdampak pada ketersediaan infrastruktur keamanan TI - Eksposur besar-besaran dari informasi berklasifikasi rahasia ke dalam domain publik, di mana paparan tersebut menghasilkan atau menimbulkan konsekuensi kerusakan reputasi |
| Signifikan | Jika tidak diselesaikan tepat waktu, insiden dapat memengaruhi operasional layanan IT utama dan menyebabkan terjadinya pelanggaran keamanan. Kerugian finansial atau kerusakan reputasi juga mungkin terjadi | <ul style="list-style-type: none"> - Kerusakan aset informasi dan sumber daya TIK. (10% pengguna tidak dapat menggunakan sumber daya TIK) - Paparan sejumlah kecil informasi yang berklasifikasi rahasia atau sensitif ke dalam domain publik atau kepada individu yang tidak berwenang |
| Penting | Jika tidak diselesaikan dalam jangka waktu yang wajar, dapat menimbulkan kerentanan dan memungkinkan terjadinya risiko gangguan layanan yang lebih tinggi terhadap sistem informasi yang dimiliki. Kerugian finansial atau kerusakan reputasi mungkin terjadi jika kerentanan tersebut dieksploitasi lebih lanjut secara sengaja atau oleh pihak yang tidak berwenang | <ul style="list-style-type: none"> - Insiden <i>malware</i> yang tidak sampai pada level keparahan lebih tinggi - Insiden kehilangan data yang tidak berklasifikasi rahasia - Serangan <i>phishing</i> terkon informasi yang berdampak pada lebih dari 100 pengguna |
| Rendah | Insiden ini terkait dengan sistem informasi yang dikategorikan tidak kritis atau data yang tidak sensitif, dan kemungkinan menyebabkan gangguan layanan, kerugian finansial atau reputasi sangat kecil Namun, mungkin diperlukan kontrol tambahan atau prosedur operasional alternatif untuk mempertahankan tingkat layanan dan dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan | <ul style="list-style-type: none"> - Beberapa ketidaknyamanan penggunaan sistem TI pada tingkatan lokal, tetapi tidak ada dampak signifikan terhadap keseluruhan TI |

Tabel 4. Standar layanan insiden

| Dampak Insiden | Notifikasi | Penanganan dan Pemulihan | Pemangku Kepentingan yang Diberi Notifikasi |
|----------------|------------|--------------------------|---|
| Kritis | Segera | 8 jam | Tim Pengelola TI, Manajemen, BSSN |
| Signifikan | 4 jam | 24 jam | Tim Pengelola TI, Manajemen, BSSN |
| Penting | 24 jam | 5 hari kerja | Tim Pengelola TI |
| Rendah | N/a | N/a | N/a |

Menentukan Tim Respon Insiden

Tahapan pembentukan Tim Respon Insiden dilakukan sesuai dengan standar ISO/IEC 27035. Atas dasar pertimbangan terbatasnya SDM yang ada di Dinas Komunikasi Informatika DIY, maka Tim Respon Insiden dibentuk dengan melibatkan beberapa pihak luar yang berkompeten di bidangnya.

Tim Respon Insiden dibentuk dengan nama JOGJAPROVCSIRT yang diwujudkan dalam bentuk rancangan surat keputusan Kepala Dinas, didalamnya terdiri dari:

1. Ketua,
2. Wakil Ketua,
3. Sekretaris,
4. Sub tim, terdiri dari:

- a. Sub tim pengelolaan pengaduan,
- b. Sub tim keamanan aplikasi,
- c. Sub tim keamanan basis data,
- d. sub tim keamanan infrastruktur,
- e. Sub tim keamanan *malware*.
- f. Sekretariat.

Layanan yang diberikan oleh JOGJAPROVCSIRT ditetapkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Layanan reaktif, yaitu:
 - a. Pemberian peringatan siber (*alerts and warning*),
 - b. Penanggulangan dan pemulihan insiden siber (*incident handling*),
 - c. Penanganan kerawanan (*vulnerability handling*), dan
 - d. Penanganan artifak (*artifact handling*).

2. Layanan proaktif yaitu audit atau penilaian keamanan (*security audit or assessment*).
3. Layanan manajemen kualitas keamanan, yaitu:
 - a. Analisis risiko (*risk analysis*); dan
 - b. Edukasi dan pelatihan (*education/training*).

Perancangan Dokumen Manajemen Insiden Keamanan Informasi

Atas dasar hasil tahapan sebelumnya, dilanjutkan dengan tahap perancangan dokumen manajemen insiden. Terdapat 2 aktifitas perancangan yang harus dilakukan untuk memperbaiki sistem manajemen insiden keamanan informasi di Dinas Komunikasi dan Informatika DIY, yaitu:

1. Penyusunan dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi yang sesuai dengan SNI ISO/IEC 27035,
2. Penyusunan formulir pendukung aktifitas dalam dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi, Pembuatan dokumen baru dilakukan mengacu pada seluruh kontrol dalam ISO/IEC 27035 dengan mempertimbangkan hasil assesmen pada Tabel 2. Dari hasil assesmen awal, hanya 24 kontrol yang sudah dijalankan kemudian diperbaiki agar dokumen dapat meliputi seluruh kontrol yang sesuai standar. Dokumen kebijakan dan prosedur manajemen keamanan informasi yang telah dihasilkan didalamnya terdiri dari beberapa unsur sebagai berikut:
 1. Tujuan dan sasaran,
 2. Referensi,
 3. Ruang lingkup,
 4. Tanggung jawab dan komitmen manajemen,
 5. Kebijakan umum,
 6. Definisi insiden keamanan informasi,
 7. Deskripsi kategori insiden keamanan informasi,
 8. Deskripsi proses pelaporan insiden,
 9. Alur proses insiden mulai dari deteksi sampai dengan resolusi,
 10. Kebutuhan aktifitas peninjauan pasca insiden, seperti pembelajaran dan proses perbaikan yang disesuaikan dengan resolusi insiden yang telah dilakukan,
 11. Definisi dari masing masing peran, tanggung jawab, dan wewenang pengambilan keputusan yang ditetapkan untuk setiap fase dari proses manajemen

insiden keamanan informasi dan kegiatan terkait lainnya,

12. Program pelatihan kompetensi pegawai dan peningkatan kesadaran (*awareness*) keamanan informasi yang terjadwal

Dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi yang dibuat juga memuat formulir-formulir aktifitas, yaitu laporan kejadian (*event*) keamanan informasi, laporan insiden keamanan informasi, rekap kejadian (*event*) keamanan informasi, dan rekap insiden keamanan informasi.

Verifikasi dan Validasi

Proses verifikasi dan validasi dilakukan dengan membawa dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi kepada Kepala Bidang Keamanan Informasi, Administrator Jaringan, serta Administrator Data Center. Tahap verifikasi dilakukan dengan cara melakukan diskusi. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apa saja kekurangan pada dokumen serta apakah dokumen sudah sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi yang diiharapkan.

Berdasarkan hasil verifikasi terdapat dua poin perbaikan yaitu:

1. Penambahan dokumen referensi, yaitu dokumen SMKI yang dimiliki oleh Dinas,
2. Perbaikan alur penanganan insiden.

Setelah melewati uji verifikasi atas dokumen yang telah dibuat, dilanjutkan dengan tahapan validasi. Tahapan ini dilakukan dengan cara pembuatan skenario pengujian prosedur serta membuat *checklist* kegiatan yang telah dibuat. Skenario kemudian dijalankan oleh Administrator Data Center dan Administrator Jaringan. Dari proses validasi ini disimpulkan bahwa dokumen kebijakan dan prosedur manajemen keamanan informasi yang telah dibuat dapat dijalankan dengan baik.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dihasilkan dokumen kebijakan dan prosedur manajemen insiden keamanan informasi yang baru dan sesuai dengan standar SNI ISO/IEC 27035. Di dalam sistem manajemen insiden yang dibuat telah meliputi seluruh fase yang diterapkan dalam manajemen isiden secara lengkap. Terdapat penambahan kebijakan dalam pembentukan Tim Respon Insiden, program pelatihan dan peningkatan kapasitas pegawai, peningkatan kesadaran (*awareness*)

keamanan informasi, serta penambahan aktifitas pembelajaran pasca insiden.

Dokumen manajemen insiden keamanan informasi ini akan dijadikan sebagai dokumen baku yang digunakan sebagai acuan resmi dalam manajemen insiden di Dinas Komunikasi dan Informatika DIY pada masa mendatang.

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Mengingat hasil dari penelitian ini berupa dokumen pada level kebijakan, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai perancangan prosedur teknis terkait insiden tertentu.
2. Perlu dilakukan penelitian pada objek lain agar dokumen yang telah dibuat ini lebih teruji.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai otomatisasi sistem manajemen insiden keamanan informasi yang sesuai dengan penelitian ini untuk memudahkan dalam penanganan insiden.

DAFTAR PUSTAKA

- Ab Rahman, N. H. dan Choo, K. K. R. (2015) "A survey of information security incident handling in the cloud," *Computers and Security*. Elsevier Ltd, 49, hal. 45–69.
- Azizah, N., Kusumawati, Y. dan Sani, R. R. (2020) "Perancangan Manajemen Insiden pada Layanan Teknologi Informasi Inventory Menggunakan Framework ITIL Versi3 (Studi Kasus : PT. Genta Semar Mandiri Semarang)," *JOINS (Journal of Information System)*, 5(1), hal. 136–146.
- Baskerville, R., Spagnoletti, P. dan Kim, J. (2014) "Incident-centered information security: Managing a strategic balance between prevention and response," *Information & Management*. Elsevier B.V., 51(1), hal. 138–151.
- Hove, C., Marte, T., Line, M. B., Bernsmed, K. (2014) "Information security incident management: Identified practice in large organizations," in *Eighth International Conference on IT Security Incident Management & IT Forensics Information*, hal. 27–46.
- Ilvianto, D. S. dan Legowo, N. (2017) "Incident management implementation using continual service improvement method at PT AOP," in *Proceedings - 2017 International Conference on Applied Computer and Communication Technologies, ComCom 2017*, hal. 1–7.
- International Organization for Standardization. (2019) *SNI ISO/IEC 27035-1:2016 - Teknologi Informasi - Teknik Keamanan - Manajemen Insiden Keamanan Informasi - Bagian 1: Prinsip manajemen insiden*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Line, M. B., Tøndel, I. A. dan Jaatun, M. G. (2014) "Information security incident management: Planning for failure," in *Eighth International Conference on IT Security Incident Management & IT Forensics*. IEEE, hal. 47–61.
- Nugraha, A. D. dan Legowo, N. (2017) "Implementation of incident management for data services using ITIL V3 in telecommunication operator company," in *Proceedings - 2017 International Conference on Applied Computer and Communication Technologies, ComCom 2017*, hal. 1–6.
- Palilingan, V. R. dan Batmetan, J. R. (2018) "Incident Management in Academic Information System using ITIL Framework," in *IOP conferences Series: materials Science and Engineering*. IOP, hal. 0–9.
- Rizky, A. F., Herdiyanti, A. dan Susanto, T. D. (2017) "Pembuatan Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Insiden pada Government Resources Management Systems Kota Surabaya Berdasarkan ITIL V3," 06(02), hal. 199–214.
- Setiawan, A. B. (2014) "Perencanaan Strategis Sistem Informasi Pada Pusat Penanganan Insiden Keamanan Informasi Sektor Pemerintah," *Jurnal Masyarakat Telematika dan Informasi*, 5(1), hal. 1–24.
- Tello-Oquendo, L., Tapia, F., Fuertes, W., Andrade, R., Erazo, N. S., Torres, J., Cadena, A (2019) "A structured approach to guide the development of incident management capability for security and privacy," in *ICEIS 2019 - Proceedings of the 21st International Conference on Enterprise Information Systems*, hal. 328–336.
- Tondel, I. A., Line, M. B. dan Jaatun, M. G. (2014) "Information security incident management: Current practice as reported in the literature," *Computers & Security*, 45(September), hal. 42–57.
- Tsakalidis, G. et al. (2019) "A cybercrime incident architecture with adaptive

response policy,” *Computers and Security*. Elsevier Ltd, 83, hal. 22–37.

BIODATA PENULIS

Wikankara, S.Kom., lahir di Kulon Progo, tanggal 14 September 1986, menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Informatika di IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2010. Saat ini sedang menempuh pendidikan jenjang S2 pada Magister Teknologi Informasi di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan bidang minat penelitian tata kelola teknologi informasi dan keamanan sistem informasi.

Dr. Ir. Rudy Hartanto, M.T., IPM, lahir di Semarang pada tanggal 15 Maret 1964, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1989, S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1995, dan S3 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 2015. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat komputer grafik, multimedia, *human computer interaction* (HCI), sistem informasi, *image processing*, dan *computer vision*.

Ir. Lukito Edi Nugroho, M. Sc., Ph.D, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 1989, S2 dari James Cook University of North Queensland, Australia tahun 1994, dan S3 dari School of Computer Science and Software Engineering, Monash University Australia tahun 2002. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat *distributed & internet computing*, *context-aware computing*, *software engineering*, dan *IT for education*.

ANALISIS PRODUKTIVITAS MELALUI PENGENDALIAN KUALITAS MATERIAL, KOMPONEN, DAN PRODUK JADI DENGAN PENDEKATAN SIX SIGMA PADA PROYEK LRT JABODEBEK DI PT INKA

Suseno¹, Cahyanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta
Email: ¹suseno@uty.ac.id, ²cahyateknikindustri79@gmail.com

Masuk: 29 Juni 2020, Revisi masuk: 25 Juli 2020, Diterima: 28 Juli 2020

ABSTRACT

The Quality Assurance Division is the part responsible for the quality of Jabodebek's Light Rail Transit (LRT) products, or the railroad components in PT INKA. Defects in the under frame and water test were obtained as many as 70 units, in addition to the Production Planning and Control (PPC) section of the data resume of material & component adequacy, from the beginning of the project up to October 25, 2019, found a total of 29,395 NCR category findings (No Conformity Report). This caused a decrease in the level of productivity of PT INKA. To increase company productivity, and to find out what internal factors are causing waste in the underframe test and water test on materials & components, as well as providing suggestions for improvement, the Six Sigma DMAIC method is used. The DMAIC cycle is a key process for continuous improvement towards the Six Sigma target. The steps taken are define, measure, analyze, improve and control. DPMO value in the under frame and water test is 3,076.65 and has a sigma level of 4.524 and the material & component DPMO value is 2,587.92 and has a sigma level of 4.6060. The improvement phase is done is the company must focus on one of the projects, Perform tools maintenance, especially pneumatic bolt fasteners, do not use number two quality components or materials, the company should conduct further research or development and conduct training for employees.

Keywords: DMAIC, Productivity Analysis, Quality Control, Six Sigma.

INTISARI

Divisi *Quality Assurance* merupakan bagian yang bertanggung jawab atas kualitas produk *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek, ataupun komponen-komponen kereta api yang ada di PT INKA. Kecacatan pada uji *under frame* dan *water test* diperoleh sebanyak 70 unit, selain itu di bagian *Production Planning and Control* (PPC) dari data resume kecukupan material & komponen, dari awal proyek sampai dengan tanggal 25 Oktober 2019, menemukan sebanyak 29.395 unit temuan katagori NCR (*No Conformity Report*). Hal ini menyebabkan turunnya tingkat produktivitas PT INKA. Untuk meningkatkan produktivitas perusahaan, dan untuk mengetahui faktor Internal apa saja yang menjadi penyebab terjadi *waste* pada uji *underframe* dan *water test* pada material & komponen, sekaligus juga memberikan usulan perbaikan, maka digunakan metode Six Sigma DMAIC. Siklus DMAIC merupakan proses kunci untuk peningkatan secara kontinyu menuju target Six Sigma. Tahapan yang dilakukan adalah tahap *define, measure, analyze, improve* dan *control*. Nilai DPMO pada uji *under frame* dan *water* adalah 3.076,65 dan memiliki tingkat sigma sebesar 4,524 dan nilai DPMO material & komponen adalah 2.587,92 dan memiliki tingkat sigma sebesar 4,6060. Tahap *improvement* dilakukan adalah perusahaan harus fokus kesalah satu proyek, melakukan *maintenance* alat terutama pengencang baut pneumatik, tidak menggunakan komponen atau material kualitas nomer dua, dan perusahaan sebaiknya melakukan penelitian maupun pengembangan lebih lanjut, serta melakukan pelatihan terhadap karyawan.

Kata-kata kunci: Analisis Produktivitas, DMAIC, Pengendalian Kualitas, Six Sigma.

PENDAHULUAN

Kereta Api merupakan salah satu moda transportasi darat yang memiliki karakteristik dan keunggulan khusus terutama dalam kemampuan untuk mengangkut penumpang maupun barang secara masal, hemat

energi, hemat penggunaan ruang dan mempunyai faktor keamanan tinggi, pencemaran rendah serta lebih efisien untuk angkutan jarak jauh dan angkutan dalam kota.

Produktivitas merupakan perbandingan antara keluaran dan masukan serta mengutamakan cara pemanfaatan baik terhadap sumber-sumber dalam memproduksi suatu barang atau jasa (Hasibuan, 2005: 128). Beberapa teori lain juga menyatakan bahwa produktivitas menurut dewan produktivitas nasional adalah sikap mental yang selalu berpandangan bahwa mutu kehidupan hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan esok hari harus lebih baik dari hari ini (Husein, 2000:99)

Divisi *Quality Assurance* merupakan bagian yang bertanggung jawab atas kualitas produk *Light Rail Transit* (LRT) Jabodebek, ataupun komponen-komponen kereta api yang ada di PT INKA (Persero). Dalam pelaksanaan proyek LRT di setiap gerbong, ketika dilakukan uji mekanik oleh bagian *QC Final* mekanik sering ditemukan kondisi bahwa tingkat *defect* berada di luar *range* yang ditetapkan oleh perusahaan. Selain itu di bagian uji komponen *under frame* sebanyak 70 temuan *defect* seperti baut kendur, ring belum ada, sambungan renggang, baut copot dan mur tidak ada yang setidaknya terjadi di setiap unit gerbong, dan pada water test juga ditemukan adanya kebocoran. Di bagian *Production Planning and Control* (PPC) dari data *resume* kecukupan material dan komponen sampai 25 Oktober 2019 sebanyak 29.395 unit temuan kategori NCR (*No Conformity Report*) didefinisikan sebagai kegagalan untuk menyesuaikan dengan standar/*test* yang diterapkan. Hal ini dikhawatirkan akan mempengaruhi tingkat produktivitas pada proyek LRT Jabodebek, dikarenakan adanya pemborosan waktu dan biaya.

Masalah internal ini akhirnya memberi pengaruh cukup besar karena di jadwal awal pada *production schedule* yang ditargetkan meleset. Seharusnya proyek LRT Jabodebek proses *delivery* dari 31 TS kereta LRT Jabodebek berakhir di tanggal 21 September 2019, tetapi kenyataan sampai bulan Oktober 2019 dari 31 TS kereta LRT Jabodebek perusahaan hanya *delivery* 1 TS Kereta LRT Jabodebek. Berdasarkan *schedule* yang baru pada akhir tahun 2019 sebanyak 7 TS ditargetkan terkirim.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Widiyawati dan Assyahfafi (2017) tentang perbaikan produktivitas pada perusahaan rokok melalui pengendalian kualitas produk

dengan metode six sigma, diperoleh hasil yaitu pada produksi pembuatan rokok tipe 1 diperoleh nilai DPMO = 18,92, sehingga diketahui nilai sigma sebesar 5,62 yang menunjukkan bahwa kapabilitas proses produksi rokok tipe 1 berada pada rata-rata industri Amerika. Berdasarkan tahap *define*, diketahui terdapat 11 jenis kerusakan produk dan yang paling sering terjadi yaitu jenis *opp* mengelupas yaitu sebesar 20,7%.

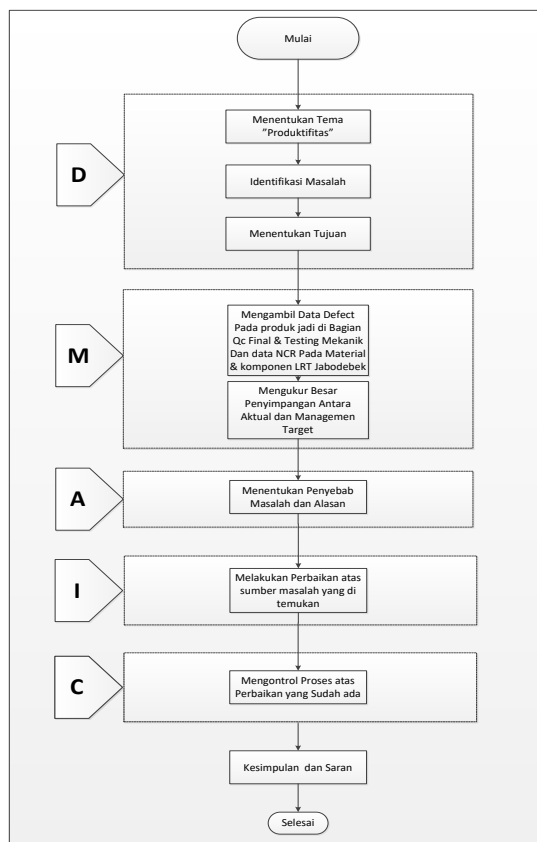
Penelitian Karini dan Cahyana (2018) tentang analisis peningkatan produktivitas dengan penerapan metode Marvin E. dan Six Sigma yang berkaitan dengan pengendalian dan perbaikan kualitas produk di PT XYZ, diperoleh hasil indeks produktivitas tertinggi dicapai pada bulan Desember 2016 dan Mei 2017 sebesar 100,22% dan terendah pada bulan Juli 2016 sebesar 99,66%. Tingkat Sigma yang diperoleh perusahaan adalah 3,16 dengan DPMO sebesar 47.878. Cacat produk disebabkan oleh 3 masalah, yaitu kemasan melipat dan bocor, produk kosong, dan *expired* tidak jelas.

Pada dua penelitian tersebut, digunakan siklus DMAIC untuk mengukur produktivitas, sedangkan pengendalian kualitas dengan aplikasi metode Six Sigma. Upaya untuk mengetahui penyebab tidak optimalnya produktivitas dan mengetahui jenis pemborosan yang ada pada proses produksi bisa digunakan metode siklus DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, dan Control*) (Girmanova, et. al., 2017), sedangkan untuk mencapai peningkatan pada kualitas dan produktivitas dapat digunakan beberapa metode pengendalian kualitas. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode Six Sigma (Noori, 2017). Six Sigma adalah suatu visi peningkatan kualitas menuju target 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan (DPMO) untuk setiap transaksi produk (barang dan/atau jasa). Oleh karena itu, Six Sigma dapat dikatakan sebagai upaya yang dilakukan menuju kesempurnaan (*zero defect*) (Sembiring, 2011).

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana metode Six Sigma DMAIC dapat meningkatkan produktivitas perusahaan, faktor-faktor internal seperti apakah yang menyebabkan terjadinya *waste* pada proses produksi, serta usulan perbaikan apa saja yang dapat diberikan kepada perusahaan PT INKA (Persero).

METODOLOGI

Diagram alir untuk metode penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian (Sumber: Data Olahan, 2019)

Pada diagram alir dijelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan. Metode penelitian yang dilakukan adalah sesuai dengan tahapan dalam pendekatan Six Sigma. Tahapan pelaksanaan Six Sigma adalah DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*). Uraian untuk masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut. Tahapan pertama melakukan *define*. Tahap ini dilakukan dengan menentukan tema objek, identifikasi permasalahan, dan penelitian di lini pengadaan material dan komponen dan uji kualitas produk jadi. Tahap kedua adalah *measure*. Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan pengambilan data pada lini kualitas material & komponen pada PPC serta uji kualitas produk jadi di *QC final testing* mekanik. Tahap ketiga adalah *analyze*. Pada tahap ini dilakukan analisis penyebab masalah dan alasan terjadinya masalah tersebut. Tahap keempat adalah *improve*. Tahap ini melakukan perbaikan

pada sumber-sumber masalah. Tahap kelima adalah *control*. Pada tahap ini dilakukan proses pengawasan pada tindakan perbaikan yang dilakukan pada sumber-sumber masalah.

PEMBAHASAN

Berikut merupakan penjelasan tahapan pengendalian Six Sigma pada proyek kereta api LRT Jabodebek di PT INKA pada unit pemeriksaan material dan komponen serta *water test* dan *under frame*.

1. Measure

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kecacatan yang ditemukan selama proses pemeriksaan. Data rekapitulasi pada ketidaksesuaian komponen LRT Jabodebek dengan standar yang ditetapkan ditampilkan pada Tabel 1.

a. Data primer

Data primer diambil saat uji mekanik (*water test & under frame*), dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengamatan *Water Test & Underframe*

| Bagian | Jenis Cacat | Temuan |
|----------------------|--------------------|-----------|
| Tesh Hujan | Pintu kurang rapat | 7 |
| | Locking kendur | 2 |
| | Pintu Bocor | 5 |
| Komponen Under frame | Baut Kendur | 30 |
| | Ring belum ada | 5 |
| | Sambungan renggang | 1 |
| | Copot baut | 4 |
| | Nut belum ada | 16 |
| TOTAL | | 70 |

(Sumber: Data olahan 2019)

Selanjutnya dibuat peta kendali seperti tampak pada Gambar 2 yang menunjukkan apakah produk cacat yang dihasilkan masih dalam batas kendali atau tidak. Berikut ini adalah cara perhitungan peta *control chart* pada *water test & under frame*.

1) Menghitung persentase kerusakan dengan cara berikut:

$$P = \frac{7}{36} = 0,194444444,$$

dan seterusnya.

2) Menghitung garis pusat CL dengan memasukkan data total jumlah produksi lalu dibagi dengan total jumlah

cacat dengan cara berikut:

$$\bar{p} = CL = \frac{70}{2844} = 0,024613221.$$

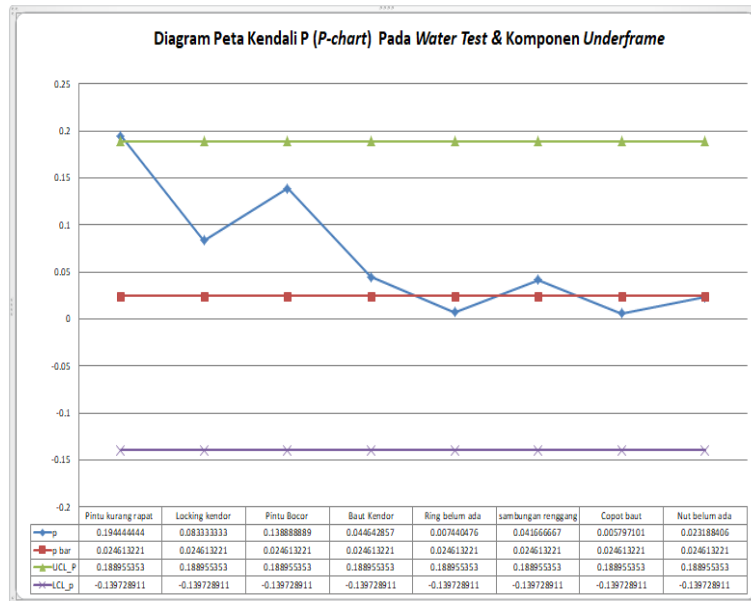
- 3) Menghitung batas kendali atas (UCL) dengan memasukkan nilai \bar{p} pada perhitungan sebelumnya, yaitu:

$$UCL = 0,024613221 + 3 \sqrt{\frac{0,024613221(1-0,024613221)}{8}} = 0,188955353$$

- 4) Menghitung batas kendali bawah (LCL) dengan memasukkan nilai p pada perhitungan sebelumnya yaitu:
LCL = 0,024613221 -

$$3 \sqrt{\frac{0,024613221(1-0,024613221)}{8}} = -0,139728911$$

Gambar 2 menampilkan *control chart* pada *water test & under frame*.



Gambar 2. Peta Kendali Peta Kendali Pada *Water Test & Underframe* (Sumber: Data Olahan, 2019)

Berdasarkan peta kendali, ketidaksesuaian yang dihasilkan ada satu yang di luar batas pengendalian, yaitu pintu kurang rapat dengan nilai persentase 0,1944, sehingga sebaiknya unit QC *Finishing In Process* lebih teliti dalam melakukan pemeriksaan. Perhitungan nilai DPMO dilakukan untuk mengetahui nilai sigma dari produk LRT Jabodebek berdasarkan uji mekanik. Perhitungannya dilakukan dengan cara berikut:

$$DPMO = \frac{70}{(2884 \times 8)} \times 1000000$$

= 3076,65 *defect/million opportunities*.

Nilai DPMO 3076,65 berada di antara 4 sigma (DPM 6210) dan 5 sigma (DPMO 233). Untuk mengetahui nilainya dilakukan interpolasi sebagai berikut:

$$\frac{233 - 3076,65}{233 - 6210} = \frac{5 - x}{5 - 4}$$

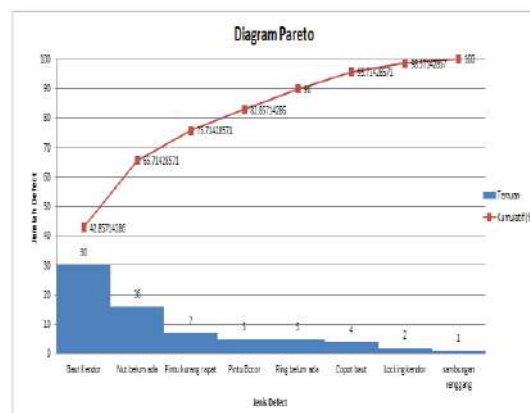
$$x = 4,524 \text{ sigma}$$

Level sigma 4,524 berada di rata-rata industri USA dengan katagori baik, tetapi

harus tetap dilakukan perbaikan agar mencapai nilai sigma yang lebih tinggi.

Diagram Pareto

Gambar 3 menampilkan diagram pareto pada *water test & underframe*.



Gambar 3. Diagram Pareto Pada *Water Test & Underframe* (Sumber: Data Olahan, 2019)

Dari diagram pareto, diketahui bahwa urutan tertinggi penyebab cacat produk pada *water test & underframe* adalah baut kendor sebesar 42,85%.

b. Data Sekunder (Material & Komponen)

Tabel 2. Data Temuan NCR (Sumber: Data Olahan, 2019)

| Material | Temuan NCR | QTY TOTAL |
|---|------------|-----------|
| Maskara Top | 2 | 62 |
| Cabin Side Window R | 1 | 62 |
| Attendant Seat (55.5-U03102) | 2 | 62 |
| Openable Window | 5 | 744 |
| Passenger Seat (M&) | 1 | 124 |
| Palu Darurat | 1 | 186 |
| Door Engine | 1 | 744 |
| Sensitive door edge sensor | 9 | 1116 |
| Corner Of Air Seal Bracket | 1 | 4464 |
| Intaled Air Seal | 3 | 1116 |
| Driven Wheelset Track Gauge 1435 mm | 16 | 496 |
| Lateral Oil Damper | 2 | 744 |
| Bushing | 1 | 372 |
| Derailment detection Device | 3 | 372 |
| Derailment detection System | 4 | 124 |
| Side Bearer | 3 | 744 |
| Levelling Link | 2 | 744 |
| Automatic Tight Locked Bolt_Hex_Iso 4014 (B42EA20145) | 6 | 2976 |
| Bolt_Hex_Iso 4014 (B42PI24320) | 4 | 2976 |
| Nut_Hex_With Clamping Part_ISO 7042 | 1 | 496 |
| Bolt_Hex_Iso 4014 (B42EJ2080) | 2376 | 2976 |
| Pressure Regulator | 4 | 62 |
| Solenoid Valve | 10 | 186 |
| Pipeline Filter | 4 | 62 |
| O-Ring | 100 | 100 |
| Traction Motor | 71 | 496 |
| CCDJB Fuse | 2 | 248 |
| Surge Arrestor | 1 | 124 |
| HSCB | 2 | 124 |
| TCMS MC Car Rack | 4 | 62 |
| Ethernet Switch | 1 | 186 |
| Distribution Board & AV Panel M | 3 | 62 |

| Material | Temuan NCR | QTY TOTAL |
|--------------------------|-------------|--------------|
| Compressor Control Panel | 1 | 62 |
| Head Lamp | 1 | 248 |
| Front Signal Lamp Red | 1 | 248 |
| PIS PAS system | 6 | 31 |
| Male Insert Weidmuller | 2 | 775 |
| Female Insert Weidmuller | 1 | 775 |
| Hood | 1 | 248 |
| Fibox | 7 | 1364 |
| HMI OBCU | 3 | 62 |
| Relay | 1 | 744 |
| Glass Tube | 744 | 1116 |
| Temperatur Sensor PT1000 | 1 | 186 |
| Head Lamp Connector H3 | 64 | 496 |
| TOTAL | 3481 | 29891 |

| Keterangan |
|------------|
| Interior |
| Mekanik |
| Elektrik |

Berikut cara perhitungan peta *control chart* pada pengadaan material & komponen.

1) Menghitung persentase kerusakan dengan cara:

Maskara Top

$$P = \frac{2}{62} = 0,032258065,$$

dan seterusnya.

2) Menghitung garis pusat CL dengan memasukkan data total jumlah produksi lalu dibagi dengan total jumlah cacat dengan cara:

$$p = CL = \frac{3481}{29891} = 0,116244259$$

3) Menghitung batas kendali atas (UCL) dengan memasukkan nilai \bar{p} . pada perhitungan sebelumnya lalu mengikuti cara:

UCL =

$$0,116244259 + 3 \sqrt{\frac{0,116244259(1-0,116244259)}{45}}$$

$$= 0,259584087$$

4) Menghitung batas kendali bawah LCL dengan memasukkan nilai p pada perhitungan sebelumnya lalu mengikuti langkah berikut:

$$UCL = 0,116244259 - 3$$

$$\sqrt{\frac{0,116244259(1-0,116244259)}{45}}$$

$$= -0,027095569$$

Gambar 4 menampilkan peta *control chart* pada pengadaan material & komponen.

2. Analizye

Dalam proses *analyze*, digunakan diagram sebab akibat (*fish bone*). Uraian berikut merupakan penjelasan sebab akibat pada uji *water test* dan uji *underframe* serta material & komponen.

a. Uji Water Test dan Uji Underframe

1) Metode

Faktor *overload* produksi dapat mempengaruhi tempat yang digunakan menjadi terbatas sehingga proses yang seharusnya dijalankan dilewatkan. Tahapan atau proses yang semestinya dijalankan malah dilewatkan karena susah tempat, sehingga pengecekan atau uji kualitas metode yang digunakan menjadi kurang optimal.

2) Komponen

Faktor kualitas komponen disebabkan karena terbatasnya komponen impor, sehingga perusahaan memakai kualitas nomor dua yang merupakan buatan lokal, sehingga spesifikasinya tidak sesuai yang akhirnya timbul kerusakan.

3) Alat

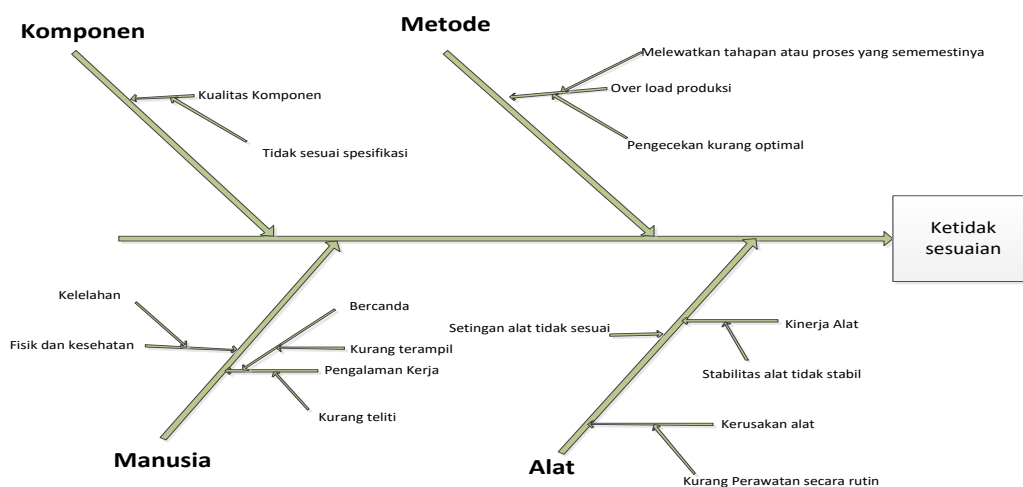
Faktor alat saat proses pemasangan sering ditemukan alat yang rusak ini

karena minimnya perawatan dan tidak ada bagian khusus perawatan alat yang dipakai selain itu kinerja alat juga mempengaruhi karena di pakai terus menerus dan akhirnya stabilitas alat tidak stabil serta setingan alat tidak sesuai ini biasa terjadi pada alat pengencang baut yang menggunakan pistol tembak angin (Penumetik).

4) Manusia

Faktor manusia disebabkan oleh kurangnya pengalaman kerja, namun bukan karena lamanya bekerja melainkan produk yang dibuat adalah produk baru sehingga mereka tidak memahami karakteristik setiap komponen sehingga menjadi kurang terampil dan kalau ada masalah rumit sering menunggu orang dari bagian divisi teknologi, akhirnya waktu terlewatkan cukup lama, dan karyawan juga sering bercanda saat bekerja. Selain itu faktor fisik juga mempengaruhi, semakin sore semakin menurun.

Gambar 6 menampilkan diagram sebab akibat pada uji *water test* dan uji *underframe*.



Gambar 6. Diagram Sebab Akibat (*Fish Bone*) Uji *Water Test* dan Uji (Sumber: Data Olahan, 2019)

b. Uji Material & Komponen

1) Metode

Faktor pengembangan dan penelitian produk baru yang kurang maksimal sehingga untuk komponen buatan lokal baik itu hasil produk sendiri baik yang dikerjakan desain dan *bill of material* diberikan oleh divisi teknologi PT INKA kesalahan tersebut secara otomatis mempengaruhi hasil kualitas komponen yang diproduksi, ditambah

lagi cara penyimpanan komponen yang diletakan di luar gudang.

2) Lingkungan

Faktor lingkungan disebabkan oleh kondisi gudang yang penuh sehingga banyak komponen yang di tempuk tidak sesuai aturan dan sebagian komponen juga di simpan di luar gudang.

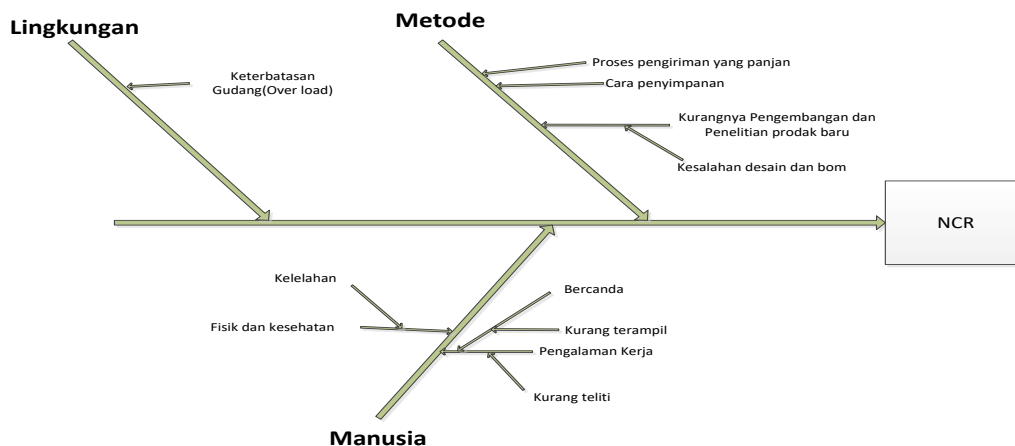
3) Manusia

Faktor manusia disebabkan oleh

kurangnya pengalaman kerja bukan karena lamanya mereka bekerja melainkan prodak yang dibuat adalah prodak baru sehingga mereka tidak terlalu memahami karakteristik setiap komponen selain itu karyawan sering

bercanda saat kerja dan faktor fisik juga mempengaruhi semakin sore semakin menurun.

Gambar 7 menampilkan diagram sebab akibat pada material dan komponen.



Gambar 7. Diagram Sebab Akibat (*Fish Bone*) pada material dan komponen
(Sumber: Data Olahan, 2019)

3. Improve

Saran-saran yang dapat diberikan kepada PT INKA apabila akan mengimplementasikan usulan perbaikan, yaitu:

- Fokus ke salah satu proyek. Kondisi pabrik yang *overload* dikarenakan banyaknya proyek yang dikerjakan dengan waktu yang hampir bersamaan. Proyek tersebut diantaranya Kereta Bangladesh 250 gerbong, PT KAI 448 gerbong, dan Filipina 6 KR, 3 lokomotif, 15 kereta penumpang serta LRT Jabodetabek 186 gerbong, belum lagi proyek yang lain.
- Melakukan proses perawatan terhadap alat terutama pada alat pengencang baut pneumatik.
- Tidak menggunakan komponen atau material kualitas nomor dua atau pengganti. Jika terpaksa lakukan penelitian dan pengujian terlebih dahulu.
- Perusahaan sebaiknya melakukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut sebelum memproduksi produk baru sehingga tidak ada kesalahan BOM.
- Melakukan pelatihan pada karyawan jika ada produk baru.

4. Control

- Pelaksanaan proses produksi yang terganggu karena kondisi pabrik yang *overload* bentuk *control* yang sedang dilakukan salah satunya dengan membangun pabrik baru di Banyuwangi dengan investasi sebesar Rp 30 triliun.

- Pelaksanaan *maintenance* pada alat yang dipakai belum ada terutama alat yang digunakan untuk proses pengencangan baut *underframe*. Bentuk *control* yang harus dilakukan adalah dengan cara melakukan pemeriksaan secara berkala dan sebelum digunakan juga diperiksa khususnya pada alat pengencang baut pneumatik untuk memastikan kondisi selang dan sambungan tidak bocor dan kapasitas angin mencukupi sehingga pengencangan bisa maksimal.
- Pelaksanaan pengadaan komponen dari dalam negeri yang kualitasnya kurang bentuk *control* yang dilakukan ialah melakukan pencatatan dan penimbangan seluruh ketidaksesuaian material dan komponen setiap hari dari masing-masing jenis dan melaporkan hasil penimbangan temuan NCR berdasarkan tipe produk kepada penyedia atau produsen.
- Pelaksanaan pengembangan dan penelitian proses *control* ketika ditemukan banyak NCR bagian teknologi langsung mengevaluasinya dan berkerjasama dengan produsen lokal maupun luar negeri untuk mengganti masalah tersebut hanya saja memerlukan waktu dan biaya.
- Pelaksanaan pelatihan untuk karyawan pada proyek LRT sebenarnya sudah dilakukan, permasalahannya hanya proses *control* yang harus dilakukan di QC *final* maupun di PPC ialah menempatkan orang

yang berpengalaman di LRT dengan mendatangkan orang dari luar maupun dari orang dalam PT INKA yang sudah pernah melakukan pelatihan.

KESIMPULAN

Dari hasil Analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa proses pemeriksaan komponen *underframe* dan *uji water test* pada proyek LRT memiliki kapabilitas proses yang baik. Nilai DPMO adalah 3.076,65 dan memiliki tingkat sigma sebesar 4,524 yang dapat jelaskan bahwa dari sejuta kesempatan yang ada akan terdapat 3.076,65 kemungkinan bahwa proses produksi itu tidak mampu memenuhi toleransi yang ditetapkan perusahaan. Tingkat sigma 4,524 yang menunjukkan bahwa kapabilitas proses pengujian mekanik berada pada rata-rata industri Amerika. Untuk *defect* tertinggi berupa baut kendur sebanyak 30 unit dengan persentase 42,86%, hanya saja sebelum masuk ke bagian QC *final* mekanik sebenarnya sudah dilakukan uji yang sama dan tingkat sigma 4,524 tentu ini sangat tidak baik dan memakan waktu dan biaya. Seharusnya tingkat sigma bisa di atas 5 karena sudah melalui uji yang sama sebelumnya di bagian *finishing*.

Proses pengadaan material dan komponen LRT sampai tanggal 25 oktober 2019 memiliki kapabilitas proses yang kurang baik. Nilai DPMO adalah 2.587,92 dan memiliki tingkat sigma sebesar 4,6060 yang dapat dijelaskan bahwa dari sejuta kesempatan yang akan ada terdapat 2.587,92 kemungkinan bahwa proses produksi itu tidak mampu memenuhi toleransi yang ditetapkan perusahaan. Hal ini menunjukkan pola pengadaan material dan komponen belum dikelola dengan tepat. Untuk temuan NCR yang terparah ialah pada material Bolt-Hex-Iso 4014(842EJ2080) sebanyak 2976 temuan dengan persentase 68,26%.

Dari data di atas maka *waste defect* yang ditemukan di material dan komponen serta produk jadi pada proyek LRT Jabodebek memberi pengaruh terhadap produktifitas perusahaan yang mempengaruhi tidak tercapainya target.

DAFTAR PUSTAKA

Noori, B. 2017, Development of Six Sigma Methodology to Improve Grinding Processes: A Change Management Approach, *Islamic Azad Universty West Tehran, Iran*, DOI: 10.1108/IJLSS-11-2016-0074.

Girmanova, L.; Solc, M.; Kliment, J.; Divokova, A.; and Miklos, V., 2017, Application of Six Sigma Using DMAIC Methodology in the Process of Product Quality Control in Metallurgical Operation, *Technical University Of Kosice, Slovak Republic*, DOI: 10.1515/ata-2017-0020.

Hasibuan, S.P.M., 2005, *Manajemen Sumber Daya Manusia*, Edisi Revisi, Jakarta: Bumi Aksara.

Husein, U., 2000, *Riset Pemasaran dan Penilaian Konsumen*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka.

Karini, N.D. dan Cahyana, B.J., 2018, Analisis Peningkatan Produktivitas dengan Penerapan Metode Marvin E. dan Six Sigma yang Berkaitan dengan Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk di PT XYZ. XII, *Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal*, (01): 93-107.

Sembiring, K., 2011, *Teknologi Manajemen Operasi*, URL:<http://id.shvoong.com/technologyoperations-management>, 26 Oktober 2019.

Widiyawati, S. dan Assyahlahi, S., 2017, Perbaikan Produktivitas Perusahaan Rokok Melalui Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Six Sigma, *Fakultas Teknik, Universitas Brawija*, 02 (02) 32-38.

BIODATA PENULIS

Suseno, STP., M.T., lahir di Surabaya tanggal 24 Mei 1971, menyelesaikan pendidikan S1 bidang Teknologi Industri Pertanian dari UGM tahun 2000, dan S2 program studi Teknik Industri dari ITS Surabaya tahun 2004. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta (UTY) dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat Optimasi.

Cahyanto, lahir di Cilacap tanggal 29 Juni 1993, saat ini sedang menempuh studi jenjang Sarjana Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta.

PEMBUATAN TEH DAUN GAMBIR (*Uncaria Gambir Roxb*) ASAL KALIMANTAN BARAT PADA VARIASI SUHU PENGERINGAN

Dodi Iskandar¹, Noval Aditya Ramdhan²

^{1,2}Politeknik Negeri Pontianak

Email: ¹iskandar.dodi79@gmail.com, ²naraditnoval@gmail.com

Masuk: 14 Juli 2020, Revisi masuk: 26 Juli 2020, Diterima: 29 Juli 2020

ABSTRACT

Gambir (Uncaria gambir roxb) belongs to family Rubiaceae and genus Uncaria. The content of chemical compounds in plants is called phytochemicals. Plants can be a source of chemical compounds that can be used as medicine. The method used in this study is an experiment in the Laboratory, using qualitative phytochemical testing following procedures (Tariq and Reyaz, 2012) and total phenol testing using the Folin-Ciocalteu method from Xu and Chang (2007). Gambir leaf tea characteristics approaching SNI 2013 are at a temperature of 90°C with a moisture content of 14, 3223% (db), 16.8312%. Ash content of 90°C 3,9326 with total phenol levels contained in gambier leaves 3.9 mg GAE/10mg. The compounds contained in gambir leaves include flavonoids, tannins and saponins.

Keywords: *Qualitative phytochemical test, Total phenol test, Uncaria gambir roxb.*

INTISARI

Gambir (*Uncaria gambir roxb*) termasuk keluarga *Rubiaceae* dan genus *Uncaria*. 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 fitokimia kualitatif mengikuti prosedur prosedur (Tariq dan Reyaz, 2012) dan uji total fenol dengan metoda Folin-Ciocalteu dari Xu dan Chang (2007). Karakteristik teh daun gambir yang mendekati SNI 2013 adalah pada suhu 90°C dengan kandungan kadar air 14, 3223%(db), 16,8312%. Kadar abu 90°C 3,9326 dengan kadar total fenol yang terkandung pada daun gambir 3,9 mg GAE/10mg. Senyawa yang terkandung dalam daun gambir meliputi flavonoid, tanin dan saponin.

Kata-kata kunci: *Gambir (Uncaria gambir roxb), Uji Fitokimia kualitatif, Uji Total Fenol.*

PENDAHULUAN

Gambir (*Uncaria gambir roxb*) termasuk keluarga *Rubiaceae* dan masuk genus *Uncaria*. Menurut Bappeda (2012), tanaman ini sangat berkhasiat untuk mencegah dan mengobati kanker, *Uncaria gambir roxb* adalah 100% bahan organik yang banyak tumbuh di hutan liar Indonesia serta biasa tumbuh liar di tempat-tempat lainnya yang bertanah agak miring dan cukup mendapatkan sinar matahari serta curah hujan merata setiap tahun. Tanaman gambir biasanya tumbuh di ketinggian antara 200-900 m di atas permukaan laut. tanaman ini kebanyakan berada di daerah Kalimantan dan Sumatra, salah satu komoditas unggulan dan spesifik lokasi Provinsi Sumatera Barat. Terdapat sekitar 34 spesies gambir dari jenis *Uncaria*, dimana satu macam terdapat di Afrika, dua macam di Amerika dan selebihnya terdapat di Asia, terutama di Kepulauan Indonesia. Tanaman

gambir biasanya dimanfaatkan adalah getahnya sebagai bahan untuk menyirih, bagian lain tanaman yang dapat dimanfaatkan daunnya. Daun gambir mengandung katekin. Kandungan katekin memberikan efek antioksidan yang baik untuk tubuh. Agar distribusi luas dan masa simpan panjang maka daun gambir diolah menjadi teh herbal.

Teh herbal merupakan teh yang berasal dari hasil pengolahan bunga, biji, daun, kulit dan akar dari tanaman selain tanaman teh (*Camellia sinensis*). Pada umumnya, pengolahan teh herbal hampir sama dengan pengolahan teh pada umumnya begitupula dalam cara penyajiannya. Teh herbal dapat dikonsumsi dalam bentuk tunggal maupun campuran herbal. Teh herbal merupakan produk yang saat ini banyak dikonsumsi dan lebih disukai oleh masyarakat karena bahan bakunya lebih mudah didapat dan khasiatnya lebih beragam tergantung dari

bahan baku yang digunakan. Beberapa teh herbal yang saat ini telah dikenal oleh masyarakat seperti teh jahe, teh daun pacar air, teh daun salam, dan teh bunga rosela (Hambali, dkk., 2005).

Seiring kesadaran masyarakat yang semakin meningkat mengenai kesehatan mendorong pola konsumsi masyarakat terhadap produk herbal semakin meningkat. Menurut data WHO menunjukkan bahwa permintaan produk herbal di negara Eropa dan Timur tengah dalam kurun waktu 1999-2004 diperkirakan mencapai 66% dari permintaan dunia. Hal ini pun mendorong penelitian terhadap produk herbal semakin berkembang pesat (Hambali, dkk., 2005).

Daun teh yang mengandung tanin mempunyai khasiat sebagai anti-diare, astrigen, sariawan dan menghentikan pendarahan, serta membantu menetralkan lemak dalam makanan, tetapi juga mencegah oksidasi lemak densitas rendah yang bisa menjadi plak, menurunkan kolesterol darah, menyegarkan pernafasan, dan merangsang batang otak (Jamal, 2010).

Uji Fitokimia Teh Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa terbesar dari golongan fenol alam. Flavonoid dimiliki oleh sebagian besar tumbuhan hijau dan biasanya terkonsentrasi daun, biji buah, kulit buah, kulih pohon dan bunga. Senyawa flavonoid Bagi tumbuhan berperan dalam pertahanan diri terhadap hama dan penyakit. manfaat flavonoid antara lain untuk melindungi struktur sel, meningkatkan efektifitas vitamin C, antiinflamasi, mencegah keropos tulang dan sebagai antibiotik (Haris, 2011). Flavonoid terbukti mempunyai efek biologis antioksidan yang sangat kuat yang dapat menghambat penggumpalan keping-keping sel darah, merangsang pembentukan produksi nitrit oksida (NO) yang berperan menghambat pertumbuhan sel kanker dan melebarkan pembuluh darah (Winarsi, 2011)

Saponin

Saponin merupakan glikosida yang memiliki aglikon berupa steroid dan triterpenoid. Saponin memiliki berbagai kelompok glikosil yang terikat pada posisi C3, tetapi beberapa saponin memiliki dua rantai gula yang menempel pada posisi C3 dan C17 (Vincken, dkk., 2007). Saponin pada teh memiliki aktivitas biologis, diantaranya bersifat anti inflamasi, anti

bakteri, insektisida, analgesik serta penghambatan penyerapan alkohol.

Tanin

Tanin merupakan senyawa yang umum terdapat pada daun, batang dan buah. Tanin adalah senyawa aktif tumbuhan yang termasuk golongan polifenol yang mempunyai rasa sepat. Sumber tanin salah satunya ialah tanaman teh. Tanin dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks mulai dari pengendap protein hingga pengkkelat logam. Tanin juga dapat berfungsi sebagai antioksidan biologis.

Alkaloid

Alkaloid adalah golongan senyawa basa bernitrogen yang kebanyakan heterosiklik dan terdapat umumnya di tumbuhan.

Uji Total Fenol

Senyawa fenolik merupakan senyawa bahan alam yang cukup luas penggunaannya saat ini. Kemampuannya sebagai senyawa biologi aktif memberikan suatu peran yang besar terhadap kepentingan manusia. Salah satunya sebagai antioksidan untuk pencegahan dan pengobatan penyakit degeneratif, kanker, penuaan dini, dan gangguan sistem imun tubuh (Apsari, dkk., 2011).

Gambir (*Uncaria gambir roxb*)

Taksonomi tanaman Gambir (*Uncaria gambir roxb*) adalah:

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

Tanaman Gambir (*Uncaria gambir roxb*) 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)

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun gambir (*Uncaria gambir roxb*) asal Pontianak Kalimantan Barat, larutan timbal, aquadest, HCl 2N, indigokarmin, NaOH 5%, asam asetat glasial, FeCl₃, H₂SO₄, KMnO₄ 0,1N, Na-Oksalat, asam asetat anhidrida, klorofm, kertas saring, aluminium foil, dan kertas label.

Metode

Metode yang digunakan adalah eksperimen pembuatan teh daun gambir di Laboratorium menggunakan pengujian fitokimia kualitatif dan uji total fenol. Berikut ini adalah tahapan-tahapannya:

1. Uji Kadar Air (Nielsen, 2010)
Sampel yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 2-5 gr dan diletakkan pada cawan porselin yang telah diketahui bobot keringnya. Selanjutnya dikeringkan dengan oven memmert pada suhu 105°C sampai berat konstan. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator, ditimbang bobot akhirnya.
2. Uji Kadar Abu (Sudarmadji, dkk., 2010)
Sampel ditimbang sebanyak 2-5 gram yang telah diketahui bobot keringnya. Sebelum diabukan, sampel telah terlebih dahulu dipanaskan diatas pemanas destruksi hingga terbentuk arang dan tidak berasap lagi. Selanjutnya sampel diabukan di dalam tanur listrik pada suhu 550°C hingga terbentuk warna abu-abu. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator, diulang beberapa kali hingga berat konstan dan diletakkan dalam cawan porselen
3. Uji Kadar Tanin (Andriyani, 2010)
Sebanyak 5 gr bahan yang telah ditumbuk halus ditambah 400 ml aquadest kemudian dididihkan selama 30 menit. Kemudian dimasukkan kedalam labu takar 500 ml dan ditambah aquadest sampai tanda tera, lalu disaring (Filtrat I). Diambil 10 ml Filtrat I ditambah 25 ml larutan indigokarmin dan 750 ml aquadest. Selanjutnya dititrasi dengan larutan KMnO₄ 0,1 N sampai warna kuning emas, misal diperlukan A ml. Diambil 100 ml Filtrat I ditambah berturut-turut 50 ml larutan gelatin, 100 ml larutan garam asam, 10 gram kaolin powder. Selanjutnya digojog kuat-kuat beberapa menit dan disaring (Filtrat II). Diambil 25 ml Filtrat II, dicampur dengan larutan indigokarmin sebanyak 25 ml dan aquadest 750 ml kemudian dititrasi

dengan larutan KMnO₄ 0,1 N, misal butuh B ml. Standarisasi larutan KMnO₄ dengan Na-oksalat.

4. Uji Fitokimia Kualitatif (Tariq dan Reyaz, 2012)
 - a. Uji Flavonoid
Sebanyak 0,3 gram ekstrak air dilarutkan dalam 2ml akuades lalu ditambahkan dengan 1ml larutan timbal asetat dan adanya flavonoid di tandai dengan munculnya endapan warna putih.
 - b. Uji Alkaloid
Sebanyak 0,3 gram ekstrak air ditambah HCl 2N, setelah itu dipanaskan dengan selama 2-3 menit, sambil diaduk. Setelah dingin, campuran disaring dan ditambah beberapa tetes larutan NaOH 5%. Adanya alkaloid ditandai dengan perubahan larutan menjadi keruh atau munculnya endapan kuning.
 - c. Uji Tanin
Sebanyak 0,3 gram ekstrak air dilarutkan dalam 1 ml air, dicampur merata dan kemudian 2 tetes larutan FeCl₃ ditambahkan. Adanya tanin galatditandai dengan warna biru sedangkan adanya tanin catecholic ditandai dengan warna hitam hijau
 - d. Uji Saponin
Sebanyak 0,3 gram ekstrak air dilarutkan dengan 5 ml akuades dan adanya saponin ditunjukkan dengan adanya buih yang stabil.
5. Uji Total Fenol (Xu dan Chang 2007)
Pembuatan larutan stok ekstrak daun gambir sebanyak 10ml, kemudian dilarutkan dalam etanol 96% 10 ml dalam labu takar, selanjutnya dipipet sebanyak 1 ml larutan ekstrak daun gambir dan tambahkan 4 ml larutan Na₂CO₃ 7% digojok hingga homogen, selanjutnya dipanaskan dengan suhu 50°C selama 5 menit kemudian diamkan pada suhu ruang selama 10 menit dan ukur serapan pada panjang gelombang serapan maksimum 744,8 nm. Lakukan 3 kali pengulangan. Kadar fenol total ditunjukkan dalam *gallic acid equivalent* (GAE) dalam (mg/g) dengan rumus sebagai berikut:
$$\text{Kadar Fenol Total (mg QE/g)} = \frac{c \times V \times F}{m} \quad (1)$$

Keterangan:
C = Konsentrasi total fenol dari kurva standar (mg/L)
V = Volumr Ekstrak (L)

M = Berat Ekstrak
F = Faktor Pengenceran

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

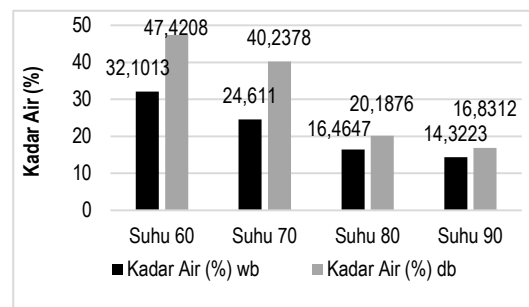
Kadar Air

Kadar air merupakan sejumlah air yang terkandung dalam suatu bahan termasuk bahan pangan. Kadar air merupakan persentase kandungan air suatu bahan yang dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) dan berat kering (*dry basis*) kadar air ini adalah parameter penentu mutu bahan. Air dalam bahan pangan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan daya simpan.

Berdasarkan pada hasil pengujian kadar air wb dan db yang terdapat pada daun gambir kering, dapat diketahui bahwa daun gambir dengan variasi suhu pengeringan memiliki persentase kadar air yang berbeda dimana kadar air yang terendah di dapat pada suhu pengeringan 90°C dengan persentase (wb)14,3223%, (db) 16,8312% dan tertinggi pada suhu pengeringan 60°C dengan persentase (wb) 32,1013, (db) 47,4208 kemudian disusul dengan suhu pengeringan 70°C dan 80°C. Hal ini menunjukkan belum tercapainya kadar air yang sesuai dengan syarat Teh Mutu kering yang ditetapkan (*Badan Standarisasi Nasional, 2013*) dengan nilai maksimal kadar air 8,0%. Tinggi nya kadar air saat dilakukan analisa pembuatan teh daun gambir bisa disebabkan adanya masalah teknis saat pengeringan dengan menggunakan oven, lama waktu pengeringan dan pemetikan daun. Berdasarkan penelitian dari Supriyanto, dkk. (2014) tentang teh daun kakao, teh daun kakao dari petikan atas memiliki kadar air lebih tinggi daripada teh dari petikan daun bawah. Teh yang berasal daun tua memiliki jumlah kadar air yang sedikit dikarenakan sel-sel yang sudah rusak sehingga mengganggu jalannya transportasi air dari akar ke daun, sedangkan pada daun muda kadar airnya tinggi karena memiliki lebih banyak sel yang aktif (Lakitan, 1993)

Menurut Nurawan dan Herawati (2006) kadar air sangat mempengaruhi mutu teh kering, pada produk mutu teh kering

akan mempengaruhi umur simpan, dimana apabila teh kering mengandung cukup banyak kadar air akan mengakibatkan teh cepat lembab dan mudah rusak. Rata-Rata kadar air teh daun gambir dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan Tabel 1 menampilkan hasil identifikasi kualitatif fitokimia.



Gambar 2. Histogram Kadar Air Teh Daun Gambir

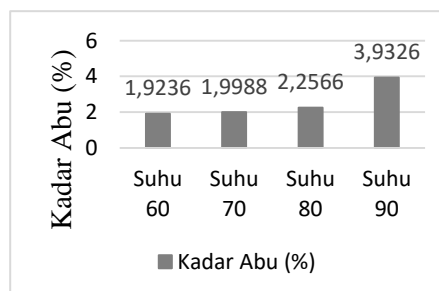
Tabel 1. Identifikasi Kualitatif Fitokimia

| Senyawa | Tanda | Keterangan |
|-----------|-------|--|
| Flavonoid | + | Ditandai dengan adanya endapan warna putih |
| Alkaloid | - | Tidak terjadi perubahan larutan menjadi keruh/munculnya endapan kuning |
| Tanin | + | Larutan ditandai dengan warna hitam hijau |
| Saponin | + | Larutan ditandai adanya buih yang stabil |

(Sumber: Data Terolah, 2020)

Kadar Abu

Kadar abu digunakan untuk mengetahui jumlah bahan anorganik yang tidak terabukan yang terkandung didalam gambir. Kadar abu merupakan indikator yang menyatakan tingkat ketidakmurnian yang ada didalam daun gambir. Hasil uji kadar abu teh daun gambir yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram Kadar Abu Teh Daun Gambir

Hasil penelitian kadar abu pada teh daun gambir menunjukkan bahwa suhu pengeringan berpengaruh pada hasil kadar abu. Data pada Tabel 3 menunjukkan kadar abu daun gambir pada suhu pengeringan 60°C yaitu 1,9236, 70°C yaitu 1,9988, 80°C yaitu 2,2566 dan 90°C 3,9326. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi suhu maka kadar abu juga semakin meningkat. Hasil yang didapatkan sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Asrawaty (2011), bahwa peningkatan kadar abu terjadi karena semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu pengeringan.

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (2013) kadar abu untuk teh kering adalah maksimal 8,0%. Hasil yang diperoleh dari penelitian kadar abu ini memenuhi SNI teh kering dalam kemasan. Menurut Haris dan Karmas (1989) semakin tinggi suhu pengeringan akan meningkatkan kadar abu karena peningkatan suhu yang sesuai dalam suatu proses pengeringan tidak mengakibatkan kerusakan zat gizi bahan makanan terutama mineral.

Fitokimia Kualitatif

Dari hasil analisis fitokimia kualitatif menunjukkan bahwa daun gambir mengandung Flavonoid, Tanin dan Saponin. Sementara itu Alkaloid tidak terdeteksi pada daun gambir (Tabel 1).

Menurut para ahli, adapun senyawa yang terkandung pada daun gambir memiliki manfaat yang baik untuk kesehatan. Kandungan flavonoid berfungsi sebagai antioksidan untuk penyakit kanker, antimikroba, dan antivirus. Selain itu, khasiat antioksidan juga bisa diperoleh dari golongan senyawa fenol. Tanin merupakan senyawa fenol yang larut dalam air, memiliki berat molekul 500-3.000, dan menimbulkan rasa pahit/sepat di dalam teh. Selain tanin, saponin juga berkontribusi terhadap rasa pahit di dalam teh. Saponin merupakan senyawa fenolik yang memiliki aktivitas yang luas seperti antibakteri, antifungi, kemampuan menurunkan kolesterol dalam darah, dan menghambat pertumbuhan sel tumor (Vinarova dan Atanasov, 2015).

Total Fenol

Senyawa fenol adalah salah satu senyawa yang terdistribusi pada bagian tumbuhan (Pangesty, 2016), dengan kadar yang berbeda-beda pada setiap bagian tumbuhan (Salimi, 2012). Senyawa fenol juga banyak terdistribusi di daun

(Felicia, dkk., 2016). Fenol terdistribusi pada tumbuhan bermanfaat sebagai antioksidan biasanya digunakan untuk mencegah reaksi radikal bebas. Fenol adalah suatu senyawa aromatik yang struktur kimianya diturunkan dari *benzene*. Hasil kadar total fenol ekstrak daun gambir dengan larutan etanol 96% dengan pengujian spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang serapan maksimum 744,8 nm tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Fenol Ekstrak Daun Gambir

| Sampel | Ulangan | Kons. (mg/L) | Kadar Fenol (GAE) |
|-----------|---------|--------------|-------------------|
| Ekstrak | 1 | 0,374 | 3,74 |
| Daun | 2 | 0,383 | 3,83 |
| Gambir | 3 | 0,413 | 4,13 |
| Rata-Rata | | 0,39 | 3,9 |

(Sumber: Data Terolah, 2020)

Keterangan:

Konsentrasi (mg/L) merupakan nilai hasil absorbansi kadar fenol yang diukur dengan spektrofotometri UV-Vis.

Kadar fenol (GAE) dengan menggunakan konsentrasi ekstrak 1 (mg/ml) yang kemudian dihitung menggunakan rumus penentuan kadar total fenol.

Pada penetapan kadar fenol, dibuatlah seri larutan standar asam galat, asam galat merupakan larutan standar dalam uji yang tergolong asam fenol sederhana (Vemmeris dan Nicholson, 2006), agar memperoleh persamaan regresi yang selanjutnya digunakan untuk menetapkan kadar fenol dalam sampel. Dari hasil pengukuran absorbansi larutan standar pada Panjang gelombang maksimum 744,8 nm diperoleh persamaan regresi linier dan kurva kalibrasi (hubungan antara konsentrasi (x) dan absorbansi (y) dari seri larutan standar.

Kadar total fenol dihitung dengan memasukkan data nilai serapan sampel ke dalam persamaan garis regresi linier $y=ax+b$, yang diperoleh dari kurva kalibrasi asam galat. Hasil kandungan fenol total dalam tumbuhan dinyatakan dalam satuan GAE (*Galllic Acid Equivalent*) yaitu mg konsentrasi ekstrak per gram sampel (mg/g). Untuk mengetahui kandungan total fenol dapat digunakan rumus konsentrasi hasil absorbansi (mg/L) dibagi konsentrasi ekstrak (sampel) (g/L) (Saeed, dkk., 2012).

Berdasarkan hasil penelitian total fenol pada teh daun gambir didapatkan bahwa kadar nilai fenol pada ulangan 3 lebih tinggi yaitu 4,13 mg GAE/10mg sedangkan nilai ekstrak ulangan 1 dan 2 tidak berbeda

signifikan adapun nilai ulangan 1 yaitu 3,74 mg GAE/10mg, ulangan 2 yaitu 3,83 mg GAE/10mg. Mengingat teh daun gambir memiliki kandungan fenol yang baik, kedepannya produk teh daun gambir akan lebih banyak diminati oleh masyarakat karena senyawa fenol dikenal memiliki aktivitas antioksidan.

Karakteristik kimia teh daun gambir yang dihasilkan adalah kadar air pada suhu 60°C 32,1013% (wb), 47,4208% (db), suhu 70°C 24,611% (wb), 40,2378% (db), suhu 80°C 16,4647% (wb), 20,8312% (db) dan suhu 90°C 14,3223%(db), 16,8312% (wb).

Kadar Abu pada suhu 60°C 1,9236, suhu 70°C 1,9988, suhu 80°C 2,2566 dan suhu 90°C 3,9326. Kadar fenol yang dihasilkan dari teh daun gambir adalah ulangan 1 3,74 mg GAE/10mg, ulangan 2 3,83 mg GAE/10mg dan ulangan 3 4,13 mg GAE/10mg sehingga rata-rata total fenol daun gambir 3,9 mg GAE/10mg.

Karakteristik teh daun gambir yang mendekati SNI 2013 adalah pada suhu 90°C dengan kandungan kadar air 14,3223%(db), 16,8312%. Kadar abu 90°C 3,9326 dengan kadar total fenol yang terkandung pada daun gambir 3,9 mg GAE/10mg.

Senyawa yang terkandung dalam daun gambir meliputi flavonoid, tanin dan saponin. Sedangkan alkaloid pada daun gambir negatif.

KESIMPULAN

Karakteristik teh daun gambir yang mendekati SNI 2013 adalah pada suhu 90°C dengan kandungan kadar air 14,3223%(db), 16,8312%. Kadar abu 90°C 3,9326 dengan kadar total fenol yang terkandung pada daun gambir 3,9 mg GAE/10mg. Senyawa yang terkandung dalam daun gambir meliputi flavonoid, tanin dan saponin.

DAFTAR PUSTAKA

Andriyani, D., 2010, Penetapan Kadar Tanin Daun Rambutan (*Nepheleum Lappaceum*.L) secara Spektrofotometri Ultraviolet Visibel, Purwokerto: Fakultas Farmasi Muhammadiyah Purwokerto.

Apsari, P.D., dan Susanti, H., 2011, Penetapan Kadar Fenolik Total Ekstrak Metanol Kelopak Bunga Rosella Merah (*Hibiscus sabdariffa* Linn) dengan Variasi Tempat Tumbuh Secara Spektrofotometri, *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 2(1): 73-80.

Asrawaty, 2011, Pengaruh Suhu dan Lama Pengerinan Terhadap Mutu Tepung Pandan, *Jurnal KIAT*, Edisi Juni, Universitas Alkhairaat, Palu.

Bappeda Sumatera Barat, 2012, *Sumatera Barat dalam Angka Tahun 2011*.

Felicia, N., Widarta, I.W.R., dan Yusasrini, N.L.A., 2016, Pengaruh Ketuaan Daun dan Metode Pengolahan Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Karakteristik Sensoris Teh Herbal Bubuk dan Alpukat (*Persea americana* mill.), *Jurnal ITEPA*, 5(2): 85-94.

Haris, M. 2011. Penetapan Kadar Flavonoid Total dan Aktifitas Antioksidan dari Daun Dewa (*Gynura pseudochina*) Dengan Spektrofotometer UV-Visible. (Skripsi). Padang: Universitas Andalas

Haris, R. dan Karmas, E., 1989, Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan. ITB, Bandung.

Hambali, E.M.Z., Nasution, dan Herliana, E., 2005, *Membuat Aneka Herbal Tea*, Jakarta: Penebar Swadaya.

Jamal, R., 2010, Prinsip-prinsip Dasar Isolasi dan Identifikasi, Padang: Penerbit Universitas Baiturrahma.

Lakitan, B., 1993, *Dasar-Dasar Fisiologis Tumbuhan*, Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Nurawan, A. dan Herawati, H., 2006, Peningkatan Nilai Tambah Produk Teh Hijau Rakyat di Kecamatan Cikalong Wetan Kabupaten Bandung, *Laporan Penelitian*, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Jawa Tengah.

Nielsen, S.S., 2010, *Food Analysis Laboratory Manual*, 2nd Edition, Springer Science+Business Media, LLC.

Pangestuty, A., 2016, *Uji aktivitas antioksidan dan penetapan kadar fenolik total fraksi etil asetat ekstrak etanol buah buni [Antidesma bunius L.(Spreng)] dengan metode 2,2-difenil-1 pikrilhidrazil (DPPH) dan metode folin-ciocalteu*, Universitas Sanata Dharma

Salimi, Y.K., 2012, *Peranan ekstrak dan tepung sorgum (Sorghum bicolor L.) dalam penghambatan kanker secara in vitro dan in vivo pada mencit balb/c*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, IPB.

Supriyanto, P., Darmadji, dan Susanti, I., 2014, Studi Pembuatan Teh Daun Kakao (*Theobroma cacao*, L) Sebagai Minuman Penyegar, *Jurnal Agritech*, 34(4), November 2014.

Sudarmadji, Slamet, Bambang Haryono, dan Suhardi, 2010, *Prosedur Analisa untuk*

- Bahan Makanan dan Pertanian, Yogyakarta: Liberty.*
- Tariq, A.L. & Reyaz, A.L., 2012, *Phytochemical Analysis of Camellia Sinensis Leaves, Int. J. of Drug Development and Research*, 4(4): 311-316.
- Vemmeris, W., and Nicholson, R., 2006, *Phenolic Compound Biochemistry*. US, Springer.
- Vincken, J.P., Heng, L., Groot, A.D., and Gruppen, H., 2007, Saponins, Classification and Occurrence In The Plant Kingdom. *Journal Phytochemistry*, 6(2):275-297.
- Vinarova, L., Atanasov, V., 2015, Lowering of Cholesterol Bioaccessibility and Serum Concentrations by Saponins: In Vitro and In Vivo Studies, *Food & Function*, 6(2): 501-512.
- Winarsi, H., 2011, *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*, Yogyakarta: Kanisius.
- Xu, B J., dan Chang, K.C., 2007, A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by extraction Solvent, *J. Food Sci*, 72(2): S159-S166.

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.

Noval Aditya Ramadhan, lahir di Pontianak tanggal 15 Januari 1997, saat ini tercatat sebagai mahasiswa semester 6 Politeknik Negeri Pontianak.

KOMPARASI ALGORITMA CLUSTERING DENGAN DATASET PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA PERIODE MARET-MEI 2020

Trientje Marlein Tamtelahitu¹

¹Program Studi Informatika, Universitas Kristen Indonesia Maluku
Email: ¹trienmarlein77@gmail.com

Masuk: 15 Juli 2020, Revisi masuk: 27 Juli 2020, Diterima: 29 Juli 2020

ABSTRACT

In data mining, there is a predictive model, namely predicting the value of different sample data sets, and testing into three types such as classification, regression and time series. While descriptive models allow us to determine patterns in sample data and divide them into groups, summaries and association rules. Report on the results of experiments on algorithms that are quite widely used in the field of machine learning. This experiment aims to measure performance on commonly used datasets in machine learning studies. The main performance factor to be compared in this experiment is the level of accuracy of the independent experiments on the dataset used.

This research uses clustering algorithm method to compare various clustering algorithms using Weka Tools to find out which algorithm will be more convenient for users to do clustering algorithm using the Covid-10 distribution map dataset in Indonesia from March-May 2020. K-means taking the points closest to the center whereas Farthest-First picks the furthest points. Farthest-First can complete the clustering process but with a lower quality than K-Means. And other experiments, on the method of Making Based on Clusterd Density and EM (Expectation-Maximization) prove the same accuracy. The EM grouping method proves low (less than 50%) of the results comparing the Clusterd Based Density Making Method, with a percentage reaching 74%.

Keywords: *Clustering algorithm, Data mining, Weka tools.*

INTISARI

Dalam data mining, ada model prediktif, yakni memprediksi nilai dari set data sampel yang berbeda, dan diklasifikasikan menjadi tiga jenis seperti klasifikasi, regresi dan deret waktu. Sedangkan model deskriptif memungkinkan kita untuk menentukan pola dalam data sampel dan dibagi lagi menjadi pengelompokan, peringkasan dan aturan asosiasi. Laporan hasil eksperimen pada algoritma yang cukup banyak digunakan dalam bidang *machine learning*. Eksperimen ini bertujuan untuk mengukur performansi algoritma pada dataset yang secara umum digunakan pada penelitian-penelitian *machine learning*. Faktor performansi utama yang ingin diperbandingkan pada eksperimen ini adalah tingkat akurasi dari algoritma independen terhadap dataset yang digunakan.

Penelitian ini menggunakan metode algoritma *clustering* untuk membandingkan berbagai algoritma *clustering* dengan menggunakan *Weka Tools* untuk mengetahui algoritma mana yang akan lebih nyaman bagi pengguna untuk melakukan algoritma *clustering* dengan menggunakan dataset peta penyebaran Covid-10 di Indonesia periode Maret-Mei 2020. Hasil eksperimen menggambarkan bahwa *K-Means* mengambil titik-titik yang paling dekat terhadap pusat sedangkan *Farthest-First* mengambil titik-titik terjauh. *Farthest-First* dapat menyelesaikan proses klasteringnya namun dengan kualitas yang lebih rendah dari *K-Means*. Dan eksperimen lainnya, pada metode *Make Density Based Clusterd* dan EM (*Expectation-Maximization*) menunjukkan akurasi yang sama baik. Metode pengelompokan EM menunjukkan akurasi rendah (kurang dari 50%) dari hasil dibandingkan Metode *Make Density Based Clusterd*, dengan presentase 74%.

Kata-kata kunci: *Algoritma clustering, Data mining, Weka tools.*

PENDAHULUAN

Clustering adalah salah satu model deskriptif untuk mengelompokkan satu set

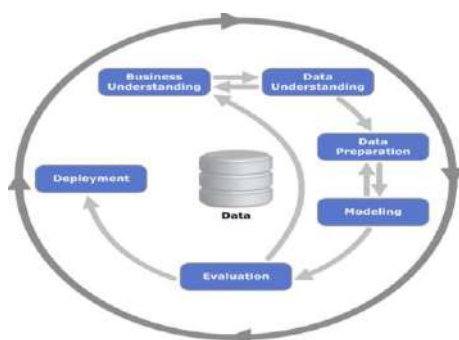
objek ke dalam kelompok-kelompok tertentu sesuai dengan hubungannya. *Clustering* adalah teknik yang digunakan dalam banyak

bidang seperti analisis gambar, pengenalan pola, analisis data statistik, dan sebagainya. *Clustering* adalah metode pembagian data menjadi kelompok-kelompok benda yang sama. Setiap *cluster* terdiri dari berbagai objek yang sama dan berbeda dibandingkan dengan objek kelompok lain (Chauhan, dkk., 2010). *WEKA Tools* digunakan untuk membandingkan berbagai algoritma pengelompokan. Ini digunakan karena menyediakan *interface* yang lebih baik bagi pengguna daripada dibandingkan dengan alat penambangan data lainnya. Dalam tulisan ini, ada perbandingan algoritma pengelompokan berbasis partisi dan non-partisi. Alasan pemilihan *WEKA Tools*, karena tidak rumit dan mudah tanpa harus memiliki pengetahuan mendalam tentang teknik *data mining*.

Mengacu pada hasil-hasil penelitian sebelumnya tentang penerapan metode *clustering*, yaitu penerapan metode *k-means* untuk *clustering* mahasiswa berdasarkan nilai akademik dengan Weka Interface (Asroni, 2015) analisis algoritma *K-Medoids clustering* dalam pengelompokan penyebaran Covid-19 di Indonesia (Sindi, dkk., 2020), dan *coal trade data clustering using K-Means* dengan studi kasus pada PT. Global Bangkit Utama (Rahman dan Wiranto, 2017), dalam makalah ini disajikan berbagai teknik pengelompokan dan perbandingannya menggunakan WEKA.

Data Mining

Data Mining merupakan bagian dari proses *Knowledge Discovery in Database* (KDD) (Han dan Kamber, 2006). Proses KDD diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses KDD

Data mining juga dapat diartikan secara luas berdasarkan kemampuannya yaitu proses menemukan *interesting knowledge*

dari sejumlah data yang besar di *database*, *data warehouse*, atau tempat penyimpanan lainnya. *Data mining* dapat digunakan pada beberapa kasus yang meliputi ekonomi, bisnis, intelektual yang dapat dikategorikan menjadi 6 bagian *task* yaitu *classification*, *estimation*, *prediction*, *affinitygrouping*, *clustering*, *description* dan *profiling* (Berry dan Linoff, 2004).

Clustering

Clustering merupakan suatu proses pengelompokan suatu *record*, observasi, atau pengelompokan kelas yang memiliki kesamaan objek. Perbedaan *clustering* dengan klasifikasi yaitu tidak adanya variabel target dalam melakukan suatu pengelompokan pada proses *clustering*. *Clustering* sering dilakukan sebagai langkah awal dalam proses *data mining* saat melakukan suatu metode analisis (Sindi, dkk., 2020).

Farthest First

Algoritma *farthest first* menggunakan pemilihan secara acak untuk menentukan centroid dalam setiap pembentukan cluster. Untuk setiap perhitungan dilakukan dengan membandingkan setiap jarak antar kejadian dan mencari jarak yang terdekat dengan centroid. Pemilihan untuk cluster centroid selanjutnya menggunakan jarak yang terjauh dari cluster centroid yang aktif. Proses ini akan terus diulang sampai jumlah cluster yang terbentuk lebih dari batas yang telah ditetapkan (Sharma, dkk., 2012).

K-Means

K-Means merupakan algoritma clustering yang berulang-ulang. Algoritma K-Means dimulai dengan pemilihan secara acak K untuk cluster centroid (nilai K umumnya ditetapkan dahulu). Setiap kejadian membentuk sebuah cluster kemudian dicari sebagai center kemudian jika jumlah anggota cluster sama dengan nilai K, maka *cluster* tersebut ditutup. Selanjutnya setiap kejadian yang telah terbentuk centroid akan diproses ulang. Proses ini akan diulang sampai cluster centroid menjadi stabil (Jain dan Dubes, 1988).

EM (Expectation-Maximization)

Pada algoritma EM setiap cluster sama dengan *distibution probability* (kemungkinan penyebaran) dan untuk setiap kejadian data digunakan parameter nilai estimate pada

setiap distribution. Algoritma pencarian yang digunakan adalah maximum *likelihood*. Algoritma ini menguraikan parameter dari distribution dengan cara melakukan secara berulang-ulang untuk memperkirakan nilai *expected* dari parameter dengan hipotesis yang digunakan. Hipotesis tersebut dihitung ulang dengan *expected values*. EM terdiri dari dua tahap, yaitu *estimation* dan *maximization*. Pada tahap *estimation* dilakukan perhitungan *expected values* dari parameter menggunakan hipotesis. Pada Tahap *maximization* dihitung nilai hipotesis maximum *likelihood* dengan mengasumsikan parameter sama dengan *expected value* dari tahap *estimation*. Kedua tahap tersebut dilakukan berulang-ulang sampai hipotesa dari *converge* (terpusat) mencapai nilai yang *stationer* (Witten, dkk., 2002).

Make Density Based Cluster

Algoritma ini didukung dalam analisis menggunakan WEKA. Dalam algoritma ini proses menemukan kembali *cluster* dilakukan dengan bentuk yang acak (*arbitrary*). Pertumbuhan setiap *region* dengan kepadatan yang cukup dari setiap *cluster* mengikuti jaringan (rantai) dari setiap objek yang terhubung dengan *region*. Dalam model ini menghasilkan setiap *estimate* anggota di setiap *cluster* (Pelleg dna Moore, 2015).

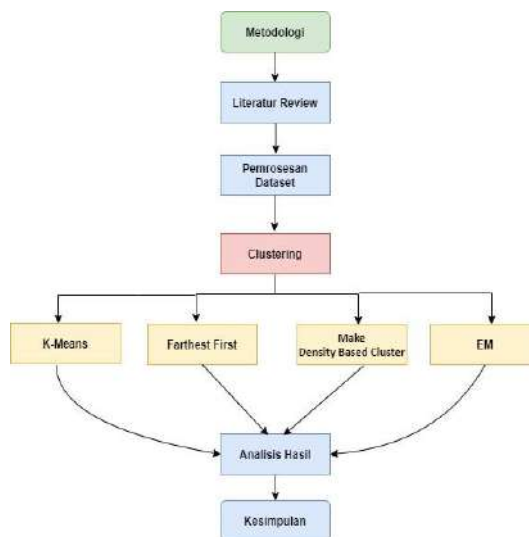
WEKA

WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) merupakan aplikasi *data mining* yang bersifat *open source* berbasis Java. WEKA pertama kali dikembangkan oleh Universitas Waikato Selandia Baru sebelum menjadi bagian di Pentanho. Weka terdiri dari koleksi algoritma *machine learning* yang dapat digunakan untuk melakukan generalisasi atau formulasi dari sekumpulan data (<https://waikato.github.io/weka-wiki/documentation/>, 21 Juni 2020) Karena Weka ditulis dalam bahasa pemrograman Java, maka Weka juga didukung oleh GUI yang sangat baik dan *user friendly*, dapat mengolah berbagai file data seperti *.csv dan *.arff serta memiliki fitur utama seperti *data preprocessing tools*, *learning algorithms* dan berbagai metode evaluasi (Eibe, 2011).

METODE

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahapan (Gambar 2). Pada tahap pertama

diuraikan beberapa algoritma *clustering* yang akan dikomparasi. Pada tahap kedua dijelaskan dasar-dasar perbandingan algoritma *clustering*. Pada tahap ketiga dibahas tentang perbandingan efektifitas antar metode *clustering*. Terakhir, tahap keempat adalah penyimpulan hasil penelitian.



Gambar 2. Alur Penelitian

Dataset

Untuk melakukan *clustering* dengan *raw data* diperlukan *dataset* untuk diuji coba. Dalam penelitian ini dataset diambil dari repositori *kaggle* dengan *dataset penyebaran covid-19* di Indonesia, yang terdiri dari 9 *attribute* dan 35 *instances* (Gambar 3). Semua *dataset* tidak memiliki label dan akan dilakukan *clustering* menggunakan algoritma yang tersedia di WEKA. Koleksi teks terdiri dari atribut nama dokumen (<https://www.kaggle.com/ardisragen/indonesia-coronavirus-cases>, 16 Juni 2020).

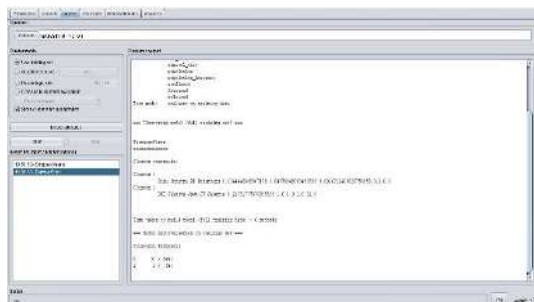


Gambar 3. Persiapan Dataset

PEMBAHASAN

Simulasi Algoritma Farthest First

Simulasi dilakukan pada algoritma *Farthest First*, yaitu menentukan *centroid* dalam setiap pembentukan *cluster* dilakukan pemilihan secara acak (Gambar 4).



Gambar 4. Simulasi Algoritma Farthest First

Hasil simulasi algoritma Farthest First sebagai berikut:

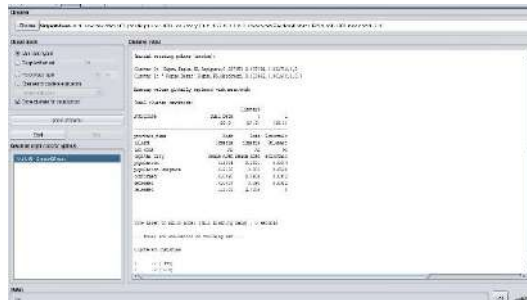
```

==== Run information ====
Scheme: weka.clusterers.FarthestFirst
Relation:province_unsupervised.attribute.Normaliz
e-S1.0-T0.0
Instances: 35
Attributes: 9
  province_name
  island
  iso_code
  capital_city
  population
  population_kmsquare
  confirmed
  deceased
  released
Test mode: evaluate on training data
Clustering model (full training set)
FarthestFirst
=====
Cluster centroids:
Cluster 0
Riau Sumatra RI Pekanbaru 0.1344446368807179
0.04878048780487805 0.0016722408026755853
0.0 0.0
Cluster 1
DKI Jakarta Jawa JK Jakarta
0.21751777570935338 1.0 1.0 1.0 31.0
Time taken (full training data): 0 seconds
Model and evaluation on training set
Clustered Instances:
0 33 (94%)
1 2 (6%)
    
```

Simulasi Algoritma K-Means

Simulasi algoritma K-Means adalah mengklasifikasikan objek data yang diberikan ke kelompok *k* yang berbeda

melalui metode iteratif yang cenderung konvergen ke minimum lokal (Gambar 5). Jadi hasil dari cluster yang dihasilkan adalah padat dan independen satu sama lain (Huang, 1998).



Gambar 5. Simulasi Algoritma K-Means

Hasil simulasi algoritma K-Means sebagai berikut:

```

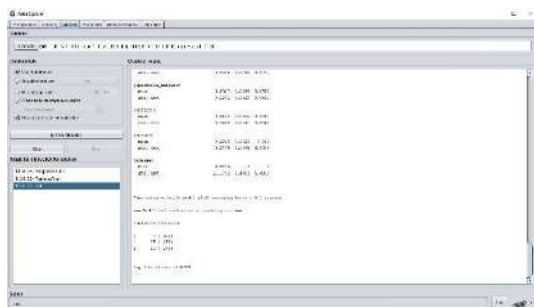
==== Run information ====
Scheme: weka.clusterers.SimpleKMeans
Relation:province_unsupervised.attribute.Normaliz
e-S1.0-T0.0
Instances: 35
Attributes: 9
  province_name
  island
  iso_code
  capital_city
  population
  population_kmsquare
  confirmed
  deceased
  released
Test mode: evaluate on training data
Clustering model (full training set)
kMeans
=====
Number of iterations: 4
Within cluster sum of squared errors:
124.64930333408826
Initial starting points (random):
Cluster 0:
'Papua,Papua,PA,Jayapura,0.067153,0.007391,0.01
1706,0,0
Cluster1:
'PapuaBarat',Papua,PB,Manokwari,0.018462,0.001
478,0,0,0
Final cluster centroids:
Attribute          Full Data          Cluster#
                   (35.0)             (17.0)             (18.0)
=====
province_name      Aceh               Aceh               Gorontalo
island             Sumatra           Sumatra           Sulawesi
iso_code           AC                AC                GO
capital_city       Banda Aceh       Banda Aceh       Gorontalo
population          0.1564           0.2581           0.0604
population_kmsquare 0.2136           0.386            0.0509
confirmed          0.0495           0.0934           0.0082
deceased           0.0487           0.098            0.0022
released           1.3143           2.7059           0
    
```

Time taken (full training data) : 0 seconds
Model and evaluation on training set
Clustered Instances:

0 17 (49%)
1 18 (51%)

Simulasi Algoritma EM (Expectation-Maximization)

Fungsi algoritma EM (*Expectation-Maximization*) (Gambar 6) adalah menemukan nilai estimasi *Maximum Likelihood* dari parameter dalam sebuah model probabilistik (manning, 2009).



Gambar 6. Simulasi Algoritma Expectation-Maximization

Hasil simulasi algoritma EM sebagai berikut:

=== Run information ===

Scheme:

weka.clusterers.EM -I 100 -N -1 -X 10 -max -1 -ll-cv 1.0E-6 -ll-iter 1.0E-6 -M 1.0E-6 -K 10 -num-slots 1 -S 100

Relation: province_weka.filters.unsupervised.attribute.

Normalize-S1.0-T0.0

Instances: 35

Attributes: 9

- province_name
- island
- iso_code
- capital_city
- population
- population_kmsquare
- confirmed
- deceased
- released

Test mode: evaluate on training data

Clustering model (full training set)

EM

===

Number of clusters selected by cross validation: 3

Number of iterations performed: 0

| Attribute | Cluster | | |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|
| | 0 (0.2) | 1 (0.43) | 2 (0.37) |
| province_name | | | |
| Aceh | 1 | 1 | 2 |
| Bali | 2 | 1 | 1 |
| Banten | 2 | 1 | 1 |
| Bengkulu | 1 | 1 | 2 |
| DI Yogyakarta | 2 | 1 | 1 |
| DKI Jakarta | 2 | 1 | 1 |
| Gorontalo | 1 | 2 | 1 |
| Jambi | 1 | 1 | 2 |
| Jawa Barat | 2 | 1 | 1 |
| Jawa Tengah | 2 | 1 | 1 |
| Jawa Timur | 2 | 1 | 1 |
| Kalimantan Barat | 1 | 2 | 1 |
| Kalimantan Selatan | 1 | 1 | 2 |
| Kalimantan Tengah | 1 | 2 | 1 |
| Kalimantan Timur | 1 | 2 | 1 |
| Kalimantan Utara | 1 | 2 | 1 |
| Kepulauan Bangka Belitung | 1 | 1 | 2 |
| Kepulauan Riau | 1 | 1 | 2 |
| Lampung | 1 | 1 | 2 |
| Maluku | 1 | 2 | 1 |
| Maluku Utara | 1 | 2 | 1 |
| Nusa Tenggara Barat | 1 | 1 | 2 |
| Nusa Tenggara Timur | 1 | 1 | 2 |
| Papua | 1 | 2 | 1 |
| Papua Barat | 1 | 2 | 1 |
| Riau | 1 | 1 | 2 |
| Sulawesi Barat | 1 | 2 | 1 |
| Sulawesi Selatan | 1 | 2 | 1 |
| Sulawesi Tengah | 1 | 2 | 1 |
| Sulawesi Tenggara | 1 | 2 | 1 |
| Sulawesi Utara | 1 | 2 | 1 |
| Sumatra Barat | 1 | 1 | 2 |
| Sumatra Selatan | 1 | 1 | 2 |
| Sumatra Utara | 1 | 1 | 2 |
| Unknown | 1 | 2 | 1 |
| [total] | 42 | 50 | 48 |

| Attribute | Cluster | | |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|
| | 0 (0.2) | 1 (0.43) | 2 (0.37) |
| island | | | |
| Sumatra | 1 | 1 | 11 |
| Kepulauan Nusa Tenggara | 2 | 1 | 3 |
| Jawa | 7 | 1 | 1 |
| Sulawesi | 1 | 7 | 1 |
| Kalimantan | 1 | 5 | 2 |
| Kepulauan Maluku | 1 | 3 | 1 |
| Papua | 1 | 3 | 1 |

| Attribute | Cluster | | |
|----------------|------------|-------------|-------------|
| | 0 (0.2) | 1 (0.43) | 2 (0.37) |
| capital_city | | | |
| Banda Aceh | 1 | 1 | 2 |
| Denpasar | 2 | 1 | 1 |
| Serang | 2 | 1 | 1 |
| Bengkulu | 1 | 1 | 2 |
| Yogyakarta | 2 | 1 | 1 |
| Jakarta | 2 | 1 | 1 |
| Gorontalo | 1 | 2 | 1 |
| Jambi | 1 | 1 | 2 |
| Bandung | 2 | 1 | 1 |
| Semarang | 2 | 1 | 1 |
| Surabaya | 2 | 1 | 1 |
| Pontianak | 1 | 2 | 1 |
| Benjarmasin | 1 | 1 | 2 |
| Palangka Raya | 1 | 2 | 1 |
| Samarinda | 1 | 2 | 1 |
| Tanjung Selor | 1 | 2 | 1 |
| Pangkalpinang | 1 | 1 | 2 |
| Tanjungpinang | 1 | 1 | 2 |
| Bandar Lampung | 1 | 1 | 2 |
| Ambon | 1 | 2 | 1 |
| Sofifi | 1 | 2 | 1 |
| Mataram | 1 | 1 | 2 |
| Kupang | 1 | 1 | 2 |
| Jayapura | 1 | 2 | 1 |
| Manokwari | 1 | 2 | 1 |
| Pekanbaru | 1 | 1 | 2 |
| Mamuju | 1 | 2 | 1 |
| Makassar | 1 | 2 | 1 |
| Palu | 1 | 2 | 1 |
| Kendari | 1 | 2 | 1 |
| Manado | 1 | 2 | 1 |
| Padang | 1 | 1 | 2 |
| Palembang | 1 | 1 | 2 |
| Medan | 1 | 1 | 2 |
| Unknown | 1 | 2 | 1 |
| [total] | 42 | 50 | 48 |

Clustered Instances

0 9 (26%)

1 26 (74%)

Log likelihood: -8.84022

Tabel 1 menunjukkan ringkasan hasil analisis dari empat algoritma yang dikomparasi.

Tabel 1. Perbandingan hasil

| Algoritma | Jumlah Cluster | Cluster Instance | Jumlah Iterasi | Time Taken |
|----------------|----------------|---------------------------------|----------------|------------|
| Farthest First | 2 | 33 (94%) 2 (6%) | 0 | 0 second |
| K-Means | 2 | 17 (49%) 18 (51%) | 4 | 0 second |
| EM | 3 | 7 (20%) 15 (43%) 13 (37%) | 0 | 0,1 second |
| MDBC | 2 | 9 (26%) 26 (74%) | 4 | 0 second |

KESIMPULAN

Dari hasil analisa WEKA, pada *K-Means*, 2 cluster dengan persentase *instance cluster* 17 (49%), 18 (51%), dan Farthest-First 2 cluster dengan persentase *instance cluster* 33 (94%), 2 (6%). *K-Means* mengambil titik-titik yang paling dekat terhadap pusat, sedangkan Farthest-First mengambil titik-titik terjauh. Farthest-First dapat menyelesaikan proses klasteringnya namun dengan kualitas yang lebih rendah dari *K-Means*. Pada EM (*Expectation-Maximization*), 3 cluster dengan persentase *instance cluster* 7 (20%), 15 (43%), dan 13 (37%). Pada *Make Density Based Clustered*, 2 cluster dengan persentase *instance cluster* 9 (26%), 26 (74%). Kedua metode pengelompokan yang diuji menunjukkan akurasi yang sama baik. Metode pengelompokan EM menunjukkan akurasi rendah (kurang dari 50%) dibandingkan Metode *Make Density Based Clustered* yaitu presentase 74%.

DAFTAR PUSTAKA

Chauhan R, Kaur H, and Alam M A, Data Clustering Method for Discovering Clusters in Spatial Cancer Databases,

International Journal of Computer Applications, 10(6), November 2010.

Asroni, A.R., 2015, Penerapan Metode K-Means Untuk Clustering Mahasiswa Berdasarkan Nilai Akademik dengan Weka Interface Studi Kasus Pada Jurusan Teknik Informatika UMM Magelang, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 18(1): 76-82, Mei 2015.

Sindi, S., Ningse, W.R.O., Sihombing, I.A., Zer, F.I.R.H., Hartama, D., 2020, Analisis Algoritma K-Medoids Clustering Dalam Pengelompokan Penyebaran Covid-19 di Indonesia, *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1): 166-173.

Rahman, A.T., 2017, Coal Trade Data Clustering Using K-Means (Case Study PT. Global Bangkit Utama), *ITSMART: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 6(1): 24-31.

Han, J. and Kamber, M., 2006. *Data Mining: Concepts and Techniques*, 2nd edition, San Francisco: Elsevier. Inc.

Berry, M.J. and Linoff, G.S., 2004, *Data Mining Techniques For Marketing, Sales, & Customer Relationship Management*, 2nd edition, Indiana: Wiley Publishing, Inc.

Sharma, N., Bajpai, A., and Litoriya, R., 2012, Comparison the various clustering algorithms of Weka Tools, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(5), May 2012.

Jain K., and Dubes, R.C., 1988, *Algorithms for Clustering Data*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Witten, I.H., Frank, E., Trigg, T., Hall, M., 2002, Holmes, G., and Cunningham, S.J., 2002, *WEKA: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*.

Pelleg D. and Moore, A., 2002, X-means: Extending K-means with Efficient Estimation of the Number of Clusters, *CEUR Workshop Proc.*, 1542, January 2002, pp. 33-36.

<https://waikato.github.io/weka-wiki/documentation/>, 21 Juni 2020.

Eibe, F., 2011, *Machine Learning with WEKA*, Department of Computer Science, University of Waikato, New Zealand.

<https://www.kaggle.com/ardisragen/indonesia-coronavirus-cases>, 16 Juni 2020.

Huang, Z., 1988, *Extensions to The K-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets*

with Categorical Values, Data Mining and Knowledge Discovery, 2:283-304.

Manning, C.D., 2009, *An Introduction to Information Retrieval*, Cambridge University Press Cambridge, England.

BIODATA PENULIS

Trientje Marlein Tamtelahitu, S.Kom, M.Kom., lahir di Ambon tanggal 11 Oktober 1977, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Informatika dari Institut Sains dan Teknologi Palapa tahun 1999, dan S2 bidang ilmu Sistem Informasi dari Universitas Diponegoro tahun 2011. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Kristen Indonesia Maluku dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat Informatika.

**ANALISIS DAMPAK FAKTOR *CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT* PADA
PELANGGAN *E-MARKETPLACE* DI INDONESIA
(STUDI KASUS: SHOPEE DAN BUKALAPAK)**

Joanna Cristy Patty¹

¹Universitas Kristen Indonesia Maluku

Email: ¹cristyjoanna18@gmail.com

Masuk: 17 Juli 2020, Revisi masuk: 28 Juli 2020, Diterima: 30 Juli 2020

ABSTRACT

In this era of increasingly tight business development, many business competitors are required to be able to compete with their creativity. One important role in increasing business opportunities is to utilize available technology. The role of technology is very positive in supporting business processes for the company. Shopee and Bukalapak are one of the marketplace companies in Indonesia that implement Customer Relationship Management. Descriptive method will be used to assist this research and will begin with a survey and analysis of the comments contained in the Shopee and Bukalapak applications. The data obtained will be analyzed to see how much the level of customer confidence in Shopee and Bukalapak.

Keywords: *Bukalapak, Customer Relationship Management (CRM), Marketplace, Shopee.*

INTISARI

Di era perkembangan dunia usaha yang semakin ketat ini membuat banyak pesaing usaha diharuskan untuk dapat bersaing dengan kreativitasnya. Salah satu peran penting dalam meningkatkan peluang usaha yaitu dengan memanfaatkan teknologi yang tersedia. Peran teknologi sangat memberikan dampak positif dalam mendukung proses bisnis bagi perusahaan tersebut. Shopee dan Bukalapak merupakan salah satu perusahaan *marketplace* di Indonesia yang menerapkan *Customer Relationship Management*. Metode deskriptif akan digunakan untuk membantu penelitian ini dan akan dimulai dengan survei serta analisis terhadap komentar yang terdapat pada aplikasi Shopee dan Bukalapak. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk melihat seberapa besar tingkat kepercayaan pelanggan terhadap Shopee dan Bukalapak.

Kata-kata kunci: *Customer Relationship Management (CRM), Shopee, Bukalapak, Marketplace.*

PENDAHULUAN

Persaingan dalam dunia usaha yang semakin hari semakin ketat dipengaruhi oleh salah satu peran penting yaitu teknologi didalamnya. Peran teknologi sangat memberikan dampak positif dalam mendukung proses bisnis bagi perusahaan tersebut. Dalam suatu bisnis, suatu perubahan sangat diperlukan untuk kelangsungan suatu perusahaan untuk tetap hidup dan berkembang, perubahan bisnis yang dimaksudkan yaitu bisnis yang bersifat konvensional menjadi e-bisnis (Rianto dan Setyohadi 2017).

Banyaknya dampak positif yang dialami oleh perusahaan antara lain yaitu waktu dan biaya. Artinya bahwa, dalam memberikan pelayanan terhadap pelanggan perusahaan tidak lagi harus mengeluarkan waktu yang banyak, juga perusahaan dapat menghemat biaya dalam memberikan informasi kepada pelanggan secara *online* tanpa melalui poster, balihoo, bahkan informasi dalam

bentuk kertas lainnya. Bagi pelaku dunia usaha kepuasan bagi pelanggan menjadi sangat penting, dikarenakan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dengan pelayanan yang diberikan, dapat menghasilkan loyalitas pelanggan sehingga pelanggan juga dapat memberikan rekomendasi kepada orang lain dan disatu sisi tolak ukur keberhasilan pelaku usaha terhadap sebuah pelayanan adalah kepuasan pelanggan. Dengan proses yang sudah terintegrasi dengan internet maka dapat membantu suatu perusahaan dalam mengevaluasi bagaimana pelanggan mereka (Setiawan dan Setyohadi 2018).

Peran teknologi memang menjadi sesuatu hal yang dibutuhkan dalam proses bisnis perusahaan, namun bukan saja peran teknologi tetapi ada juga memiliki peran yang cukup penting dalam proses bisnis perusahaan yaitu strategi yang diperlukan oleh perusahaan untuk menjaga relasi terhadap pelanggan yang dinamakan

dengan *Customer Relationship Management* (CRM). CRM merupakan salah satu strategi yang banyak digunakan oleh pelaku dunia usaha dan merupakan salah satu strategi yang populer. Salah satu perusahaan yang menggunakan CRM di Indonesia yaitu Shoope dan Bukalapak.

Shoope dan Bukalapak merupakan sebagian *Marketplace* yang ada di Indonesia yang juga menerapkan strategi CRM dalam menjaga hubungan baiknya dengan pelanggannya. *Marketplace* merupakan inovasi baru untuk interaksi baik pembeli ataupun dengan penjual juga dapat memanfaatkannya dalam mendorong media untuk mempromosikan bisnis mereka (Purnawati dan Setyohadi 2017). Shoope dan Bukalapak merupakan sebuah website dan aplikasi jual beli *online* yang sudah cukup terkenal di masyarakat Indonesia.

KAJIAN LITERATUR

1. *Customer Relationship Management*

CRM merupakan perangkat, cara pemasaran atau dukungan, yang memiliki tujuan untuk mengoptimalkan kualitas dalam hubungan terhadap pelanggan, menjaga dan memaksimalkan penghasilan atau jarak oleh pelanggan (Benhaddou dan Leray 2017). Dengan menerapkan strategi atau konsep dari CRM maka toko *online* dapat melakukan identifikasi pelanggan, agar pelanggan mendapat fasilitas khusus terhadap strategi pemasaran yang tepat sehingga sesuai dengan kebutuhan pelanggan (Zahrotun, 2017). CRM juga digunakan untuk menjaga dan mengembangkan hubungan bagi produsen dan pelanggan. Dalam usaha atau bisnis, kepuasan pelanggan merupakan hal utama bagi perusahaan dalam meningkatkan penjualan (Purbowo dkk., 2017). CRM memiliki peran utama dalam meningkatkan pangsa pasar, produktivitas, dan semangat karyawan. Dalam artian meningkatkan pengetahuan pelanggan serta kepuasan pelanggan menjadi lebih tinggi sehingga meningkatkan loyalitas pelanggan dan perusahaan juga memiliki informasi yang jelas tentang pelanggan, kebutuhan pelanggan, dan apa yang membuat pelanggan menjadi lebih puas (Hassan dkk., 2015).

2. *Electronic Customer Relationship Management*

Dengan perkembangan yang pesat bisnis elektronik dan proliferasi layanan

yang berbasis internet, muncullah konsep baru yaitu *Electronic Customer Relationship Management* (eCRM) dimana eCRM mencakup semua proses yang dibutuhkan dalam memperoleh, membangun, dan menjaga hubungan pelanggan melalui operasi e-bisnis (Khalifa dan Shen 2005). eCRM merupakan teknik baru yang digunakan untuk meningkatkan keterampilan dan kemampuan pemasaran perusahaan. Dengan mengintegrasikan elemen teknologi serta pemasaran, eCRM juga melingkupi semua aspek pengalaman *online* pelanggan dalam semua siklus transaksi (Alhaiou dkk., 2009). Dengan kata lain eCRM merupakan CRM yang diterapkan secara elektronik dengan menggunakan media elektronik seperti *web browser, internet, e-mail, call center*, serta personalisasi (Ramadhan, 2016).

3. *Customer*

Customer atau pelanggan adalah seseorang yang secara berkali-kali datang ke tempat yang sama ketika menginginkan sesuatu yang ingin dibeli baik barang ataupun jasa karena merasa puas baik karena barang ataupun jasa tersebut. Sedangkan, menurut Philip Kotler dalam buku *prinsiples of marketing* pengertian pelanggan adalah semua individu dan rumah tangga yang ingin membeli atau mendapat barang atau jasa untuk dikonsumsi secara pribadi. Pelanggan juga dapat dikatakan seorang individu atau kelompok yang membeli produk fisik ataupun jasa dengan mempertimbangkan banyak factor yaitu harga, kualitas, tempat, dan pelayanan berdasarkan keputusan mereka sendiri.

2. *Customer Satisfaction*

Customer satisfaction atau kepuasan pelanggan menjadi perhatian utama dalam hal retensi kesetiaan dan pelanggan. Kepuasan pelanggan merupakan konsep yang subjektif, karena hal itu tunduk terhadap interpretasi yang berbeda (Saleh dkk., 2015). Dengan kepuasan pelanggan maka sangat relevan bahwa suatu perusahaan dapat mengembangkan kesetiaan pelanggan dalam waktu jangka panjang (Pleshko dan Heiens 2015). Kepuasan pelanggan merupakan titik awal dalam membangun kesetiaan pelanggan, ini menciptakan saham kesetiaan pada perusahaan yang dapat meningkatkan citra perusahaan. Di sisi lain, pelanggan yang

merasa tidak puas dapat menjadi hal yang berbahaya bagi perusahaan (Dominici dan Guzzo 2010). Sehingga kepuasan pelanggan adalah sejauh mana anggapan kinerja produk memenuhi harapan pelanggan. Apabila kinerja produk lebih rendah dibandingkan harapan pelanggan, maka pelanggan merasa puas atau sangat gembira.

3. E-Marketplace

E-marketplace adalah bagian dari *e-commerce*, dimana *e-marketplace* adalah suatu wadah komunitas bisnis interaktif secara elektronik yang menyediakan pasar dimana perusahaan dapat mengambil bagian dari *business-to-business e-commerce* atau kegiatan *e-business* lainnya. Pasar elektronik berbasis *internet* saat ini sudah sangat berkembang pesat dan populer. Mereka muncul dalam berbagai industry, mendukung segala jenis pertukaran barang dan jasa dari berbagai macam jenis pelaku, dan mengikuti berbagai prinsip-prinsip arsitektur yang berbeda (Grieger, 2003). *E-marketplace* dibagi menjadi dua bagian yaitu *horizontal* dan *vertical*, dimana itu dikategorikan berdasarkan fungsi ataupun produk yang ditawarkan perusahaan. Salah satu contoh *e-marketplace* di Indonesia adalah Shopee yang merupakan perusahaan *e-commerce* di bawah naungan SEA Group dan juga Bukalapak yang merupakan perusahaan dalam pasar daring (*online marketplace*) yang dimiliki dan dijalankan oleh PT. Bukalapak.

METODE

Terhadap penelitian yang dilakukan, maka metode deskriptif menjadi rujukan untuk dipakai dalam penelitian ini. Metode ini dipakai karena dianggap sebagai metode yang cocok dalam mengumpulkan data

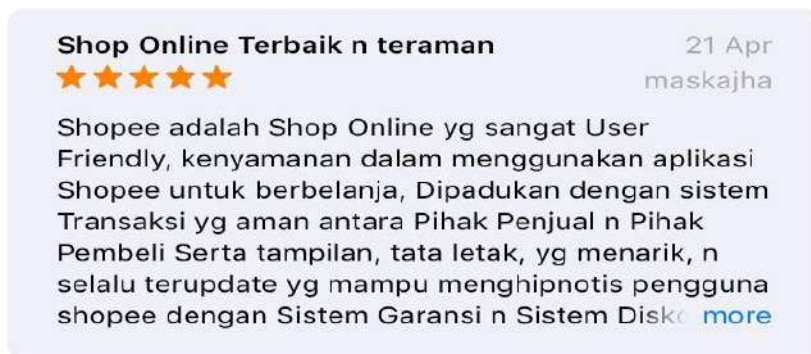
yang dibutuhkan. Langkah-langkah yang digunakan dalam metode deskriptif yaitu mengidentifikasi adanya permasalahan yang signifikan untuk dipecahkan melalui metode deskriptif, membatasi dan merumuskan permasalahan secara jelas, menentukan tujuan dan manfaat penelitian, melakukan studi pustaka yang bersangkutan dengan permasalahan. Menentukan kerangka berfikir dan pertanyaan penelitian atau hipotesis, mendesain metode penelitian yang hendak digunakan termasuk menentukan populasi, sampel, dan menganalisa data, dan terakhir yaitu membuat laporan penelitian.

1. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu dengan mengevaluasi komentar-komentar yang ada pada kolom penilaian Shopee dan Bukalapak. Pada penilaian ini responden adalah orang-orang yang sering menggunakan aplikasi Shopee dan Bukalapak sehingga memberikan komentar pada kolom penilaian. Tujuan dari mengumpulkan data adalah untuk melihat data-data tingkat kepuasan dan loyalitas seseorang terhadap aplikasi Shopee dan Bukalapak.

Pengujian data dilakukan dengan menggunakan *review* komentar negatif dan komentar positif tentang aplikasi Shopee dan Bukalapak. Data yang diambil berdasarkan komentar yang di-*posting* mulai tanggal 1 Maret 2020 sampai 25 Mei 2020.

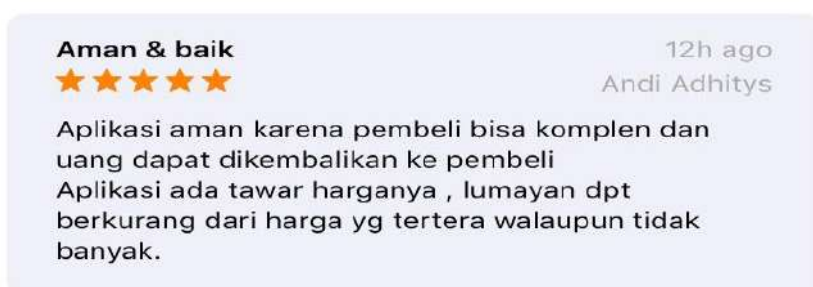
Contoh komentar positif pada Shopee seperti tampak pada Gambar 1, Gambar 2 untuk contoh komentar negatif pada aplikasi Shopee. Sedangkan komentar positif pada Bukalapak seperti tampak pada Gambar 3, Gambar 3 untuk contoh komentar negatif pada aplikasi Bukalapak.



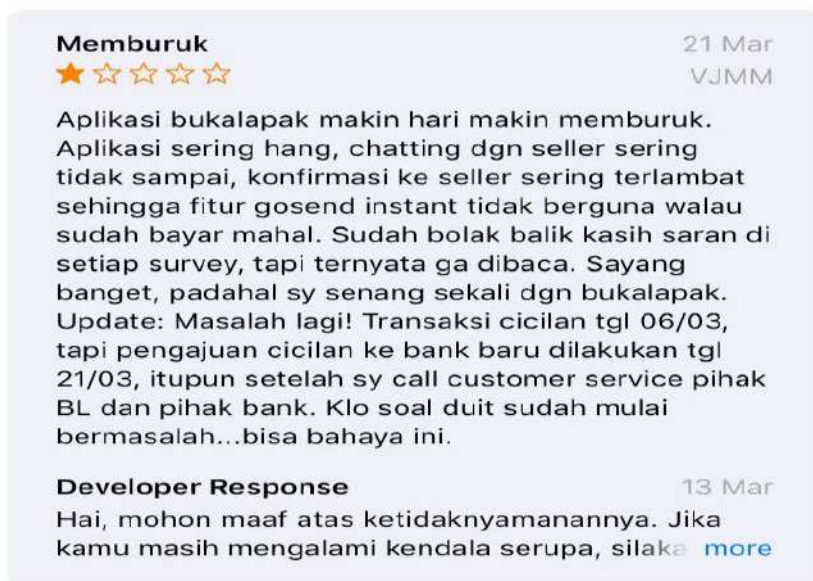
Gambar 1. Komentar Positif pada Aplikasi Shopee



Gambar 2. Komentar Negatif pada Aplikasi Shopee



Gambar 3. Komentar Positif pada Aplikasi Bukalapak

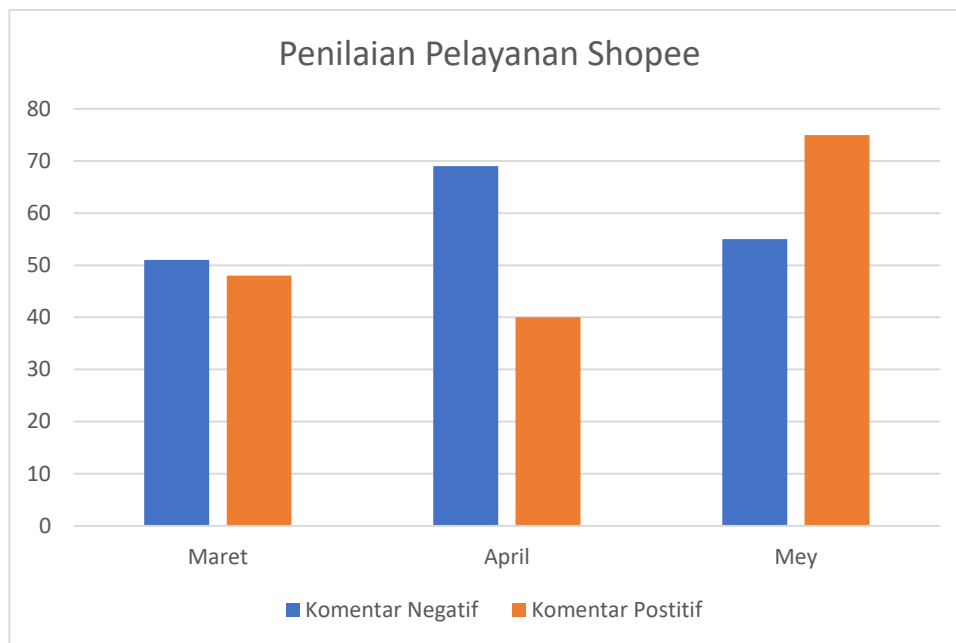


Gambar 4. Komentar Negatif pada Aplikasi Bukalapak

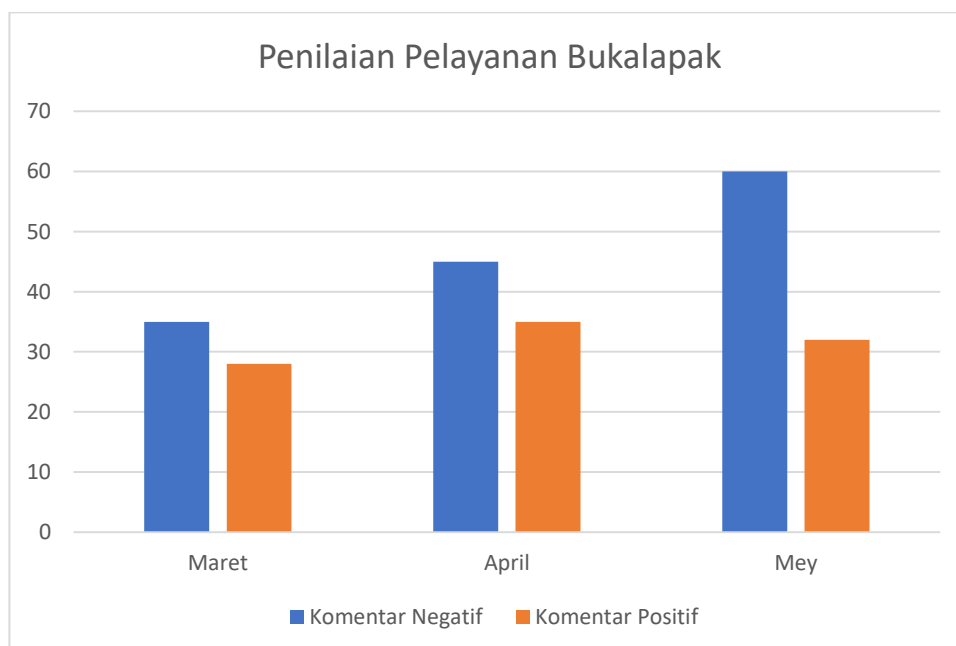
a. Analisis Data

Proses analisis data yang dilakukan selanjutnya yaitu dengan menganalisis data yang diperoleh dari data yang telah dikumpulkan melalui teknik pengumpulan data. Pengumpulan data terhadap para

pengusaha penjualan *online* dan para pelanggan *online* pada shoope dan Bukalapak diperoleh data berupa grafik sebagaimana tampak pada Gambar 5 dan Gambar 6.



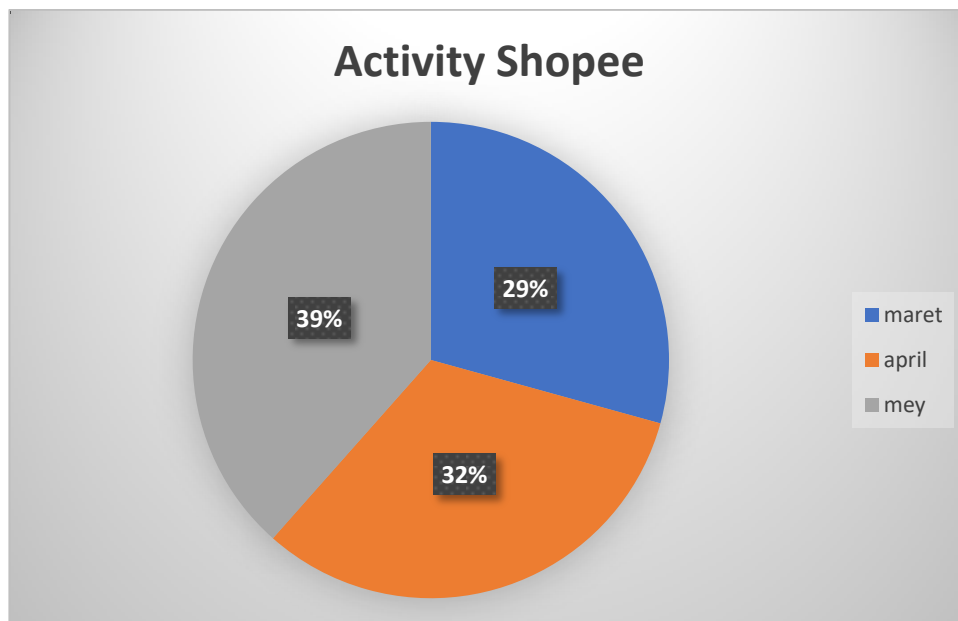
Gambar 5. Grafik Penilaian Pelayanan Shopee di Indonesia



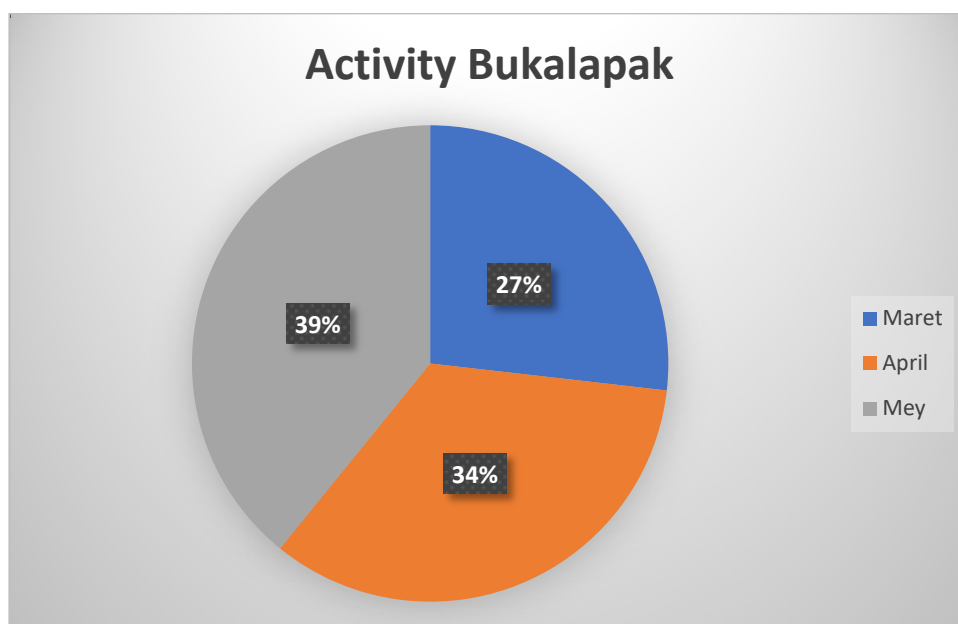
Gambar 6. Grafik Penilaian Bukalapak di Indonesia

Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan tingkat pelayanan *pada* Shopee dan Bukalapak. Terlihat, dalam data tersebut menunjukkan Shopee memiliki nilai yang lebih dari Bukalapak, hal ini dapat dilihat dari banyaknya komentar pada Shopee.

Setelah pengujian tingkat pelayanan, terdapat juga data yang dikumpulkan untuk mengukut seberapa sering pelanggan melakukan aktivitas terhadap aplikasi Shopee dan Bukalapak. Data tersebut dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



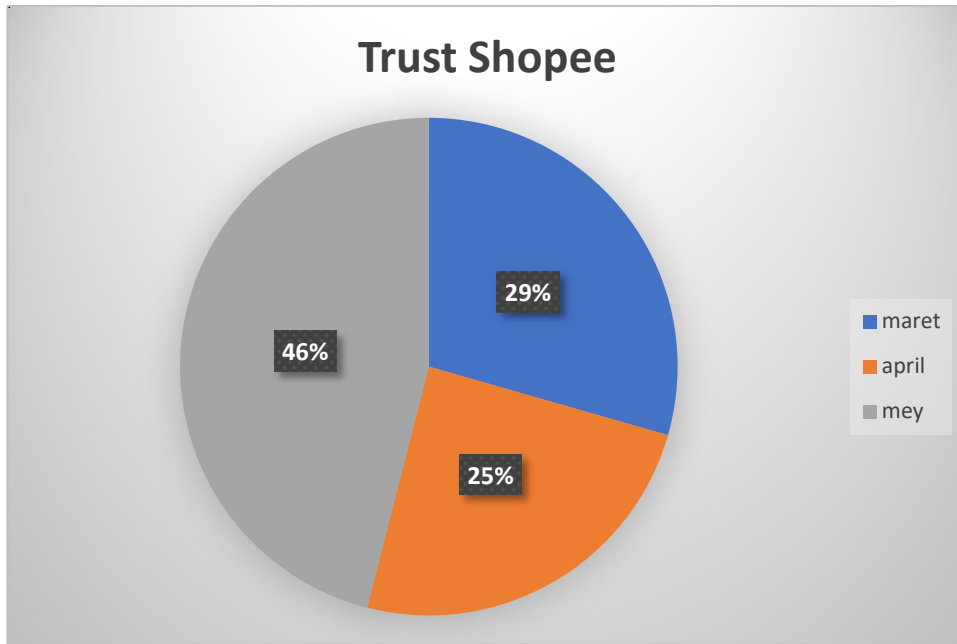
Gambar 7. Tingkat Aktifitas Pengguna Shopee Setiap Bulan



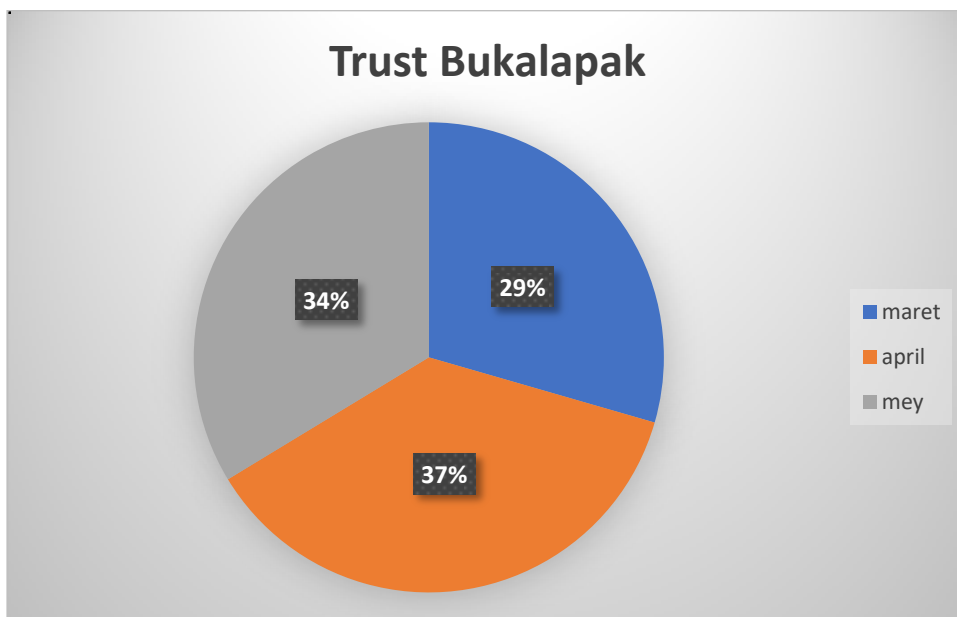
Gambar 8. Tingkat Aktifitas Pengguna Bukalapak Setiap Bulan

Pada Gambar 7 dan 8, dapat dilihat aktifitas pengguna di dalam aplikasi Shopee dan Bukalapak. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa aktifitas pengguna cukup tinggi pada aplikasi Shopee, terlihat jelas bahwa perbedaannya mencapai 10,3%. Setelah pengujian tingkat aktifitas pengguna setiap bulannya, data yang

dikumpulkan juga berupa pengujian untuk mengukur tingkat kepercayaan seseorang dalam melakukan transaksi pada aplikasi Shopee dan Bukalapak. Data tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10:



Gambar 9. Tingkah Kepercayaan Pelanggan Terhadap Aplikasi Shopee



Gambar 10. Tingkah Kepercayaan Pelanggan Terhadap Aplikasi Bukalapak

Pada Gambar 9 dan Gambar 10 adalah grafik yang menunjukkan tingkat kepercayaan pengguna terhadap pelayanan yang diberikan di dalam aplikasi Shopee dan Bukalapak. Gambar 9 menunjukkan tingkat kepercayaan yang cukup tinggi. Pada data tersebut dapat dilihat tingkat loyalitas pengguna terhadap shoope lebih tinggi dibandingkan aplikasi Bukalapak. Kepercayaan dari pelanggan merupakan suatu hal yang sangat penting bagi para pengusaha yang melakukan penjualan secara *online* karena dengan kepercayaan

dari pelanggan terhadap produknya akan menentukan jalannya *marketplace*.

b. Dampak Penerapan CRM

Dampak penerapan CRM pada Shopee dan Bukalapak memiliki beberapa dampak, antara lain yaitu perusahaan *marketplace* tersebut dapat mengetahui keinginan dari pada pelanggannya sendiri, dengan adanya CRM, para pengusaha *online* dapat mengetahui keinginan dan kebutuhan dari pelanggannya dengan berhubungan langsung melalui media elektronik.

KESIMPULAN

Terhadap penelitian yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan CRM pada *marketplace* yang ada di Indonesia salah satunya yaitu Shopee dan Bukalapak dapat mempengaruhi tingkat kepuasan dan kepercayaan dari pelanggan terhadap Shopee dan Bukalapak, hal tersebut juga yang dapat dilihat dari data yang telah dikumpulkan. Dapat terlihat dengan jelas suatu perbandingan tingkat kepercayaan yang akan berbanding lurus dari perusahaan Shopee dan Bukalapak.
2. Penerapan CRM pada *marketplace* di Indonesia merupakan strategi yang memiliki peranan penting dalam membangun relasi yang baik terhadap pelanggan, sehingga setiap kritik, saran dari pengguna dapat membantu perusahaan untuk menjadi lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhaiou, T., Irani, Z., and Ali, M., 2009, The Relationship Between ECRM Implementation and E-Loyalty At Different Adoption Stages of Transaction Cycle : A Conceptual Framework and Hypothesis, *European and Mediterranean Conference on Information Systems 2009 (EMCIS2009)*, July 13-14 2009.
- Benhaddou, Y., and Leray, P., 2017, *Customer Relationship Management and Small Data-Application of Bayesian Network Elicitation Techniques for Building a Lead Scoring Model*, doi: 10.1109/AICCSA.2017.51.
- Dominici, G., and Guzzo, R., 2010, Customer Satisfaction in The Hotel Industry: A Case Study from Sicily, *International Journal of Marketing Studies*, 2(2): 2-12. <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ijms/article/view/8103>.
- Grieger, M., 2003, Electronic Marketplaces: A Literature Review and a Call for Supply Chain Management Research, *European Journal of Operational Research*, 144(2): 280-94.
- Hassan, R.S., Nawaz, A., Lashari, M.N., and Zafar, F., 2015, Effect of Customer Relationship Management on Customer Satisfaction, *Procedia Economics and Finance*, 23 (December 2015): 563-67. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212567115005134>.
- Khalifa, M., and Shen, K., 2005, Effects of Electronic Customer Relationship

Management on Customer Satisfaction: A Temporal Model, *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-38 2005)*, 3-6 January 2005. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1385579.

- Pleshko, L.P. and Heiens, R.A., 2015, Customer Satisfaction and Loyalty in the Kuwaiti Retail Services Market: Why Are Satisfied Buyers Not Always Loyal Buyers?, *International Review of Retail, Distribution and Consumer Research* 25(1): 55-71.
- Purbowo, A.N., Yulia, and Suryadi, A.I., 2017, Web Based Application Customer Relationship Management for Helping Sales Analysis on Bike Manufacturer, *2017 International Conference on Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIIIT)*: 347-52.
- Purnawati, N.W. and Setyohadi, D.B., 2017, The Analysis of Implementation Business Model Canvas At The E-Marketplace Dipeta Company, *Scientific Journal of Informatics* 4(2):125-133.
- Ramadhan, A.B., 2016, Peran E-CRM (Electronic Customer Relationship Management) Dalam Meningkatkan Kualitas Pelayanan (Studi pada Harris Hotel & Conventions Malang), 40(1): 194-98.
- Rianto, dan Setyohadi, D.B., 2017, Mengukur Kesiapan Implementasi Customer Relationship Management (CRM) Model Application Service Provider (ASP) pada Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) di Indonesia, *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 3(1): 26-32.
- Saleh, M., Althonayan, A., Alhabib, A., Alrasheedi, E., Alqahtani, G., Saleh, A.H., 2015, Customer Satisfaction and Brand Switching Intention: A Study of Mobile Services in Saudi Arabia, *Expert Journal of Marketing*, 3(2): 62-72. <http://marketing.expertjournals.com/23446773-309>.
- Setiawan, R.A., Setyohadi, D.B., and Pranowo, 2018, Understanding Customers' Intention to Use Social Network Sites as Complaint Channel: An Analysis of Young Customers' Perspectives, *The 2nd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2017)* 31:11014, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_11014.pdf.
- Zahrotun, L., 2017, Implementation of Data

Mining Technique for Customer Relationship Management (CRM) on *Online Shop Tokodipers.Com* with Fuzzy c-Means Clustering, *2017 2nd International Conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*: 299-303. <http://ieeexplore.ieee.org/document/8285515/>.

BIODATA PENULIS

Joanna Cristy Patty, S.T., M.Kom., lahir di Ambon pada tanggal 18 Maret 1995, menyelesaikan Pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Informatika dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2017, dan S2 bidang ilmu Teknik Informatika dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 2019. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Universitas Kristen Indonesia Maluku pada Program Studi Teknik Informatika.

RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN PINTU RUMAH PURWARUPA DENGAN PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE *TRIANGLE FACE*

Muhammad Ibrahim Nursaid¹, Ahmad Taqwa², Sholihin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: ¹ibrahim.muhammad1904@gmail.com, ²tommy@polsri.ac.id, ³sholihin@polsri.ac.id

Masuk: 15 Juli 2020, Revisi masuk: 08 Agustus 2020, Diterima: 10 Agustus 2020

ABSTRACT

We have already discussed the development of technology which is now opening fast, therefore for some people must anticipate this technological progress specifically on the security system section. Therefore the security system is gathered by various innovations created by humans. It is expected to get maximum results so that system break-ins do not occur that we do not expect. The security system that we will use is Face Recognition Biometrics Technology that is using various physical characteristics of humans. In its application, face recognition is done by using a camera or webcam to capture the image of someone who will later be stored in a database. In this study, a system designed to test someone using the Triangle Face method. Identifying faces is done by connecting features on a person's face such as the distance between the eyes, the distance on the left, the distance on the right, the left on the mouth, the distance on the right so that it will be created on the edge with the front and in front of the different. This system also uses a relay module and Solenoid Door Lock, to control a system that uses a Mini PC or called Raspberry Pi.

Keywords: *Face Recognition, Raspberry Pi, Triangle Face, Webcam.*

INTISARI

Telah diketahui perkembangan teknologi sekarang sangatlah cepat, oleh karena itu penting untuk menyiasati kemajuan teknologi tersebut khususnya pada sistem keamanan. Inovasi sistem keamanan telah banyak dikembangkan dan diciptakan oleh manusia untuk mendapatkan hasil yang maksimal agar tidak terjadi pembobolan sistem yang tidak diharapkan. Dalam penelitian ini sistem keamanan yang akan digunakan adalah teknologi biometrika pengenalan wajah, yaitu menggunakan ciri-ciri dari fisik manusia yang memiliki beraneka ragam karakteristik. Dalam penerapannya, pengenalan wajah dilakukan menggunakan sebuah kamera atau *webcam* untuk menangkap citra dari seseorang yang nantinya akan disimpan di dalam *database*. Sistem dirancang dengan mendeteksi wajah seseorang menggunakan metode *triangle face*. Identifikasi wajah yang dilakukan yaitu menangkap fitur-fitur pada wajah seseorang seperti jarak antara mata, jarak mata kiri ke hidung, jarak mata kanan ke hidung, jarak mata kiri ke mulut, jarak mata kanan ke mulut sehingga akan tercipta bentuk segitiga dengan lebar dan tinggi wajah yang berbeda. Sistem ini juga memanfaatkan *modul relay dan Solenoid Door Lock*, dan untuk pengendalian sistem digunakan Mini PC atau *Raspberry Pi*.

Kata-kata kunci: Sistem Pengenalan Wajah, Raspberry Pi, *Triangle Face*, Webcam.

PENDAHULUAN

Keamanan (*security*) adalah suatu kondisi dimana manusia atau benda merasa terhindari dari bahaya yang mengancam atau mengganggu, selanjutnya akan menimbulkan perasaan tenang dan nyaman. Keamanan dapat diperoleh melalui beberapa cara, salah satunya dengan menggunakan dan menerapkan teknologi (Siregar, 2014). Penerapan teknologi keamanan sekarang ini telah berkembang sangat pesat, mulai dari metode konvensional sampai berteknologi tinggi. Dalam hal pengamanannya semua

metode membutuhkan kunci sebagai validasi. Kunci ini selanjutnya akan disebut sebagai *password* (Miftah dan Aripin, 2016). Pada penelitian ini akan dibuat sistem keamanan pintu rumah dengan metode *triangle face* yang mempunyai kemampuan untuk sebagai keamanan dengan media elektronik di ruang lingkup masyarakat. Kelebihan dari sistem ini terletak pada sistem pengenalan wajah menggunakan metode *triangle face* yang dirancang lebih sederhana dan efisien dalam memvalidasi pengenalan wajah pemilik rumah tersebut (Lin dan Fan, 2009).

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

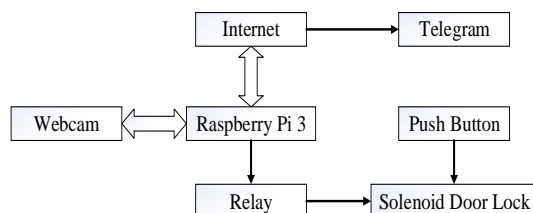
1. Bagaimana sistem dapat mengenali wajah menggunakan algoritma *triangle face* ketika posisi seseorang tidak *still stand*?
2. Bagaimana merancang, membuat, dan menguji sistem pengenalan wajah sebagai pengaman rumah yang berbasis Raspberry Pi?

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Membangun sebuah sistem keamanan berbasis teknologi *face recognition* untuk mendeteksi wajah.
2. Menggunakan metode *triangle face* untuk membuat sistem keamanan.
3. Merancang sebuah *hardware* yang terhubung dengan *software* yang telah dibuat dan menguji tingkat keberhasilan rancangan yang telah dibuat.

METODOLOGI

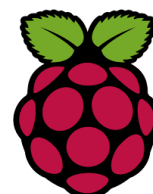
Perancangan sistem keamanan akses pintu menggunakan *face recognition* berbasis Raspberry Pi 3 ini mengacu berdasarkan blok diagram pada Gambar 1. Rancangan alat ini meliputi sebagai berikut ini. Sebuah WebCam yang digunakan sebagai pengambil citra wajah manusia. Sebuah *minicomputer* Raspberry Pi 3 digunakan untuk memproses pendeteksian dan mencocokkan wajah dari *database*, serta sebagai penggerak *actuator* dan pengirim pemberitahuan melalui aplikasi telegram. Aplikasi telegram digunakan sebagai *interface* kepemilik rumah dan dapat mengontrol Raspberry Pi 3 untuk menggerakkan *actuator*. Sebuah *relay* sebagai saklar otomatis yang mengatur *solenoid door lock* dengan keadaan *normally open*. Sebuah *solenoid door lock* sebagai *actuator* buka dan tutupnya pintu. *Buzzer* sebagai sebuah alarm, serta penggunaan saklar sebagai penggerak *solenoid door lock* di luar dari sistem.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal (*single-board computer*) atau SBC berukuran kartu kredit. Raspberry Pi

telah dilengkapi dengan semua fungsi sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on-a-Chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan di atas PCB. Perangkat ini menggunakan kartu microSD untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang. Gambar 2 menampilkan logo Raspberry Pi



Gambar 2. Logo Raspberry Pi

Raspberry Pi tidak menggunakan sistem operasi yang sering dijumpai di sekolah atau di rumah, berupa Windows atau Mac. Ada banyak sistem operasi yang bisa berjalan di Raspberry Pi seperti RISC OS, FreeBSD, bahkan ada versi Windows IoT (*Internet of Things*) (Sommerville, 2003). Saat ini, *Microsoft* sudah mulai masuk ke sistem IoT dengan Windows IoT-nya. Namun, Windows IoT masih tergolong ribet untuk pemula karena harus *coding* di PC lalu ditransfer ke Raspberry Pi.

Bahasa pemrograman *Python* adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna. Tidak seperti bahasa lain yang susah untuk dibaca dan dipahami, *python* lebih menekankan pada pembacaan kode agar lebih mudah untuk memahami sintaks. *Python* menjadi bahasa resmi yang terintegrasi dalam Raspberry Pi. Kata "Pi" pada Raspberry Pi merupakan selang yang merujuk pada "*Python*". Oleh karenanya, tepat dikatakan bahwa *Python* adalah bahasa natural Raspberry Pi. Bahasa ini muncul pertama kali pada tahun 1991, dirancang oleh seorang bernama Guido van Rossum. Sampai saat ini *Python* masih dikembangkan oleh *Python Software Foundation*. Bahasa *Python* mendukung hampir semua sistem operasi, bahkan untuk sistem operasi Linux.

WebCam adalah sebuah *peripheral* berupa kamera sebagai pengambil citra atau gambar dan mikrofon (optional) sebagai pengambil suara/audio yang dikendalikan oleh sebuah komputer atau oleh jaringan komputer (Sajati, 2015). Gambar yang diambil oleh *WebCam* ditampilkan ke layar monitor, karena dikendalikan oleh komputer maka ada *interface* atau *port* yang digunakan untuk

menghubungkan *WebCam* dengan komputer atau jaringan. Ada beberapa orang mengartikan *WebCam* sebagai *Web pages+Camera*, karena dengan menggunakan *WebCam* untuk mengambil gambar video secara aktual bisa langsung diunggah bila komputer yang mengendalikan terkoneksi internet. Gambar 3 menampilkan *WebCam* yang digunakan pada saat penelitian ini.



Gambar 3. *WebCam*

Telegram adalah sebuah aplikasi *messaging* yang memungkinkan pengguna untuk mengirimkan pesan, gambar, video, dokumen, dan lainnya tanpa menetapkan besarnya ukuran file yang dikirimkan serta mampu mengirimkan lokasi. Telegram juga menyediakan sebuah API (*Application Programming Interface* atau Antarmuka Pemrograman Aplikasi) Telegram Bot API yang memungkinkan untuk membuat bot mereka sendiri sesuai program dibuat.

PEMBAHASAN

Gambaran Umum

Sistem keamanan pintu rumah dibangun untuk memberikan kenyamanan dan keamanan pada suatu rumah yang di dalamnya terdapat barang-barang penting. Pengamanan yang diberikan pun tidak berupa kunci seperti gembok yang dipasang di pintu rumah, melainkan menggunakan teknologi biometrika pengenalan wajah untuk membuka pintu melalui perantara kamera atau *webcam* yang dipasang di depan pintu rumah tersebut.

Pada tahapan pertama, seorang admin yang telah diberikan hak akses penuh pada *database* sistem memosisikan wajahnya di depan sebuah kamera, kemudian kamera akan menangkap citra wajah dari orang tersebut. Citra yang ditangkap oleh kamera tersebut akan dibandingkan dengan citra yang telah disimpan oleh *database*. Jika citra wajah yang ditangkap kamera dikenali sistem, maka sistem akan membuka pintu secara otomatis dan wajah yang di tangkap akan dikirim ke telegram admin tersebut sebagai *monitoring*. Jika

citra wajah yang ditangkap kamera tidak dikenali sistem, maka sistem akan memberi peringatan berupa *buzzer* yang akan hidup dan citra wajahnya akan direkam oleh kamera yang akan dikirim juga ke telegram.

Analisis Kinerja Sistem

Sistem pengenalan wajah yang akan diimplementasikan pada rumah purwarupa adalah menggunakan metode *triangle face* sebagai metode pembuatannya. Metode *triangle face* merupakan suatu bentuk pengklasifikasian sebuah fitur citra dalam suatu sistem pengenalan wajah yang akan mendeteksi fitur-fitur pada wajah seseorang yang akan dijadikan sebagai acuan pada sebuah sistem. Fitur-fiturnya yaitu mata kanan, mata kiri, hidung, mulut serta parameter yang akan diukur yaitu tinggi wajah dan lebar wajah tersebut. (Siregar, 2014). Metode ini berupa bentuk segitiga dan yang akan dicari pada fitur-fiturnya sebagai berikut:

1. Jarak antara Mata kanan dan Mata kiri
(Mkn – Mkr)
2. Jarak antara Mata kanan dan hidung
(Mkn – H)
3. Jarak antara Mata kiri dan hidung
(Mkn – H)
4. Jarak antara Mata Kanan dan mulut
(Mkn – M)
5. Jarak antara Mata kiri dan mulut
(Mkn – M)

Terdapat beberapa pengujian kinerja sistem pada metode *triangle face* pada rumah purwarupa yaitu:

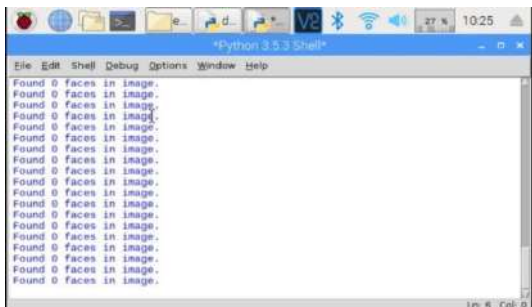
1. Pada saat objek bergerak cepat.
2. Pada saat objek bergerak sedang.
3. Pada saat objek diam.

Langkah-langkah dalam pengujian sistem pengenalan wajah menggunakan metode *triangle face* adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi wajah.
2. Memproses wajah.
3. Pencarian fitur dari posisi mata.
4. Pencarian fitur dari posisi hidung.
5. Pencarian fitur dari posisi mulut.
6. Mengukur jarak antara fitur wajah.

Pengujian Sistem Rasiplan

Tahapan ini dilakukan untuk dapat mengetahui tingkat keberhasilan dari pendeteksian wajah, apakah menghasilkan tingkat pengujian yang tinggi atau tidak berdasarkan metode yang akan digunakan. Gambar 4 menampilkan pengujian sistem Rasiplan.

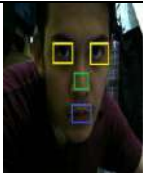
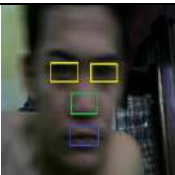
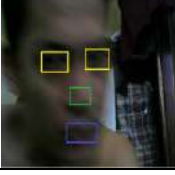


Gambar 4. Pengujian Sistem Raspian

Pengujian Deteksi Fitur

Pada pengujian ini dilakukan pengujian kecepatan pembacaan sistem dalam menangkap fitur-fitur yang ditangkap oleh WebCam. Selanjutnya sistem akan membutuhkan pendeteksian fitur wajah yang baik untuk melakukan pembacaan nilai-nilai pada dari fitur wajah. Tabel 1 menampilkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa sistem mendeteksi nilai-nilai pada fitur wajah itu yaitu seberapa cepat menangkap objek-objek yang ada di depan kamera.

Tabel 1. Pengujian Deteksi Fitur Wajah

| Wajah | Dalam Keadaan | Citra Dikenali | Hasil Pengujian |
|---|---------------|----------------|-----------------|
|  | Diam | Citra 1 | Dikenali |
|  | Sedang | Citra 1 | Dikenali |
|  | Cepat | Citra 1 | Tidak Dikenali |

Pengujian Pada Database

Pengujian *database* dilakukan untuk menguji kebenaran sistem dalam menangkap fitur wajah. Dalam hal ini terdapat fitur yang dikenali sistem dan fitur yang tidak dikenali sistem, artinya pada pengujian yang benar, kemungkinan besar pemilik rumah tersebut yang dapat mengaksesnya, seperti ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Orang Dikenali

Pada pengujian yang hasilnya tidak dikenali, seperti tampak pada Gambar 6, hal ini artinya seseorang bukanlah pemilik rumah sehingga tidak dapat masuk ke dalam rumah tanpa konfirmasi pemilik rumah.



Gambar 6. Orang Tidak Dikenali

Pengujian Tingkat Akurasi

Dari hasil pengujian sistem pengenalan wajah (Tabel 2), secara keseluruhan dapat diketahui bahwa tingkat akurasi mempengaruhi dalam pembacaan sistem terhadap suatu objek atau fitur. Dalam hal ini telah diketahui bersama bahwa hasil pengujian sangat bergantung pada kecepatan pembacaan dan tingkat akurasi yang baik.

Tabel 2. Tingkat Akurasi

| Dalam Keadaan | Keakuratan |
|---------------|------------|
| Diam | 80 % |
| Sedang | 65 % |
| Cepat | 35 % |

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan pada sistem keamanan pintu rumah menggunakan *minicomputer* Raspberry Pi dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Implementasi *Mini Computer Raspberry Pi* untuk pengolahan citra dirasa belum bekerja maksimal mungkin karena kinerja cenderung akan memakan *CPU Usage* digunakan.
2. Sistem pengenalan wajah menggunakan metode *triangle face* adalah membandingkan jarak antar fitur wajah.
3. Sistem yang dibuat akan sulit mendapatkan presisi yang terbaik pada wajah, karena kinerja perangkat keras cenderung berat.
4. Proses pendeteksian citra wajah pada saat objek bergerak cepat, bergerak sedang, dan diam akan mempengaruhi hasil nilai jarak antar fitur yang akan diuji pada tes kinerja sistem.
5. Sistem yang digunakan cukup aman untuk diimplementasikan pada sistem keamanan pintu rumah purwarupa.

Hasil penelitian ini masih terdapat kekurangan dan perlu dikembangkan lebih lanjut untuk:

1. Memperbaiki akurasi pencocokan gambar yang lebih baik, disarankan untuk perancangan *input template* ditambah dan dengan berbagai kondisi, serta citra *database* diberikan resolusi yang lebih tinggi agar sistem dapat mengenali wajah dengan baik.
2. Mencari algoritma untuk proses *face recognition* yang memiliki tingkat akurasi tinggi, sehingga dapat diterapkan pada bidang keamanan saat ini.
3. Menjalankan sistem dengan *embedded board* yang spesifikasinya lebih tinggi untuk mendapatkan waktu dan akurasi yang lebih baik.
4. Menggunakan WebCam atau kamera yang memiliki spesifikasi lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Lin, C. and Fan, K.C., 2009, *Human Face Detection Using Geometri Triangle Relationship*, Institute of Computer Science and Information, <https://www.cin.ufpe.br/~rps/Artigos/Human%20Face%20Detection%20Using%20Geometric%20Triangle%20Relationship.pdf>, diakses 1 Juli 2020.
- Miftah, M. dan Aripin, 2016, Pengamanan Laptop Menggunakan Pengenalan Wajah Berbasis Triangle Face, *Journal*

of Applied Intelligent System, 1(1): 22-35.

- Sajati, H., 2015, Deteksi Obyek Menggunakan Haar Cascade Classifier, <http://jati.stta.ac.id/2015/09/deteksiobyek-menggunakan-haar-cascade.html>, diakses 1 Juli 2020.
- Siregar, H.F.R., 2014, Penerapan Face Recognition pada Keamanan Folder Menggunakan Metode Eigenface, *Skripsi*, Program Studi Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.
- Sommerville, I., 2003, *Software Engineering*, 6th ed., Jakarta: Erlangga.

BIODATA PENULIS

Muhammad Ibrahim Nursaid, lahir di Palembang pada tanggal 19 April 1999, Menyelesaikan pendidikan D-IV bidang ilmu Teknik Telekomunikasi dari Politeknik Negeri Sriwijaya tahun 2016. Saat ini tercatat sebagai Mahasiswa di Politeknik Negeri Sriwijaya pada bidang minat Teknik Telekomunikasi DIV.

Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., lahir di Lubuk Linggau pada tanggal 04 Desember 1968, menyelesaikan pendidikan S1 pada bidang Telekomunikasi dari FHBB Basel, Switzerland tahun 1994, S2 pada bidang Teknik Telekomunikasi dari Institut Teknologi Bandung tahun 2004, dan S3 pada bidang Teknik Telekomunikasi dari Institut Teknologi Bandung tahun 2010. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Politeknik Negeri Sriwijaya dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat teknik telekomunikasi.

Sholihin, S.T., M.T., lahir di Palembang pada tanggal 25 April 1974, menyelesaikan pendidikan S1 pada bidang Teknik Telekomunikasi dari Universitas Sriwijaya tahun 1997, dan S2 pada bidang Teknik Telekomunikasi dari Institut Teknologi Bandung tahun 2001. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Politeknik Negeri Sriwijaya dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat teknik telekomunikasi.

ANALISIS KEAMANAN DATA SELULER TERHADAP SERANGAN SNIFFING MENGUNAKAN RTL-SDR

Yulivia Rhadita Savitri¹, Sopian Soim², Mohammad Fadhli³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: ¹yulivia2299@gmail.com, ²sopian_soim2005@yahoo.com,

³mohammad.fadhli@polsri.ac.id

Masuk: 19 Juli 2020, Revisi masuk: 09 Agustus 2020, Diterima: 10 Agustus 2020

ABSTRACT

Data security on cellular networks is needed to maintain privacy and avoid illegal actions, because the process of communication and sending data remotely using cellular networks, especially GSM and GPRS are still widely used than conventional methods. One of the potential for sniffing data security holes can occur in the air interface, it is signalling system when transmitting data between user devices or Mobile Station (MS) and Base Transceiver Station (BTS). Therefore, to find out the quality of data security on GSM and GPRS cellular networks, a penetration testing method with RTL-SDR device are tested. The results obtained are the cellular network security system used is still secure based on data transmission patterns using timeslot, Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), and changes in GSM Frame Number on GSM. Then, network security on GPRS is also still safe using logic channels, timeslot, and different security algorithm from GSM.

Keywords: Air interface, BTS, Cellular, RTL-SDR, Security.

INTISARI

Keamanan data pada jaringan seluler sangat diperlukan untuk menjaga privasi dan menghindari tindakan ilegal, karena proses komunikasi dan pengiriman data jarak jauh menggunakan jaringan seluler khususnya GSM dan GPRS masih banyak digunakan dibandingkan cara konvensional. Salah satu potensi terbukanya celah keamanan data dapat terjadi pada *air interface*, yaitu pada saat transmisi data antara perangkat *user* atau *Mobile Station* (MS) dan *Base Transceiver Station* (BTS). Maka, untuk mengetahui kualitas keamanan data pada jaringan seluler GSM dan GPRS dilakukan pengujian dengan metode *penetration testing* dengan perangkat RTL-SDR. Hasil yang diperoleh adalah sistem keamanan jaringan seluler yang digunakan masih aman berdasarkan pola transmisi data yang menggunakan *timeslot*, *Temporary Mobile Subscriber Identity* (TMSI), dan perubahan *GSM Frame Number* pada GSM. Kemudian, keamanan jaringan pada GPRS juga masih aman menggunakan kanal logika, *timeslot*, dan algoritma keamanan yang berbeda dari GSM.

Kata-kata kunci: Air interface, BTS, Keamanan, RTL-SDR, Seluler.

PENDAHULUAN

Sistem telekomunikasi seluler masih menjadi sistem utama dalam proses komunikasi jarak jauh, karena lebih efisien dalam proses pengiriman maupun biaya. Untuk menjaga privasi komunikasi diperlukan keamanan data pada jaringan seluler. Keamanan data adalah ilmu pengetahuan dan pembelajaran mengenai metode perlindungan data pada komputer dan sistem komunikasi. Salah satu potensi terbukanya celah keamanan data dapat terjadi saat sebuah data ditransmisikan dari satu perangkat *user* ke perangkat *user* lain melalui sebuah jaringan, baik jaringan dengan transmisi *wired* maupun *wireless*.

Data yang dikirimkan dapat melalui sebuah media yang terhubung ke jaringan, seperti data pada SMS yang dikirimkan antara *Mobile Station* melalui *air interface* dan *email* yang dikirimkan ke tujuan dengan sistem Postfix dengan fungsi sebagai *Mail Transfer Agent* (MTA), yaitu pengelola dan penyalur *email* dari *user* hingga masuk ke jaringan. SMS dan *email* yang dikirimkan ke jaringan berupa sinyal yang terenkripsi. Dalam suatu jaringan, sinyal tersebut ditransmisikan menuju BTS seluler yang telah ditentukan hingga SMS dan *email* tersebut sampai ke perangkat (*Mobile Station*) penerima. Namun, saat sinyal ditransmisikan menuju BTS, sinyal tersebut dapat ditangkap oleh *sniffer* untuk

mendapatkan informasi secara ilegal, sehingga terjadi kasus *sniffing*.

RTL-SDR bekerja pada frekuensi 24 MHz hingga 1766 MHz dan berfungsi sebagai *receiver* (Rx) (Laufer, 2014). Saat *sniffing* berjalan, *sniffer* akan mencari frekuensi jaringan yang digunakan *user* dalam proses pengiriman SMS dan *email*. Setelah frekuensi yang tepat ditemukan, *sniffer* mulai menangkap sinyal yang dilewatkan pada frekuensi tersebut menggunakan RTL-SDR. RTL-SDR didukung oleh *tools* pada sistem operasi berbasis Linux yang dapat *me-capture* sinyal tangkapan RTL-SDR. Setelah sinyal berhasil *di-capture*, *tools* pada Linux akan melakukan proses *penetration testing* sinyal dengan *me-decode* atau mendekripsi sinyal hingga informasi data yang dikirim *user* dapat diketahui oleh *sniffer*.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pengujian penyerangan data melalui *sniffing*?
2. Metode apa yang digunakan untuk mengamankan data dan seberapa akurat data tersebut dapat diamankan?
3. Bagaimana cara mengukur kinerja suatu proses keamanan data?

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui tingkat kesuksesan keamanan data pada jaringan seluler.
2. Sebagai bahan analisis terhadap informasi sinyal yang ditangkap dari perangkat RTL-SDR.
3. Untuk mengetahui perbandingan teknik enkripsi berdasarkan media pengiriman data (SMS dan *email*).

METODE

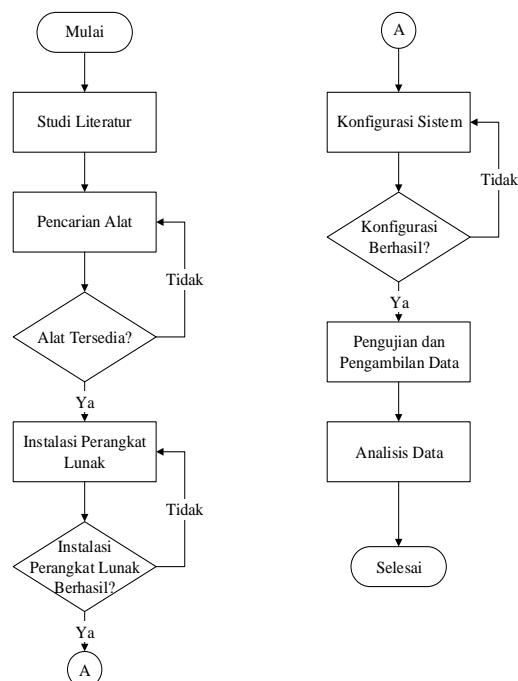
Proses pengujian dilakukan di *coverage area* BTS (*Base Transceiver Station*) *provider* Telkomsel dengan frekuensi pada *band* 900 MHz di Kota Palembang. Gambar 1 menampilkan alur penelitian yang dilakukan.

Deskripsi alur penelitian:

1. Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini adalah pencarian referensi yang terkait dengan pembahasan mengenai sistem keamanan data, proses pengiriman data, ancaman keamanan data sistem *wireless*, dan teknologi jaringan seluler. Selain itu, pada tahapan ini juga dilakukan analisis perbandingan terhadap penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya dari berbagai

jurnal, prosiding, dan sumber pustaka lainnya.

2. Proses pencarian alat pada penelitian ini berupa penyediaan perangkat RTL-SDR dan penyesuaian spesifikasi perangkat pendukung penelitian.
3. Instalasi perangkat lunak yang dilakukan adalah instalasi sistem operasi Kali Linux 2018, Linux Ubuntu 18.04 LTS, dan Ubuntu 16.04 LTS di dalam *software* Oracle VM VirtualBox, sehingga Kali Linux, Linux Ubuntu 18.04 LTS, dan Ubuntu 16.04 LTS akan bekerja pada mode virtual.
4. Konfigurasi sistem pada *mail server* Postfix dan integrasi *mail server* Postfix dan Gmail.
5. Pengujian pengiriman data antar *user* yang berisi teks melalui SMS dan *email*.
6. Pengambilan data melalui proses penangkapan sinyal menggunakan RTL-SDR dan *tools* pada sistem operasi Kali Linux 2018 dan Linux Ubuntu 18.04 LTS yang berfungsi *me-decode* sinyal ke dalam bentuk paket data.
7. Analisis data yang diperoleh dilakukan berdasarkan kemampuan sinyal yang terenkripsi dapat *di-decode* pada SMS dan *email*.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pengujian *sniffing* data seluler menggunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak seperti ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kebutuhan Perangkat Keras

| No | Perangkat Keras | Spesifikasi |
|----|--------------------------------|---|
| 1 | RTL-SDR | R2832U USB 2.0 24-1766 MHz Receiver |
| 2 | Laptop Asus X45A | Intel Celeron 1000M 1.80 GHz RAM 4 GB 64 bit HDD 1 TB USB 2.0 & 3.0 |
| 3 | Smartphone Samsung Galaxy V | 4.4 Kitkat RAM 512 MB ROM 4 GB CPU 1.2 GHz Dual Core Micro SIM |

Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Lunak

| No | Perangkat Lunak | Fungsi |
|----|---------------------------|------------------------------------|
| 1 | Oracle VM VirtualBox | Software Sistem Operasi Virtual |
| 2 | Kali Linux 2018 | Sistem Operasi |
| 3 | Linux Ubuntu 18.04 LTS | Sistem Operasi |
| 4 | Linux Ubuntu 16.04 LTS | Sistem Operasi |
| 5 | GQRX | SDR Tool |
| 6 | Gr-GSM | SDR Tool |
| 7 | Kalibrate | Scanning BTS |
| 8 | Frequency Check | Pemindai ARFCN |
| 9 | Airprobe | Decoding Tool |
| 10 | GSM Framecoder | Decoding Tool |
| 11 | Wireshark | Capture Packet Data |

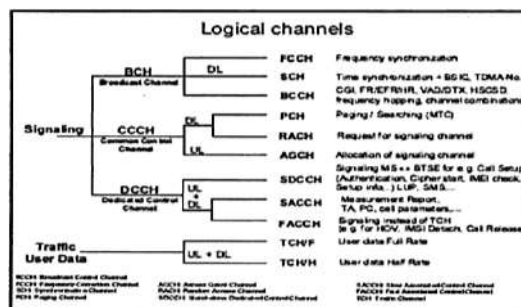
Pengambilan data dilakukan dengan metode *penetration testing*, yaitu metode pengujian penyadapan (*sniffing*) terhadap target yang menerima data berupa SMS dan *email* yang telah dirancang. Proses pengambilan data dimulai pada saat perangkat pengirim telah mengirimkan SMS dan *email* dalam bentuk teks menuju target, maka RTL-SDR menangkap sinyal pada *air interface* BTS (*downlink*) berdasarkan ARFCN yang digunakan perangkat target. Selanjutnya, dilakukan proses dekripsi (*decoding*) sinyal untuk menemukan SMS dan *email* target.

Tahapan penyadapan SMS dan *email* dilakukan dengan cara yang sama, namun dengan parameter yang berbeda. Keberhasilan atau kegagalan penemuan data SMS dan *email* menjadi penentu kualitas keamanan jaringan GSM seluler. Parameter tingkat keamanan data yang diukur pada pengujian penyadapan SMS dan *email* adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Parameter Keamanan Data

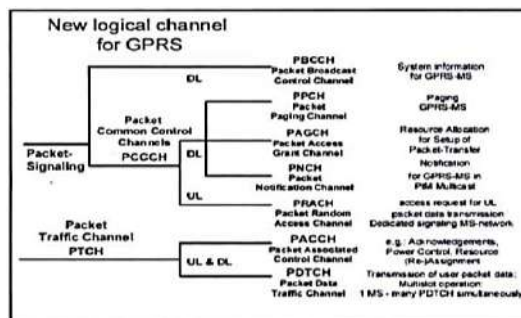
| No | SMS | Email |
|----|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | ARFCN | ARFCN |
| 2 | Broadcast Channel | Location Area Identification |
| 3 | Dedicated Control Channel | Packet Broadcast Control Channel |
| 4 | Timeslot | GPRS Indicator |
| 5 | Location Area Identification | Packet Dedicated Control Channel |
| 6 | TMSI | Timeslot |
| 7 | GSM Frame Number | Ciphering Mode Command |
| 8 | Ciphering Mode Command | |
| 9 | Burst frame | |

GSM (*Global System for Mobile*) adalah generasi kedua dari standar sistem seluler. Teknologi GSM (Gambar 2) menggunakan sistem TDMA dengan alokasi kurang lebih sekitar delapan pengguna di dalam satu *channel* frekuensi sebesar 200 kHz per satuan waktu (Apriyanti, dkk., 2016).



Gambar 2. Kanal Logika GSM (Wardhana dan Makodian, 2010)

Kanal logika GPRS (Gambar 3) dibagi menjadi tiga, yaitu PTCH (*Packet Traffic Channel*), PCCH (*Packet Common Control Channel*), dan PBCCH (*Packet Broadcast Control Channel*) (Wardhana dan Makodian, 2010).



Gambar 3. Kanal Logika (Wardhana dan Makodian, 2010)

Decoding adalah proses konversi data yang telah dikirimkan oleh sumber pesan menjadi informasi yang dimengerti oleh penerima (Rivaldy, dkk., 2017). *Software Defined Radio* dapat menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh perangkat keras berupa *transmitter* atau *receiver* kemudian diterjemahkan sebagai proses *decoding* sinyal itu sendiri (Ramadhan, dkk., 2018).

PEMBAHASAN

Identifikasi Channel

Identifikasi *channel* bertujuan untuk mengetahui lokasi *channel* GSM yang digunakan *smartphone* atau perangkat target dan untuk mengidentifikasi *channel* GSM yang tersedia di area pengujian. Tahapan pertama dari identifikasi *channel* yaitu menggunakan *tools* Kalibrate yang telah diinstalasi pada Kali Linux 2018 dan Linux Ubuntu 18.04 LTS. Selain itu, Kalibrate juga berfungsi untuk mengkalibrasi nilai *offset* RTL-SDR dan mengetahui apakah RTL-SDR diatur pada posisi frekuensi yang tepat atau dengan nilai *offset* tertentu.

Pada Gambar 4 adalah hasil identifikasi *channel* yang diterima oleh RTL-SDR. Pada bagian pertama adalah hasil *scanning* pada *channel* GSM900 dimana pada *band* tersebut tidak ditemukan *channel* GSM utama atau *channel* dengan *power* terbesar di area pengujian. Sedangkan, pada bagian kedua adalah hasil *scanning* pada *channel* EGSM dengan *band* 900 MHz dimana terdapat *channel* utama dan terbesar dengan nomor *channel* 1021, frekuensi 934.4 MHz, nilai *offset* sebesar 21.967 kHz, dan *power* sebesar 149549.80.

```
Using device 0: Generic RTL2832U OEM
Found Rafael Micro R820T tuner
Exact sample rate is: 270833.002142 Hz
[RB2XX] PLL not locked!
Setting gain: 40.0 dB
kal: Scanning for GSM-900 base stations.
GSM-900:
root@linuxx:/home/linuxx# kal -s EGSM -g 40
Found 1 device(s):
  0: Generic RTL2832U OEM

Using device 0: Generic RTL2832U OEM
Found Rafael Micro R820T tuner
Exact sample rate is: 270833.002142 Hz
[RB2XX] PLL not locked!
Setting gain: 40.0 dB
kal: Scanning for E-GSM-900 base stations.
E-GSM-900:
  chan: 1021 (934.4MHz - 21.967kHz)  power: 149549.80
  ...chan 1023
```

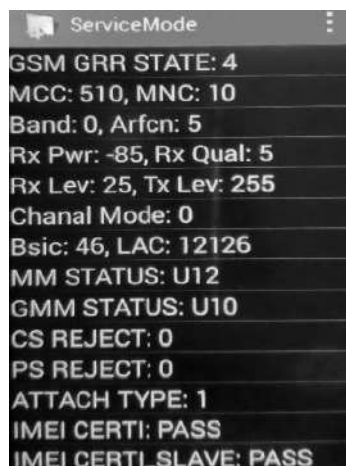
Gambar 4. Identifikasi Channel Band 900 MHz

Identifikasi Channel Perangkat Target

Perangkat target (*smartphone*) diatur ke dalam *Service Mode* dengan me-*dial* nomor *#0011#. Selanjutnya, diperoleh informasi mengenai *channel* yang digunakan

perangkat target. Informasi tersebut diantaranya adalah MCC (*Mobile Country Code*) atau kode area *provider* yaitu 510 yang menunjukkan kode Negara Indonesia, MNC (*Mobile Network Code*) atau kode *provider* Telkomsel yaitu 10, Band 0 merupakan kode *band* frekuensi yang digunakan perangkat yaitu pada *band* 900 MHz, dan informasi utama yang diperlukan dalam mendukung *sniffing* data adalah ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*) atau nomor *channel* yang digunakan perangkat.

Kedudukan ARFCN perangkat bersifat tidak tetap, perpindahan ARFCN tergantung pada kekuatan sinyal yang dipancarkan BTS pada tiap *channel*. Apabila kekuatan sinyal yang digunakan mulai lemah, maka perangkat akan mencari *channel* dengan kekuatan yang lebih optimal di sekitarnya. Pada Gambar 5 menunjukkan ARFCN perangkat dengan nomor 5 pada *provider* Telkomsel yang paling sering digunakan perangkat target. *Power* sinyal yang diterima perangkat target dari *channel* sebesar -85 dBm, level sinyal yang diterima sebesar -25 dBm, kualitas sinyal yang diterima berskala 5, dan level sinyal yang dipancarkan oleh BTS sebesar 255 dBm.



Gambar 5. Informasi BTS yang Digunakan Smartphone

Identifikasi Frekuensi Downlink Channel

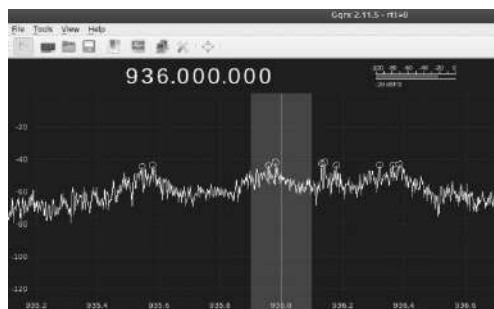
Identifikasi frekuensi yang digunakan *smartphone* menggunakan *website* Frequency Calculator dengan cara memasukkan nomor ARFCN perangkat dan mengatur *network type* menjadi GSM. Maka, pada Gambar 6 diperoleh frekuensi *uplink* sebesar 891 MHz, frekuensi *downlink* sebesar 936 MHz, dan *bandwidth channel* sebesar 0.2 MHz atau 200 kHz.

Result

| | |
|---|------------|
| Network Type | GSM (TDMA) |
| E/URARFCN | 5 |
| Band Name | GSM 900 |
| Uplink Frequency (phone to base station) | 891 MHz |
| Downlink Frequency (base station to phone) | 936 MHz |
| Band Number | 900 |
| Possible Bandwidths | 0.2 MHz |
| Sector Color | |

Gambar 6. Frekuensi dan *Bandwidth* ARFCN 5

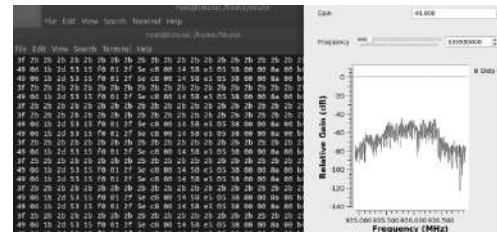
Frekuensi *downlink* yang diperoleh selanjutnya dilakukan pencarian frekuensi yang tepat dan dengan *power* terbesar menggunakan GQRX dimana *range* frekuensi nomor *channel* 5 adalah antara 935.9 MHz sampai 936.1 MHz Gambar 7. Hasil yang diperoleh adalah terdapat dua posisi frekuensi dengan *power* terbesar pada ARFCN 5 yaitu frekuensi 935.939 MHz dan frekuensi 935.975 MHz. *Power* sinyal yang kuat menandakan bahwa terdapat informasi yang ditransmisikan pada frekuensi tersebut. Selain itu, frekuensi dengan *power* terbesar menunjukkan potensi dari posisi frekuensi yang digunakan perangkat.



Gambar 7. Frekuensi *Downlink* ARFCN 5

Kemudian, frekuensi yang diperoleh dengan *power* terbesar diuji coba pada Gr-GSM untuk mengetahui apakah sinyal dapat diterima oleh RTL-SDR dan dapat di-*decoding*. Untuk menjalankan Gr-GSM menggunakan *command* "grgsm_livemon", kemudian Gain diatur sebesar 40 dB dan frekuensi dengan *power* terbesar diatur ke dalam Gr-GSM. Kode-kode heksadesimal yang ditampilkan pada terminal menunjukkan bahwa terdapat informasi sinyal yang berhasil di-*decode* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Selama proses *decoding* terjadi *error decode* yang ditandai

dengan terhambatnya proses *decoding* akibat dari RTL-SDR yang tidak dapat menerima sinyal secara signifikan.



Gambar 8. Tangkapan Sinyal pada ARFCN 5

Pengujian dan Analisis

Proses pengujian *sniffing* data menggunakan metode *penetration testing* yang didukung oleh *tools*, perangkat RTL-SDR, dan *smartphone*. Metode *Penetration testing* adalah metode simulasi penyerangan terhadap jaringan ataupun sistem jaringan yang diuji untuk mengetahui kualitas keamanan jaringan tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan dua target data yaitu SMS dan *email*. Kemudian, analisis yang dilakukan berdasarkan hasil tangkapan sinyal menggunakan RTL-SDR, proses *decoding* dan informasi yang diperoleh setelah *decoding* sinyal yang selanjutnya dihubungkan dengan parameter-parameter keamanan yang telah ditentukan.

Pengujian Sniffing SMS

Sniffing SMS menggunakan *tools* Gr-GSM dengan me-*capture* sinyal pada ARFCN 5. Pola pengujian yang dilakukan pada *sniffing* SMS adalah perangkat pertama melakukan pengiriman pesan berisi teks melalui SMS secara berurutan kepada target, kemudian *sniffer* melakukan penangkapan sinyal menggunakan RTL-SDR berdasarkan identifikasi *channel* yang telah dilakukan pada perangkat target. Untuk menjalankan penangkapan sinyal dilakukan dengan *command* "grgsm_capture -f 5935939000 -s 1e6 -c tsel93.cfile -g 40" seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 "grgsm_capture" menunjukkan perintah *capture* sinyal menggunakan Gr-GSM. Kode "-f 935939000" menunjukkan frekuensi dengan ARFCN 5. Kode "-s 1e6" menunjukkan nilai *sample rate* saat *capturing* sinyal yaitu sebesar 1 MHz. Kode "-c tsel93.cfile" adalah hasil tangkapan sinyal dari RTL-SDR yang disimpan dalam ekstensi *.cfile. Kode "-g 40" merupakan

gain yang digunakan sebesar 40 dB pada saat penangkapan sinyal.

```
root@linuxx:/home/linuxx# grqsncapture -f 935939000 -s 1e6 -c tsel93.cfile -g 40
```

Gambar 9. Capturing Sinyal

Selanjutnya, tahapan *decoding* sinyal (Gambar 10) yang tersimpan dalam ekstensi *.cfile agar informasi dapat ditampilkan ke dalam Wireshark. Untuk melakukan *decoding* sinyal dapat menuliskan *command* "grgsncdecode -f 935939000 -c tsel93.cfile -s 1e6 -m BCCH -t 0". Kode "-m BCCH" menunjukkan *Broadcast Channel* (BCH) yang akan di-*decode* adalah BCCH (*Broadcast Control Channel*) dan "-t 0" yang menampilkan *timeslot* 0.

BCCH akan menampilkan informasi mengenai BTS (*Base Transceiver Station*) yang digunakan MS (*Mobile Station*) atau perangkat target. Informasi yang akan ditampilkan dari BCCH antara lain DCCH (*Dedicated Control Channel*), *timeslot*, *hopping channel*, ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*), *timing advance*, dan LAI (*Location Area Identification*).

```
root@linuxx:/home/linuxx# grgsncdecode -f 935939000 -c tsel93.cfile -s 1e6 -m BCCH -t 0
```

Gambar 10. Decoding Sinyal

Kemudian, Wireshark menampilkan hasil *decoding* sinyal yang telah ditangkap menggunakan RTL-SDR seperti pada Gambar 11 dan Gambar 12. Pada *Immediate Assignment* terdapat *Channel Description* dimana terdapat informasi jenis *Dedicated Control Channel* (DCCH) yaitu menggunakan SDCCH/8. SDCCH (*Stand Alone Dedicated Control Channel*) adalah *bi-directional channel* yang berarti kanal dengan dua arah pancaran sinyal. SDCCH digunakan dalam sistem pensinyalan, *call setup*, autentikasi, *location update*, trafik kanal, transmisi pesan singkat dari atau menuju MS, dan transmisi data antara MS dan *network*. Konfigurasi SDCCH/8 yang digunakan BTS menunjukkan bahwa delapan *sub channels* yang digunakan untuk pensinyalan yang diposisikan pada 1 TS (*Timeslot*) hingga menghasilkan satu trafik kanal lebih sedikit pada *cell*.

Pada *Immediate Assignment* juga ditemukan *timeslot* saat pengiriman data. *Timeslot* adalah periode waktu diskrit secara *real time* dimana sebuah data harus sampai agar dapat di-*decode* penerima. *Timeslot* dibagi menjadi beberapa alokasi saat

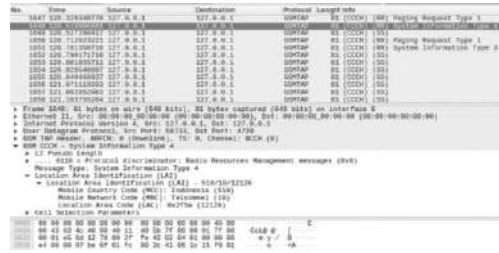
transmisi data dilakukan, sehingga pada *frame* tertentu data akan berada pada *timeslot* yang berbeda. Pada Gambar 11 dan Gambar 12 diperoleh dua buah *timeslot* yang digunakan pada transmisi data, yaitu *timeslot* 1 dan *timeslot* 2. Pembagian tersebut menunjukkan bahwa data GSM yang dikirimkan dibagi menjadi beberapa slot untuk menjaga keamanan data GSM, sehingga mempersulit *sniffer* dalam menemukan data.

Gambar 11. Timeslot 1 dan Dedicated Control Channel SDCCH/8

Gambar 12. Timeslot 2 dan Dedicated Control Channel SDCCH/8

Kemudian, terdapat keterangan *hopping channel* dengan status "No" yang artinya MS sedang tidak melakukan panggilan atau *dial*. Nomor ARFCN 5 yang ditemukan pada *Immediate Assignment* sesuai dengan penggunaan perangkat target. Selanjutnya, *timing advance* menunjukkan jarak antara MS dan BTS. Informasi yang diperoleh menunjukkan *timing advance* bernilai 1, artinya jarak MS dan BTS antara 553,5 hingga 1107 meter.

Pada *System Information Type 4* (Gambar 13) diperoleh informasi berupa LAI (*Location Area Identification*) yang menunjukkan bahwa sinyal yang ditangkap RTL-SDR adalah sinyal GSM yang berasal dari Negara Indonesia dengan kode 510, operator seluler dari Telkomsel dengan kode 10, dan *Location Area Code* yang ditangkap dengan kode 12126. Informasi tersebut menunjukkan persamaan informasi yang diperoleh dari perangkat target.



Gambar 13. Informasi pada System Information Type 4

Selanjutnya adalah menemukan TMSI, GSM Frame Number, dan algoritma keamanan GSM provider Telkomsel. Decoding dimulai dari SDCCH/8 timeslot 1 dengan command “grgsm_decode -f 935939000 -s 1e6 -c tsel93.cfile -m SDCCH8 -t 1” pada terminal. Pada timeslot 1 ditemukan packet list berupa Paging Response seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



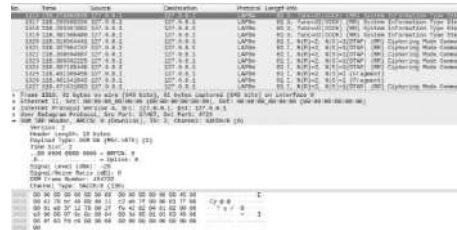
Gambar 14. TMSI pada Paging Response

Pada Paging Response ditemukan TMSI dengan kode yang sama pada tiap packet list yaitu 0x16682a06. TMSI merupakan nomor IMSI sementara yang bersifat acak, sehingga sniffer tidak mengetahui nomor IMSI perangkat. TMSI dengan nomor yang sama tersebut mempunyai indikasi bahwa informasi yang diperoleh adalah informasi perangkat target berdasarkan pola pengiriman SMS oleh target yang dilakukan secara berurutan.

Informasi algoritma keamanan data GSM tidak ditemukan pada timeslot 1, artinya informasi tersebut memungkinkan tersedia pada timeslot 2. Untuk me-decode timeslot 2 dilakukan dengan command “grgsm_decode -f 935939000 -s 1e6 -c tsel93.cfile -m SDCCH8 -t 2”.

Pada Gambar 15 dan Gambar 16 terdapat System Information Type 5ter dan Cipherng Mode Command yang merupakan hasil dari decoding timeslot 2. Pada System Information Type 5ter berisi informasi GSM Frame Number yaitu dengan nomor 494732. GSM Frame Number juga mempunyai nomor yang selalu berubah setiap frame.

GSM Frame number diperlukan pada saat burst frame dilakukan. Pada umumnya perubahan GSM Frame Number pada saat pengiriman data terjadi setiap 102 frame. Jika GSM Frame Number adalah 494732, maka 102 frame berikutnya adalah 494834 dan 102 frame berikutnya lagi adalah 494936.



Gambar 15. GSM Frame Number pada System Information Type 5ter



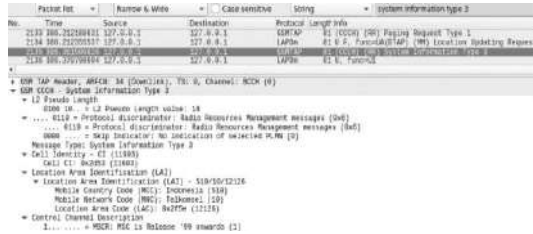
Gambar 16. Algoritma A5/1 sebagai Pengaman Data

Kemudian, pada packet list Cipherng Mode Command menunjukkan algoritma keamanan yang digunakan provider Telkomsel yaitu Algoritma A5/1. Algoritma A5/1 digunakan untuk mengenkripsi data yang ditransmisikan antara MS dan BTS pada air interface (media komunikasi transmisi data melalui frekuensi radio).

Setelah menemukan GSM Frame Number, TMSI, dan algoritma keamanan GSM. Selanjutnya adalah proses burst yang bertujuan untuk mencari KC (Key Cipherng) perangkat target. Tahapan yang dilakukan yaitu masuk ke direktori tool Airprobe dengan command “cd airprobe/gsm-receiver/src/python”, kemudian masukkan command “.go.sh /home/linuxx/tsel93.cfile 64 2S &> /home/linuxx/ts2burst.txt”.

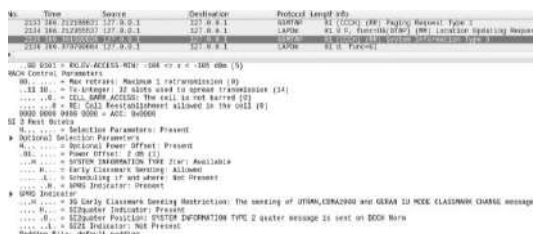
Kode “.go.sh” (Gambar 17) adalah perintah untuk menjalankan file gsm-receiver.py yang berfungsi memfilter bit-bit informasi hasil tangkapan sinyal file ekstensi *.cfile. “/home/linuxx/tsel93.cfile” menunjukkan lokasi dan nama penyimpanan *.cfile yang akan di-burst. “64” menunjukkan decimation rate, “2S” adalah timeslot 2, dan “&> /home/linuxx/ts2burst.txt” adalah tujuan penyimpanan burst dan nama burst.

informasi identitas *channel* atau *cell identity* dengan kode 11603. Kemudian, terdapat informasi *Location Area Identification (LAI)* dengan MCC 510 (Indonesia), MNC 10 (Telkomsel), dan LAC 12126 (Gambar 22).



Gambar 22. Informasi LAI

Proses *decoding* GPRS pada metode ini dilakukan dengan cara yang sama dengan proses *decoding* GSM, yaitu menggunakan Gr-GSM dari Airprobe dan Wireshark. *Broadcast Channel* GPRS menggunakan PBCCH (*Packet Broadcast Control Channel*), sedangkan GSM salah satunya menggunakan BCCH (*Broadcast Control Channel*). Namun, GPRS juga dapat menggunakan GSM BCCH sebagai PBCCH. Oleh karena itu, *System Information Type 3* yang merupakan hasil *decoding* dengan filter BCCH mempunyai informasi GPRS *Indicator* yang menunjukkan penggunaan GPRS aktif pada BCCH seperti ditunjukkan pada Gambar 23.

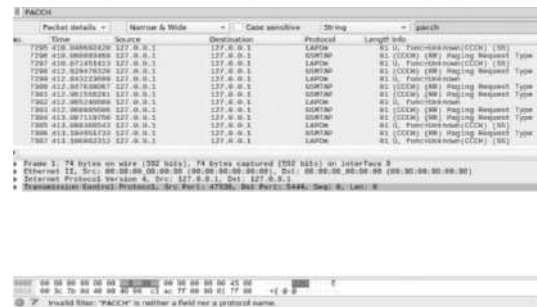


Gambar 23. GPRS Indicator

Frekuensi *air interface* yang digunakan pada GPRS bernilai sama dengan GSM, namun mempunyai *timeslot* yang berbeda. Maka, ARFCN perangkat yang digunakan GPRS adalah 5 mengikuti ARFCN yang digunakan pada GSM. Selain itu, GPRS menggunakan layer MAC (*Medium Access Control*), RLC (*Radio Link Layer*), dan GSM-RF (*Physical Layer*) pada *air interface*, sedangkan GSM menggunakan layer RR (*Radio Resource*), protokol LAPDm (*Link Access Protocol for the ISDN D-channel*), dan GSM-RF (*Physical Layer*).

Gr-GSM dapat me-*decode* BCCH pada *Broadcast Control Channel* dan SDCCH pada *Dedicated Control Channel*. Untuk

menampilkan layer MAC/RLC, dilakukan dengan filter *Packet Dedicated Control Channel*, karena MAC/RLC termasuk ke dalam *Packet Dedicated Control Channel* (*Packet Associated Control Channel*). PACCH adalah *bi-directional dedicated channel* yang membawa informasi seperti *channel assignment*, *power control*, dan *acknowledgement* penerimaan data GPRS. Tetapi, Gr-GSM tidak dapat me-*decode* PACCH, oleh karena itu Gr-GSM tidak dapat menampilkan layer MAC/RLC dan *timeslot* GPRS (Gambar 24).



Gambar 24. Tidak Terdapat *Decoding* PACCH

Untuk keamanan data pada GPRS berbeda dengan keamanan data GSM. Algoritma A5/1 hanya digunakan pada GSM untuk mengenkripsi data pada *air interface*, namun pada GPRS menggunakan algoritma GEA3 dalam enkripsi data. Oleh karena Gr-GSM tidak dapat melakukan *decoding* PACCH, maka algoritma keamanan GPRS juga tidak dapat ditampilkan pada Wireshark, sehingga proses dekripsi data GPRS tidak dapat dilakukan.

KESIMPULAN

1. Keakuratan keamanan data pada jaringan seluler masih cukup aman berdasarkan pembagian *timeslot* dan pola transmisi data pada *air interface* yang berlangsung cepat, sehingga mempersulit *sniffer* dalam menangkap dan me-*decode* sinyal. Penggunaan *GSM Frame Number* yang terus berubah pada setiap *frame* dapat membantu memperkuat keamanan data. Selain itu, penggunaan TMSI juga dapat melindungi *user* dari *sniffing*, karena informasi perangkat yang ditampilkan bukan informasi asli perangkat.
2. Penggunaan algoritma A5/1 untuk mengenkripsi sinyal GSM masih kurang aman, karena algoritma A5/1 masih

- dapat didekripsi menggunakan RTL-SDR dan *tools decoding* sinyal.
3. Untuk keamanan pengiriman paket data pada GPRS masih aman diterapkan, karena *timeslot*, kanal logika, dan algoritma keamanan antara GSM dan GPRS berbeda. Sedangkan *tools decoding* dan RTL-SDR hanya dapat melakukan penangkapan dan *decoding* sinyal dengan kanal logika GSM.
 4. Saran pada sistem keamanan data seluler ini sebaiknya digunakan algoritma keamanan selain A5/1 pada sistem GSM untuk menghindari serangan yang terjadi pada *air interface*.

Negeri Padang, dan pendidikan S2 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti, Y., Juhana, T., Hamidi, E.A.Z., 2016, Sniffing Sinyal GSM Dengan RTL-SDR, GNU Radio dan Wireshark, *SENER 2016: Seminar Nasional Teknik Elektro 2016*, 26-27 November 2016, 78-85.
- Laufer, C., 2014, *The Hobbyist's Guide to the RTL-SDR: Really Cheap Software Defined Radio*, RTL-SDR.com.
- Ramadhan, S.A., Rizal, M.F., dan Rosmiati, M., 2018, Implementasi GNURADIO GR-DVBT2 Untuk Decoding Sinyal Televisi Digital, *e-Proceeding of Applied Science*, Volume 4, 1949-1957.
- Rivaldy, B., R., Andrian, H.R., dan Rizal, M.F., 2017, Implementasi Gr-GSM Untuk Decoding Komunikasi GSM Terenkripsi, *e-Proceeding of Applied Science*, Volume 3, 1822-1832.
- Wardhana, L. dan Makodian, N., 2010, *Teknologi Wireless Communication dan Wireless BroadBand*, Edisi 1, Yogyakarta: Penerbit Andi.

BIODATA PENULIS

Yulivia Rhadita Savitri, lahir di Palembang pada tanggal 22 Januari 1999. Saat ini tercatat sebagai Mahasiswa pada Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Sopian Soim, S.T., M.T., menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Sriwijaya, dan pendidikan S2 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Mohammad Fadhli, S.Pd., M.T., menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas

ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN

Asma Yanzhiah¹, Sopian Soim², Martinus Mujur Rose³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya
Email: ¹asmayanzhiah123@gmail.com, ²sopiansoim@gmail.com, ³mujurrose@yahoo.com

Masuk: 22 Juli 2020, Revisi masuk: 14 Agustus 2020, Diterima: 16 Agustus 2020

ABSTRACT

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) is a wireless communication technology that supports the development of the Internet of Things (IoT). LPWAN offers a wider coverage area and low energy consumption. LoRa is one of the most popular LPWAN technologies. LoRa technology is suitable for IoT application scenarios that only need to send small amounts of data over long distances and low-power transmission data. This research focuses on testing the range of the LoRa Rfm 95/96 chip at 920 MHz and SF7 frequencies for urban areas. The parameters used are Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Packet loss. RSSI test results will be compared with RSSI calculation results using the log normal shadowing model. The RSSI value of the test results is closer to the calculation of the RSSI value for the free space area with the addition of a shadowing effect. When viewed from the range of RSSI values at each test point, RSSI is relatively stable. However, based on RSSI average testing and calculation, RSSI has decreased while packet loss has increased with each additional distance. From this study, the maximum LoRa range is 2 km. This is in line with LoRa specifications for urban areas.

Keywords: LoRa, LoRaWAN, LPWAN, Packet Loss, RSSI.

INTISARI

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang mendukung perkembangan Internet of Things (IoT). LPWAN menawarkan coverage area yang lebih luas dan konsumsi energi rendah. LoRa adalah salah satu teknologi LPWAN yang sedang populer. Teknologi LoRa cocok untuk skenario aplikasi IoT yang hanya perlu mengirimkan sejumlah kecil data dalam jarak jauh dan data transmisi yang berdaya rendah. Penelitian ini berfokus pada pengujian jarak jangkauan Chip LoRa Rfm 95/96 pada frekuensi 920 MHz dan SF7 untuk area urban. Parameter yang digunakan yaitu Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Packet loss. RSSI hasil pengujian akan dibandingkan dengan RSSI hasil perhitungan yang menggunakan log normal shadowing model. Nilai RSSI hasil pengujian lebih mendekati nilai RSSI perhitungan untuk area free space dengan penambahan efek shadowing. Jika dilihat dari rentang nilai RSSI pada setiap titik pengujian, RSSI relatif stabil. Namun berdasarkan RSSI rata-rata pengujian dan perhitungan, RSSI mengalami penurunan sedangkan packet loss meningkat setiap penambahan jarak. Dari penelitian ini, jangkauan LoRa maksimum yaitu 2 km. Hal ini selaras dengan spesifikasi LoRa untuk area urban.

Kata-kata kunci: LoRa, LoRaWAN, LPWAN, Packet Loss, RSSI.

PENDAHULUAN

Di era digitalisasi dan otomatisasi ini, kehidupan manusia semakin dipermudah karena hampir semuanya bisa dilakukan secara otomatis menggantikan sistem manual yang ada. Kehadiran *Internet of Things (IoT)* memungkinkan otomatisasi terjadi di kehidupan sehari-hari. Secara umum, IoT mengacu pada interkoneksi jaringan benda sehari-hari, yang sering dilengkapi dengan kecerdasan di mana-

mana. Dengan evolusi IoT sebagian besar perangkat listrik dan elektronik dapat dikontrol secara otomatis.

Berbagai layanan dan aplikasi berbasis IoT telah banyak dikembangkan, seperti *Smart Homes, Smart Cities, Smart Grid*, dan lainnya (Arlin dkk., 2018). Perkembangan tersebut mengakibatkan meningkatnya kebutuhan aplikasi IoT karena memiliki jangkauan jarak yang jauh, *data rate* rendah, konsumsi energi rendah, dan efisiensi biaya.

Teknologi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) dianggap dapat mengatasi kebutuhan IoT tersebut.

LPWAN semakin mendapatkan popularitas di industri dan komunitas penelitian. LPWAN merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memiliki *bit rate* rendah untuk jarak yang jauh dan biaya rendah untuk karakteristik konsumsi daya yang lebih baik (Mekki dkk., 2019). LPWAN mewakili tren baru dalam evolusi teknologi IoT. Tidak seperti 3G/4G atau WiFi, sistem ini tidak fokus untuk mengaktifkan kecepatan data tinggi perangkat atau meminimalkan latensi. Sebaliknya, kinerja utama yang ditentukan untuk LPWAN adalah efisiensi energi, kemampuan skala dan jangkauan (Song dkk., 2017). LPWAN menyediakan komunikasi jarak jauh hingga 10-40 km di zona pedesaan dan 1-5 km di zona perkotaan. Salah satu teknologi LPWAN adalah LoRa yang dikembangkan oleh Semtech.

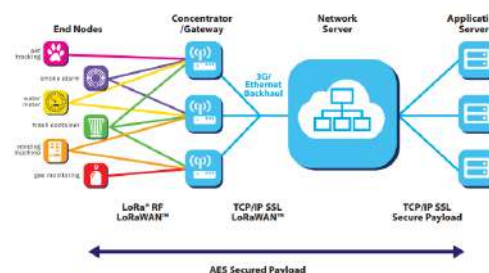
LoRa merupakan teknologi nirkabel berdaya rendah dengan rentang komunikasi jauh. LoRa menggunakan modulasi *Chirp-Spread-Spectrum* (CSS) untuk mempertahankan karakteristik daya rendah untuk kepentingan meningkatkan jangkauan komunikasi. CSS telah digunakan dalam komunikasi jarak jauh oleh militer dan badan antariksa karena kemampuannya untuk menahan gangguan (Khutsoane dkk., 2017). Teknologi ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis komunikasi lainnya seperti seluler, *bluetooth*, maupun WiFi. LoRa memiliki keuntungan yaitu jangkauan komunikasi yang jauh seperti seluler namun berdaya rendah seperti *bluetooth*, sehingga penggunaannya sangat cocok untuk perangkat sensor yang dioperasikan tahunan dengan sumber daya baterai dan pada cakupan area yang luas. (Istianti dkk., 2019)

LoRa beroperasi pada pita frekuensi *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) tidak berlisensi seperti pada frekuensi 2,4GHz, 868MHz, 915MHz, dan 433MHz tergantung pada regulasi masing-masing wilayah (Widianto dkk., 2019). Teknologi LoRa menggunakan protokol komunikasi LoRaWAN yang dikembangkan oleh LoRa Alliance untuk melayani tantangan komunikasi jarak jauh yang dihadapi IoT (Khutsoane dkk., 2017)

LoRaWAN mendefinisikan protokol komunikasi dan arsitektur sistem untuk

jaringan sementara lapisan fisik LoRa yang memungkinkan jangkauan komunikasi jarak jauh. Protokol dan arsitektur jaringan memiliki pengaruh paling besar dalam menentukan masa pakai baterai dari sebuah node, kapasitas jaringan, kualitas layanan, keamanan, dan beragam aplikasi yang dilayani oleh jaringan (Workgroup, 2015).

Jaringan LoRa bertopologi star dengan *gateway* sebagai jembatan penghubung (Gambar 1). *Gateway* dihubungkan dengan banyak *node* disatu sisi dan *network server* disisi lainnya. Jaringan LoRa secara garis besar terdiri dari empat bagian: perangkat, *gateway*, *network server* dan aplikasi pengguna (Murdyantoro dkk., 2019).



Gambar 1. Arsitektur LoRaWAN

Entitas yang didefinisikan dalam LoRaWAN meliputi (Magrin dkk., 2017):

1. *End-device* (atau *end-node*), yaitu node yang melakukan *uplink* (UL) atau menerima lalu lintas *downlink* (DL).
2. *Gateway*, yaitu perangkat yang mengumpulkan paket yang datang dari *end-device* dan dapat meneruskannya. *Gateway* juga dapat mengirimkan paket ke *end-device*.
3. *Network Server* (NS), yang memainkan peran sentral koordinator dan pengontrol jaringan LoRa.

Singkatnya, teknologi LoRa cocok untuk skenario aplikasi IoT yang hanya perlu mengirimkan sejumlah kecil data dalam jarak jauh dan data transmisi yang berdaya rendah (Sun dkk., 2017).

Beberapa penelitian taraf internasional mengenai performansi LoRa menyimpulkan bahwa jangkauan LoRa sangat dipengaruhi oleh kondisi area. Area urban, suburban, dan rural memiliki jangkauan LoRa yang berbeda, sehingga hal ini juga mempengaruhi *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) (Tan dkk., 2019). Salah satu penelitian mengenai studi performansi jarak jangkauan LoRa dalam mendukung infrastruktur konektivitas nirkabel IoT

berhasil melakukan pengukuran jangkauan LoRa hingga radius 400 m. Namun jarak jangkauan ini masih belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, yaitu sampai dengan radius 5 km (Murdyantoro et al., 2019).

Aspek menjanjikan dari teknologi LoRa mendorong dilakukannya penelitian ini untuk pengujian performansi jarak jangkauan LoRa di Kawasan Indonesia. Pengujian dilakukan pada frekuensi 920 MHz menggunakan LoRa Antares untuk area urban. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak transmisi terhadap persentase paket tak diterima (*packet loss*) dan nilai RSSI yang berperan sebagai indikator kekuatan sinyal terima. Khusus parameter RSSI akan dilakukan perbandingan antara perhitungan RSSI dengan *log-normal shadowing model* dengan RSSI hasil pengujian.

Log-normal shadowing model adalah model propagasi yang lebih umum dan cocok untuk lingkungan *indoor* dan *outdoor*. Model ini menyediakan sejumlah parameter yang dapat dikonfigurasi sesuai dengan lingkungan yang berbeda (Xu dkk., 2010). *log-normal shadowing model* berguna ketika berhadapan dengan situasi yang lebih realistis (Cho dkk., 2010). Perhitungan RSSI menggunakan *log normal shadowing model* diperoleh dengan mempertimbangkan nilai *path loss* yang terjadi untuk jarak antara Tx dan Rx. *Path loss* rata-rata untuk skala besar ($\overline{PL}(d)$) dapat dihitung menggunakan fungsi *path loss exponent*.

$$PL(d_0)[dB] = 3,44 + 10n \log f(MHz) + 10n \log d_0(Km) \quad (1)$$

$$\overline{PL}(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

Dimana, $\overline{PL}(d_0)$ merupakan *path loss* referensi pada jarak d_0 dengan kondisi *free space*, dan n adalah *path loss exponent* (Tabel 1) yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan pengujian.

Tabel 1. *Path loss Exponents* (Rappaport, 1996)

| Lingkungan | Path Loss Exponent, n |
|-------------------------------|-----------------------|
| Free space | 2 |
| Urban area cellular radio | 2,7 – 3,55 |
| Shadowed urban cellular radio | 3 – 5 |
| In building LOS | 1,6 – 1,8 |
| Obstructed in building | 4 – 6 |
| Obstructed in factories | 2 - 3 |

Sekalipun demikian, perlu diperhitungkan tentang efek *shadowing* yang kemungkinan besar terjadi di lapangan. Karena itu $PL(d)$ dihitung dengan *log-normal distribution* berikut:

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d) + X\sigma \quad (3)$$

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X\sigma \quad (4)$$

$$Pr(d) = Pt(d) - PL(d) \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan di atas, maka perhitungan *path loss* pada jarak d ditambahkan dengan efek *shadowing* acak $X\sigma$. $X\sigma$ adalah variabel acak yang terdistribusi gaussian dengan *zero mean* dan standar deviasi σ (dalam dB). Variable n dan standar deviasi σ akan disesuaikan kondisi lingkungan pengujian. Sehingga, RSSI menjadi sebagai berikut:

$$RSSI = Pt(d) - (\overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X\sigma) \quad (6)$$

METODE

Proses pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh jangkauan LoRa. Tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sensor dihubungkan pada mikrokontroler yang telah tertanam chip LoRa Rfm95/96
2. *End-node* mengirimkan data ke *gateway* menggunakan komunikasi LoRa. Pengiriman data dari *end-node* dilakukan sebanyak 30 kali pada setiap jarak pengujian.
3. Melihat dan mencatat RSSI pada *LoRa server* untuk setiap pengiriman data (Gambar 2).
4. Melakukan perhitungan persentase paket tak diterima (*packet loss*) pada setiap titik pengujian.
5. Analisis perubahan nilai RSSI dan *packet loss* pada setiap titik pengujian.

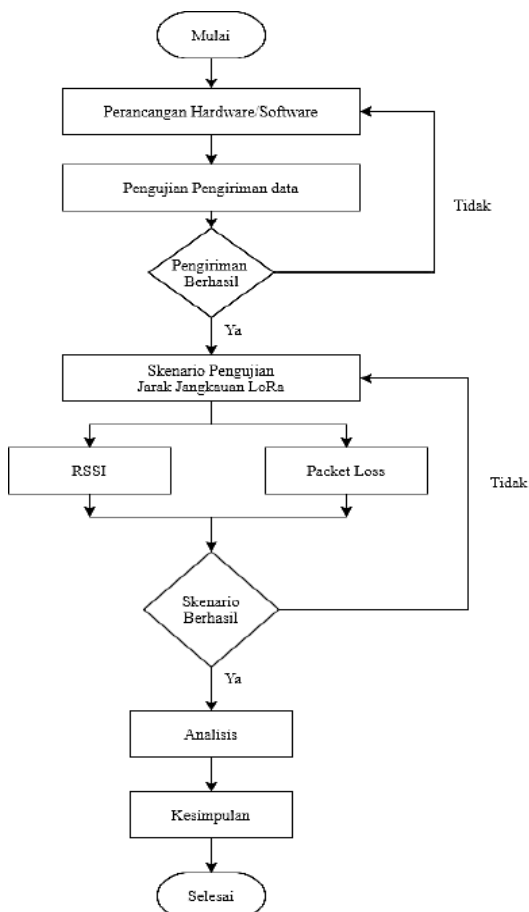
Pengujian ini dilakukan secara langsung di lapangan dengan cara mengubah jarak *end-node* terhadap *gateway* LoRa untuk mendapatkan data yang akurat. Pemilihan lokasi pengujian dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*. Lokasi pengujian dipilih secara sengaja atau pemilihan lokasi dilakukan hanya atas dasar pertimbangan subjektif peneliti dengan asumsi unsur-unsur yang dikehendaki telah ada pada lokasi pengujian. Pengujian dilakukan pada area urban atau area perkotaan, sehingga pentransmisi terjadi pada area dengan *Line of Sight* (LoS) hingga *Non Line of Sight* (NLoS).


```

gatewayId: "7276ff00b030d56"
time: null
timeSinceGpsEpoch: null
timestamp: 4195892027
rssi: -99
loraSnr: -0.2
channel: 4
rfChain: 0
board: 0
antenna: 0
location: {} 5 keys
  latitude: -6.873757
  longitude: 107.586622
  altitude: 35
  source: "UNKNOWN"
  accuracy: 0
  fineTimestampType: "NONE"
txInfo: {} 3 keys
  frequency: 920900000
  modulation: "LORA"
loraModulationInfo: {} 4 keys
  bandwidth: 125
  spreadingFactor: 7
  codeRate: "4/5"
  polarizationInversion: false
    
```

Gambar 2. Data pada LoRa Server

Proses lengkap pengujian jarak jangkauan LoRa ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Skenario Pengujian

PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali pengiriman data pada beberapa lokasi berbeda di Bandung dengan titik-titik pengujian sebagai berikut:

1. Titik pusat pengujian berada di Lab IoT Platform Telkom DDS Gegerkalong.
2. Jl. Sukahaji No.123, Sukarasa, Kec. Sukasari.
3. Telkom Corporate University.
4. Universitas Kristen Maranatha.
5. Jl. Babakan Jeruk IV No.54B Sukagalih.
6. Jl. Surya Sumantri No.23, Sukawarna, Kecamatan Sukajadi.

Lokasi titik-titik pengujian pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik pengujian

Perubahan RSSI

RSSI merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi saluran yang digunakan (Mazloum dkk., 2014). Untuk Chip LoRa Rfm95/96 rentang nilai RSSI mulai dari 0 hingga -127 dBm. Semakin mendekati 0, maka sinyal lebih baik. Perhitungan estimasi RSSI dengan *log normal shadowing model* dilakukan menggunakan persamaan (5), dengan *path loss* referensi sebagai berikut:

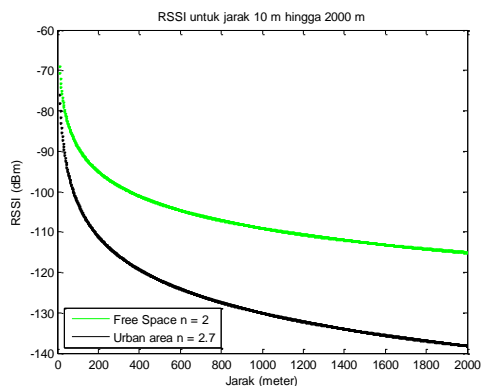
$$PL(d0)[dB] = 3,44 + 10n \log 920 + 10n \log 0,001$$

$$PL(d0)[dB] = 3,44 + 10(2)(2,963) + 10(2)(-3)$$

$$PL(d0)[dB] = 31,71 \text{ dB}$$

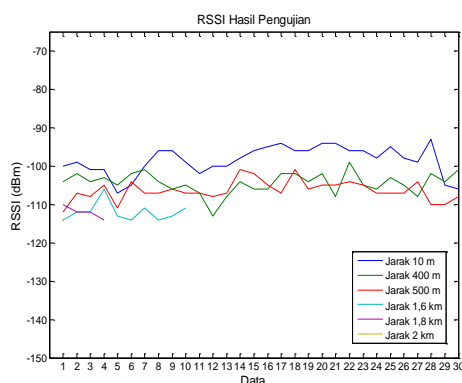
Dari hasil perhitungan, RSSI maksimum didapatkan untuk area *free space* (n=2) pada jarak 10 m sebesar -74,81 dBm dan nilai RSSI minimum saat perhitungan sebesar -115,05 dBm pada jarak 2 km. Sedangkan untuk area urban (n=2,7) RSSI maksimum sebesar -81,81 dBm dan RSSI minimum sebesar -138,15 dBm. Grafik perubahan

RSSI hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. RSSI Hasil Perhitungan

Grafik nilai RSSI yang didapatkan saat pengujian ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. RSSI Hasil Pengujian

Gambar 6 menampilkan nilai RSSI pada setiap titik pengujian. Dari 30 data yang dikirim *end-node* dan kemudian data diterima oleh *gateway*, tidak terjadi perubahan signifikan pada nilai RSSI. Terlihat pada grafik tersebut, nilai tertinggi pada jarak 10 m adalah -93 dBm dan nilai terendah pada -107 dBm. Untuk jarak 400 m, nilai tertinggi diperoleh -99 dBm dan nilai terendah sebesar -113 dBm. Untuk jarak 500 m, nilai tertinggi sebesar -101 dBm dan terendah pada -112 dBm. Pada jarak 1,6 km, nilai tertinggi sebesar -106 dBm dan terendah pada -114 dBm. Sedangkan untuk jarak 1,8 km, nilai tertinggi sebesar -110 dBm dan terendah pada -114 dBm. Dalam pengujian, jarak yang semakin jauh akan menyebabkan *obstacle* yang dihadapi semakin banyak, sehingga variasi nilai RSSI semakin sedikit. Bahkan untuk jarak 2 km dari 30 kali pengiriman data, hanya satu data yang masuk dengan nilai RSSI sebesar

-114 dBm. Dari nilai-nilai yang didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan nilai RSSI rata-rata untuk melihat perubahan nilai RSSI pada setiap titik pengujian (Tabel 2). Nilai RSSI rata-rata ini akan dibandingkan dengan RSSI hasil perhitungan.

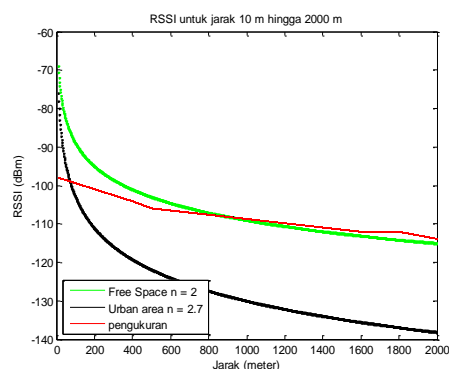
Tabel 2. RSSI Hasil Pengujian

| Jarak | RSSI (dBm) | | |
|---------|------------|-----------|------|
| | Min | Rata-Rata | Max |
| 0,01 km | -107 | -98 | -93 |
| 0,4 km | -113 | -104 | -99 |
| 0,5 km | -112 | -106 | -101 |
| 1,6 km | -114 | -112 | -106 |
| 1,8 km | -114 | -112 | -110 |
| 2 km | -114 | -114 | -114 |

Dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai RSSI berkisar pada -93 dBm hingga -114 dBm. Nilai RSSI tertinggi yaitu -93 dBm diperoleh pada jarak minimum 10 m. Sedangkan nilai terendah -114 dBm diperoleh pada jarak maksimum pengujian yaitu 2 km.

Berdasarkan nilai RSSI rata-rata terlihat bahwa terjadi penurunan nilai RSSI saat jarak *end-node* terhadap *gateway* semakin jauh. Namun penurunan ini tidak terlalu signifikan. Sedangkan jika dilihat dari rentang nilai RSSI pada setiap titik pengujian, RSSI relatif stabil.

Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai RSSI hasil perhitungan dan pengujian. Nilai RSSI hasil pengujian lebih mendekati nilai RSSI perhitungan untuk area *free space* dengan penambahan efek *shadowing* ($X\sigma$) dan $n = 2$. Artinya LoRa dapat mengontrol RSSI agar tetap stabil. Berdasarkan data yang diperoleh nampak bahwa hasil perhitungan (secara teoritis) maupun hasil pengujian, daya sinyal yang diterima rata-rata berkurang secara logaritmik terhadap jarak.



Gambar 7. Perbandingan RSSI Perhitungan dan Pengujian

Dari semua pengujian yang dilakukan, nilai RSSI yang didapatkan masih dalam rentang 0 hingga -127 dBm yang artinya memenuhi regulasi yang disebutkan dalam *datasheet* LoRa Rfm95/96. Dengan kalimat lain, RSSI yang didapatkan dinilai baik karena lebih besar dari nilai minimum. Dapat disimpulkan bahwa nilai RSSI LoRa relatif stabil pada setiap titik pengujian. Hal ini dikarenakan perubahan pada nilai RSSI sangat kecil. Bahkan dalam jarak jauh dan banyaknya *obstacle* yang mengakibatkan hilangnya jalur dalam proses transmisi data, LoRa tetap menunjukkan konsistensinya terhadap kestabilan nilai RSSI.

Pengaruh Jarak Terhadap Packet Loss

Salah satu cara untuk melihat kualitas *link* komunikasi adalah dengan melakukan perhitungan *packet loss rates*. *Packet Loss* merupakan banyaknya paket yang gagal mencapai tempat tujuan saat pengiriman paket. Jika paket gagal dikirim, maka paket tersebut tidak akan dikirim kembali, atau dengan alimat lain paket tersebut hilang (Istianti, 2019). Dari 30 kali pengiriman data saat pengujian akan dilihat seberapa banyak *packet loss* yang terjadi pada setiap jarak pengujian. Perhitungan persentase *packet loss* adalah menggunakan rumus berikut:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (6)$$

Packet loss untuk jarak 10m hingga 2 km adalah sebagai berikut:

$$\text{Packet Loss}_1 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_2 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_3 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_4 = \frac{30-10}{30} \times 100\% = 66,6\%$$

$$\text{Packet Loss}_5 = \frac{30-4}{30} \times 100\% = 86,6\%$$

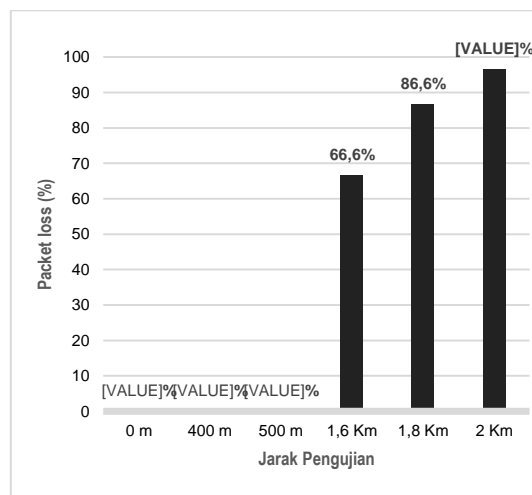
$$\text{Packet Loss}_6 = \frac{30-1}{30} \times 100\% = 96,6\%$$

Data *packet loss* yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 8. Pada grafik di Gambar 8 terlihat bahwa semakin jauh jarak *end-node* terhadap *gateway*, maka semakin besar kemungkinan gagal dalam pengiriman paket. Pada daerah yang efektif dalam penerimaan data, *gateway* dapat menerima data secara konstan lebih dari 90% paket yang dikirimkan. Namun untuk daerah lainnya *packet loss* dapat mencapai angka 86,6% bahkan lebih.

Jarak akan sangat mempengaruhi *packet loss*. Dalam jarak yang dekat sekalipun

komunikasi tetap dapat menghadapi permasalahan *packet loss*, sedangkan untuk jarak yang jauh komunikasi yang baik dapat terjadi jika *Line of Sight*. Dalam hal ini bangunan tinggi dan besar akan mempengaruhi jalur komunikasi yang melewatinya, yang secara substansi akan memperpendek jarak komunikasi antar *node*. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya *packet loss* atau bahkan dapat meniadakan komunikasi. Di waktu yang sama, jika pada jalur komunikasi tidak terdapat halangan, maka memungkinkan adanya komunikasi yang sangat baik untuk jarak yang jauh.

Hal tersebut disebabkan karena jarak yang jauh mengakibatkan terjadinya peningkatan *obstacle*. Banyaknya *obstacle* tersebut akan mempengaruhi perambatan sinyal dan menyebabkan *path loss* sehingga paket tidak bisa dikirimkan. Selain itu, banyaknya data *end-node* yang masuk maka akan semakin sibuk pula saluran yang ada, sehingga akan menyebabkan paket bertabrakan maupun didrop.



Gambar 8. Packet loss

Jangkauan LoRa Berdasarkan Pengujian

Jarak jangkauan LoRa akan analisis berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di beberapa titik pada area urban. Hasil pengujian keseluruhan akan dijadikan sebagai acuan untuk melihat jarak jangkauan LoRa tersebut. Penentuan kualitas transmisi data dilakukan dengan melihat persentase *packet loss* (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan

| Jarak | RSSI (dBm) | | | Packet Loss | Kualitas |
|---------|------------|-----------|------|-------------|-------------|
| | Min | Rata-rata | Max | | |
| 0,01 km | -107 | -98 | -93 | 0 % | Sangat Baik |
| 0,4 km | -113 | -104 | -99 | 0 % | Sangat Baik |
| 0,5 km | -112 | -106 | -101 | 0 % | Sangat Baik |
| 1,6 km | -114 | -112 | -106 | 66,6 % | Buruk |
| 1,8 km | -114 | -112 | -110 | 86,6 % | Buruk |
| 2 km | -114 | -114 | -114 | 96,6 % | Buruk |

Selanjutnya, pada Tabel 4 ditampilkan pengkategorian *packet loss* berdasarkan standar TIPHON (*Telcommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) (ETSI, 1999).

Tabel 4. Kategori *Packet Loss*

| Kategori Degradasi | Packet Loss | Index |
|--------------------|-------------|-------|
| Sangat Bagus | 0 % | 4 |
| Bagus | 3 - 14 % | 3 |
| Sedang | 15 - 24 % | 2 |
| Buruk | > 25 % | 1 |

Kualitas transmisi dinilai sangat baik untuk jarak 0 km hingga 0,5 km. Sedangkan untuk titik pengujian lainnya *packet loss* mencapai lebih dari 25% dan dinilai sangat buruk. Pada jarak 2 km *packet loss* 96,6% yang artinya dari 30 kali pengiriman data yang dilakukan, hanya 1 data yang masuk ke *gateway*. Saat jarak ditingkatkan dan dilakukan pengiriman data, data tidak dapat diterima oleh *gateway*. Tidak ada satu pun data yang masuk ke *gateway*. Oleh karena itu jarak jangkauan maksimum pada pengujian LoRa ini adalah 2 km. Hal ini selaras dengan jangkauan LoRa pada *datasheet* untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km.

Banyak faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya jarak maksimum yang ditetapkan LoRa, diantaranya:

1. Kondisi lokasi pengujian. Pengujian dilakukan pada area urban dengan rentang jarak yang jauh sehingga mengakibatkan peningkatan *obstacle* yang dapat mempengaruhi proses transmisi.
2. Ketinggian *gateway*. Jika *gateway* rendah, maka kondisi area akan menjadi NLoS, sehingga pengiriman paket akan terganggu.

3. Adanya kemungkinan paket bertabrakan atau didrop, karena banyaknya data *end-node* yang masuk sehingga saluran menjadi sibuk

KESIMPULAN

Jarak sangat mempengaruhi RSSI maupun *packet loss*. Model propagasi teoritis dengan *log normal-shadowing* dan berbasis pengujian menunjukkan bahwa daya sinyal yang diterima rata-rata mengalami penurunan terhadap penambahan jarak. Namun jika dilihat dari sebaran nilai RSSI pada setiap titik pengujian, nilai RSSI LoRa dapat dikategorikan stabil. Semakin dekat *end-node* dengan *gateway*, maka semakin bagus sinyal pada proses transmisi. Hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya nilai RSSI dan tidak terjadinya *packet loss* pada jarak terdekat pengujian. Peningkatan jarak antara *end-node* dan *gateway* di luar nilai tertentu dapat mengakibatkan hilangnya data dan kinerja yang buruk.

Jarak jangkauan maksimum LoRa pada area urban yang didapatkan dari penelitian adalah 2 km. Hal ini selaras dengan jangkauan LoRa pada *datasheet* untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km.

Untuk penelitian selanjutnya, perhitungan daya sinyal yang diterima dapat dilakukan dengan pemodelan atau metode lain untuk memperoleh data yang lebih akurat. Penambahan parameter pengujian dan mencari solusi untuk meningkatkan jarak jangkauan LoRa juga perlu diteliti agar sesuai dengan spesifikasi LoRa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlin, M.R.E., Niswar, M., Adnan, A., Fall, D., & Kashihara, S., 2019, LouPe: LoRa Performance Measurement Tool, *Proceedings-2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of*

- Things for Industry, EIconCIT*, 6-7 Nov. 2018, 168-171.
- Cho, Y.S., Kim, J., Yang, W.Y., & Kang, C.G., 2010, *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB®*, John Wiley & Sons (Asia) Ltd, Singapore.
- ETSI, 1999, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS), Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, 1, 1-37.
- Istianti, P.D.D., 2019, *Perancangan dan Implementasi Perangkat Pemantauan Air Sungai Citarum Menggunakan Teknologi Akses LPWAN LoRa*, Universitas Telkom.
- Istianti, P.D.D., Prawiro, S. Y., Karna, B.A. K., & Nursafa, I.A., 2019, Analisis performansi Teknologi Akses LPWAN LoRa Antares Untuk komunikasi Data End Node, *Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM (CITEE 2019)*, 24-25 Juli 2019, 22-26.
- Khutsoane, O., Isong, B., & Abu-Mahfouz, A. M. (2017). IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN. *Proceedings IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 29 Oct.-1 Nov. 2017, 6107-6112.
- Magrin, D., Centenaro, M., & Vangelista, L., Performance Evaluation of LoRa Networks In A Smart City Scenario, *IEEE Int'l Conference on Communications*. 21-25 May 2017, 1-7.
- Mazloum, N.S. & Edfors, O., 2014, Performance Analysis and Energy Optimization of Wake-up Receiver Schemes for Wireless Low-power Applications, *IEEE Trans. Wireless Commun*, 13(12): 7050-7061.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A Comparative Study of LPWAN Technologies for Large-scale IoT Deployment, *ICT Express*, Vol. 5, March 2019, 1-7.
- Murdyantoro, E., Rosyadi, I., & Septian, H., 2019, Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora-Drigino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel pada WP-LAN, *Dinamika Rekayasa*, April 2019, 15(1):47.
- Rappaport, T.S., 1996, *Wireless Communication Principle and Practice*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, United States of America.
- Song, Y., Lin, J., Tang, M., & Dong, S., 2017, An Internet of Energy Things Based on Wireless LPWAN. *ScienceDirect*, August 2017, 3(4): 460-466.
- Sun, Y., Hu, J., Liu, Y., & Tian, Z., Theoretical Analysis and Performance Testing of LoRa Technology, *Proceedings-2017 Int'l Conference on Computer Technology, Electronics and Communication, ICCTEC 2017*, 19-21 Dec 2017, 686 - 690
- Tan, Z. A., Rahman, M. T. A., Rahman, A., Hamid, A. F. A., Amin, N. A. M., Munir, H. A., & Zabidi, M. M. M., Analysis on LoRa RSSI in Urban, Suburban, and Rural Area for Handover Signal Strength-Based Algorithm, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol 705, 26-27 August 2019.
- Widiyanto, E. D., Pakpahan, M. S. M., Faizal, A. A., & Septiana, R., LoRa QoS Performance Analysis on Various Spreading Factor in Indonesia, *ISESD 2018 - In'l Symposium on Electronics and Smart Devices: Smart Devices for Big Data Analytic and Machine Learning*, 23-24 Oct. 2019, 1-5.
- Workgroup, T.M., 2015, What Is It? A Technical Overview Of, In *LoRa Alliance*, https://doi.org/https://www.tuv.com/media/corporate/products_1/electronic_components_and_lasers/TUeV_Rheinland_Overview_LoRa_and_LoRaWANtmp.pdf.
- Xu, J., Liu, W., Lang, F., Zhang, Y., & Wang, C., 2010, Distance Measurement Model Based on RSSI in WSN, *Wireless Sensor Network*, August 2010, 2:606-611.

BIODATA PENULIS

Asma Yanziah, lahir di Tanjung Batu Kabupaten Ogan Ilir pada tanggal 7 November 1998. Saat ini tercatat sebagai Mahasiswa di Politeknik Negeri Sriwijaya bidang minat Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro.

Sopian Soim, S.T., M.T., lahir di Palembang pada tanggal 14 Maret 1971, menyelesaikan Pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Sriwijaya tahun 1997, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut Teknologi Surabaya tahun 2005. Saat ini tercatat sebagai Dosen di Politeknik Negeri Sriwijaya pada bidang minat Teknik Elektro.

Martinus Mujur Rose, S.T., M.T., lahir di
Deri pada tanggal 2 Desember 1974,
menyelesaikan Pendidikan S1 bidang
ilmu Teknik Elektro dari Universitas Atma
Jaya Makassar tahun 2001, dan S2
bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut
Teknologi Bandung tahun 2007. Saat ini
tercatat sebagai Dosen di Politeknik
Negeri Sriwijaya pada bidang minat
Teknik Elektro.

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING PEMOSISI GLOBAL TRANSPORTASI DARAT BERBASIS ESP32 DENGAN KOMUNIKASI LORA

Kevin Farid Alphasisy¹, Sopian Soim², Irawan Hadi³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: ¹kevinfaridap@gmail.com, ²sopian_soim2005@yahoo.com, ³irawanhadi657@yahoo.com

Masuk: 22 Juli 2020, Revisi masuk: 16 Agustus 2020, Diterima: 18 Agustus 2020

ABSTRACT

Navigation technology has become an important component in everyday life, the development of the Internet of things (IoT) technology increases with the human need for a system that can work reliably in making work easier. The purpose of this study is to produce a simple tracking system that can be used on mobile vehicles or public transportation so that it helps the public to receive information about the position of public transportation so as to make time efficient, can also be used as a security system on private vehicles. Previously, the Tracker Development used WiFi technology or sim module, the WiFi range was considered to be very small, less than 50m and the sim module was less efficient therefore there must be renewed. This system was built using the ESP32 microcontroller and the LoRa Antares communication system. it works on the 920-923 MHz channel frequency. This system works with the GPS module as a receiver for position information based on triangulation of several satellites in space, devices that are within the reach of the LoRa gateway will send data to the web server antares. Then the data is processed and displayed visually to the dashboard. The average shipping delay is 1.1 seconds, the maximum delay is 8 seconds, the minimum delay is 0 seconds, packet loss is 23%, the maximum radius is 2.16KM. Data was collected at PT Telkom DDS Gegerkalong Hilir, Bandung.

Keywords: Antares, GPS, Internet of Things, LoRa, Navigation.

INTISARI

Teknologi navigasi sudah menjadi komponen penting dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan teknologi *Internet of things (IoT)* meningkat seiring dengan keperluan manusia pada suatu sistem yang dapat bekerja handal dalam mempermudah pekerjaan. Tujuan dari penelitian ini menghasilkan suatu sistem pelacak sederhana yang dapat digunakan pada kendaraan bergerak ataupun transportasi umum, sehingga membantu masyarakat untuk dapat menerima informasi mengenai posisi alat transportasi umum agar dapat mengefisienkan waktu, serta dapat digunakan sebagai sistem keamanan pada kendaraan pribadi. Pengembangan sistem *tracker* sebelumnya menggunakan teknologi *WiFi* ataupun modul sim memiliki jangkauan *WiFi* sangat kecil yaitu kurang dari 50m dan modul sim yang kurang efisien, sehingga perlu dilakukan pembaruan. Sistem *tracker* baru dibangun menggunakan mikrokontroler *ESP32* dan sistem komunikasi *LoRa Antares*. Alat ini bekerja pada frekuensi kanal 920-923 MHz. Sistem *tracker* baru bekerja dengan modul *GPS* sebagai penerima informasi posisi berdasarkan triangulasi beberapa satelit di ruang angkasa. Piranti yang berada dalam jangkauan *gateway LoRa* akan mengirimkan data ke *web server Antares*. Data kemudian diolah dan ditampilkan secara visual ke *dashboard*. Hasil pengujian pada sistem *tracker* baru memiliki *delay* rata-rata pengiriman sebesar 1,1 detik, *delay* maksimum sebesar 8 detik, *delay* minimum 0 detik, *packet loss* sebesar 23%, dan radius maksimum sejauh 2,16KM. Pengambilan data penelitian dilakukan di PT Telkom DDS Gegerkalong Hilir, Bandung.

Kata-kata kunci: Antares, GPS, Internet of Things, LoRa, Navigasi.

PENDAHULUAN

Sekarang ini kendaraan merupakan komponen kehidupan yang menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat selain sandang, pangan, dan papan, khususnya alat transportasi darat. Peningkatan populasi

manusia yang semakin meningkat menyebabkan peningkatan kebutuhan alat transportasi juga meningkat. Hal ini dikarenakan transportasi memudahkan manusia untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya secara cepat. Tetapi di

sisi lain peningkatan populasi manusia dan kebutuhan transportasi tidak berbanding lurus dengan infrastruktur jalan sehingga jalanan semakin macet dan padat. Kemacetan ini telah menjadi persoalan umum di berbagai wilayah, khususnya di wilayah kota-kota besar di Indonesia. Menurut Ketua Dewan Transportasi Kota Jakarta Azas Tigor Nainggolan, kemacetan diakibatkan oleh menjamurnya penggunaan kendaraan-kendaraan pribadi (Furqan & Sjafruddin, 2013). Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi untuk meminimalisir permasalahan ini. Prof. Ade Sjafruddin, Guru Besar Rekayasa Transportasi, Fakultas Teknologi Sipil dan Kelautan ITB berpendapat mengenai permasalahan ini. Peningkatan penggunaan angkutan umum dapat menjadi solusi kunci permasalahan kemacetan, kemacetan dapat diminimalisir apabila pengguna kendaraan pribadi beralih ke transportasi umum (Furqan & Sjafruddin, 2013). Meskipun banyak masyarakat memilih untuk menggunakan transportasi umum, namun tidak sedikit pula memilih menggunakan kendaraan pribadi karena didasarkan beberapa keuntungan, diantaranya mengenai waktu, keselamatan dan keamanan (Manheim & Lang, 1979). Dari penjelasan di atas dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu masyarakat melihat lokasi dari kendaraan umum untuk menghemat waktu menunggu di *pool* penjemputan serta mengestimasi waktu keberangkatan. Sistem *tracker* pada kendaraan umum diharapkan dapat memudahkan masyarakat dan membuat transportasi umum lebih diminati. Selain itu, sistem *tracker* juga diimplementasikan pada kendaraan pribadi untuk meningkatkan keamanan pengguna dari tindak kriminal pencurian kendaraan.

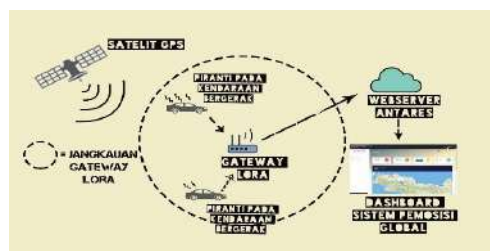
Selaras dengan tujuan tersebut, pengembangan teknologi terus digencarkan untuk melahirkan suatu inovasi serta solusi khususnya dalam bidang Teknologi Informasi (IT). Misalnya, dalam dunia IoT memungkinkan berbagai perangkat dapat saling berkomunikasi satu sama lain (Martinez dkk., 2015). Pengembangan LoRa juga dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut karena LoRa merupakan sistem komunikasi nirkabel yang didesain untuk mengirimkan data berukuran kecil yaitu 0.3 Kbps sampai 5.5 Kbps dengan cakupan wilayah cukup luas dan konsumsi baterai rendah sehingga sangat cocok digunakan

dalam jangka panjang (LoRa Alliance, 2014). LoRa berkerja pada ISM Band dengan *bit-rate* dalam kisaran 0.37 dan 0.49 Kbps (Goursaud & Gorce, 2015). Di Indonesia LoRa telah dikembangkan oleh Antares yang dimiliki oleh PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk Divisi Digital Service.

Pada penelitian sebelumnya sistem *tracker* telah dikembangkan menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan modul sim dan radius yang digunakan masih kecil serta dinilai masih kurang efektif karena harus menggunakan modul sim di setiap perangkat (Raihany dkk., 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan pada perangkat (*end-device*) berbasis *ESP32* dengan komunikasi LoRa.

Tracker merupakan *end-device* yang didesain khusus seperti kotak gantungan yang dilindungi oleh pelindung yang terbuat dari *filament* agar menjaga mikrokontroler didalamnya tetap aman, serta praktis sehingga dapat digunakan di kendaraan pribadi maupun ingga transportasi umum. *Tracker* mengirimkan data berupa informasi mengenai tanggal, waktu, lokasi, serta ketinggian suatu benda, dalam hal ini adalah kendaraan.

Global Positioning System (GPS) merupakan sebuah sistem radio global yang menggunakan 24 satelit atau lebih yang mengirimkan sinyal gelombang mikro yang memungkinkan penerima *GPS* untuk menentukan lokasi dan waktu. Di ketinggian di atas 10.000 mil dari bumi, satelit mengorbit bumi dua kali dalam 1 hari. Dari informasi ini, dapat diestimasi waktu yang digunakan untuk mengirim sinyal sampai kepada penerima. Artinya, semakin jauh jarak satelit dan penerima, maka semakin lama waktu pengirimannya (Apriyani dkk., 2012).



Gambar 1. Skema Sistem Pemosisi Global

Format data mentah/default (Gambar 2) dari *GPS* disebut pesan *NMEA*, setiap pesan memiliki informasi yang berbeda-beda. Dari

pesan ini dapat diketahui apakah *GPS* berkomunikasi dengan satelit atau tidak. Data mentah dapat diubah mengikuti format yang akan digunakan, untuk *google maps* menggunakan format DD (Gambar 3).

```

COMS
|
|
$GPGSV,3,3,09,87,25,297,18*51
$GNGLL,0652.41780,S,10735.19714,E,024201.00,A,A*6E
$GNRMC,024202.00,A,0652.41779,S,10735.19714,E,0.014,,060120,,,A*72
$GNVTG,,T,M,0.014,N,0.026,E,A*3C
$GNNGGA,024202.00,0652.41779,S,10735.19714,E,1,08,1.63,856.5,M,2.0,M,,*6E
$GNNSA,A,3,12,21,25,31,,,,,,,,,2.75,1.63,2.21*1C
$GNNSA,A,3,76,75,74,86,,,,,,,,,2.75,1.63,2.21*17
$GPGSW,2,1,07,12,28,092,35,21,68,300,36,25,46,140,28,31,28,224,29*7F
$GPGSW,2,2,07,41,60,285,36,42,52,079,29,50,46,081,31*4F
$GLGSV,3,1,09,71,05,048,,72,05,002,,73,02,033,,74,61,066,29*6A
$GLGSV,3,2,09,75,67,157,33,76,22,198,27,85,15,166,21,86,47,222,29*66
$GLGSV,3,3,09,87,25,296,17*5F
$GNGLL,0652.41779,S,10735.19714,E,024202.00,A,A*6B
    
```

Gambar 2. Data Mentah NMEA

$$\text{decimal degrees} = \text{degrees} + \frac{\text{minutes}}{60} + \frac{\text{seconds}}{3600}$$

$$\text{degrees} = \lfloor \text{decimal degrees} \rfloor$$

$$\text{minutes} = \lfloor 60 \times (\text{decimal degrees} - \text{degrees}) \rfloor$$

$$\text{seconds} = 3600 \times (\text{decimal degrees} - \text{degrees}) - 60 \times \text{minutes}$$

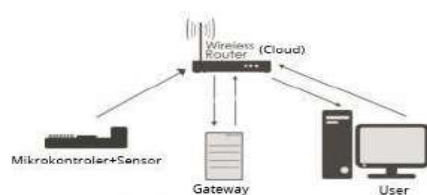
Gambar 3. Formula Mengubah Format

Pemilihan mikrokontroler yang tepat dibutuhkan untuk menambah keefektifan mulai dari segi ukuran penyimpanan, dimensi, dan harga. Tabel 1 menampilkan perbandingan spesifikasi mikrokontroler.

Tabel 1. Perbandingan Spesifikasi Mikrokontroler

| Jenis | Daya | I/O | Memori |
|-----------|-----------|-----|---|
| ATmega328 | 1.8-5.5 V | 23 | Flash: 32 KBytes EEPROM: 1 KBytes SRAM: 2KBytes |
| ESP32 | 2.7-3.6 V | 36 | Flash: 4 MB EEPROM: SRAM: 512 KBytes |

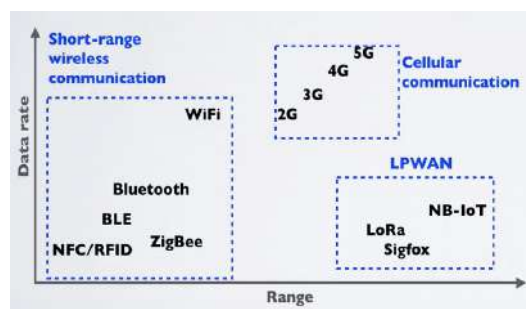
IoT merupakan suatu konsep untuk suatu objek beridentitas IP agar saling bertukar informasi melalui perantara internet dengan suatu tujuan tertentu. IoT memberikan kemudahan serta kebebasan dalam mengelola perangkat elektronik untuk membantu kegiatan sehari-hari (Junaidi, 2015). Gambar 4 menampilkan blok sistem IoT.



Gambar 4. Blok Sistem IoT

Modul *ESP32* pabrikan *Espressif System* merupakan peningkatan dari versi sebelumnya *ESP8266*, yaitu sebuah *development board* WiFi yang menggunakan chip *ESP32*. Modul ini dilengkapi koneksi WiFi, Bluetooth BLE, dan MCU 32-bit, serta didukung protokol seperti SPI, I2C, dan UART (Biswas & Iqbal, 2018).

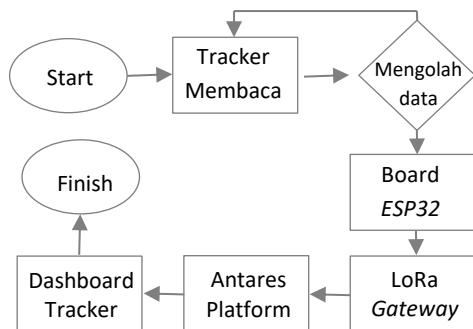
LoRaWAN adalah suatu protokol jaringan untuk LoRa *device*. Kelebihan komunikasi LoRa ini dapat dilihat pada Gambar 5. Jarak komunikasi LoRa sangat luas, contohnya seperti seluler namun berdaya rendah seperti Bluetooth (Istianti dkk., 2019). LoRa Antares yang digunakan pada penelitian ini bekerja pada frekuensi 920-923 MHz. Teknologi LoRa dimanfaatkan karena dapat bekerja di mana saja dan kapan saja. Dengan prinsip tersebut, teknologi ini memungkinkan untuk mengetahui posisi atau status dari kendaraan secara *realtime*.



Gambar 5. Area Kerja Lora (Istianti dkk., 2019)

METODE

Pada desain LoRaWAN, *device* tidak terikat pada *device* tertentu yang berarti data yang terbaca oleh *device* akan dikirim ke banyak *gateway* dalam jangkauan radius LoRa. Masing-masing *gateway* kemudian akan meneruskan pesan yang telah diterima dari *device* ke *network server* (Istianti dkk., 2019). Dalam penelitian ini digunakan Antares, dimana data yang dikirim ke Antares *server* tersimpan kemudian dikirimkan ke *dashboard tracker* yang telah dibuat untuk ditampilkan secara *virtual* dan digital. *Web server* menghubungkan *developer* dengan *end-device* sehingga pengguna tidak perlu berhubungan langsung dengan *web server* dan *end-device*. Gambar 6 menampilkan blok diagram *tracker* yang dikembangkan.



Gambar 6. Blok Diagram Tracker

PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan kondisi yang berbeda-beda yang bertujuan untuk mengetahui sistem kerja dan kinerja piranti.



Gambar 7. Proses Pengambilan Data

Analisis Data Mentah NMEA

Data mentah harus diolah mengikuti format *google maps* supaya data *longitude* dan *latitude* dapat terbaca. Berdasarkan formula pada Gambar 3, data dapat diubah menjadi sebagai berikut:

$$Longitude = 6^{\circ}52,41779\text{ S}$$

$$= 6^{\circ} 52' 0,41799'' 60\text{ S}$$

$$= 6^{\circ} 52' 25,068''\text{ S}$$

$$Latitude = 107^{\circ}35,19714\text{ E}$$

$$= 107^{\circ} 35' 0,19714'' 60\text{ E}$$

$$= 107^{\circ} 35' 11,8284''\text{ E (Format DMS)}$$

$$Longitude = 6^{\circ} 52' 25,068''\text{ S}$$

$$= (-6-52/60-25,068/3600)^{\circ}$$

$$= (-6-0,86666-0,00696)^{\circ}$$

$$= -6.87362^{\circ}$$

$$Latitude = 107^{\circ} 35' 11,8284''\text{ E}$$

$$= (107+35/60+11,8284/3600)^{\circ}$$

$$= (107+0,58333+0,00328)^{\circ}$$

$$= 107,58661^{\circ}\text{ (Format DD)}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh koordinat DD adalah -6.87362° , $107,58661^{\circ}$.

Pengujian pada Penghalang Tertentu

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan piranti dalam menangkap sinyal *GPS* sehingga piranti diposisikan pada penghalang tertentu, dan melihat pengaruh

ketinggian terhadap piranti. Hasil pengujian dengan penghalang beton ditampilkan pada Tabel 2. Dari hasil pengujian dengan penghalang beton, dapat dilihat bahwa piranti tidak mendapatkan sinyal *GPS*. Ini terjadi karena antenna *GPS* tidak menerima sinyal dari satelit karena terhalang beton (*obstacle*).

Tabel 2. Hasil Pengujian dengan Penghalang Beton

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|--------------------------------------|
| 1 | 2020-02-01 | 12:27:03 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 2 | 2020-02-01 | 12:27:11 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 3 | 2020-02-01 | 13:05:40 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 4 | 2020-02-01 | 13:05:54 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 5 | 2020-02-01 | 13:06:06 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |

Pengujian berikutnya dilakukan di lantai 2 gedung untuk melihat pengaruh ketinggian terhadap piranti dalam menangkap sinyal *GPS*. Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa data *GPS* tidak terbaca. Dapat disimpulkan bahwa pengujian dengan penghalang gedung di lantai 2 tidak berpengaruh dalam menangkap sinyal *GPS*.

Tabel 3. Pengujian Dengan Penghalang Beton dan Gedung Lantai 2

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|---------------------------------------|
| 1 | 2020-02-01 | 19:09:07 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 2 | 2020-02-01 | 19:09:20 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 3 | 2020-02-01 | 19:09:34 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 4 | 2020-02-01 | 19:09:48 | \$002000,0000,0.000000,0.00000,0.00* |
| 5 | 2020-02-01 | 19:10:02 | \$002000,01000,0.000000,0.00000,0.00* |

Pengujian selanjutnya pada penghalang beton dengan *trigger* dilakukan untuk melihat pengaruh pemindahan posisi dari tempat terbuka ke penghalang tertentu. Dari hasil pengujian pada Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa *trigger* dapat membantu piranti mengambil sinyal *GPS* dari satelit. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan penghalang pohon yang rindang diperoleh data pada Tabel 5. Dapat disimpulkan bahwa piranti dapat bekerja dengan baik di bawah pohon rindang maupun di tempat terbuka.

Tabel 4. Pengujian pada Penghalang Beton dengan *Trigger*

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|---|
| 1 | 2020-02-01 | 19:48:17 | \$122020,1947360,- 6.873516,107.586553,876.10* |
| 2 | 2020-02-01 | 19:48:30 | \$122020,1947360,- 6.873516,107.586553,876.10* |
| 3 | 2020-02-01 | 19:48:44 | \$122020,1947360,- 6.873516,107.586553,876.10* |
| 4 | 2020-02-01 | 19:48:57 | \$122020,1947360,- 6.873516,107.586553,876.10* |
| 5 | 2020-02-01 | 19:49:11 | \$122020,1947360,- 6.873516,107.586553,876.10* |

Tabel 5. Pengujian Penghalang dengan Pohon Rindang yang Tinggi

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|---|
| 1 | 2020-01-23 | 18:07:11 | \$2312020,186580,- 6.871470,107.588328,831.10* |
| 2 | 2020-01-23 | 18:07:39 | \$2312020,186580,- 6.871470,107.588328,831.10* |
| 3 | 2020-01-23 | 8:07:51 | \$2312020,186580,- 6.871470,107.588328,831.10* |
| 4 | 2020-01-23 | 18:08:31 | \$2312020,186580,- 6.871470,107.588328,831.10* |
| 5 | 2020-01-23 | 18:08:45 | \$2312020,186580,- 6.871470,107.588328,831.10* |

Dari pengujian dengan penghalang tertentu, dapat disimpulkan bahwa piranti tidak bekerja dengan baik apabila berada dalam gedung, namun dengan men-*trigger* piranti dapat mengatasi masalah tersebut. Piranti dapat bekerja dengan baik di bawah pohon yang rindang ataupun tempat terbuka.

Tabel 6. Perbandingan Pengujian dengan Penghalang Tertentu

| Kondisi | Status GPS |
|--|---------------|
| Penghalang beton lantai 1 | Tidak terbaca |
| Penghalang beton lantai 2 | Tidak terbaca |
| Penghalang beton dengan <i>trigger</i> | Terbaca |
| Pohon Rindang | Terbaca |

Pengujian Dengan Kondisi Cuaca

Pengujian kondisi cuaca, diantaranya adalah cerah, panas, berawan, sejuk, hujan, dan berangin. Dari pengolongan cuaca tersebut data dikelompokkan kembali menjadi cuaca cerah dan cuaca hujan. Artinya pengambilan data yang dilakukan pada saat cuaca cerah, panas, sejuk akan menghasilkan data yang cenderung sama, maka dikelompokkan menjadi satu yaitu cuaca cerah. Sedangkan pada kondisi cuaca berawan, hujan berangin dapat dikelompokkan sebagai cuaca hujan berawan apabila disertai dengan hujan ringan ataupun deras. Namun jika tidak ada

hujan ringan dapat dikelompokkan sebagai cuaca cerah karena data yang didapatkan sama. Tabel 7 menampilkan hasil pengambilan data pada saat cuaca hujan.

Tabel 7. Pengujian dalam Kondisi Hujan

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|--|
| 1 | 2020-01-29 | 16:11:56 | \$2912020,011540,0.00000 0,0.000000,0.00* |
| 2 | 2020-01-29 | 16:13:14 | \$2912020,013120,0.00000 0,0.000000,0.00* |
| 3 | 2020-01-29 | 16:13:28 | \$2912020,013260,0.00000 0,0.000000,0.00* |
| 4 | 2020-01-29 | 16:13:42 | \$2912020,013400,0.00000 0,0.000000,0.00* |
| 5 | 2020-01-29 | 16:13:55 | \$2912020,013530,0.00000 0,0.000000,0.00* |

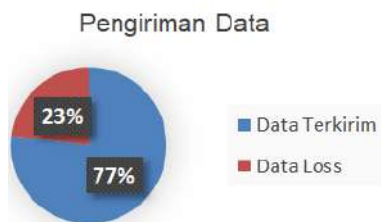
Dari hasil pengambilan data pada saat kondisi hujan pada Tabel 8, data tanggal masih dapat dibaca namun untuk data waktu, *longitude*, *latitude*, dan *altitude* tidak terbaca. Hal ini disebabkan piranti tidak mendapatkan sinyal dari satelit karena interferensi dari curah hujan. Ini terjadi karena pada saat cuaca hujan/eskrim terjadi penurunan intensitas gelombang radio atau sintilasi ionosfer, Amplitudo sintilasi ini menyebabkan perubahan pada *carrier-to-noise ratio* sinyal sehingga menyebabkan hilangnya pembawa sinyal terlacak di semua penerima. Dapat disimpulkan bahwa cuaca hujan dapat mempengaruhi sistem *tracker*.

Tabel 8. Pengujian dalam Cuaca Cerah

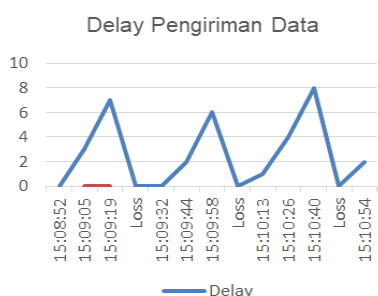
| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|--|
| 1 | 2020-01-28 | 15:08:52 | \$2812020,156490,- 6.868958,107.587158,878.00* |
| 2 | 2020-01-28 | 15:09:05 | \$2812020,15920,- 6.873081,107.586243,878.00* |
| 3 | 2020-01-28 | 15:09:19 | \$2812020,159160,- 6.873701,107.586344,878.00* |
| 4 | 2020-01-28 | 15:09:32 | \$2812020,159290,- 6.873833,107.586655,854.60* |
| 5 | 2020-01-28 | 15:09:44 | \$2812020,159420,- 6.873788,107.587037,856.80* |
| 6 | 2020-01-28 | 15:09:58 | \$2812020,159560,- 6.873652,107.586674,853.70* |
| 7 | 2020-01-28 | 15:10:13 | \$2812020,1510100,- 6.873555,107.586544,852.10* |
| 8 | 2020-01-28 | 15:10:26 | \$2812020,1510230,- 6.873568,107.586561,852.00* |
| 9 | 2020-01-28 | 15:10:40 | \$2812020,1510370,- 6.873558,107.586631,849.80* |
| 10 | 2020-01-28 | 15:10:54 | \$2812020,1510380,- 6.873555,107.586637,849.90* |

Dari Tabel 8 didapatkan data lengkap yaitu tanggal, waktu, *longitude*, *latitude*, dan *altitude*. Dengan *packet loss* sebanyak 3

data diketahui *packet loss* sebesar 23% (Gambar 8), dan *delay* maksimum 8 detik, *delay* minimum 0 detik, dan rata-rata *delay* sebesar 1,1 detik (Gambar 9).



Gambar 8. Persentase Pengiriman Data dan *Packet Loss*



Gambar 9. *Delay* Pengiriman Data

Pengujian Dengan Jarak Tertentu

Tabel 9 menampilkan hasil pengujian dengan jarak tertentu.

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|--|
| 1 | 2020-01-28 | 14:35:33 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 2 | 2020-01-28 | 14:35:46 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 3 | 2020-01-28 | 14:36:00 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 4 | 2020-01-28 | 14:36:14 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 5 | 2020-01-28 | 14:36:43 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 6 | 2020-01-28 | 14:36:55 | \$2812020,1434530,- 6.872983,107.588508,864.70* |
| 7 | 2020-01-28 | 14:37:21 | \$2812020,1437190,- 6.870036,107.589672,864.70* |
| 8 | 2020-01-28 | 14:38:03 | \$2812020,143800,- 6.870029,107.589694,888.90* |
| 9 | 2020-01-28 | 14:39:08 | \$2812020,143960,- 6.869959,107.591128,894.90* |
| 10 | 2020-01-28 | 14:39:35 | \$2812020,1439200,- 6.869978,107.591436,895.10* |
| 11 | 2020-01-28 | 14:39:48 | \$2812020,1439200,- 6.869978,107.591436,895.10* |
| 12 | 2020-01-28 | 14:40:55 | \$2812020,1439200,- 6.869978,107.591436,895.10* |
| 13 | 2020-01-28 | 14:42:01 | \$2812020,1441590,- 6.867602,107.591451,895.10* |
| 14 | 2020-01-28 | 14:53:00 | \$002000,0000,0.000000,0.000000,0.00* |
| 15 | 2020-01-28 | 14:53:13 | \$2812020,1453100,- 6.863209,107.588016,915.90* |

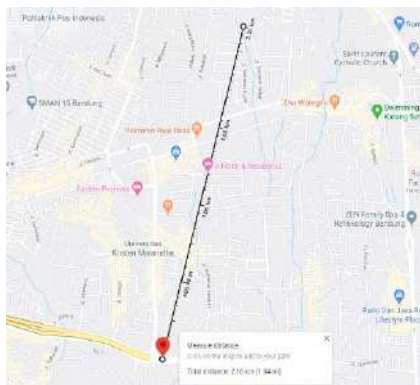
Jarak tempuh kendaraan pada saat pengambilan data di Telkom Divisi Digital Service Gegerkalong Hilir adalah sejauh 5.120m (Gambar 10). Pada penelitian ini digunakan kecepatan transmisi data sebesar 115.200 kbs. Data yang ditampilkan pada Tabel 9 merupakan hasil pemetaan setelah pengambilan data. Terdapat perbedaan *delay* yang cukup signifikan pada benda bergerak dan diam. Cuaca juga mempengaruhi piranti dalam membaca lokasi. Radius maksimum yang dapat dideteksi piranti adalah sejauh 2160m. Faktor yang mempengaruhi *packet loss* saat pengiriman data adalah banyaknya *obstacle* di sekitar piranti sehingga tidak dapat mendeteksi sinyal dari *gateway* LoRa.



Gambar 10. Hasil Pengujian dengan Jarak Tertentu

Pengujian juga dilakukan untuk melihat radius maksimum piranti dapat mengirimkan data di perkotaan (Tabel 10). Berdasarkan hasil pengujian, piranti dapat mengirimkan data sejauh 2,16Km (Gambar 11), namun *data loss* sangat besar yaitu 90%. Dengan demikian perlu dilakukan pemetaan GPS untuk mengetahui titik tertentu yang tidak terjangkau sinyal dari *gateway* LoRa sehingga dapat dioptimalkan. Piranti tidak mendapatkan sinyal karena semakin jauh jarak maka semakin kecil pula sinyal yang didapatkan. Banyaknya *obstacle* seperti bangunan yang tinggi juga menyebabkan *packet loss* yang besar.

| No | Tanggal | Waktu | Hasil |
|----|------------|----------|---|
| 1 | 2020-01-30 | 11:03:45 | \$3012020,112340,- 6.892286,107.581915,783.40* |
| 2 | 2020-01-30 | 11:04:13 | \$3012020,112340,- 6.892286,107.581915,783.40* |
| 3 | 2020-01-30 | 11:04:26 | \$3012020,112340,- 6.892286,107.581915,783.40* |
| 4 | 2020-01-30 | 11:09:26 | \$002000,0000,0.000000,0.000000,0.00* |
| 5 | 2020-01-30 | 11:12:46 | \$002000,0000,0.000000,0.000000,0.00* |

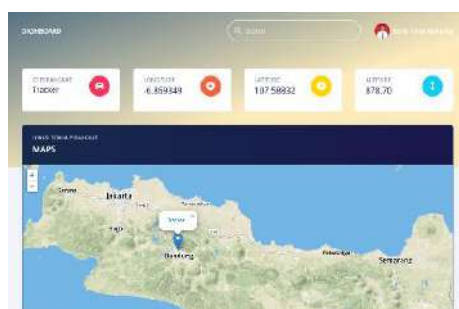


Gambar 11. Hasil Pengujian Radius Maksimum

Setelah piranti membaca data GPS, piranti akan mengirimkan data posisi dari kendaraan menggunakan komunikasi LoRa. LoRa Antares bekerja pada frekuensi 920-923 MHz. Data pengujian disimpan di web server Antares. Gambar 12 menunjukkan data di web server Antares, sedangkan website sistem pemosisi global ditampilkan pada Gambar 13.

| | | |
|---------------------|-----------------------------|---|
| 2019-12-20 04:30:30 | lat=6.459849;lon=101.759832 | 820122019.845598,-6.459849,101.759832,851.861 |
| 2019-12-20 04:31:02 | lat=6.459849;lon=101.759832 | 820122019.845598,-6.459849,101.759832,851.861 |
| 2019-12-20 04:31:29 | lat=6.459849;lon=101.759832 | 820122019.845598,-6.459849,101.759832,851.861 |
| 2019-12-20 04:34:40 | lat=6.459849;lon=101.759832 | 820122019.845598,-6.459849,101.759832,851.861 |
| 2019-12-20 04:34:56 | lat=6.459849;lon=101.759832 | 820122019.845598,-6.459849,101.759832,851.861 |

Gambar 12. Data di Web Server Antares



Gambar 13. Tampilan Website Sistem Pemosisi Global

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil pengujian dan analisis data hasil pengujian pada penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pemosisi global tidak bekerja dengan baik pada penghalang beton hal ini dapat diatasi dengan cara di *trigger* terlebih dahulu, dan ketinggian tidak berpengaruh terhadap sistem pemosisi global dalam menangkap sinyal GPS.

2. Cuaca dapat mempengaruhi piranti dalam menangkap sinyal GPS dari satelit, sedangkan waktu tidak mempengaruhi pengaksesan koordinat.
3. Piranti memiliki tingkat akurasi <50m, dengan *delay* maksimum 8 detik, *delay* minimum 0 detik, *delay* rata-rata 1,1 detik, dan *packet loss* sebesar 23%, jarak maksimum piranti untuk dapat bekerja sejauh 2,16KM dengan *data loss* sebesar 90%. Sistem pemosisi global ini dapat digunakan pada kendaraan bergerak dengan mengirimkan data posisi suatu kendaraan secara *virtual*.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, M. E., Giovanni, R., & Haris, P. Y., 2012, Sistem Pelacakan Posisi Kapal Berbasis Mobile Android dan Web Server, *Jurnal Integrasi*, 4(2), 200-204.
- Biswas, S.B., & Iqbal, M.T., 2018, Solar Water Pumping System Control Using A Low Cost ESP32 Microcontroller, *2018 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering (CCECE)*, 1-5.
- Furqan & Sjafruddin, A., 2013, *Benahi Angkutan Umum Segera Agar Tahun Depan Jakarta Tak Macet Total*, <http://www.itb.ac.id/news/3899.xhtml>
- Goursaud, C. & Gorce, J.M., 2015, *Dedicated Networks for IoT: PHY/MAC State of The Art and Challenges*.
- Istianti, P.D.D., Karna, N.B.A. & Safa, I.A.N., 2019, Perancangan dan Implementasi Perangkat Pemantauan Air Sungai Citarum Menggunakan Teknologi Akses LPWAN Lora. *EProceedings of Engineering*, 6(2).
- Junaidi, A., 2015, Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya, *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 1(3).
- LoRa Alliance, 2014, *A Technical Overview of LoRa® and LoRaWANTM*. <https://lora-alliance.org/resource-hub/what-lorawanr>.
- Manheim, M.L. & Lang, A.S., 1979, The Challenge of Transportation Systems Analysis, *Manheim, M. Fundamentals of Transportation Systems Analysis*, 10-59.
- Martinez, B., Monton, M., Vilajosana, I., & Prades, J.D., 2015, The Power of Models: Modeling Power Consumption for IoT Devices, *IEEE Sensors Journal*, 15(10), 5777-5789.

Raihany, U., Nurdin, A., & Lindawati, L.,
2019, Rancang Bangun Savers
Keychain Sebagai Pemberi Lokasi dan
Informasi Bahaya Melalui Email,
Prosiding SENIATI, 236-239.

BIODATA PENULIS

Kevin Farid Alphasysy, lahir di Bandung
pada tanggal 1 Juni 1998, sedang
menyelesaikan pendidikan DIV Teknik
Telekomunikasi, saat ini tercatat sebagai
mahasiswa di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Sopian Soim, S.T., M.T., menyelesaikan
pendidikan S1 di Universitas Sriwijaya
Palembang pada tahun 1997 dan S2 di
ITS Surabaya pada tahun 2007 , saat ini
tercatat sebagai dosen di Jurusan Teknik
Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Irawan Hadi, S.T., M.T., menyelesaikan
pendidikan S1 di Universitas Palembang
pada tahun 1997 dan pendidikan S2 di
Universitas Bina Darma Palembang pada
tahun 2012, saat ini tercatat sebagai
dosen di Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Sriwijaya.

PERENCANAAN UNIT PENGOLAHAN LUMPUR DI INTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM X KOTA SURABAYA

Septiya Rini Rahayu¹, Arqowi Pribadi², Sulistiya Nengse³, Rr. Diah Nugraheni Setyowati⁴, Teguh Taruna Utama⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Lingkungan, UIN Sunan Ampel Surabaya

Email: ¹septiyarini96@gmail.com, ²arqowi.pribadi@uinsby.ac.id, ³sulistiya@uinsby.ac.id, ⁴nugraheni_diah@yahoo.com, ⁵utama.teguh87@gmail.com

Masuk: 22 Juli 2020, Revisi masuk: 20 Agustus 2020, Diterima: 22 Agustus 2020

ABSTRACT

Sludge of water treatment plant which contains aluminum if discharged directly into the water will be toxic. Due to not having a sludge treatment unit, water treatment plant X dumped sludge from processing to the Surabaya River. In planning the stages of selecting alternative treatment units, the units will be selected to process sludge consisting of collecting tanks, gravity thickening, belt filter press, sludge filtrate storage tanks, supernatant tanks and dry cake storage containers. The amount of sludge volume produced by IPAM is 5875.475 m³ / day with an estimated procurement cost of Rp 3857,000,000.

Keywords: Belt filter press, WTP, Sludge treatment.

INTISARI

Lumpur IPAM yang di dalamnya terdapat kandungan aluminium jika dibuang langsung ke perairan akan bersifat toksik. Dikarenakan tidak mempunyai unit pengolahan lumpur, IPAM X selama ini membuang lumpur hasil dari proses pengolahan ke Kali Surabaya. Dalam perencanaan ini dilakukan tahapan pemilihan pada alternatif unit pengolahan, maka terpilihlah unit-unit yang akan digunakan dalam mengolah lumpur yang terdiri atas bak pengumpul, *gravity thickener*, *belt filter press*, bak penampung filtrat lumpur, tangki supernatant dan bak penampung *dry cake*. *Besarnya* volume lumpur yang dihasilkan oleh IPAM ini adalah sebesar 5875, 475 m³/hari dengan perkiraan biaya pengadaan yang dibutuhkan sebesar Rp 3.857.000.000.

Kata-kata kunci: Belt filter press, Instalasi pengolahan air, Pengolahan lumpur.

PENDAHULUAN

Kebutuhan air minum bagi masyarakat perkotaan biasanya dipenuhi dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Dalam mengubah air baku menjadi air minum, PDAM mengolahnya pada suatu gabungan unit-unit pengolah air yang tergabung menjadi satu dalam suatu instalasi pengolahan air. Apabila sumber air baku suatu instalasi pengolahan air minum berasal dari sungai, maka instalasi tersebut akan menghasilkan produk sampingan berupa lumpur (Peavy & Tchobanoglous, 1985). Penambahan Aluminium Sulfat (Al₂(SO₄)₃) untuk membentuk pada unit koagulasi, maka akan menghasilkan lumpur yang mengandung senyawa alum. Kondisi dilapangan pada saat ini lumpur yang telah dihasilkan langsung dibuang ke Kali Surabaya dan tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dikarenakan IPAM X belum mempunyai unit pengolahan lumpur.

Hal tersebut selain dapat mengakibatkan pendangkalan sungai, aluminium yang terkandung dalam lumpur dapat meimbulkan sifat toksik pada kehidupan perairan, akibatnya populasi ikan di banyak Negara mengalami penurunan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit lumpur yang dihasilkan untuk merencanakan unit pengolahan lumpur dan anggaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun unit tersebut di IPAM X.

METODE

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah kuantitas dan kualitas air baku, dosis pembubuhan koagulan, gambaran umum perusahaan, luas lahan yang tersedia untuk dijadikan lokasi perencanaan, serta daftar harga satuan material dan pekerjaan yang digunakan untuk mengestimasi jumlah biaya

yang dibutuhkan dalam perencanaan unit pengolahan lumpur.

Untuk menghitung banyaknya timbulan lumpur yang dihasilkan oleh instalasi ini, sebelumnya perlu dilakukan perhitungan untuk menentukan berat lumpur yang dapat dihitung menggunakan persamaan (1) (Cornwell dan Westeroff, 1981), selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari volume lumpur menggunakan persamaan (2). Besar kecilnya timbulan lumpur yang dihasilkan dihitung dari hasil penjumlahan debit air produksi IPAM, banyaknya dosis koagulan yang ditambahkan dan tingkat kekeruhan air baku.

$$W = 8,34 \times Q \times ((0,8 \times \text{Dosis Alum}) + (1,3 \text{ Turbiditas})) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Volume Lumpur} = \frac{W}{\text{pw} \times \text{Sg} \times \text{Persen Solid}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- W = Berat lumpur (lb/day)
- Q = Debit air (Mgd)
- pw = Densitas air (kg/m³)
- Sg = specific gravity lumpur

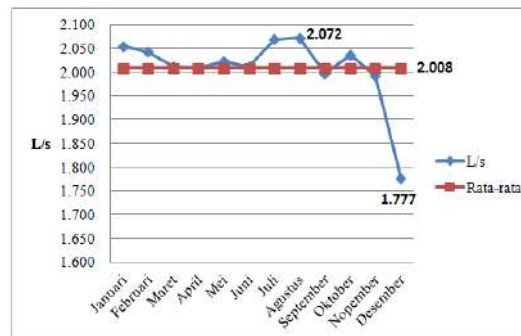
PEMBAHASAN

Perencanaan unit pengolahan lumpur pada penelitian ini menggunakan asumsi bahwa debit produksi instalasi pengolahan air minum tidak bertambah. Kapasitas produksi yang dimiliki oleh IPAM X saat ini adalah sebesar 1750 liter/detik.

Kuantitas Air Baku

Sungai Jagir merupakan anak Kali Surabaya yang terbagi menjadi dua yaitu Kali Mas dan sungai Jagir. Sedangkan Kali Surabaya sendiri merupakan salah satu anak cabang dari Kali Brantas (Rahardja dkk., 2012). Sungai ini pada akhir musim hujan memiliki kecepatan rata-rata aliran yang lebih besar pada bagian hulu dibandingkan dengan bagian hilirnya, yaitu nilai kecepatan maksimalnya mencapai 112,35 cm/detik. Sedangkan hasil pengukuran kecepatan aliran pada musim kemarau memiliki mencapai 63,99 cm/detik (Yulfiah dkk., 2019).

Besarnya debit air baku yang akan diolah oleh instalasi setiap harinya berbeda-beda, pada tahun 2019 rata-rata debit air baku yang diolah oleh IPAM X adalah sebesar 2.008 liter/detik (Gambar 1).

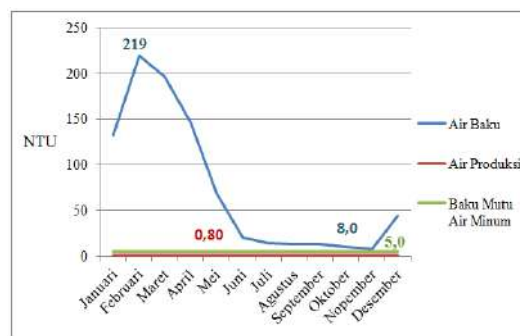


Gambar 1. Fluktuasi debit air baku IPAM X tahun 2019

Kekeruhan Air Baku

Kuantitas dan kualitas lumpur yang dihasilkan oleh IPAM X salah satunya dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan air baku. Selama tahun 2019 IPAM X memiliki nilai kekeruhan rata-rata air baku sebesar 74 NTU. Kekeruhan maksimal air baku terjadi pada bulan Februari 2019, yaitu mencapai 219 NTU, sedangkan nilai kekeruhan air baku terendah terjadi pada bulan November 2019 yaitu sebesar 8 NTU.

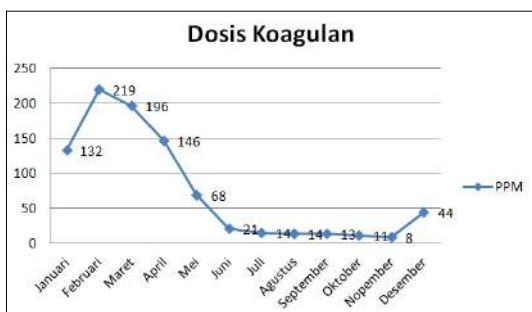
Tingkat kekeruhan air yang produksi oleh IPAM X pada tahun 2019 (Gambar 2) telah memenuhi parameter standar baku mutu air minum yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan No 492 tahun 2010.



Gambar 2. Kekeruhan air baku IPAM X tahun 2019

Dosis Koagulan

Penambahan koagulan ke dalam air baku bertujuan untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat menurunkan tingkat kekeruhan pada air. Gambar 3 menampilkan dosis koagulan pada IPAM X tahun 2019.



Gambar 3. Dosis Koagulan IPAM X tahun 2019

Penentuan Volume Lumpur

Sebelum dilakukan perhitungan volume lumpur, perlu untuk diketahui nilai berat lumpur terlebih dahulu. Nilai tersebut dapat ditentukan berdasarkan persamaan (1). Selanjutnya dihitung volume lumpur dengan menggunakan persamaan (2). Tabel 1 menampilkan hasil perhitungan volume lumpur IPAM X pada tahun 2019

Tabel 1. Perhitungan volume lumpur IPAM X tahun 2019

| Bulan | Debit (m3/hari) | Alum | TSS | W (Kg/day) | V Lumpur (m3/day) |
|-------|-----------------|------|-----|------------|-------------------|
| Jan | 161.423 | 57 | 132 | 35.137 | 3.823,683 |
| Feb | 160.430 | 65 | 219 | 53.992 | 5.875,475 |
| Mar | 157.976 | 65 | 196 | 48.560 | 5.284,406 |
| April | 157.764 | 63 | 146 | 37.964 | 4.131,331 |
| Mei | 158.850 | 44 | 68 | 19.621 | 2.135,158 |
| Juni | 157.996 | 24 | 21 | 7.266 | 790,725 |
| Juli | 162.552 | 24 | 14 | 6.183 | 672,824 |
| Agt | 162.748 | 21 | 14 | 5.602 | 609,653 |
| Sep | 156.874 | 16 | 13 | 4.673 | 508,540 |
| Okt | 159.960 | 18 | 11 | 4.488 | 488,372 |
| Nop | 156.515 | 18 | 8 | 3.947 | 429,563 |
| Des | 139.554 | 45 | 44 | 13.037 | 1.418,681 |

Pemilihan Alternatif Unit Pengolahan

Lumpur yang berasal dari bak sedimen dan bak filter selanjutnya dialirkan menuju ke bak pengumpul sebagai tempat untuk menampung lumpur sementara, kemudian lumpur dipompa menuju unit *gravity thickener*. Unit *thickener* dipilih dari jenis *gravity thickener*, hal ini dikarenakan pengoperasiannya yang mudah, biaya operasional yang dibutuhkan murah, dan minimnya energi yang dibutuhkan. Sebelum lumpur dilakukan pemrosesan pada unit *dewatering*, lumpur terlebih dahulu diberi bahan kimia untuk meningkatkan kepekatan lumpur. Proses ini biasa disebut dengan *conditioning*.

Pemilihan alternatif unit pengolahan proses *dewatering* dilakukan menggunakan metode analisis SWOT (Tabel 2) dan *decision matrix* (Tabel 3). Penilaian pada tabel analisa SWOT kemudian diberikan peringkat antara 1-3. Dari peringkat ini kemudian dikalikan dengan bobot pada masing-masing kriteria dari unit-unit. Semakin baik alternatif unit, maka nilai peringkat yang diberikan semakin tinggi. Berdasarkan tabel analisis *decision matrix* dapat diketahui bahwa *belt filter press* merupakan alternatif unit dengan nilai paling tinggi yaitu 232. Oleh karena itu, unit *dewatering* yang terpilih adalah *belt filter press*. Dengan demikian, instalasi pengolahan lumpur yang direncanakan akan terdiri dari unit bak pengumpul, *gravity thickener*, *belt filter press*, bak penampung filtrat lumpur, tangki supernatant, dan bak penampung *dry cake*.

Tabel 2. Analisis SWOT

| Alternatif Unit | Strength | Weakness | Opportunities | Threat |
|--------------------------|--|--|--|--|
| <i>Belt Filter Press</i> | <ul style="list-style-type: none"> • konsentrasi cake 30% • rendahnya kebutuhan energi • terjangkau dalam pembiayaan operasional dan pemeliharaan | <ul style="list-style-type: none"> • butuh air yang banyak untuk mencuci belt • dapat timbul bau • tidak dianjurkan dalam pengoperasian secara otomatis | <ul style="list-style-type: none"> • perkiraan timbulan cake 11 m3/hari • unit dapat beroperasi secara kontinyu • butuh luas lahan sekitar 52m2 • energi yang dibutuhkan 3 kWh | <ul style="list-style-type: none"> • membutuhkan biaya pembangunan sekitar \$1000-80.000 |
| <i>Centrifuge</i> | <ul style="list-style-type: none"> • tidak membutuhkan lahan yang luas • beroperasi secara kontinyu | <ul style="list-style-type: none"> • menghasilkan konsentrat dengan padatan tinggi • membutuhkan tenaga listrik yang tinggi | <ul style="list-style-type: none"> • tidak membutuhkan banyak air • kebutuhan perawatan rendah | <ul style="list-style-type: none"> • operator yang bertugas harus ahli • biaya investasi besar |
| <i>Sand Drying Beds</i> | <ul style="list-style-type: none"> • kebutuhan energi rendah • biaya pengadaan terjangkau • menghasilkan cake lumpur dengan konsentrasi 20% | <ul style="list-style-type: none"> • solid loading rate sekitar 0,3-0,8 kg/m2.hari • butuh luas lahan 5800 m2 | <ul style="list-style-type: none"> • perawatan dan pengoperasian mudah • tidak memerlukan operator dengan keahlian tinggi | <ul style="list-style-type: none"> • kinerja bergantung pada kondisi iklim • membutuhkan tenaga ekstra untuk membuang lumpur |

Tabel 3. Analisis *Decision Matrix*

| Kriteria | Bobot (%) | Centri fudge | | Belt filter press | | SDB | |
|-------------------------|------------|--------------|------------|-------------------|------------|-----|------------|
| | | P | N | P | N | P | N |
| Luas lahan | 25 | 3 | 75 | 2 | 50 | 1 | 25 |
| Biaya investasi | 15 | 1 | 15 | 2 | 30 | 3 | 45 |
| Kebutuhan energi | 12 | 1 | 12 | 2 | 24 | 3 | 36 |
| Timbulan cake | 10 | 2 | 20 | 3 | 30 | 1 | 10 |
| Penggunaan air | 8 | 3 | 24 | 1 | 8 | 2 | 16 |
| Dryness cake lumpur | 10 | 2 | 20 | 3 | 30 | 1 | 10 |
| Operasional & Perawatan | 20 | 2 | 40 | 3 | 60 | 1 | 20 |
| Total | 100 | | 206 | | 232 | | 162 |

Keterangan: (P: Peringkat), (N: Nilai)

Perhitungan Unit-unit Pengolahan Lumpur

Direncanakan:

$$T_d = 10 \text{ menit}$$

$$= 0,007 \text{ hari}$$

$$H = 3 \text{ m} < 4 \text{ m}$$

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{Bak}} = \text{Debit} \times T_d$$

$$= 5875,47 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,007 \text{ hari}$$

$$= 41,128 \text{ m}^3$$

$$L. \text{ Permukaan} = \text{Volume} / \text{kedalaman}$$

$$= 41,128 / 3$$

$$= 13,709 \text{ m}^2$$

$$P:L = 1:1$$

$$P = 3,7 \text{ m}$$

$$L = 3,7 \text{ m}$$

$$F_b = 0,3 \text{ m}$$

Perhitungan Gravity Thickener

$$\text{Direncanakan} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{Densitas lumpur} = 1002 \text{ kg/m}^3$$

$$F_b = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Zona jernih} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Zona pengendapan} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Zona thickening} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Luas (A)} = \frac{\text{Massa lumpur}}{\text{Solid loading rate}}$$

$$= \frac{53992 \text{ kg/hari}}{140 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{hari}}$$

$$= 385,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Area setiap thickener} = 192,82696 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$= 17 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan} = 10 \text{ cm/m}$$

$$\text{Kedalaman tengah} = \text{kemiringan} \times \text{diameter}$$

$$= 10\% \times 17 \text{ m}$$

$$= 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Total Kedalaman} = 0,3 + 1,2 + 1,4 + 1,2 + 1,7$$

$$= 5,8 \text{ (memenuhi)}$$

Perhitungan Belt Filter Press

Pada unit *belt filter press*, dosis optimum pembubuhan *chemical conditioning*

dilakukan menggunakan polimer kation sebanyak 6 kg/ton yang akan menghasilkan padatan sebesar 20% (Pratami, 2011). Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan polimer} = \Sigma \text{ padatan} \times \text{dosis polimer}$$

$$= (48592,4 : 1000) \frac{\text{ton}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}$$

$$= 291,55 \text{ kg/hari}$$

$$= 8.747 \text{ kg/bulan}$$

$$\text{Total Padatan} = (48592,4 + 291,55)$$

$$\text{kg/hari} : 24 \text{ jam}$$

$$= 2036,83 \text{ kg/jam}$$

Lebar *belt* yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Lebar belt} = \frac{\text{Total Padatan}}{\text{Beban Padatan}}$$

$$= \frac{2036,83 \text{ kg/jam}}{500 \text{ kg/jam/m}}$$

$$= 4,07 \text{ m}$$

Tabel 4 menampilkan tipe-tipe *belt filter press* dan spesifikasinya. Unit *belt filter press* yang dipilih dalam penelitian ini adalah Model BFP-200 yang mempunyai lebar sabuk sepanjang 2 meter, maka akan diperlukan 2 unit dan ditambah dengan 1 unit lagi sebagai cadangan.

Tabel 4. Spesifikasi unit *belt filter press*

| Model | Lebar belt (m) | Dimensi | | | Berat (kg) |
|---------|----------------|---------|-------|-------|------------|
| | | P (m) | L (m) | T (m) | |
| BFP-100 | 1 | 5,675 | 1,560 | 3,055 | 11.000 |
| BFP-150 | 1,5 | 5,675 | 2,065 | 3,055 | 12.500 |
| BFP-200 | 2 | 5,675 | 2,575 | 3,055 | 14.000 |
| BFP-300 | 3 | 5,675 | 3,090 | 3,055 | 15.500 |

(Sumber: Triveni Engineering & Industries LTD)

Perhitungan Bak Penampung Filtrat Lumpur

Bak ini berfungsi sebagai penampungan sementara hasil filtrat lumpur yang berasal dari hasil pengepresan unit *belt filter press*. Oleh karena itu bak penampung filtrat lumpur dibuat sesuai dengan ukuran unit *belt filter press*, yaitu panjang 5,4m, lebar 2,3m, dan tinggi 0,5m.

Perhitungan Bak Pengumpul Dry Cake

Volume lumpur yang dihasilkan oleh unit *belt filter press* adalah 210,1 m³/hari, maka ditetapkan:

$$H = 2 \text{ m}$$

$$P = 15 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

Perhitungan Tangki Supernatan

Debit supernatant adalah:

$$\text{Gravity thickener} = 3473,74 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Belt filter press} = 990,73 \text{ m}^3/\text{jam}$$

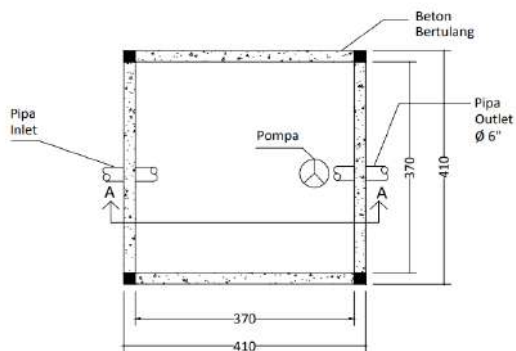
Perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (3473,74 \\ &\quad \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 30 \text{ menit}) + \\ &\quad 990,73 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{\text{jam}}{1440 \text{ menit}} \times 30 \text{ menit}) \\ &= 93,0099 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

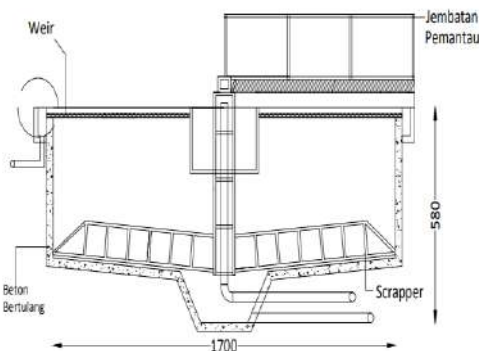
Ditentukan kedalaman sebesar 2,5 m dan bak berbentuk persegi, maka:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= P \times L \times T \\ 93,0099 \text{ m}^3 &= (P \times L \times 1) \text{ m}^3 \\ P &= 6,1 \text{ m} \end{aligned}$$

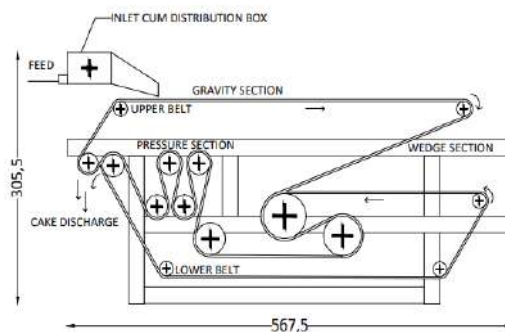
Unit-unit pada pengolahan lumpur yang direncanakan secara berturut-turut adalah ditampilkan pada Gambar 4 untuk denah bak pengumpul, Gambar 5 untuk potongan *gravity thickener*, Gambar 6 untuk potongan *belt filter press*, Gambar 7 untuk denah bak penampung filtrat lumpur, Gambar 8 untuk denah bak penampung *dry cake*, dan Gambar 9 untuk denah tangki supernatan.



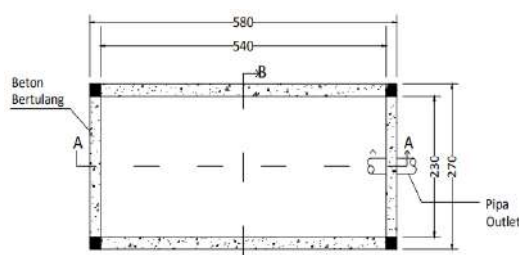
Gambar 4. Denah Bak Pengumpul



Gambar 5. Potongan Gravity Thickener



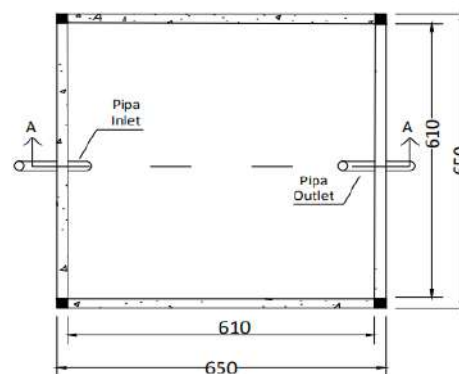
Gambar 6. Potongan Belt Filter Press



Gambar 7. Denah Bak Penampung Filtrat Lumpur



Gambar 8. Denah Bak penampung Dry Cake



Gambar 9. Denah Tangki Supernatan

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana anggaran biaya pada perencanaan unit pengolahan lumpur didasarkan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2018, seperti ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rencana Anggaran Biaya

| NO | URAIAN PEKERJAAN | VOLUME | | HARGA | JUMLAH |
|------------------------------------|---|----------|----------------|-------------------|----------------------------|
| | | | | SATUAN | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | Instalasi Pengolahan Lumpur IPAM X | | | | |
| I | PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | |
| 1 | Pembersihan Lahan | 11715,00 | m ² | Rp 12.400,00 | Rp 145.266.000,00 |
| 2 | Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank | 330,00 | m ² | Rp 112.819,00 | Rp 37.230.270,00 |
| 3 | Pagar seng sementara | 472,00 | m ² | Rp 694.589,50 | Rp 327.846.244,00 |
| PEKERJAAN PERSIAPAN | | | | | Rp 510.342.514,00 |
| II | PEKERJAAN TANAH | | | | |
| 1 | Volume Galian | 530,16 | m ³ | Rp 113.025,00 | Rp 59.920.994,93 |
| 2 | Urugan Tanah | 26,00 | m ³ | Rp 221.717,00 | Rp 5.765.528,87 |
| PEKERJAAN TANAH | | | | | Rp 65.686.523,79 |
| III | PEKERJAAN PLESTERAN | | | | |
| 1 | Plesteran 15 mm | 140,24 | m ² | Rp 92.116,80 | Rp 12.918.587,39 |
| 2 | Acian | 140,24 | m ² | Rp 52.745,50 | Rp 7.397.101,52 |
| PEKERJAAN PLESTERAN | | | | | Rp 20.315.688,91 |
| IV | PEKERJAAN BETON | | | | |
| 1 | Beton | 291,85 | m ³ | Rp 5.299.092,00 | Rp 1.546.548.579,68 |
| PEKERJAAN BETON | | | | | Rp 1.546.548.579,68 |
| V | PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK | | | | |
| 1 | Pompa | 2,00 | Bh | Rp 7.532.348,00 | Rp 15.064.696,00 |
| 2 | Belt filter press | 3,00 | Bh | Rp 440.000.000,00 | Rp 1.320.000.000,00 |
| PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK | | | | | Rp 1.335.064.696,00 |
| VI | PEKERJAAN PENGECATAN | | | | |
| 1 | Pengecatan Dinding Baru | 140,24 | m ² | Rp 30.935,00 | Rp 4.338.366,98 |
| PEKERJAAN PENGECATAN | | | | | Rp 4.338.366,98 |
| VII | PEKERJAA PEMASANGAN PAVING | | | | |
| 1 | Pemasangan paving | 79 | m ² | Rp 107.541,30 | Rp 8.495.762,70 |
| PEKERJAAN PEMASANGAN PAVING | | | | | Rp 8.495.762,70 |
| JUMLAH HARGA KONSTRUKSI | | | | | Rp 3.505.856.828,07 |
| (Keuntungan Pelaksana 10%) | | | | | Rp 350.585.683,00 |
| JUMLAH TOTAL | | | | | Rp 3.856.442.510,88 |
| DIBULATKAN | | | | | Rp 3.857.000.000,00 |

KESIMPULAN

1. IPAM X di Kota Surabaya menghasilkan debit lumpur sebesar 5875,475 m³/hari
2. Unit pengolahan lumpur yang direncanakan pada perencanaan ini yaitu unit bak pengumpul, *gravity thickener*, bak penampung filtrat lumpur, *belt filter press*, bak pengumpul dry cake dan tangki supernatan
3. Perkiraan anggaran biaya yang dibutuhkan pada perencanaan ini adalah sebesar Rp. 3.857.000.000,00

SARAN

1. IPAM X sebaiknya membuat instalasi pengolahan lumpur dikarenakan besarnya timbulan debit lumpur yang dihasilkan
2. Agar dapat dimanfaatkan secara maksimal, maka sebaiknya dilakukan

pengujian lebih lanjut pada lumpur yang dihasilkan oleh IPAM X

3. Diperlukannya studi lebih lanjut agar timbulan lumpur yang dihasilkan berkurang
4. Perlu adanya peraturan yang mengatur tentang standar baku mutu dari limbah yang dihasilkan oleh IPAM

DAFTAR PUSTAKA

- Cornwell, D.A, & Westeroff, G.P., 1981, Management of Water Treatment Plant Sludge, Sludge and Its Ultimate Disposal, Michigan: Ann Arbor Scientific Publication.
- Peavy, H., D.R, & Tchobanoglous, G. (1985). Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill, Inc.

- Pratami, M. W., 2011, Perencanaan Sistem Pengolahan Lumpur IPA Pejompongan I dan II Jakarta, Universitas Indonesia.
- Rahardja, B.S, Marsyalita, F., dan Cahyoko, Y., 2012, Analisis Kandungan Merkuri (Hg) Pada Air, Sedimen, Ikan Keting dan Ikan Mujair di Kali Jagir Surabaya, Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, 4(2).
- Triveni Engineering & Industries LTD., Belt Filter Press: Sludge Dewatering. Sarahanpur: Engineering Industries LTD Triveni.
- Yulfiah, Suzantho, F., dan Kusum, M.N., 2019, Agihan Kualitas Air Kali Surabaya Berdasarkan Perbedaan Penggunaan Lahan, Serambi Engineering, 4(1).

BIODATA PENULIS

Septiya Rini Rahayu, lahir di Surabaya pada tanggal 4 September 1996. Saat ini tercatat sebagai mahasiswa pada Jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Arqowi Pribadi, M.Eng., menempuh pendidikan sarjana Jurusan Teknik Sipil di Universitas Sebelas Maret Surakarta dan melanjutkan studi magister Jurusan Teknik Sipil di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Saat ini menjadi dosen tetap Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Sulistiya Nengse, M.T., menempuh pendidikan sarjana dan magister Jurusan Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat ini menjadi dosen tetap Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T., menempuh pendidikan sarjana dan magister Jurusan Teknik Sipil di Universitas Diponegoro, Semarang. saat ini menjadi dosen tetap Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Teguh Taruna Utama, M.T., menempuh pendidikan sarjana Jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Diponegoro dan melanjutkan studi magister Jurusan Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Bandung. Saat ini menjadi dosen tetap Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI DARI RIMPANG TEMU IRENG (*Curcuma aeruginosa Roxb*) DENGAN PELARUT ETANOL DAN N-HEKSANA

Abdullah Kunta Arsa¹, Zubaidi Achmad²

^{1,2}Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Email: ¹kunta@upnyk.ac.id, ²zubaidiachmad@upnyk.ac.id

Masuk: 25 Juli 2020, Revisi masuk: 23 Agustus 2020, Diterima: 24 Agustus 2020

ABSTRACT

Indonesia has various natural resources for traditional medication which have been used hereditary. One of them is *Curcuma aeruginosa Roxb*. It contains essential oil which has not been optimally utilized. Based on some researches, there are some types of essential oil which have been proved to gain both physical and emotional condition of somebody.

The research of temu ireng essential oil is conducted by extracting the oil using volume and solvent variances. The solvents variance and its volume are ethanol (250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450 ml) dan n-hexane (250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450 ml). Subsequently, the extract oil is purified by using distillation apparatus in order to generated *Curcuma aeruginosa Roxb* essential oil. The analysis of absorbance in each cycle of volume variant and solvent is conducted in this research.

Based on this research, it results several types of essential oil in accordance to its solvent and volume variances. By using ethanol as the solvent, it results 250 ml oil (91,433%), 300 ml (91,582%), 350 ml (91,731%), 400 ml (92,030%), and 450 ml (92,179%). Meanwhile, by using n-hexane as the solvent, it results 250 ml oil (91,113%), 300 ml (91,435%), 350 ml (92,081%), 400 ml (92,242%), and 450 ml (92,565%).

Keywords: Ethanol, n-Hexane, Essential oil, *Curcuma aeruginosa Roxb*.

INTISARI

Indonesia mempunyai kekayaan sumber bahan obat-obatan tradisional yang berasal dari alam yang digunakan secara turun-temurun. Salah satu rimpang yang telah digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai bahan obat-obatan adalah temu ireng. Temu ireng sendiri memiliki kandungan minyak atsiri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut sejumlah penelitian, beberapa jenis minyak atsiri sudah terbukti memiliki efek positif untuk meningkatkan kondisi fisik dan emosional seseorang.

Penelitian minyak atsiri dari temu ireng ini dilakukan dengan cara mengekstrak minyak dengan menggunakan varian volume dan pelarut. Pelarut dan volume yang dipakai adalah etanol (250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450 ml) dan n-heksana (250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450 ml). Kemudian hasil ekstrak dimurnikan menggunakan alat destilasi agar didapat minyak murni temu ireng. Dalam penelitian ini dianalisis absorbansi dari tiap siklus di varian volume dan minyak murninya.

Penelitian ini mendapat hasil minyak dengan berbagai varian. Hasil dengan pelarut etanol adalah 250 ml (91,433%), 300 ml (91,582%), 350 ml (91,731%), 400 ml (92,030%), dan 450 ml (92,179%). Sedangkan hasil dengan pelarut n-heksana adalah 250 ml (91,113%), 300 ml (91,435%), 350 ml (92,081%), 400 ml (92,242%), dan 450 ml (92,565%).

Kata-kata kunci: Etanol, n-Heksana, Minyak atsiri, Temu ireng.

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai kekayaan sumber bahan obat-obatan tradisional yang berasal dari alam yang digunakan secara turun-temurun. Bahan baku tersebut sangat mudah diperoleh dan dapat ditanam di kebun sendiri. Tanaman temu-temuan dari suku *Zingiberaceae* selain digunakan sebagai bumbu masak, juga dapat

dimanfaatkan sebagai obat. Salah satu rimpang yang telah digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai bahan obat-obatan adalah temu ireng.

Temu ireng (*Curcuma aeruginosa Roxb*) adalah sejenis tumbuhan yang rimpangnya dimanfaatkan sebagai campuran obat/jamu. Temu ireng dikenal pula sebagai temu erang, temu hitam, atau temu lotong. Kandungan

kimia dari rimpang temu ireng adalah saponin, flavonoida, polifenol, dan minyak atsiri. *Sesquiterpene* dan *monoterpene* juga terkandung dalam temu ireng yang dapat dimanfaatkan sebagai anti bakteri. Melihat kandungan zat-zat tersebut, temu ireng mempunyai manfaat yang ekonomis. Kebutuhan ekspor minyak atsiri berdasarkan indeks *value unit* menurut data BPS tahun 2019 dan 2020 adalah 114,12 dan 119,69. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan minat masyarakat terhadap minyak atsiri. Saat ini pemanfaatan temu ireng masih terbatas pada obat tradisional yaitu minuman bubuk yang dikonsumsi sebagai obat batuk dan penambah nafsu makan. Temu ireng memiliki kandungan minyak atsiri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Minyak atsiri dari temu ireng mempunyai aroma herbal yang bermanfaat. Menurut sejumlah penelitian, beberapa jenis minyak atsiri sudah terbukti memiliki efek positif untuk meningkatkan kondisi fisik dan emosional seseorang. Terlebih temu ireng sangat mudah didapatkan dan harganya murah. Istilah “minyak atsiri” atau “minyak eteris” adalah sebutan yang digunakan untuk minyak mudah menguap dan diperoleh dari tanaman dengan cara penyulingan uap. Dalam kehidupan sehari-hari, minyak atsiri digunakan untuk aroma terapi, balsam, dan sabun karena kemampuannya memberikan efek relaksasi. Permasalahan penelitian dalam ekstraksi minyak atsiri adalah bagaimana pengaruh pelarut yang berbeda yaitu etanol dan n-heksana terhadap perolehan minyak atsiri yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan minyak atsiri dari temu ireng, memurnikan minyak atsiri dari pelarut, dan mengetahui pengaruh volume pelarut pada hasil ekstraksi. Selain itu, untuk mengetahui hasil dari beberapa uji analisis minyak atsiri pada ekstraksi.

Taksonomi Temu ireng

Temu ireng (*Curcuma aeruginos Roxb*) adalah sejenis tumbuhan yang rimpangnya dimanfaatkan sebagai campuran obat/jamu. Temu ireng dikenal pula sebagai temu erang, temu ireng, atau temu lotong. Temu ireng terdapat di Burma, Kamboja, Indocina, dan menyebar sampai ke Pulau Jawa. Selain ditanam di pekarangan atau di perkebunan, temu ireng juga banyak ditemukan tumbuh liar di hutan jati, dan padang rumput.

Menurut Yuniarti (2008) tanaman temu ireng dalam tata nama atau sistematika (taksonomi) tumbuh-tumbuhan jagung diklasifikasi sebagai berikut:

- Kingdom: Plantae
- Sub kingdom: Tracheobionta
- Super divisi: Spermatophyta
- Divisi: Magnoliophyta
- Kelas: Liliopsida
- Sub kelas: Commelinidae
- Ordo: Zingiberales
- Famili: Zingiberaceae
- Genus: Curcuma
- Spesies: *Curcuma aeruginosa* Roxb

Bentuk fisik rimpang temu ireng dapat dilihat pada Gambar 1.



. Gambar 1. Rimpang temu ireng

Morfologi Temu ireng

Temu ireng merupakan tanaman asli dari kawasan Asia Tenggara berbatang semu dengan ketinggian mencapai 1,5 m. Tanaman ini mempunyai rimpang berwarna gelap dan memiliki aroma khas. Daun tunggalnya berbentuk bulat telur dengan helaian daun berwarna hijau, bertulang daun menyirip, dan permukaan bagian atas terlihat garis-garis coklat membujur. Pelepahnya melekat satu dengan yang lain hingga membentuk batang. Sementara bunga majemuk berwarna ungu merah dengan tangkai yang panjang mencapai 35 cm terutama di Pulau Jawa dari ketinggian 400-1.750 meter di atas permukaan laut dan tumbuhan ini menyukai tanah subur. Daunnya berbentuk lanset lebar dengan helaian daun yang tipis, warna daun hijau sampai coklat keunguan agak gelap. (Mursito, 2003).

Kegunaan Temu ireng

Rimpang rasanya pahit, tajam, dingin, berkhasiat untuk membangkitkan nafsu makan, melancarkan keluarnya darah kotor setelah melahirkan, penyakit kulit seperti kudis, dan borok, perut mules (kolik),

sariawan, batuk, sesak nafas, dan cacingan, encok, kegemukan badan (Achmadi, 2005).

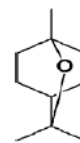
Rimpang temu ireng mengandung saponin, minyak atsiri, flavonoid, kurkuminoid, zat pahit, damar, lemak, mineral, minyak dan saponin. Kandungan minyak atsiri terbesar terdapat pada irisan temu ireng dan kadar minyak atsiri maksimal terdapat pada waktu rimpang belum bertunas dan mengeluarkan batang atau daun yang tumbuh (Widyawati dkk., 2003).

Minyak atsiri adalah bagian komponen tanaman yang mempunyai banyak manfaat. Salah satunya manfaat dalam bidang kesehatan yaitu sebagai anti bakteri. Minyak atsiri berupa cairan kental kuning emas mengandung Monoterpen dan Sesquiterpen. Monoterpen Curcuma aeruginosa terdiri dari Monoterpen Hidrokarbon (alfa pinen, D-kamfen), Monoterpen Alkohol (D-borneol), Monoterpen Keton (D-kamfer), dan Monoterpen Oksida (sineol). Dari hasil penelitian dikemukakan bahwa minyak atsiri memiliki anti mikroba terhadap *S. aureus* dan *E.coli* (Khoridah, 2007). Minyak atsiri adalah minyak yang mudah menguap dan diperoleh dari tanaman penghasilnya. Minyak atsiri banyak digunakan dalam industri 6 sebagai bahan pewangi atau penyedap. Beberapa jenis minyak atsiri dapat digunakan sebagai bahan antiseptik. Minyak atsiri dari suatu tanaman tertentu secara umum mempunyai komposisi kimia tertentu yang pada prinsipnya memberikan aktivitas anti mikroba yang spesifik khususnya untuk bakteri *S. aureus*. Komposisi dari minyak atsiri sangat bervariasi, dan terdiri dari beberapa komponen yang sangat kompleks, tetapi sebagian besar minyak atsiri terdapat dalam bentuk terpena. Terpena hidrokarbon dibedakan menjadi hemiterpena, monoterpena, sesquiterpena, diterpena, triterpena, politerpena (Triayu, 2009).

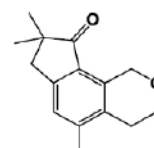
Minyak Atsiri Temu Ireng

Minyak atsiri adalah salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Minyak atsiri bersifat nonpolar. Dalam keadaan segar dan murni, umumnya minyak atsiri adalah salah satu hasil sisa proses metabolisme dalam tanaman, yang terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan adanya air. Menurut Yusnita (2014), pada rimpang temu

ireng komponen terbanyak adalah 2,2,5-Trimetil-2'(*H*)-5'-6'-Dihidropira-no [3',4',9'] indan-1-on sebanyak 40,11% dan 1.8-sineol (Gambar 2) sebanyak 13,23%. Minyak atsiri temu ireng yang diperoleh dengan distilasi mendapatkan yield 0.17% minyak.



Gambar 2. Sineol



Gambar 3. 2,2,5-Trimetil-2'(*H*)-5'-6'-dihidropirano[3',4',9']indan-1-on

Tabel 1 menampilkan karakteristik minyak atsiri temu ireng, Tabel 2 menampilkan komponen minyak atsiri temu ireng.

| Karakteristik | Keterangan |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Titik didih | 140-260 °C |
| Densitas | 0,81-0,88 gr/ml |
| Warna | Kuning kecoklatan, coklat, coklat tua |
| Aroma | Aromatik |
| Monoterpenoids/hydrocarbons | 59,26% |
| Sesquiterpenoids/oxygenated compounds | 40,74 |
| Indeks bias | 1,4877-1,4964 |

| Komponen | Kandungan (%) |
|-------------------|---------------|
| <i>α-pinene</i> | 2,41 |
| <i>Sabinene</i> | 2,40 |
| <i>α-terpine</i> | 31,50 |
| <i>Camphor</i> | 15,58 |
| <i>Borneol</i> | 4,48 |
| <i>Isoborneol</i> | 2,53 |
| <i>Tumerone</i> | 2,71 |
| <i>Artumerone</i> | 1,50 |
| <i>Zerumbone</i> | 8,75 |

Pelarut

Pelarut merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam proses ekstraksi, sehingga banyak faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan pelarut (Guenther, 2006). Terdapat dua pertimbangan utama dalam memilih jenis

pelarut, yaitu pelarut harus mempunyai daya larut yang tinggi dan pelarut tidak berbahaya atau tidak beracun. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus dapat melarutkan ekstrak yang diinginkan saja, mempunyai kelarutan yang besar, tidak menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen ekstrak, dan titik didih kedua bahan tidak boleh terlalu dekat (Guenther 2006). Tabel 3 menampilkan titik didih berbagai macam pelarut dan komponen terlarut. Di antara pelarut-pelarut tersebut yang paling sering digunakan adalah air, etanol, etil asetat, petroleum eter, kloroform, dan heksana.

Tabel 3. Jenis pelarut dan komponen terlarut serta titik didihnya

| Jenis Pelarut | Titik Didih (°C) |
|----------------|------------------|
| Air | 100 |
| Etanol | 78,8 |
| Etil Asetat | 77 |
| Petroleum Eter | 70 |
| Heksana | 69 |
| Asam Askorbat | > 190 |
| Karotenoid | > 580 |
| Alkaloid | > 100 |
| Steroid | > 135 |

Sumber: Schefflan & Morris (1983), Weissenberg (2001).

Menurut Sutriani (2008), pelarut yang baik untuk ekstraksi adalah yang mempunyai daya melarutkan yang tinggi terhadap zat yang diekstraksi. Daya melarutkan yang tinggi ini berhubungan dengan kepolaran pelarut dan kepolaran senyawa yang diekstraksi. Terdapat kecenderungan kuat bagi senyawa polar larut dalam pelarut polar dan sebaliknya. Pelarut organik berdasarkan konstanta dielektrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu polar dan nonpolar. Konstanta dielektrik dinyatakan sebagai gaya tolak menolak antara dua pertikel yang bermuatan listrik dalam suatu molekul. Semakin tinggi konstanta dielektrikunya maka pelarut bersifat semakin polar (Sudarmadji dkk., 1989). Tabel 4 menampilkan konstanta dielektrik pelarut organik.

Tabel 4. Konstanta dielektrik pelarut organik

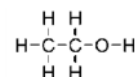
| Pelarut | Konstanta Dielektrik |
|-------------|----------------------|
| n-heksana | 2,0 |
| Etil Asetat | 6,0 |
| Khloroform | 4,8 |
| Asam asetat | 6,2 |
| Benzen | 2,3 |
| Etanol | 24,3 |
| Metanol | 33,1 |
| Air | 80,4 |

(Sumber: Sudarmadji dkk., 1989).

Ekstraksi dapat menggunakan pelarut tunggal atau campuran. Pelarut campuran yang biasa digunakan yaitu campuran air dan etanol, campuran air dan metanol, dan campuran air dan eter. Menurut Saputra (2015) syarat pelarut yang digunakan harus bersifat selektif artinya pelarut harus dapat melarutkan semua senyawa dengan cepat. Syarat kedua harus mempunyai titik didih yang cukup rendah. Hal ini supaya pelarut mudah dapat diuapkan tanpa menggunakan suhu tinggi, namun titik didih pelarut tidak boleh terlalu rendah karena akan menyebabkan kehilangan akibat penguapan. Syarat ketiga bersifat *inert* artinya pelarut tidak bereaksi dengan komponen minyak. Syarat keempat harganya murah dan mudah didapatkan.

Etanol

Etanol atau sering juga disebut dengan alkohol adalah suatu cairan transparan, mudah terbakar, tidak berwarna, mudah menguap, dengan rumus kimia C_2H_5OH (Gambar 4), dapat bercampur dengan air, eter, dan kloroform, yang diperoleh melalui fermentasi karbohidrat dari ragi yang disebut juga dengan *etil alcohol* (Mardoni, 2007).



Gambar 4. Struktur etanol

Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) termasuk kelompok hidroksil yang memberikan polaritas pada molekul dan mengakibatkan meningkatnya ikatan hidrogen intermolekuler. Etanol mempunyai kelarutan yang relatif tinggi dan bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Kelemahannya harganya mahal (Mardoni, 2007). Etanol memiliki massa jenis 0.7893 g/mL. Titik didih etanol pada tekanan atmosfer adalah 78.32°C . Indeks bias dan viskositas pada temperatur 20°C adalah 1.36143 dan 1.17 cP. Etanol adalah pelarut *volatile* bersifat semipolar karena dapat melarutkan baik senyawa polar maupun nonpolar. Gugus $-OH$ polar dan $-CH_3CH_2$ bersifat nonpolar. Karbon pendek pada etanol ini menyebabkan sifat nonpolar.

Mengingat pemanfaatan etanol beraneka ragam, sehingga *grade* etanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk etanol dengan *grade* 90-96,5% dapat digunakan pada industri,

sedangkan etanol yang mempunyai grade 96-99,5% dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Besarnya *grade* etanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan sebesar 99,5- 100%. Perbedaan *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air (Indyah, 2007).

N-Heksana

N-Heksana adalah hidrokarbon alkana rantai lurus yang memiliki 6 atom karbon dengan rumus molekul C₆H₁₄. Isomer n-heksana tidak reaktif dan digunakan secara luas sebagai pelarut inert dalam reaksi organik karena n-heksana bersifat nonpolar. N-Heksana didapatkan dari hasil penyulingan minyak mentah dimana untuk produk industrinya ialah fraksi yang mendidih pada suhu 65-70 °C. N-heksana biasa digunakan untuk mengekstrak minyak dan lemak yang memiliki kepolaran yang sama. n-Heksana merupakan salah satu pelarut yang baik untuk mengekstraksi senyawa-senyawa yang bersifat nonpolar. Dalam keadaan standar senyawa ini merupakan cairan tak berwarna yang tidak larut dalam air. Tabel 5 menampilkan karakteristik n-heksana.

Tabel 5. Karakteristik n-heksana

| Karakteristik | Syarat |
|---------------|------------------------|
| Bobot molekul | 86,2 gram/mol |
| Warna | Tidak berwarna |
| Wujud | Cair |
| Titik lebur | 95°C |
| Titik didih | 69°C |
| Densitas | 0,6603 gr/ml pada 20°C |

Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan dua zat atau lebih dengan menggunakan pelarut yang tidak saling campur. Berdasarkan fase yang terlibat, terdapat dua jenis ekstraksi, yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair. Pemindahan komponen dari padatan ke pelarut pada ekstraksi padat-cair melalui tiga tahapan, yaitu difusi pelarut ke pori-pori padatan atau ke dinding sel, di dalam dinding sel terjadi pelarutan padatan oleh pelarut, dan tahapan terakhir adalah pemindahan larutan dari pori-pori menjadi larutan ekstrak. Ekstraksi padat-cair dipengaruhi oleh waktu ekstraksi, suhu yang digunakan, pengadukan, dan banyaknya pelarut (Wilson dan Walker, 2000).

Tingkat ekstraksi bahan ditentukan oleh ukuran partikel bahan. Bahan yang diekstrak sebaiknya berukuran seragam untuk mempermudah kontak antara bahan dan pelarut sehingga ekstraksi berlangsung dengan baik (Sudarmadji, 1996). Terdapat dua macam ekstraksi padat-cair, yaitu dengan cara sokhlet dan perkolasi dengan atau tanpa pemanasan (Muchsony, 1997).

Menurut Muchsony (1997) metode lain yang lebih sederhana dalam mengekstrak padatan adalah dengan mencampurkan seluruh bahan dengan pelarut, lalu memisahkan larutan dengan padatan tak terlarut. Menurut Yustina (2008) metode maserasi digunakan untuk mengekstrak jaringan tanaman yang belum diketahui kandungan senyawanya yang kemungkinan bersifat tidak tahan panas, sehingga kerusakan komponen dapat dihindari. Kekurangan dari metode ini adalah waktu yang relatif lama dan membutuhkan banyak pelarut. Ekstraksi dengan metode sokhlet menggunakan prinsip kelarutan. Prinsip kelarutan adalah *like dissolve like*, yaitu pelarut polar akan melarutkan senyawa polar, demikian juga sebaliknya pelarut nonpolar akan melarutkan senyawa nonpolar, selain itu pelarut organik akan melarutkan senyawa organik. Ekstraksi senyawa aktif dari suatu jaringan tanaman dengan berbagai jenis pelarut pada tingkat kepolaran yang berbeda bertujuan untuk memperoleh hasil yang optimum, baik jumlah ekstrak maupun senyawa aktif yang terkandung dalam contoh uji. Prosedur klasik untuk memperoleh kandungan senyawa organik dari jaringan tumbuhan kering adalah melalui ekstraksi berkesinambungan atau 6 bertingkat menggunakan beberapa pelarut yang berbeda tingkat kepolarannya (Yustina 2008). Ekstraksi ini dilakukan secara berturut-turut dimulai dengan pelarut nonpolar (misalnya n-heksana atau kloroform) dilanjutkan dengan pelarut semipolar (etil asetat atau dietil eter) kemudian dilanjutkan dengan pelarut polar (metanol atau etanol). Pada proses ekstraksi akan diperoleh ekstrak awal (*crude extract*) yang mengandung berturut-turut senyawa nonpolar, semipolar, dan polar (Hostettmann dkk., 1995).

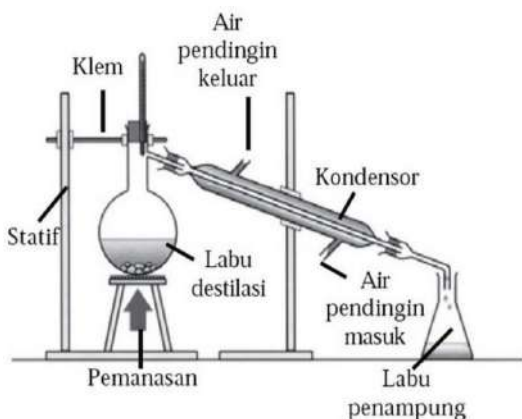
Hasil ekstrak yang diperoleh tergantung pada beberapa faktor, yaitu kondisi alamiah senyawa tersebut, metode ekstraksi yang digunakan, ukuran partikel contoh uji, kondisi

dan waktu penyimpanan, lama waktu ekstraksi, dan perbandingan jumlah pelarut terhadap jumlah contoh uji (Amarowicz dkk., 1991). Polaritas sering diartikan sebagai adanya pemisahan kutub bermuatan positif dan negatif dari suatu molekul sebagai akibat terbentuknya konfigurasi tertentu dari atom-atom penyusunnya. Dengan demikian, molekul tersebut dapat tertarik oleh molekul yang lain yang juga mempunyai polaritas yang kurang lebih sama.

Besarnya polaritas dari suatu pelarut proporsional dengan besarnya konstanta dielektriknya (Adnan, 1997). Menurut Stahl (1985) konstanta dielektrik (ϵ) merupakan salah satu ukuran kepolaran pelarut yang mengukur kemampuan pelarut untuk menyaring daya tarik elektrostatis antara isi yang berbeda.

Distilasi

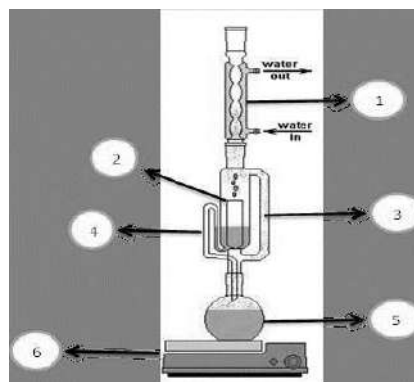
Untuk memurnikan campuran senyawa dimana komponen-komponen yang akan dipisahkan memiliki titik didih yang jauh berbeda. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi adalah teknik pemisahan kimia untuk memisahkan dua atau lebih komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang jauh. Suatu campuran dapat dipisahkan dengan distilasi biasa ini untuk memperoleh senyawa murni. Senyawa yang terdapat dalam campuran akan menguap saat mencapai titik didih masing-masing. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol. Rangkaian alat distilasi sederhana nampak pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian alat distilasi

METODE

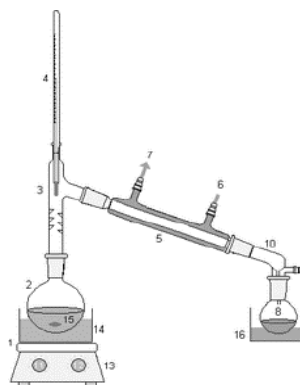
Bahan baku penelitian ini adalah temu ireng. Bahan pendukung yang digunakan adalah 1. Etanol 96% dan n-Hexana. Alat-alat yang digunakan meliputi: corong gelas, Erlenmeyer, gelas ukur, kuvet, dan labu leher tiga. Gambar 6 menampilkan rangkaian alat ekstraksi, sedangkan Gambar 7 menampilkan rangkaian alat destilasi yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 6. Rangkaian alat ekstraksi

Keterangan:

1. Kondensor
2. Timbal
3. Pipa F
4. Sifon
5. Labu leher tiga
6. Kompor



Gambar 7. Rangkaian Alat Destilasi

Keterangan:

1. Wadah air
2. Labu distilasi
3. Sambungan
4. Termometer
5. Kondensor
6. Aliran masuk air dingin
7. Aliran keluar air dingin
8. Labu distilat
9. Lubang udara
10. Tempat keluarnya distilat

11. Pemanas
12. Air pemanas
13. Larutan zat
14. Wadah labu distilat

Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah:

1. Volume etanol 250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450ml.
2. Volume n-Hexana 250 ml, 300 ml, 350 ml, 400 ml, dan 450ml.

Variabel tetap adalah etanol:

1. Konsentrasi pelarut 96%
2. Massa temu ireng 100 gram

Cara Kerja

1. Menyiapkan bahan baku, yaitu membersihkan temu ireng dari kotoran menggunakan air, kemudian memotong tipis temu ireng dan menjemur sampai kering dengan bantuan sinar matahari. Untuk mengetahui bahwa temu ireng telah kering dilakukan dengan cara menimbang hingga beratnya konstan. Selanjutnya adalah menggiling temu ireng hingga halus, kemudian menyaring menggunakan saringan biasa.
2. Ekstraksi. Pada tahap ini temu ireng yang sudah dihaluskan, lalu dibungkus dengan kertas saring, setelah itu dimasukkan ke dalam soxhlet. Soxhlet kemudian dipasang di atas labu leher tiga yang telah berisi pelarut. Pada bagian samping labu leher tiga dipasang thermometer dan tutup karet. Termometer digunakan untuk mengamati suhu yang telah ditetapkan. Pendingin balik digunakan untuk mengembalikan pelarut yang menguap untuk dikembalikan ke soxhlet. Pemanasan menggunakan kompor. Ekstraksi dilakukan hingga minyak atsiri temu ireng keluar sempurna. Selanjutnya dilakukan analisis setiap siklus hingga indeks bias bernilai konstan.
3. Pemurnian, dilakukan dengan penyaringan hasil ekstraksi rimpang temu ireng yang telah didapatkan dengan menggunakan kertas saring, sehingga akan didapatkan filtrat minyak atsiri. Setelah itu, memisahkan minyak atsiri dari pelarut dengan cara distilasi dengan suhu didih pelarut. Kemudian memindahkan sedikit minyak dan pelarut ke dalam botol kecil untuk diuapkan sesuai titik didihnya.

PEMBAHASAN

Uji Rendemen

Hasil uji rendemen minyak atsiri temu ireng pada setiap jenis pelarut ditampilkan pada Tabel 6. Berat minyak semakin bertambah dipengaruhi dengan semakin besarnya volume pelarut.

Tabel 6. Hasil berat minyak atsiri dengan pelarut etanol dan n-Heksana

| Etanol | | | n-Heksana | | |
|-------------|-------------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|
| Volume (ml) | Berat Minyak (gr) | Rendemen (%) | Volume (ml) | Berat Minyak (gr) | Rendemen (%) |
| 250 | 1,3889 | 1,3889 | 250 | 1,4634 | 1,46 |
| 300 | 1,4212 | 1,4212 | 300 | 1,5675 | 1,57 |
| 350 | 1,6169 | 1,6169 | 350 | 1,5979 | 1,60 |
| 400 | 1,6511 | 1,6511 | 400 | 1,7180 | 1,72 |
| 450 | 1,7640 | 1,764 | 450 | 1,8102 | 1,81 |

Densitas Minyak Atsiri

Pada Tabel 7 didapatkan densitas minyak atsiri dengan mengukur dan volume masing-masing hasil dari pelarut etanol dan n-heksana.

Tabel 7. Densitas minyak atsiri temu ireng

| Pelarut Etanol | | | Pelarut N-Heksana | | |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Berat Minyak Atsiri (gr) | Volume Minyak Atsiri (ml) | Densitas Minyak Atsiri (gr/ml) | Berat Minyak Atsiri (gr) | Volume Minyak Atsiri (ml) | Densitas Minyak Atsiri (gr/ml) |
| 1,39 | 1,7 | 0,82 | 1,46 | 1,8 | 0,83 |
| 1,42 | 1,7 | 0,84 | 1,57 | 1,9 | 0,83 |
| 1,62 | 1,9 | 0,85 | 1,6 | 1,9 | 0,84 |
| 1,65 | 1,9 | 0,87 | 1,72 | 2 | 0,86 |
| 1,76 | 2 | 0,88 | 1,81 | 2,1 | 0,86 |

Uji Indeks Bias Pelarut

Untuk melakukan uji indeks bias terlebih dahulu dibuat kurva standar. Pada penelitian ini, pembuatan kurva standar menggunakan minyak atsiri temu ireng komersial yang diproduksi oleh Green Mommy Shop dengan konsentrasi 100%. Absorbansi minyak atsiri temu ireng komersial ini dibandingkan dengan absorbansi minyak atsiri temu ireng komersial yang sudah diencerkan dengan pelarut, masing-masing pelarutnya adalah etanol dan n-heksana.

1. Hasil absorbansi pelarut etanol.

Kurva standar untuk pelarut etanol dibuat dengan cara mengencerkan minyak atsiri temu ireng komersial dari 100% hingga 10% dengan etanol. Berdasarkan hasil pengamatan dengan alat spektrometer pada Tabel 8 didapatkan hasil absorbansi tiap konsentrasi sehingga kurva standar

dengan pelarut etanol dapat dibuat persamaan standar yaitu:
 $Y = 0.0134X + 0,2538$.
dimana: Y= absorbansi, X= konsentrasi

Tabel 8. Uji Absorbansi dengan pelarut etanol

| Konsentrasi (%) | Absorbansi |
|-----------------|------------|
| 10 | 0,382 |
| 20 | 0,519 |
| 30 | 0,646 |
| 40 | 0,771 |
| 50 | 0,895 |
| 60 | 1,103 |
| 70 | 1,231 |
| 80 | 1,358 |
| 90 | 1,467 |
| 100 | 1,526 |

- Hasil absorbansi pelarut N-heksana
Kurva standar kedua dibuat dengan pelarut n-heksana murni 100% dengan cara mengencerkan minyak atsiri temu ireng komersial dengan konsentrasi 100% hingga 10%. Berdasarkan hasil pengamatan dengan alat spektrometer pada Tabel 9 didapatkan hasil absorbansi tiap konsentrasi sehingga kurva standar dengan pelarut n-heksana dapat dibuat persamaan standar yakni:
 $Y = 0,0062 X + 0,9171$.
dimana Y = konsentrasi, X = absorbansi.

Tabel 9. Uji Absorbansi dengan pelarut n-heksana

| Konsentrasi (%) | Absorbansi |
|-----------------|------------|
| 10 | 0,976 |
| 20 | 1,044 |
| 30 | 1,102 |
| 40 | 1,167 |
| 50 | 1,220 |
| 60 | 1,294 |
| 70 | 1,356 |
| 80 | 1,412 |
| 90 | 1,476 |
| 100 | 1,533 |

Uji Indeks Bias Tiap Waktu Siklus Etanol

Konsentrasi didapat dari persamaan garis yang didapat dari kurva standar minyak atsiri sesuai pelarutnya. Persamaan garisnya adalah:

$$Y = 0,0134x + 0,2538$$

dimana: Y= absorbansi, X= konsentrasi.

Berdasarkan pengamatan menggunakan alat spektrometer didapat hasil absorbansi minyak atsiri temu ireng. Dari Tabel 10 dapat dibuat persamaan hubungan antara waktu siklus dengan absorbansi minyak atsiri temu ireng tiap volume pelarut yang berbeda.

Pada kolom pelarut etanol 250 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,263. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut etanol 250 ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,687.

Pada kolom pelarut 300 ml nilai absorbansi konstan pada waktu siklus ketujuh dengan nilai 0,262. Waktu siklus berbanding lurus terhadap nilai absorbansi minyak atsiri. Konsentrasi minyak atsiri temu ireng yang didapatkan dengan pelarut 300 ml adalah 0,612.

Pada kolom 350ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,261. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut etanol 350ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,537.

Pada kolom 400 ml nilai absorbansi konstan pada waktu siklus ketujuh dengan nilai 0,260. Waktu siklus berbanding lurus terhadap nilai absorbansi minyak atsiri. Konsentrasi minyak atsiri temu ireng yang didapatkan dengan pelarut 400ml adalah 0,463.

Pada kolom 450 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,259. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut etanol 450ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,388.

Uji Indeks Bias Tiap Waktu Siklus n-Heksana

Konsentrasi didapat dari persamaan garis yang di dapat dari kurva standar minyak atsiri sesuai pelarutnya. Persamaan garisnya adalah:

$$Y = 0,0062X + 0,9171$$

dimana: Y= absorbansi, X= konsentrasi.

Berdasarkan pengamatan menggunakan alat spektrometer didapat hasil absorbansi minyak atsiri temu ireng. Dari Tabel 11 dapat dibuat persamaan hubungan antara waktu

siklus dengan absorbansi minyak atsiri temu ireng tiap volume pelarut yang berbeda.

Kolom 250 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,921. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut heksana 250 ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,629. Namun perbedaannya dengan etanol adalah pelarut heksana bisa mengambil minyak pada siklus pertama lebih banyak.

Terlihat pada kolom 300 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,921. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut heksana 300ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,629. Namun perbedaannya dengan etanol adalah pelarut heksana bisa mengambil minyak pada siklus pertama lebih banyak. Pada kolom 350ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada

waktu siklus ketujuh yaitu 0,920. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut heksana 350ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,468. Namun perbedaannya dengan etanol adalah pelarut heksana bisa mengambil minyak pada siklus pertama lebih banyak.

Pada kolom 400 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,920. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut heksana 400ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,468.

Pada kolom 450 ml menunjukkan absorbansi minyak atsiri yang diperoleh berbanding lurus terhadap waktu siklus. Absorbansi mencapai nilai konstan pada waktu siklus ketujuh yaitu 0,920. Semakin tinggi nilai absorbansi, maka semakin tinggi konsentrasi minyak atsiri yang diperoleh. Dengan pelarut heksana 450ml dapat menghasilkan minyak atsiri dengan konsentrasi 0,468.

Tabel 10. Absorbansi dan konsentrasi volume etanol

| Siklus | Massa Awal (gr) | 250 ml | | 300 ml | | 350 ml | | 400 ml | | 450 ml | |
|--------|-----------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | y | x | y | x | y | x | y | x | y | X |
| 1 | 100 | 0,253 | 0,06 | 0,254 | 0,015 | 0,253 | 0,06 | 0,0253 | 0,059 | 0,254 | 0,015 |
| 2 | 100 | 0,255 | 0,09 | 0,255 | 0,09 | 0,255 | 0,09 | 0,255 | 0,089 | 0,256 | 0,164 |
| 3 | 100 | 0,256 | 0,164 | 0,257 | 0,239 | 0,257 | 0,239 | 0,256 | 0,164 | 0,256 | 0,164 |
| 4 | 100 | 0,258 | 0,313 | 0,259 | 0,388 | 0,258 | 0,313 | 0,258 | 0,313 | 0,257 | 0,239 |
| 5 | 100 | 0,26 | 0,463 | 0,26 | 0,463 | 0,259 | 0,388 | 0,259 | 0,388 | 0,258 | 0,313 |
| 6 | 100 | 0,262 | 0,612 | 0,261 | 0,537 | 0,26 | 0,467 | 0,259 | 0,388 | 0,258 | 0,313 |
| 7 | 100 | 0,263 | 0,687 | 0,262 | 0,612 | 0,261 | 0,537 | 0,26 | 0,463 | 0,259 | 0,388 |
| 8 | 100 | 0,263 | 0,687 | 0,262 | 0,612 | 0,261 | 0,537 | 0,26 | 0,463 | 0,259 | 0,388 |
| 9 | 100 | 0,263 | 0,687 | 0,262 | 0,612 | 0,261 | 0,537 | 0,26 | 0,463 | 0,259 | 0,388 |

Tabel 11. Absorbansi dan konsentrasi volume n-Heksana

| Siklus | Massa Awal (gr) | 250 ml | | 300 ml | | 350 ml | | 400 ml | | 450 ml | |
|--------|-----------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | y | x | y | x | y | x | y | x | y | X |
| 1 | 100 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 |
| 2 | 100 | 0,918 | 0,145 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 | 0,917 | 0,016 | 0,918 | 0,016 |
| 3 | 100 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 |
| 4 | 100 | 0,919 | 0,306 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 | 0,918 | 0,145 |
| 5 | 100 | 0,920 | 0,468 | 0,919 | 0,306 | 0,919 | 0,306 | 0,919 | 0,306 | 0,919 | 0,306 |
| 6 | 100 | 0,920 | 0,468 | 0,920 | 0,468 | 0,919 | 0,306 | 0,919 | 0,306 | 0,919 | 0,306 |
| 7 | 100 | 0,921 | 0,629 | 0,921 | 0,629 | 0,92 | 0,468 | 0,92 | 0,468 | 0,92 | 0,468 |
| 8 | 100 | 0,921 | 0,629 | 0,921 | 0,629 | 0,92 | 0,468 | 0,92 | 0,469 | 0,92 | 0,468 |
| 9 | 100 | 0,263 | 0,687 | 0,262 | 0,612 | 0,261 | 0,537 | 0,26 | 0,463 | 0,259 | 0,388 |

Uji Hasil Distilasi Etanol

Untuk mendapatkan hasil konsentrasi diperoleh dari persamaan kurva standar yang telah dibuat, yakni:

$$Y = 0,0134X + 0,253$$

dimana: Y= absorbansi, X= konsentrasi.

Dari Tabel 12 diketahui semakin besar volume pelarut, konsentrasi minyak atsiri yang telah dipisahkan dengan pelarutnya semakin besar yaitu pada volume 450ml sebanyak 92,179104%.

Tabel 12. Hasil uji minyak atsiri dengan pelarut etanol

| Volume (ml) | Absorbansi | Konsentrasi (%) |
|-------------|------------|-----------------|
| 250 | 1,479 | 91,432836 |
| 300 | 1,481 | 91,582090 |
| 350 | 1,483 | 91,731343 |
| 400 | 1,487 | 92,029851 |
| 450 | 1,489 | 92,179104 |

Gambar 8 menampilkan grafik konsentrasi minyak atsiri terhadap volume pelarut etanol



Gambar 8. Grafik konsentrasi minyak atsiri terhadap volume pelarut etanol

Uji Hasil Distilasi n-Heksana

Untuk mendapatkan hasil konsentrasi diperoleh dari persamaan kurva standar yang telah dibuat, yakni:

$$Y = 0,0062X + 0,917$$

dimana: Y= absorbansi, X= konsentrasi.

Dari Tabel 13 menunjukkan semakin besar volume pelarut, konsentrasi minyak atsiri yang telah dipisahkan dengan pelarutnya semakin besar yaitu pada volume 450ml sebanyak 92,564516%.

Tabel 13. Hasil uji minyak atsiri dengan pelarut n-heksana

| Volume (ml) | Absorbansi | Konsentrasi (%) |
|-------------|------------|-----------------|
| 250 | 1,482 | 91,112903 |
| 300 | 1,484 | 91,435484 |
| 350 | 1,488 | 92,080645 |
| 400 | 1,489 | 92,241935 |
| 450 | 1,491 | 92,564516 |

Gambar 9 menampilkan grafik konsentrasi minyak atsiri terhadap volume pelarut n-heksana.



Gambar 9. Grafik konsentrasi minyak atsiri terhadap volume pelarut n-heksana

Selanjutnya, Tabel 14 menampilkan perbandingan hasil penelitian dengan hasil dari literatur. Pada tabel 14. hasil penelitian minyak atsiri temu ireng tidak jauh berbeda dengan karakteristik minyak atsiri temu ireng .

Tabel 14. Perbandingan hasil penelitian dengan hasil dari literatur

| Parameter | Nilai | | |
|-------------|---|---|---------------------|
| | Berdasarkan karakteristik minyak atsiri temu ireng (Sharad, 2006) | Penelitian yang telah ada (Mahdika, 2019) | Hasil Penelitian |
| Warna | Kuning kecoklatan, Coklat, Coklat tua | Coklat tua | Coklat tua |
| Bau | Khas Aromatik | Khas Aromatik | Khas Aromatik |
| Densitas | 0,81 - 0,88 gr/ml | 0,8417 - 0,8724 gr/ml | 0,813 - 0,882 gr/ml |
| Indeks Bias | 1,4877 - 1,4964 | 1,3422 - 1,3487 | 1,479 - 1,491 |

KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian mengenai ekstraksi minyak atsiri dari temu ireng ini adalah sebagai berikut:

1. Rendemen yang didapat pada pelarut etanol dan heksana bisa disimpulkan bahwa minyak yang bisa diekstrak dalam temu ireng, terdapat lebih banyak dengan pelarut heksana dibandingkan etanol. Dapat terlihat pada pelarut etanol memiliki nilai rendemen (%) 1,3889 (250 ml); 1,4212 (300 ml); 1,6169 (350 ml); 1,6511 (400 ml); 1,7640 (450 ml). Sedangkan untuk pelarut n-heksana memiliki nilai rendemen (%) 1,4634 (250 ml); 1,5675 (300 ml); 1,5979 (350 ml); 1,7180 (400 ml); 1,8102 (450 ml).
2. Semakin besar volume pelarut yang digunakan maka semakin besar perolehan konsentrasi minyak atsiri yang dihasilkan.
3. Daya ekstrak yang paling cepat adalah menggunakan pelarut n-heksana karena

sifatnya yang non polar. Pada volume pelarut 450ml, dengan pelarut n-heksana mampu menghasilkan 92,564516% minyak dibandingkan dengan menggunakan pelarut etanol yaitu 92,179104% minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A. S., 2005, <http://intra.lipi.go.id/masuk.cgi>, diunduh 21 Januari 2019.
- Adnan, M., 1997, *Teknik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan, Edisi Pertama*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Amarowicz, R., Naczki, M., and Shahidi, F., 1991, Antioxidant Activity of Crude Tannis of Canola and Rapeseed Hulls, *JAOCS*, 77, 957-961.
- Guenther, E., 2006, *Minyak Atsiri*, Jilid I, Edisi Terjemahan, Jakarta: UI-Press.
- Hostettmann, K., Hostettman, M., Marston M.D.A., 1995, *Cara Kromatografi Preparatif Penggunaan pada Isolasi Senyawa Alam*, Bandung: ITB.
- Indyah, 2007, *Teknologi Proses Produksi Bio Ethanol*, http://www.google.co.id/search?num=20&hl=id&client=firefox-a&channels&rls=org.mozilla%3AenUS%3Aofficial&as_qdr=all&q=bioetanol+filetype%3Apdf&btn=, diunduh 5 Februari 2019
- Khoridah, S., 2007, Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Ekstrak Etanolik Rimpang Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa Roxb*) dalam Sediaan Salep Terhadap Sifat Fisik dan Daya Antibakteri, *Skripsi*, Universitas Wahid Hasyim.
- Mardoni, 2007, *Perbandingan Metode Kromatografi Gas dan Berat Jenis pada Penetapan Kadar Etanol Dalam Minuman Anggur*, http://www.usd.ac.id/06/publ_dosen/far/mardoni.pdf
- Muchsony, M.I., 1997, Potensi Bioaktif Ekstrak Ranting Tumbuhan Betung (*Dysoxylum excelsum*) Terhadap Mortalitas Larva Udang (*Artemiasalina L*), *Skripsi*, Bogor: IPB.
- Mursito, B., 2003, *Ramuan Tradisional untuk Pelangsing Tubuh*, Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Rukmana, R., 2004, *Temu-temuan Apotik Hidup di Pekarangan*, Yogyakarta: Kanisius.
- Saputra, I., 2015, Sistem Kendali Suhu, Kelembaban, dan Level Air pada Pertanian Pola Hidroponik, *Jurnal Coding*, 3(1): 1-10.
- Stahl, E., 1985, *Analisis Obat Secara Kromatografi dan Mikroskopi*, Edisi Terjemahan Bandung: ITB.
- Sudarmadji, S, Haryono, B., dan Suhardi, 1989, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Sudarmadji, S., 1996, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Yogyakarta: Liberty.
- Sutriani, L., 2008, Ekstraksi, <https://bit.ly/2OYiy4b>.
- Triayu, S., 2009, Aktivitas Minyak Atsiri dan Uji Daya Antibakteri Secara in Vitro, *Skripsi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Widyawati, M., Darsono, F.I., dan Senny, Y.E., 2003, Penentuan Kadar Kurkuminoid dari ekstrak Temu Hitam Secara Densitometri. <http://www.perpus.wima.ac.id>.
- Wilson, K. and Walker, J., 2000, *Principles and Techniques of Practical Biochemistry Fifth Edition*, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Yuniarti, T., 2008, *Ensiklopedia Tanaman Obat Tradisional*, Cetakan Pertama Yogyakarta: MedPress.
- Yusnita, D., 2014, Minyak Atsiri Rimpang, Batang, dan Daun Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa Roxb*) Sebagai Antibakteri *Streptococcus Mutans* dan Pendegradasi Biofilm pada Gigi, *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Yustina, S.H., 2008, *Daya Antibakteria Campuran Ekstrak Etanol Buah Adas (*Foeniculum vulgare.Mill*) dan Kulit Batang Pulasari (*Alyxiareindwartii BL*)*, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

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. 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.

PERANCANGAN ULANG KERANJANG PETANI TEH UNTUK MENGURANGI RESIKO KELUHAN *MUSCULOSKELETAL DISORDERS* DI PT. PERKEBUNAN TAMBI UNIT PRODUKSI TANJUNGSARI

Risma Adelina Simanjuntak¹, Titin Isna Oesman², Lalang Pramuditya³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹risma@akprind.ac.id, ²titin@akprind.ac.id, ³pramuditya10@gmail.com

Masuk: 01 Agustus 2020, Revisi masuk: 24 Agustus 2020, Diterima: 26 Agustus 2020

ABSTRACT

PT. Tambi Plantation Tanjungsari Production Unit is a company engaged in tea processing. The process of picking tea leaves is the beginning of the tea production process. Tea farmers work to collect tea leaves using cut scissors and collect in baskets made of woven bamboo. The results of the Nordic Body Map (NBM) show the use of old baskets can cause complaints Musculoskeletal Disorders (MSDs).

The purpose of this study is to calculate the total points of MSDs complaints when using old baskets, redesign new baskets, and compare the level of MSDs complaints when using old baskets and new baskets. Body mass index (BMI) is used to determine the nutritional level of workers and NBM is used to find out complaints felt by workers. A new basket redesign is based on anthropometric data with body dimensions measured including: hip width, shoulder height in a sitting position, chest thickness, and belly thickness.

The results of the NBM calculations, the score received by workers is 600 points. The new basket of tea growers consists of two components: the frame and the container for the tea leaves. The frame component has a width of 31 cm, height 51 cm, length of the supporting container 34 cm, the distance between the place of the bearing and the supporting container is 10 cm, the distance of the bearing space is 5 cm, the distance of the shoulder strap is 5 cm. The components of the tea leaf container have a height of 53 cm, the length of the base side 33 cm x 33 cm, a diameter of 57 cm. Paired Sample T Test with a 95% confidence level, stated that there is a very significant difference in the total number of MSDs between using an old baskets and a new baskets.

Keywords: Anthropometric, BMI, MSDs, NBM, Redesign.

INTISARI

PT. Perkebunan Tambi Unit Produksi Tanjungsari merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan teh. Proses pemetikan daun teh merupakan awal dari proses produksi teh. Petani teh bekerja menggunakan gunting potong dan mengumpulkan di dalam keranjang yang terbuat dari bambu anyam. Hasil *Nordic Body Map* (NBM) menunjukkan penggunaan keranjang lama dapat menyebabkan keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs).

Tujuan penelitian ini untuk menghitung total poin keluhan MSDs pada saat memakai keranjang lama, merancang ulang keranjang baru, dan membandingkan tingkat keluhan MSDs saat memakai keranjang lama dan keranjang baru. Indeks Masa Tubuh (IMT) digunakan untuk mengetahui tingkat gizi pekerja dan NBM digunakan untuk mengetahui keluhan yang dirasakan pekerja. Redesain keranjang baru dibuat berdasarkan data antropometri dengan dimensi tubuh yang diukur adalah lebar pinggul, tinggi bahu dalam posisi duduk, tebal dada, dan tebal perut.

Hasil perhitungan NBM skor yang diterima pekerja adalah 600 poin. Keranjang baru petani teh terdiri dari dua komponen yaitu rangka/*frame* dan tempat penampung daun teh. Komponen rangka/*frame* memiliki lebar 31 cm, tinggi 51 cm, panjang penopang wadah 34 cm, jarak tempat bantalan dengan penopang wadah 10 cm, jarak tempat bantalan 5 cm, jarak tempat tali bahu 5cm. Komponen tempat penampung daun teh memiliki tinggi 53 cm, panjang sisi alas 33 cm x 33 cm, diameter atas 57 cm. Uji beda *Paired Sample T Test* dengan tingkat kepercayaan 95% menyatakan bahwa terdapat perbedaan total keluhan MSDs yang sangat signifikan antara pemakaian keranjang lama dan keranjang baru.

Kata-kata kunci: Antropometri, IMT, MSDs, NBM, Redesain.

PENDAHULUAN

Perkebunan teh merupakan salah satu aspek dari sektor pertanian yang menguntungkan di Indonesia, mengingat letak geografis yang strategis. Kebutuhan dunia akan komoditas teh sangat besar. Petani teh di UP Tanjungsari merupakan pekerja yang bertugas untuk memetik pucuk daun teh dengan menggunakan tangan atau gunting potong dan dikumpulkan di dalam keranjang. Petani teh bekerja mulai dari pukul 06.00 hingga 08.00 pagi. Perlengkapan yang digunakan antara lain: sepatu bot, baju dan celana panjang, tutup kepala, dan membawa keranjang. Rata-rata beban daun teh yang dapat diangkut adalah 20 Kg dalam sekali pemetikan. Keranjang yang digunakan untuk menampung daun teh terbuat dari bambu yang dianyam, sedangkan untuk menggondong keranjang terbuat dari karet ban bekas. Model keranjang lama beban akan terpusat pada pundak, serta tidak ada tali pengaman diperut mengakibatkan pinggang akan tergores keranjang pada saat petani teh membungkuk untuk memetik daun teh.

Keluhan dan cedera fisik yang timbul selain karena karakteristik keranjang, juga karena posisi kerja petani teh ketika mengangkut keranjang hanya dengan menggunakan karet bekas ban yang bentuk serta ukurannya tidak sesuai dengan dimensi tubuh petani teh. Gangguan cedera fisik tidak terasa dalam jangka pendek, namun demi kelangsungan hidup keluarga dan di tengah desakan kebutuhan ekonomi yang semakin tinggi maka pekerjaan ini tetap dilakukan hingga kondisi fisik tidak mampu lagi bekerja. Hal ini jelas sangat berisiko tinggi terhadap kesehatan para petani teh, sehingga perlu dilakukan penanganan secara khusus. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan, hasil *Nordic Body Map* (NBM) menunjukkan skor yang diterima pekerja yaitu 600 poin, sehingga penggunaan keranjang lama dapat menyebabkan keluhan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Perancangan ulang keranjang baru dapat meminimalisir keluhan MSDs (Trisardi dkk., 2015).

Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata Yunani yaitu "ergon" berarti kerja dan "nomos" berarti hukum alam, dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara

anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen, dan perancangan dan desain (Nurmianto, 1996). Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka, 2004).

Antropometri

Menurut Wignjosoebroto (2000) antropometri berasal dari "anthro" yang berarti manusia dan "metri" yang berarti ukuran. Penerapan data ini untuk penanganan masalah desain maupun ruang kerja. Hal-hal yang berhubungan dengan dimensi tubuh manusia seperti keadaan, frekuensi dan kesulitan, sikap badan, syarat-syarat untuk memudahkan bergerak. Faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk dan ukuran tubuh manusia antara lain: umur, jenis kelamin, suku/bangsa, posisi tubuh.

Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam persentil tertentu dapat bermanfaat pada saat merancang produk ataupun fasilitas kerja. Supaya rancangan suatu produk dapat sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang akan mengoperasikannya. Data antropometri dapat diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja. Tabel 1 menampilkan data antropometri yang memberikan informasi tentang macam anggota tubuh diukur (Nurmianto, 1996).

Tabel 1. Data antropometri

| Dimensi Tubuh | 5th | 50th | 95th |
|-------------------|-------|-------|-------|
| Tinggi bahu dalam | 36,18 | 50,62 | 65,07 |
| Posisi duduk | | | |
| Lebar pinggul | 20,74 | 30,39 | 40,04 |
| Tebal dada | 12,05 | 17,8 | 23,55 |
| Tebal perut | 12,45 | 17,74 | 23,03 |

(Sumber: Antropometri Indonesia, 2020)

Musculoskeletal Disorders (MSDs)

Menurut *American Conference of Governmental Industrial Hygienis* (ACGIH) tahun 2010, keluhan muskuloskeletal merupakan gangguan kronis pada otot, tendon, dan saraf yang disebabkan oleh pengguna tenaga secara berulang (*repetitive*), gerakan secara cepat, beban yang tinggi, tekanan, postur tubuh yang janggal, vibrasi, dan rendahnya temperatur.

Secara garis besar keluhan otot dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Keluhan sementara, yaitu keluhan otot yang terjadi saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan. Kerusakan tiba-tiba yang disebabkan oleh aktivitas yang sangat kuat/berat atau pergerakan yang tak terduga.
2. Keluhan menetap, yaitu keluhan otot yang bersifat menetap, walaupun pembebanan kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot terus berlanjut.

Keluhan otot skeletal terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pembebanan kerja yang panjang dengan durasi pembebanan. Keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot berkisar antara 15-20% dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20% maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibat terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbul rasa nyeri otot (Tarwaka, 2004). Gejala *Musculoskeletal disorders* (MSDs) dapat menyerang secara cepat maupun lambat (berangsur-angsur). Menurut Kroemer dan Grandjean (1997), ada tiga tahap MSDs yang dapat diidentifikasi yaitu:

Tahap 1 : Sakit atau pegal-pegal dan kelelahan selama jam kerja tapi gejala ini menghilang setelah waktu kerja (dalam satu malam), tidak berpengaruh pada *performance* kerja. Efek ini dapat pulih setelah istirahat.

Tahap 2 : Gejala ini tetap ada setelah melewati waktu satu malam setelah bekerja. Tidak mungkin terganggu. Kadang-kadang menyebabkan penurunan *performance* kerja.

Tahap 3 : Gejala ini tetap ada walaupun setelah istirahat, nyeri terjadi ketika bergerak secara *repetitive*. Tidur terganggu dan sulit untuk melakukan pekerjaan, kadang-kadang tidak sesuai kapasitas kerja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keluhan musculoskeletal antara lain:

1. Posisi kerja
Posisi kerja berdiri merupakan salah satu posisi kerja yang sering dilakukan ketika melakukan sesuatu pekerjaan. Berat tubuh manusia akan ditopang oleh satu ataupun kedua kaki ketika melakukan posisi berdiri. Aliran beban tubuh mengalir pada kedua kaki menuju tanah. Hal ini disebabkan oleh faktor gaya gravitasi bumi. Kestabilan tubuh ketika posisi berdiri dipengaruhi posisi kedua kaki. Kaki yang sejajar lurus dengan jarak sesuai dengan tulang pinggul akan menjaga tubuh dari tergelincir. Selain itu perlu menjaga kelurusan antara anggota bagian atas dengan anggota bagian bawah (Rahmaniyah, 2007).
2. Peregangan otot
Peregangan otot yang berlebihan, sering dilakukan oleh pekerja yang dituntut untuk mengerahkan tenaga yang besar seperti aktivitas mengangkat, mendorong, menarik, dan menahan beban yang berat (Tarwaka, 2004).
3. Aktivitas berulang
Keluhan otot terjadi akibat menerima beban terus menerus tanpa relaksasi. Pekerjaan yang melibatkan gerakan berulang, mengakibatkan kelelahan karena pekerja tidak ada pemulihan dalam jangka waktu yang singkat antara gerakan (CCOHS, 2001).
4. *Force* atau *load*
Jumlah usaha fisik yang digunakan untuk melakukan pekerjaan seperti mengangkat beban berat. Jumlah tenaga bergantung pada tipe pegangan yang digunakan, berat obyek, durasi aktivitas, postur tubuh, dan jenis aktivitas. Massa atau beban dari objek merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadi keluhan musculoskeletal.
5. Getaran
Getaran dengan frekuensi yang tinggi menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini akan menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat meningkat dan akibatnya menimbulkan rasa nyeri otot (CCOHS, 2001).

Metode Nordic Body Map (NBM)

NBM merupakan metode penilaian yang sangat subjektif, artinya keberhasilan aplikasi metode ini sangat tergantung dari kondisi dan situasi yang dialami pekerja

pada saat dilakukannya penelitian dan juga tergantung dari keahlian dan pengalaman *observer* yang bersangkutan. Kuesioner NBM ini secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat keparahan gangguan pada sistem muskuloskeletal dan mempunyai validitas dan reabilitas yang cukup (Tarwaka, 2004).

METODE

Objek penelitian berfokus pada proses pemetikan daun teh yang merupakan langkah pertama dalam proses produksi teh. Subjek yang diteliti adalah pekerja pada bagian pemetik teh yang berkerja di Blok Murai. Jumlah sampel yang diamati 15 pekerja.

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2011). Dengan demikian sampel adalah sebagian dari populasi yang karakteristiknya hendak diselidiki, dan bisa mewakili keseluruhan populasinya sehingga jumlahnya lebih sedikit dari populasi. Rumus Slovin untuk menentukan sampel adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

n = Ukuran sampel/jumlah responden.

N = Ukuran populasi.

E = Persentase kelonggaran ketelitian kesalahan pengambilan sampel yang masih bisa ditolerir; e=0,1.

Uji Beda *Sample Paired T Test*

Sample paired t test berguna untuk melakukan pengujian terhadap 2 sampel yang berhubungan yang berasal dari populasi yang sama. *Sample paired t test* merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengkaji keefektifan perlakuan, ditandai adanya perbedaan rata-rata sebelum dan rata-rata sesudah diberi perlakuan. Prosedur uji beda *sample paired t test* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan hipotesis.

Hipotesis yang ditentukan sebagai berikut:

H₀ = Tidak ada perbedaan hasil keluhan yang diterima pekerja sebelum dan sesudah memakai keranjang baru.

H_a = Ada perbedaan hasil keluhan yang diterima pekerja sebelum dan sesudah memakai keranjang baru.

2. Menentukan *lavel of significant* sebesar 5% atau 0,05.

3. Menentukan kriteria pengujian.

H₀ ditolak jika nilai probabilitas <0,05, berarti terdapat perbedaan hasil keluhan yang diterima pekerja sebelum dan sesudah memakai keranjang baru.

H_a diterima jika nilai probabilitas >0,05, berarti tidak ada perbedaan hasil keluhan yang diterima pekerja sebelum dan sesudah memakai keranjang baru.

4. Penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pekerja

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2019 sampai Maret 2020. Pekerjaan memetik daun teh dilakukan oleh pekerja jenis kelamin perempuan dengan karakteristik pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik pekerja

| Pekerja ke- | Karakteristik | | |
|-------------|---------------|------------------|-------------------|
| | Umur (th) | Berat Badan (kg) | Tinggi Badan (cm) |
| 1 | 51 | 60 | 149 |
| 2 | 52 | 45 | 150 |
| 3 | 54 | 53 | 149 |
| 4 | 33 | 49 | 152 |
| 5 | 50 | 40 | 148 |
| 6 | 60 | 45 | 150 |
| 7 | 40 | 46 | 149 |
| 8 | 39 | 55 | 150 |
| 9 | 53 | 54 | 147 |
| 10 | 55 | 49 | 154 |
| 11 | 55 | 38 | 149 |
| 12 | 46 | 56 | 150 |
| 13 | 54 | 48 | 151 |
| 14 | 53 | 53 | 148 |
| 15 | 40 | 65 | 149 |

(Sumber: Data Praktikum, 2020)

Data Antropometri

Data antropometri (Tabel 3) ini diambil dari *website* Antropometri Indonesia dengan spesifikasi data yaitu jenis kelamin perempuan Indonesia.

Tabel 3. Data antropometri

| Dimensi Tubuh | 5th | 50th | 95th |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Tinggi bahu dalam posisi duduk | 36,18 | 50,62 | 65,07 |
| Lebar pinggul | 20,74 | 30,39 | 40,04 |
| Tebal dada | 12,05 | 17,8 | 23,55 |
| Tebal perut | 12,45 | 17,74 | 23,03 |

Sumber: Antropometri Indonesia, 2020

Spesifikasi Keranjang Lama

Data spesifikasi keranjang lama (Tabel 4) diambil dari hasil wawancara dan pengukuran keranjang yang digunakan oleh

petani teh. Pengukuran dilakukan menggunakan mistar/alat ukur.

Tabel 4. Spesifikasi keranjang lama

| Spesifikasi | Keterangan |
|-----------------|-----------------|
| Bahan baku | Bambu dianyam |
| Bahan tali bahu | Karet ban bekas |
| Berat | 3 kg |
| Kapasitas | 7 – 10 kg |
| Masa pakai | 2 bulan |
| Tinggi | 60 cm |
| Diameter atas | 53 cm |
| Sisi alas | 35 x 33 cm |

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

Hasil Kuisisioner NBM Saat Menggunakan Keranjang Lama

Penyebaran kuisisioner NBM bertujuan untuk mengetahui tingkat keluhan pada tubuh yang dialami oleh petani teh. Dalam kuisisioner NBM ditambahkan tingkat nilai atau *score* untuk mempermudah proses pengklasifikasian kategori tiap segmen tubuh pekerja. Tabel 5 menampilkan hasil kuisisioner NBM saat menggunakan keranjang lama.

Tabel 5. Hasil kuisisioner NBM saat menggunakan keranjang lama

| Pekerja ke | Score |
|------------|-------|
| 1 | 45 |
| 2 | 39 |
| 3 | 36 |
| 4 | 38 |
| 5 | 37 |
| 6 | 48 |
| 7 | 39 |
| 8 | 47 |
| 9 | 38 |
| 10 | 46 |
| 11 | 37 |
| 12 | 39 |
| 13 | 39 |
| 14 | 40 |
| 15 | 42 |

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Desain Keranjang Baru

Desain keranjang baru dibuat menggunakan data sekunder antropometri untuk mempermudah pengolahan data. Desain keranjang baru terdiri dari dua komponen yaitu rangka/frame (Gambar 1) dan penampung daun teh.

1. Desain rangka/frame.

Pembuatan rangka bertujuan untuk menahan bentuk tulang belakang supaya tetap lurus. Dalam proses pembuatan

rangka, data sekunder antropometri yang dibutuhkan yaitu:

1) Lebar pinggul.

Lebar pinggul digunakan untuk menentukan lebar rangka yang akan dibuat. Ukuran menggunakan *percentile* 50% = 30,39 cm dibulatkan menjadi 31 cm.

2) Tinggi bahu dalam posisi duduk.

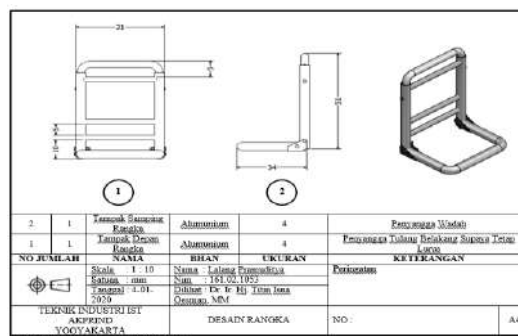
Tinggi bahu dalam posisi duduk digunakan untuk menentukan tinggi rangka yang akan dibuat. Ukuran menggunakan *percentile* 50% = 50,62 cm dibulatkan menjadi 51 cm.

3) Tebal dada.

Tebal dada digunakan untuk membuat sabuk pengaman di area dada. Ukuran menggunakan *percentile* 50% = 17,8 cm dibulatkan menjadi 18 cm.

4) Tebal perut.

Tebal perut digunakan untuk membuat sabuk pengaman di area perut. Ukuran menggunakan *percentile* 50% = 17,74 cm dibulatkan menjadi 18 cm.



Gambar 1. Desain rangka/frame

2. Desain penampung daun teh

Desain ini digunakan sebagai tempat penampungan teh selama proses pemetikan. Pembuatan desain ini menggunakan ukuran data sekunder antropometri dan dimodifikasi menyesuaikan bentuk rangka. Data yang digunakan yaitu:

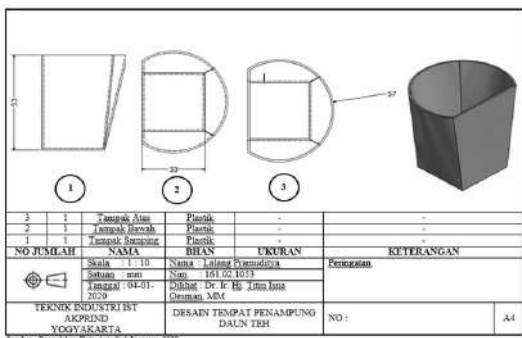
1) Lebar pinggul

Lebar pinggul digunakan untuk menentukan lebar penampung daun teh yang akan dibuat. Ukuran menggunakan *percentil* 50% = 30,39 cm dibulatkan menjadi 33 cm.

2) Tinggi bahu dalam posisi duduk

Tinggi bahu dalam posisi duduk digunakan untuk menentukan tinggi

penampung daun teh yang akan dibuat. Ukuran menggunakan percentile 50% = 50,62 cm dibulatkan menjadi 53 cm.



Gambar 2. Desain Penampung Daun Teh

Uji Beda Keluhan NBM yang Diterima Pekerja Saat Menggunakan Keranjang Lama dan Keranjang Baru

Data ini diambil setelah pekerja memakai keranjang baru. Setiap pekerja mencoba memakai keranjang baru untuk memetik daun teh. Setelah memakai keranjang baru dilakukan pengumpulan data dengan penyebaran kuisisioner NBM. Penyebaran kuisisioner NBM ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan keluhan yang diterima pekerja sebelum dan sesudah memakai keranjang baru, khususnya keluhan pada bagian tulang belakang. Pengolahan data dilakukan dengan aplikasi SPSS untuk mempermudah perhitungan. Rekap data NBM sebelum dan sesudah memakai keranjang baru disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Total nilai keluhan tiap pekerja saat memakai keranjang lama dan keranjang baru

| Keranjang Lama | Keranjang Baru |
|----------------|----------------|
| 45 | 35 |
| 39 | 34 |
| 36 | 30 |
| 38 | 32 |
| 37 | 39 |
| 48 | 38 |
| 39 | 39 |
| 37 | 30 |
| 38 | 32 |
| 46 | 36 |
| 37 | 32 |
| 39 | 32 |
| 39 | 32 |
| 40 | 30 |
| 42 | 34 |

(Sumber: Pengolahan Data, 2020)

Berdasarkan hasil output uji *sample paired t test* pada *paired samples statistics* menunjukkan nilai deskriptif masing-masing variabel. Variabel sebelum mempunyai nilai rata-rata (*mean*) 40 dari 15 data. Sebaran data (*Std.Deviation*) yang diperoleh adalah 3,625 dengan *standar error* 0,936. Variabel sesudah mempunyai nilai rata-rata (*mean*) 33,67 dari 15 data. Sebaran data (*Std.Deviation*) yang diperoleh 3,132 dengan *standar error* 0,809. Hal ini menunjukkan variabel sesudah lebih kecil dari pada variabel sebelum.

Pada *paired samples correlations* menunjukkan nilai korelasi yang menunjukkan hubungan kedua variabel pada sampel berpasangan dengan nilai korelasi 0,472.

Pada *paired samples test* merupakan tabel utama dari output yang menunjukkan hasil uji yang dilakukan. Hal ini dapat diketahui dari nilai signifikansi (*2-tailed*). Nilai signifikansi dari uji coba ini adalah 0,00 ($p < 0,05$). Sehingga hasil keluhan sebelum dan sesudah memakai keranjang baru mengalami perubahan yang sangat signifikan. Berdasarkan uji beda dapat disimpulkan pemakaian keranjang baru dapat menurunkan tingkat keluhan yang diterima pekerja.

KESIMPULAN

1. Besar keluhan *Musculoskeletal Disorders* yang dirasakan pekerja bagian pemetik teh saat menggunakan keranjang lama adalah 600 poin.
2. Keranjang baru petani teh terdiri dari dua komponen yaitu rangka/*frame* dan tempat penampung daun teh. Komponen rangka/*frame* memiliki lebar 31 cm, tinggi 51 cm, panjang penopang wadah 34 cm, jarak tempat bantalan dengan penopang wadah 10 cm, jarak tempat bantalan 5 cm, jarak tempat tali bahu 5 cm. Komponen tempat penampung daun teh memiliki tinggi 53 cm, panjang sisi alas 33 cm x 33 cm, diameter atas 57 cm.
3. Berdasarkan hasil uji beda pemakaian keranjang lama dan keranjang baru, pemakaian keranjang baru dapat menurunkan tingkat keluhan *Musculoskeletal Disorders* yang diterima petani teh.

DAFTAR PUSTAKA

ACGIH, 2010, TLVs & BEIs, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and*

- Physical Agents & Biological Exposure Indices*, Cincinnati: Kemper Meadow Drive.
- CCOHS (Canadian Centre for Occupational Health and Safety), 2001, *Hot Environments-Health Effects*, Ontario.
- Kroemer & Grandjean, 1997, *Fitting The Task to the Human*, 5th edition, Geneva.
- Nurmianto, E., 1996, *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Surabaya: Guna Widya.
- Rahmaniyah, D.A., 2007, Analisa Pengaruh Aktivitas Kerja dan Beban Angkat Terhadap Keluhan Musculusceletal, <https://www.google.co.id/ejournal>.
- Sugiyono, 2011, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung: Alfabeta.
- Tarwaka, 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA Press.
- Trisardi, A., Yadi, Y.H., & Mariawati, A.S., 2015, Perancangan Tas Gendong Buruh Tengtengan di Pelabuhan Penyebrangan Merak Banten Menggunakan Metode Antropometri, *Jurnal Teknik Industri Untirta*, 3(3).
- Wignjosoebroto, S., 2000, *Tata Letak Pabrik dan Pемindahan Bahan*, Edisi Ketiga, Cetakan Kedua, Surabaya: Penerbit Guna Widya.

dengan jabatan akademik lektor kepala pada bidang minat teknik industri.

Lalang Pramuditya, lahir di Wonosobo pada tanggal 19 Juni 1998, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Industri di Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

- Ir. Risma Adelina Simanjuntak, M.T.**, lahir di Balinge pada tanggal 2 Januari 1961, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu teknik & manajemen industri dari Universitas Sumatera Utara tahun 1986, dan S2 bidang ilmu teknik mesin-industri dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 1998. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap di Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik lektor kepala pada bidang minat teknik industri.
- Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, M.M.**, lahir di Muara Wahau pada tanggal 4 Juni 1950, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu teknik industri di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta tahun 1990, S2 bidang ilmu manajemen di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta tahun 1998, dan S3 bidang ilmu kedokteran dengan konsentrasi ergonomi tahun 2010. Saat ini tercatat sebagai dosen di Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Peringkat 90

Klasterisasi PTN/PTS Kemendikbud 2020



Klaster Penelitian :
UTAMA
Klaster Pengabdian :
SANGAT MEMUASKAN

Program Studi

Fakultas Teknologi Industri

Teknik Kimia
Teknik Industri
Teknik Mesin
Teknik Elektro
Informatika
Bisnis Digital

Fakultas Sains Terapan

Statistika
Rekayasa Sistem Komputer
Teknik Lingkungan

Fakultas Teknologi Mineral

Teknik Geologi

Kampus I

Jl. Kalisahak No.28 Kompleks Balapan, Yogyakarta
55222. Telp.0274-563029

Kampus II

Jl. I Dewa Nyoman Oka No.32, Yogyakarta. Telp.
0274-561338

Kampus III

Jl. Bimasakti No.3 Pengok, Yogyakarta. Telp.
0274-544504

ISSN 1979-8415



9 771979 841598