e-ISSN: 2338-6711
p-ISSN: 1979-3405

Jurnal Teknologi

Volume 13 Nomor 2 Desember 2020

- **EVALUASI DAN ANALISIS PENERAPAN LEAN MANUFACTURING TOOLS AND ACTIVITY DI PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)**
  Imam Sodikin, Joko Susetyo, Muhammad Khoirul Huda, Lucky Handayani
- **PERANCANGAN KEBUTUHAN LUAS GUDANG DAN PERBAIKAN TATA LETAK LANTAI PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE DEDICATED STORAGE DAN SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING)**
  Risma Adelina Simanjuntak, Zani Karim Kurnia
- **PENGARUH JENIS STARTER PADA MINUMAN PROBIOTIK SIRSAK GUNUNG (ANNONA MONTANA MACF.) TERHADAP KADAR ANTIOKSIDAN**
  Fitri Eka Lestari, Ambar Fidyasari, Yasmine Septia Hanafi, Edwin Permana
- IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM PERINGATAN KEAMANAN TOKO DARI PENCURIAN DAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN SMS GATEWAY BERBASIS ARDUINO
  Panggih Cahyo Prasetyo, Dwi Setyowati, Ignatius Suraya
- **PENGARUH SIFAT KIMIA TANAH DALAM REKAYASA VEGETASI UNTUK MENGURANGI RESIKO LONGSOR DI CENGKEHAN, IMOGIRI, KABUPATEN BANTUL**
  Muchlis, Arie Noor Rakhman, Fivry Wellda Maulana
- **PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK GULA DENGAN METODE STATISTICAL PROCESSING CONTROL (SPC) DAN FAILURE MODE AND EFECT ANALYSIS (FMEA)**
  Joko Susetyo, Muhammad Yusuf, Jezry Geriot
- **PENENTUAN TOKSISITAS LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) SEBELUM DAN SESUDAH DIFILTRASI MENGGUNAKAN PASIR SILIKA TERHADAP BIOINDIKATOR**
  Yuli Pratiwi, Sri Hastutiningrum, Wan Halida Novita
- **PENGARUH ELECTRONIC CONTROL UNIT RACING DAN JENIS BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR 1 SILINDER 4 LANGKAH**
  I Gusti Gde Badrawada, A. A. P. Susastriawan, Aryo Pambudi
- **EXPERIMENTAL DAN FINITE ELEMENT ANALYSIS QUASI-STATIC CRUSH TABUNG SILINDER ALUMINIUM 6063-T5**
  Hadi Saputra, Satriawan Dini Hariyanto, Achmad Rosydin
- **ALTERNATIF HAND SANITIZER DARI KOMBINASI EKSTRAK DAUN KETAPANG DAN DAUN KEPAYANG SEBAGAI ANTISEPTIK ALAMI**
  Ardi Afriyadi, Jihan Chairunnisya Puteri Subekti, Yoga Pratama, Edwin Permana
- **PENGGUNAAN ESP8266 DEVKIT DAN SENSOR MQ2 SEBAGAI SISTEM PERINGATAN DINI KEBOCORAN GAS BERBASIS IoT**
  Joko Setiawan Dwi Cahyo, Uminingsih, Ign Suraya
- **SEGMENTASI DESA BERDASARKAN INDIKATOR KESEHATAN MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING DAN SELF ORGANIZING MAPS BERBASIS WEB APPLICATION DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**
  Noeryanti, Noviana Pratiwi, Yaumi Itqi

Jurnal Teknologi | Volume 13 | Nomor 2 | Halaman 99 - 192 | Desember 2020

Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

sinta S5 Science and Technology Index

Jurnal Teknologi

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief
Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor
Dr. Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

Editor
Andrean Emaputra, S.T., M.Sc.
Beny Firman, S.T., M.Eng.
Ir. Muhammad Yusuf, M.T.
Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Reviewer
Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)
Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)
Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)
Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)
Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Universitas AKPRIND Indonesia)
Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)
Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)
Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)
Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)
Ir. Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc,.Ph.D (Universitas AKPRIND Indonesia)
Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Universitas AKPRIND Indonesia)
Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)
Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).
Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)
Prof. Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Universitas AKPRIND Indonesia)
Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)
Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng,. D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Focus and Scope

This journal is a scientific journal to develop knowledge in the field of Engineering & Technology. Editors invite professionals from education and researcher to write about the progress of science in the field of Engineering & Technology. The journal is published 2 (two) times in 1 year.

Topics of papers that can be published in the Journal of Technology (Jurtek) Faculty of Industrial Technology, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta are scientific topics that are in accordance with the fields of interest in the Faculty, namely: Chemical Engineering, Industrial Engineering, Mechanical Engineering, Electrical Engineering, informatics and Relevant Science and Technology

Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: jurtek@akprind.ac.id
https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek

Jurnal Teknologi

Volume 13 Nomor 2 Desember 2020

- EVALUASI DAN ANALISIS PENERAPAN LEAN MANUFACTURING TOOLS AND ACTIVITY DI PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)
  Imam Sodikin, Joko Susetyo, Muhammad Khoirul Huda, Lucky Handayani ……... 89-98

- PERANCANGAN KEBUTUHAN LUAS GUDANG DAN PERBAIKAN TATA LETAK LANTAI PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE DEDICATED STORAGE DAN SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING)
  Risma Adelina Simanjuntak, Zani Karim Kurnia …….. 99-105

- PENGARUH JENIS STARTER PADA MINUMAN PROBIOTIK SIRSAK GUNUNG (ANNONA MONTANA MACF.) TERHADAP KADAR ANTIOKSIDAN
  Fitri Eka Lestari, Ambar Fidyasari, Yasmine Septia Hanafi, Edwin Permana ……... 106-111

- IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM PERINGATAN KEAMANAN TOKO DARI PENCURIAN DAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN SMS GATEWAY BERBASIS ARDUINO
  Panggih Cahyo Prasetyo, Dwi Setyowati, Ignatius Suraya ……..……... 112-118

- PENGARUH SIFAT KIMIA TANAH DALAM REKAYASA VEGETASI UNTUK MENGURANGI RESIKO LONGSOR DI CENGKEHAN, IMOGIRI, KABUPATEN BANTUL
  Muchlis, Arie Noor Rakhman, Fivry Wellda Maulana ……... 119-126

- PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK GULA DENGAN METODE STATISTICAL PROCESSING CONTROL (SPC) DAN FAILURE MODE AND EFECT ANALYSIS (FMEA)
  Joko Susetyo, Muhammad Yusuf, Jezry Geriot ……..……..... 127-135

- PENENTUAN TOKSISITAS LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) SEBELUM DAN SESUDAH DIFILTRASI MENGGUNAKAN PASIR SILIKA TERHADAP BIOINDIKATOR
  Yuli Pratiwi, Sri Hastutiningrum, Wan Halida Novita ……... 136-143

- PENGARUH ELECTRONIC CONTROL UNIT RACING DAN JENIS BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR 1 SILINDER 4 LANGKAH
  I Gusti Gde Badrawada, A. A. P. Susastriawan, Aryo Pambudi …… 144-147

- EXPERIMENTAL DAN FINITE ELEMENT ANALYSIS QUASI-STATIC CRUSH TABUNG SILINDER ALUMINIUM 6063-T5
  Hadi Saputra, Satriawan Dini Hariyanto, Achmad Rosydin …….. 148-155

- ALTERNATIF HAND SANITIZER DARI KOMBINASI EKSTRAK DAUN KETAPANG DAN DAUN KEPAYANG SEBAGAI ANTISEPTIK ALAMI
  Ardi Afriyadi, Jihan Chairunnisya Puteri Subekti, Yoga Pratama, Edwin Permana …. 156-163

- PENGGUNAAN ESP8266 DEVKIT DAN SENSOR MQ2 SEBAGAI SISTEM PERINGATAN DINI KEBOCORAN GAS BERBASIS IoT
  Joko Setiawan Dwi Cahyo, Uminingsih, Ign Suraya ……..……... 164-173

- SEGMENTASI DESA BERDASARKAN INDIKATOR KESEHATAN MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING DAN SELF ORGANIZING MAPS BERBASIS WEB APPLICATION DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
  Noeryanti, Noviana Pratiwi, Yaumi Itqi …… 174-181

EVALUASI DAN ANALISIS PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING TOOLS AND ACTIVITY* DI PT DIRGANTARA INDONESIA (PERSERO)

Imam Sodikin[1], Joko Susetyo[2], Muhammad Khoirul Huda[3], Lucky Handayani[4]
[1,2,3]Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta
[4]Industrial Development Department, Manufacturing Engineering Division, PT Dirgantara Indonesia
E-mail: imam@akprind.ac.id

ABSTRACT

PT Dirgantara Indonesia (Persero) is an aerospace company in Indonesia located on Jalan Pajajaran No. 154 Bandung, West Java. The concept of lean manufacturing has been applied through a series of tools and activities called lean manufacturing tools and activity. One of the lean manufacturing tools and activities is Safety, Quality, Cost, Delivery and People (SQCDP). Based on the assessment conducted by the company with the Quality Checklist contained a series of quality factors that must be completed in the implementation of SQCDP, it shows that the implementation of SQCDP is not optimal because the quality factor target that is implemented is 80% of the overall quality factor that has not been achieved. The aim of this research is to evaluate the result of lean assessment of SQCDP implementation in each area at three divisions that implement SQCDP using Quality Cheklist Form designed by the company, then find the root causes of SQCDP implementation using Root Cause Analysis Method and then proposing improvements and priorities of root causes of the problem handling using the Failure Mode and Effect Analysis Method. The evaluation results show that most areas have not been optimal in implementing SQCDP with the achievement of quality factor values ranging from 0% to 76%. The root cause of the not optimal implementation of SQCDP is dominated by human factors and related functions. The handling priority of the root causes in DM, CA and FD division consecutively are production employees assume that SQCDP Meeting is not the main obligation, the function of Lean Leader substitute has not been described, and the lack of awareness and consistency of Lean Leaders to their function with the RPN values are 630, 729 and 210. Then the improvement solution suggested are adding SQCDP Meeting as one of written procedure standard in production, Lean Leader choose one of the member to be permanent Lean Leader substitute in order to do SQCDP Meeting and the last is do the self improvement training.

Keywords: *failure mode and effect analysis, implementation of SQCDP, lean manufacturing tools and activity, quality checklist form, root cause analysis.*

INTISARI

PT Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan perusahaan kedirgantaraan di Indonesia yang berlokasi di Jalan Pajajaran No. 154 Bandung, Jawa Barat. Konsep *lean manufacturing* telah diterapkan melalui serangkaian alat dan kegiatan yang disebut *lean manufacturing tools and activity*. Salah satu *lean manufacturing tools and activity* adalah *Safety, Quality, Cost, Delivery* dan *People* (SQCDP). Berdasarkan *assessment* yang dilakukan oleh perusahaan dengan *Quality Checklist Form* yang berisi serangkaian *quality factor* yang harus dijalankan dalam penerapan SQCDP, menunjukkan bahwa penerapan SQCDP belum optimal karena nilai target *quality factor* yang dijalankan sebesar 80% dari keseluruhan *quality factor* belum tercapai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil *lean assessment* SQCDP di setiap area pada tiga divisi yang menerapkan SQCDP dengan *Quality Cheklist Form* yang telah dirancang perusahaan, kemudian dicari akar penyebab belum optimalnya penerapan SQCDP dengan Metode *Root Cause Analysis* dan akan diberikan usulan perbaikan serta prioritas penanganan akar penyebab masalah menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*. Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data, hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar area belum optimal dalam menerapkan SQCDP dengan pencapaian nilai *quality factor* berkisar antara 0% hingga 76%. Akar penyebab belum optimalnya penerapan SQCDP didominasi oleh faktor manusia dan fungsi-fungsi terkait. Prioritas penanganan akar penyebab masalah di Divisi DM, CA dan FD secara berturut-turut adalah karyawan produksi menganggap SQCDP *Meeting* bukan tugas pokok, fungsi pengganti *Lean Leader* belum dideskripsikan serta kesadaran dan konsistensi *Lean Leader* terhadap fungsi masih kurang dengan nilai RPN sebesar 630, 729 dan 210. Kemudian, solusi perbaikan yang diberikan adalah menyertakan SQCDP *Meeting* sebagai salah satu standar prosedur tertulis pelaksanaan produksi, *Lean Leader* menunjuk salah satu anggota sebagai pengganti tetap untuk melaksanakan *SQCDP Meeting* serta pelatihan *self improvement*.

Kata Kunci: *failure mode and effect analysis, lean manufacturing tools and activity*, penerapan SQCDP, *quality checklist form, root cause analysis.*

PENDAHULUAN

PT Dirgantara Indonesia (Persero) yang juga dikenal sebagai PTDI adalah salah satu perusahaan kedirgantaraan di Indonesia dengan kompetensi inti dalam desain dan pengembangan pesawat terbang, pembuatan struktur pesawat terbang, produksi pesawat dan layanan pesawat udara baik untuk sipil maupun militer pesawat ringan dan menengah. Konsep *lean manufacturing* telah diterapkan di PTDI dalam proses produksi yang dilakukan. Konsep *lean manufacturing* di PTDI dikembangkan ke dalam beberapa *tools and activity* yang disebut *lean tools maturity*. *Lean tools maturity* menggambarkan beberapa *tools* dan aktivitas yang harus dilakukan dalam rangka menjamin berjalannya konsep *lean manufacturing* di lantai produksi.

Safety, Quality, Cost, Delivery and People (SQCDP) merupakan salah satu *tools* dalam *lean tools maturity* yang digunakan untuk menjamin konsep *lean manufacturing* tetap berjalan di perusahaan. Berdasarkan hasil *lean assessment* yang dilakukan perusahaan dengan SQCDP *Quality Checklist Form* di Bulan Oktober 2018, diketahui bahwa penerapan SQCDP belum berjalan optimal di setiap departemen. Hal tersebut dikarenakan target *quality factor* SQCDP yaitu minimal 80% *quality factor* di *Quality Checklist Form* sudah dijalankan di setiap divisi belum tercapai dan cenderung masih jauh dari nilai target. Menurut pimpinan Departemen *Industrial Development* yang melakukan aktivitas *lean assessment*, hasil tersebut sama dengan beberapa bulan sebelumnya. Oleh karena itu, perusahaan ingin mengetahui akar penyebab masalah mengapa SQCDP sebagai salah satu *lean manufacturing tools and activity* (*lean tools maturity*) belum dapat diterapkan secara optimal. Setelah akar penyebab masalah diketahui, diharapkan mampu memberikan usulan sebagai pertimbangan dalam pengambilan kebijakan peningkatan penerapan *lean manufacturing* di perusahaan, khususnya dari sisi SQCDP.

Salah satu cara terbaik untuk mengetahui akar penyebab masalah adalah dengan menggunakan Metode *Root Cause Analysis* (RCA). *Five Whys* dan *Fishbone Diagram* merupakan *tools* dari RCA yang akan digunakan pada penelitian ini karena dianggap paling relevan dengan kondisi objek yang akan diteliti. Setelah diketahui beberapa akar penyebab masalah, selanjutnya dapat dilakukan analisis dampak akar penyebab terhadap suatu masalah dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA akan menguraikan tingkat efek kegagalan, tingkat penyebab masalah dan sejauh mana kontrol yang sudah dilakukan perusahaan di setiap jenis kegagalan melalui peringkat yang sudah ditetapkan dan akan menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN dapat digunakan sebagai dasar pemberian usulan dan prioritas penanganan masalah sehingga permasalahan dapat segera diatasi.

Lean Manufacturing

Konsep *lean manufacturing* banyak diterapkan di perusahaan dalam rangka meningkatkan efisiensi, efektivitas dan produktivitas proses produksi. Konsep ini dikembangkan pertama kali oleh Toyota. Toyota berhasil mengimplementasikan konsep tersebut dengan baik yang kemudian diikuti oleh perusahaan-perusahaan lain. *Lean* didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistematik dan sistemik untuk mendefinisikan dan menghilangkan pemborosan (*waste*) atau aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non value-added activities*) melalui peningkatan terus-menerus radikal (*radical continuos improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, wark-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2006:2). Wilson (2010) dalam Jurnal Hidayat dkk. (2014:1033) menyatakan bahwa *lean manufacturing* merupakan suatu metode optimal untuk memproduksi barang melalui peniadaan pemborosan atau *waste*. Pemborosan dapat didefiniskan sebagai aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activities*) dalam suatu sistem.

Quality Audit

ISO 8402 mendefinisakan bahwa *quality audit* merupakan sebuah pemeriksaan yang sistematis dan *independent* untuk memastikan apakah aktivitas-akvifitas kualitas dan hasil-hasil terkait sesuai dengan ketetapan-ketetapan yang telah direncanakan dan apakah ketetapan-ketetapan ini telah diimplementasikan secara efektif dan sesuai untuk mencapai objektif (Stebbing, 1993:193). Audit dibagi ke dalam empat bentuk, masing-masing mempunyai cara pengaplikasian dan persyaratan-persyaratan yang berbeda, yaitu *financial audits, product audits process audits*

dan *system audits* (Arter, 1989:1-3). *Quality Audit* berkaitan dengan aktivitas *Lean Assesment* di PT Dirgantara Indonesia menggunakan *Quality Checklist Form* yang telah dirancang oleh perusahaan. *Quality Audit* tersebut digunakan untuk menilai kualitas penerapan konsep *lean* di perusahaan.

Lean Manufacturing Tools and Activity

1. *Lean Tools and Activity*

Lean Tools and Activity merupakan serangkaian alat dan aktivitas *lean* yang digunakan PT Dirgantara Indonesia untuk melaksanakan konsep *lean manufacturing* di perusahaan. Konsep *lean manufacturing* yang luas kemudian dibagi ke dalam serangkaian alat dan aktivitas yang masing-masing mempunyai fokus dan fungsi yang berbeda-beda.

Berikut penjelasan secara rinci dari *Safety, Quality, Cost, Delivery and People* (SQCDP) sebagai salah satu *lean tools and activity* (Anonim, 2018:7-10):

a. Konsep SQCDP
   SQCDP adalah metodologi yang dikembangkan untuk mengukur kinerja tim harian dan penyimpangan tujuan dalam keselamatan *(safefy)*, kualitas *(quality)*, biaya *(cost)*, pengiriman *(delivery)* dan orang *(people)* dengan parameter FOD *(Foreign Object Damage)* di beberapa area tertentu.
b. Standar Operasi
   1) Struktur Rapat SQCDP
      a) SQCDP *meeting* level 1 terdiri dari 1 pemimpin tim sebagai pemimpin lean dan sekitar 10 mekanik.
      b) SQCDP *meeting* level 2 disusun oleh pengawas produksi sebagai *Lean Leader* level 2, pemimpin level 1 *lean* di area terkait dan perwakilan fungsi dukungan (setiap orang harus memiliki satu level yang didukung dan tidak boleh dibagi antar tim).
      c) SQCDP *meeting* level 3 disusun oleh manajer produksi sebagai pemimpin tingkat 3, pemimpin level 2 *lean* di area terkait dan *supervisor* atau perwakilan dari fungsi pendukung (setiap orang harus memiliki satu level yang didukung dan tidak boleh dibagi antara tim).
      d) SQCDP tingkat pertemuan 4 terdiri dari *Vice President* (VP) divisi produksi di area terkait sebagai pemimpin tingkat 4, pemimpin level 3 di area terkait dan manajer atau perwakilan dari fungsi pendukung (setiap orang harus memiliki satu level yang didukung dan tidak boleh dibagi antar tim).
      e) Pertemuan SQCDP 5 disusun oleh Direktur Produksi sebagai pemimpin ramping level 5, semua VP di Direktorat Produksi dan manajer fungsi dukungan.
   2) Struktur Panel SQCDP
      Struktur *Panel* bertujuan untuk manajemen visual agar proses SQCDP di lantai produksi dapat dipantau langsung oleh *stakeholders*. *Panel* akan dipasang di setiap area dan semua divisi di lantai produksi.
   3) Pemeliharaan Panel SQCDP
      a) *Lean Leader* area SQCDP bertanggung jawab untuk memperbarui *Panel* dengan benar dan dengan formulir SQCDP yang cukup untuk kegiatan SQCDP.
      b) Tujuannya ditentukan dari yang ditetapkan oleh Komite Pengarah dan harus selaras dengan tujuan KPI.
      c) Pemimpin area SQCDP harus menginvestasikan waktu yang diperlukan untuk berkomunikasi secara berkala perubahan atau hal-hal yang menarik yang dapat mempengaruhi tim levelnya.
   4) Proses Rapat SQCDP
      a) Pertemuan diadakan di setiap level selama 15 menit. Setiap tingkat melakukan pertemuan pada waktu yang sama setiap hari kerja, yaitu level 1: 07.45 - 08.00, level 2: 08.00 - 08.15, level 3: 08.15 - 08.30, level 4: 13.15 - 13.30 dan level 5: 13.45 - 14.00 (seminggu sekali).
      b) Pemimpin *lean* SQCDP mengatur semua pencapaian dan masalah dari hari sebelumnya ke formulir yang disediakan, kemudian membandingkannya dengan tujuannya.
      c) Jika ada penyimpangan, pemimpin tim *lean* menulisnya di lembar rencana aksi, dan kemudian memberikannya kepada fungsi pendukung yang relevan dan menindaklanjuti kemajuannya pada pertemuan berikutnya. Jika masalah terjadi sebagai akibat dari penyimpangan tidak dapat dipecahkan dalam tingkat itu, kemudian naikkan ke tingkat yang lebih tinggi.

d) Khususnya dalam pertemuan SQCDP level 1, *Lean Leader* mendistribusikan tugas pekerjaan kepada anggotanya untuk bekerja pada hari itu.
e) *Lean Leader* memastikan bahwa semua anggota SQCDP di area terkait menghadiri pertemuan SQCDP.
f) *Lean Leader* untuk memastikan bahwa masalah yang diidentifikasi harus ditangani dan diselesaikan segera sesuai dengan tingkat otoritas dan tanggung jawab.

2. *Lean Assessment*

Lean Assessment dapat dikatakan sebagai proses *quality audit* penerapan *lean manufacturing* di PT Dirgantara Indonesia dan termasuk ke dalam *process audits*. *Quality Checklist Form* merupakan alat untuk mengecek setiap *point* yang harus dipenuhi agar menjamin *tools* dan aktivitas *lean* berjalan dengan benar. *Quality Checklist Form* berbeda di setiap *tool* dan aktivitas *lean*. *Quality Checklist Form* berupa serangkaian pertanyaan yang harus dijawab oleh *assessor* saat melakukan *assessment* sehingga dapat diketahui kinerja *lean* di setiap divisi berdasarkan masing-masing *tool* dan aktivitasnya. *Quality Checklist Form* memiliki dua opsi dalam melakukan *checklist*, yaitu jawaban "*Yes*" untuk *quality factor* yang sudah berjalan dan jawaban "*No*" untuk *quality factor* yang belum berjalan. Kemudian, akan dilakukan perekapan data dengan menjumlahkan jumlah jawaban *"Yes*" dan "*No*". Hasil ini yang akan dijadikan tolok ukur pencapaian kinerja penerapan *lean manufacturing tools and activity* (termasuk SQCDP). Perhitungan persentase jumlah jawaban juga perlu dilakukan agar dapat dibandingkan dengan target pencapaian *quality factor* yang telah ditetapkan oleh perusahaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Jumlah Yes} = \frac{Sum\ of\ Y}{\text{Jumlah } quality\ factor} \times 100\% \text{.....(1)}$$

$$\% \text{ Jumlah No} = \frac{Sum\ of\ N}{\text{Jumlah } quality\ factor} \times 100\% \text{ ... .(2)}$$

Metode *Root Cause Analysis*

Root Cause Analysis (RCA) adalah suatu metode pemecahan masalah yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah (Trisnal dkk., 2013:11). Metode RCA memiliki beberapa alat yang digunakan untuk mencari akar penyebab dari suatu masalah. *Five Whys* dan *Fishbone Diagram* merupakan dua alat yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut penjelasan dari kedua alat tersebut:

1. *Five Whys* (5 *Whys*)

Salah satu *tools* yang digunakan dalam *root cause analysis* adalah *five whys* (5 *whys*). Metode ini berguna untuk menyelidiki kualitas dan masalah lain dalam pengendalian dan peningkatan proses. Dasar pemikiran yang mendasari hal ini adalah bahwa penyebab masalah yang sebenarnya jarang terlihat pada pengamatan pertama. Teknik 5 *Whys* adalah untuk melanjutkan penyelidikan setidaknya ke tingkat meminta minimal lima kali pertanyaan mengapa (Wadsworth dkk., 2002:341). Gasperzs (2006:126) menyatakan bahwa bertanya mengapa beberapa kali akan mengarahkan pada akar penyebab masalah, sehingga tindakan yang sesuai dengan akar penyebab masalah yang ditemukan, akan menghilangkan masalah.

2. *Fishbone Diagram*

Diagram sebab-akibat adalah suatu diagram yang menunjukkan hubungan antara sebab akibat. Diagram sebab-akibat sering juga disebut diagram "tulang ikan" (*fishbone diagram*) karena bentuknya seperti kerangka ikan atau disebut juga diagram Ishikawa (*Ishikawa's diagram*) karena pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo pada tahun 1943 (Gasperzs, 2006:128). Tague (2015) dalam Jurnal Siswanto dkk. (2018:6537) menyatakan bahwa *Fishbone Diagram* digunakan ketika ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah tim cenderung berpikir pada rutinitas.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis*

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* digunakan untuk mencari akar penyebab masalah yang menjadi prioritas untuk diberikan usulan perbaikan dari beberapa akar penyebab masalah yang ada. Suci dkk. (2017:29) menyatakan bahwa FMEA atau PFMEA merupakan salah satu metode yang sistematis untuk menganalisa kegagalan dan mengidentifikasi serta menganalisis sumber-sumber dan akar penyebab permasalahan mengenai cacat pada tiap-tiap proses produksi. FMEA adalah suatu metode sistematis untuk mengidentifikasi moda kegagalan komponen, produk, proses atau sistem dan dampaknya dalam memenuhi keinginan dan spesifikasi konsumen (Setiawan, 2014:33). Pada penentuan prioritas saran perbaikan dengan PFMEA dilakukan dengan cara menentukan nilai (Suci dkk., 2017:29):

1. *Severity (S)*, yaitu penilaian keseriusan efek bentuk kegagalan potensial pada komponen selanjutnya, subsistem, atau sistem jika harus terjadi.
2. *Occurance (O)*, yaitu perkiraan kemungkinan sebuah penyebab khusus akan terjadi.
3. *Detection (D)*, yaitu penilaian kemampuan desain pengendalian yang ada untuk mendeteksi bentuk kegagalan berikutnya.

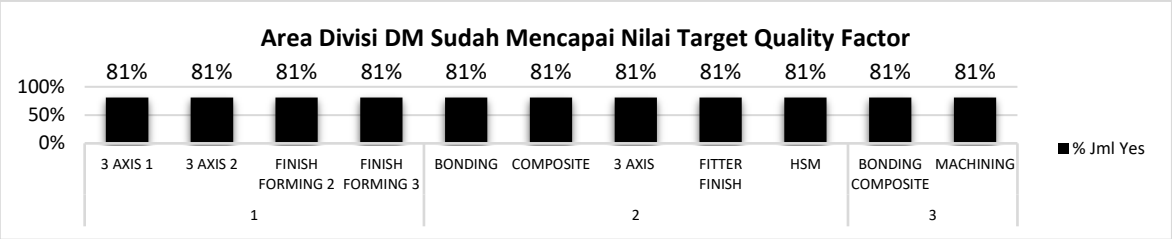
Kemudian, untuk menentukan permasalahan yang prioritas dilakukan *improvement* adalah dengan menghitung nilai RPN *(Risk Priority Number)* yaitu (Suci *et al,* 2017:29):

$$RPN = S \times O \times D \text{.....(3)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

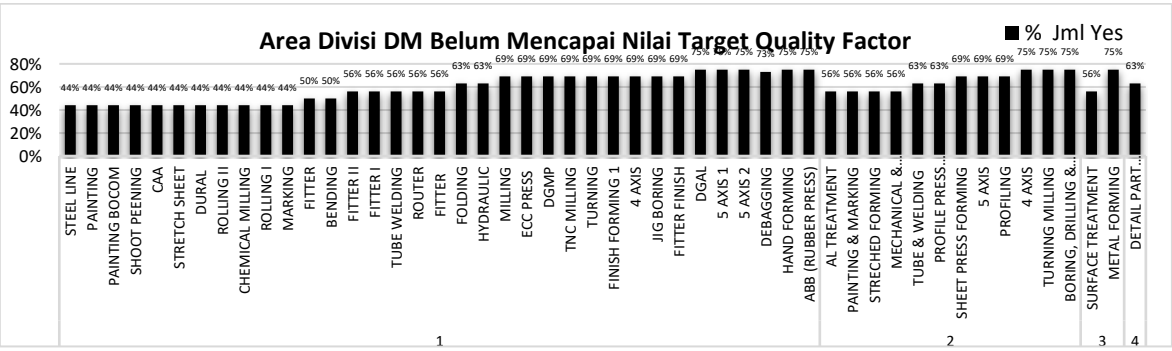
A. Evaluasi Pencapaian Nilai Quality Factor di Setiap Area

Evaluasi pencapaian nilai *quality factor* dilakukan dengan menghitung % Jumlah Yes dan % Jumlah No menggunakan persamaan (1) dan (2) berdasarkan data hasil *Lean Asessment* Bulan Oktober 2018. Kemudian, hasil pencapaian setiap divisi akan ditampilkan pada Gambar 1 hingga 5.



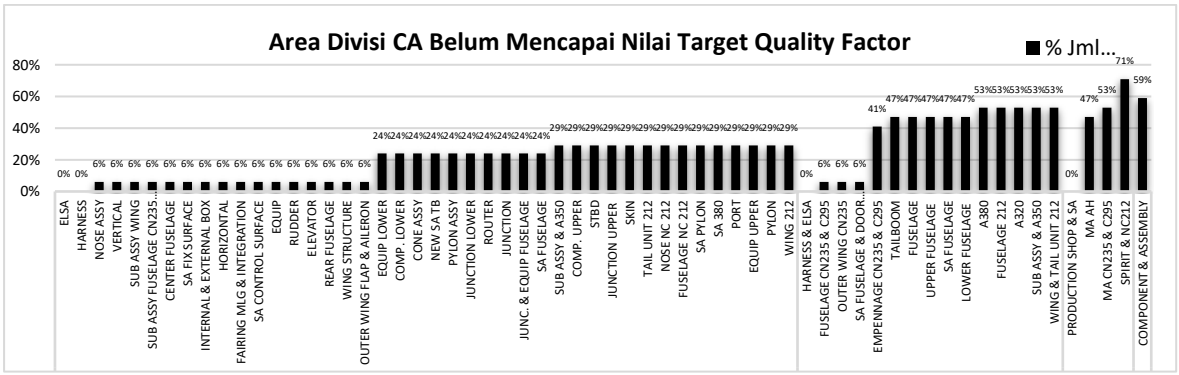
Gambar 1. Area Divisi DM Sudah Mencapai Nilai Target *Quality Factor*

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pencapaian nilai target *quality factor* telah tercapai di Divisi DM sebanyak sebelas area. Sebelas area tersebut terdiri dari 4 area dari Level 1, 5 area dari Level 2 dan 2 area dari Level 3. Seluruh area telah mencapai nilai target *quality factor* dengan nilai yang sama yaitu 81%. Nilai tersebut sudah dapat dikatakan optimal karena melebihi nilai target yaitu 80% *quality factor* terpenuhi, namun masih dapat ditingkatkan hingga seluruh nilai *quality factor* terpenuhi jika dilakukan perbaikan. Jumlah area yang sudah mencapai target ini masih tergolong kecil jika dibandingkan dengan total keseluruhan area di Divisi *Detail Part Manufacturing*, yaitu 61 area.



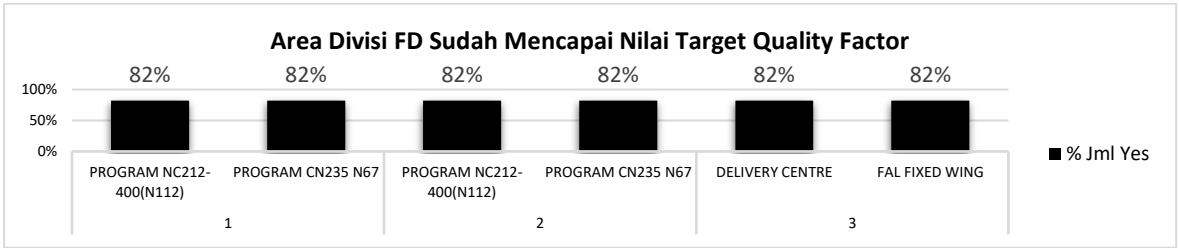
Gambar 2. Grafik Area Divisi DM Belum Mencapai Nilai Target *Quality Factor*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pencapaian nilai target *quality factor* belum tercapai di Divisi DM sebanyak lima puluh area. Lima puluh area tersebut terdiri dari 35 area dari Level 1, 12 area dari Level 2, 2 area dari Level 3 dan 1 area dari Level 4. Pencapaian nilai target *quality factor* di angka 44% hingga 75%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa penerapan SQCDP di area-area tersebut belum optimal karena kurang dari nilai target yaitu 80% *quality factor* terpenuhi.



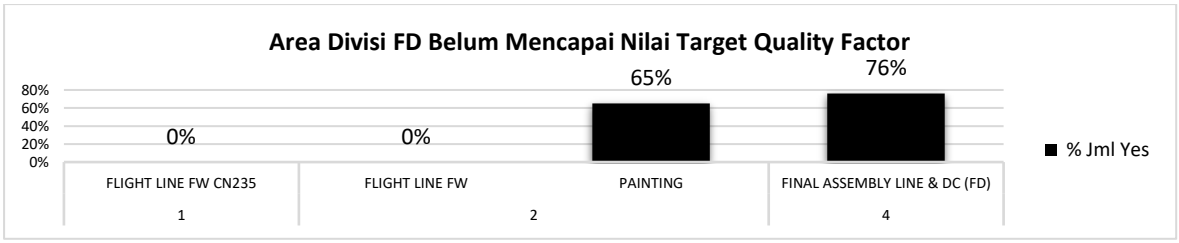
Gambar 3. Grafik Area Divisi CA Belum Mencapai Nilai Target *Quality Factor*

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa Divisi *Componenet of Assembly* menjadi divisi dengan penerapan SQCDP paling buruk diantara divisi lain. Area di Divisi *Component of Assembly* (CA) tidak ada satu pun nilai *quality factor* yang mencapai nilai target yang telah ditetapkan perusahaan. Nilai pencapaian *quality factor* berkisar antara 0% hingga 71% dari total 62 area yang ada yang terdiri dari 42 area dari Level 1, 15 area dari Level 2, 4 area dari Level 3 dan 1 area dari Level 4.



Gambar 4. Grafik Area Divisi FD Sudah Mencapai Nilai Target *Quality Factor*

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pencapaian nilai target *quality factor* telah tercapai di Divisi FD sebanyak enam area. enam area tersebut terdiri dari 2 area dari Level 1, 2 area dari Level 2 dan 2 area dari Level 3. Seluruh area telah mencapai nilai target *quality factor* dengan nilai yang sama yaitu 82%. Nilai tersebut sudah dapat dikatakan optimal karena melebihi nilai target yaitu 80% *quality factor* terpenuhi, namun masih dapat ditingkatkan hingga seluruh nilai *quality factor* terpenuhi jika dilakukan perbaikan.



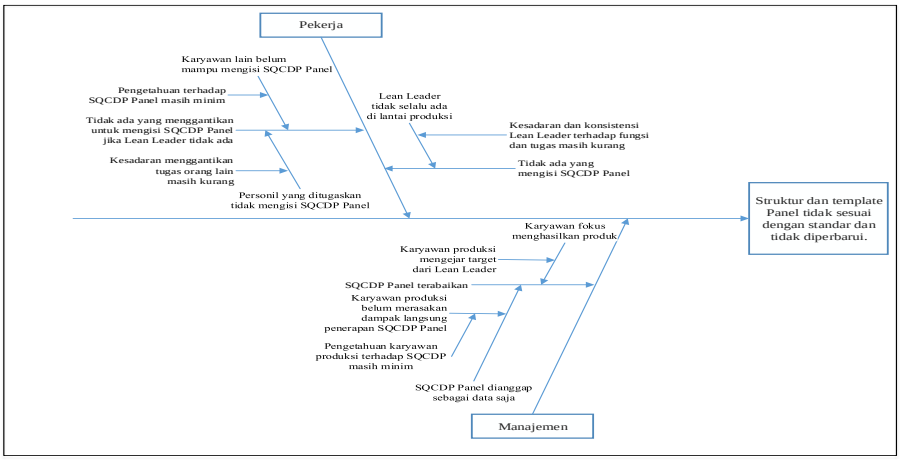
Gambar 5. Grafik Area Divisi FD Belum Mencapai Nilai Target *Quality Factor*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa pencapaian nilai target *quality factor* belum tercapai di Divisi FD sebanyak empat area. Empat area tersebut terdiri dari 1 area dari Level 1, 2 area dari Level 2, 1 area dari Level 4. Pencapaian nilai target *quality factor* di angka 0% hingga 76%. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa penerapan SQCDP di area-area tersebut belum optimal karena kurang dari nilai target yaitu 80% *quality factor* terpenuhi.

B. Analisis Akar Penyebab Masalah Penerapan SQCDP

Interview akar penyebab masalah dengan *Five Whys* dilakukan kepada *Lean Leader* dan *Lean Change Agent*. *Lean Leader* dan *Lean*

Change Agent dipilih dari beberapa area di setiap level pada masing-masing divisi (tidak semua area) dengan mempertimbangkan pencapaian *quality factor* pada Hasil *lean assessment* Bulan Oktober 2018 (area yang belum mencapai target *quality factor* [<80%] dan terutama dari area dengan Persentase Jumlan No tertinggi), tingkat kompetensi *Lean Leader* dan *Lean Change Agent* serta kesediaan masing-masing individu untuk menjadi *informant* dalam *interview*. Setelah dilakukan analisis dengan *Five Whys*, langkah selanjutnya adalah menggambarkan *Fishbone Diagram* agar dapat diketahui elemen-elemen sistem yang berperan dalam akar penyebab masalah sehingga dapat dilakukan perbaikan secara tepat dan akar penyebab masalah dapat dilihat secara jelas serta sistematis sesuai elemen sistem. *Fishbone Diagram* disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Fishbone Diagram* Permasalahan 1 Divisi DM

Analisis *Five Whys* dan *Fishbone Diagram* dilakukan pada permasalahan di setiap divisi, sehingga didapatkan hasil bahwa akar penyebab belum optimalnya penerapan SQCDP di Divisi *Detail Part Manufacturing* disebabkan oleh kesadaran dan konsistensi *Lean Leader* terhadap fungsi dan tugas masih kurang, pengetahuan karyawan produksi terhadap SQCDP masih minim, karyawan produksi mengejar target dari *Leader,* kesadaran karyawan menggantikan tugas orang lain masih kurang, karyawan produksi menganggap *SQCDP* bukan tugas pokok, keterbatasan jumlah *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama dan *Lean Change Agent* terbentur dengan pekerjaan lain selain mengecek SQCDP. Sedangkan, akar penyebab masalah di Divisi *Component of Assembly* adalah *Support Function* tidak selalu ada di lantai produksi, *Lean Leader* sudah pensiun, fungsi pengganti *Lean Leader* belum dideskripsikan dengan jelas, karyawan senior menganggap bukan tugas pokok mereka untuk mengisi SQCDP *Panel*, pengetahuan karyawan terhadap SQCDP masih minim, karyawan produksi cenderung menyukai pekerjaan untuk menghasilkan produk, karyawan produksi harus membuat banyak *report* mengenai produk, pekerjaan karyawan produksi dikejar target oleh *Leader*, *Form* SQCDP masih manual, kesadaran untuk menggantikan *Lean Leader* masih kurang, keterbatasan jumlah *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama dan *Lean Change Agent* terbentur dengan pekerjaan lain selain mengecek SQCDP. Kemudian, akar penyebab masalah di Divisi *Final Assembly Line and Delivery Center* adalah *Support Function* tidak selalu ada di lantai produksi, *Support Function* masih beradaptasi karena baru reorganisasi, kesadaran dan konsistensi *Lean Leader* terhadap fungsi dan tugas masih kurang, *Lean Leader* sudah pensiun, pengetahuan karyawan produksi terhadap SQCDP masih minim, keterbatasan jumlah *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama dan *Lean Change Agent* terbentur dengan pekerjaan lain selain mengecek SQCDP.

C. Analisis Prioritas Penanganan Akar Penyebab Masalah

Analisis prioritas penanganan akar penyebab masalah dilakukan dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*, yaitu pertama melakukan *interview* kepada *Lean Change Agent* di setiap divisi mengenai nilai *severity, occurance* dan *detection* dari masing-masing akar penyebab masalah. Kemudian, melakukan perhitungan RPN sesuai

persamaan (3). Setelah itu, mengurutkan skor RPN dari yang terbesar hingga terkecil. Akar penyebab masalah dengan skor RPN terbesar adalah prioritas masalah yang harus segera diselesaikan. Prioritas penanganan masalah di setiap divisi sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Prioritas Penanganan Akar Penyebab Masalah Berdasarkan Nilai RPN di Setiap Divisi

No.	Jenis Kegagalan Proses	Penyebab Kegagalan Proses	RPN
Divisi *Detail Part Manufacturing*			
1	Fungsi-fungsi terkait susah dikumpulkan saat SQCDP *Meeting*	Karyawan produksi menganggap bukan tugas pokoknya	630
2	SQCDP *Panel* terabaikan	Karyawan produksi mengejar target dari leader	490
3	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi SQCDP *Panel* jika leader tidak ada	Kesadaran karyawan untuk menggantikan tugas orang lain masih kurang	280
4	Tidak ada yang menggantikan leader untuk memimpin rapat saat leader tidak ada	Kesadaran karyawan untuk menggantikan tugas orang lain masih kurang	280
5	Pengecekan SQCDP *Panel* tidak dapat dilakukan setiap hari	Terbentur dengan pekerjaan lain selain SQCDP	240
6	Fungsi-fungsi terkait susah dikumpulkan saat SQCDP *Meeting*	Pengetahuan karyawan produksi SQCDP masih minim	224
7	*Lean Change Agent* tidak dapat mendampingi semua *Meeting* di setiap level	Keterbatasan *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama	210
8	SQCDP *Panel* terabaikan	Pengetahuan karyawan produksi terhadap SQCDP masih minim	196
9	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi SQCDP *Panel* jika leader tidak ada	Pengetahuan karyawan produksi terhadap SQCDP *Panel* masih minim	196
10	Tidak ada yang mengisi SQCDP *Panel*	Kesadaran dan konsistensi leader terhadap fungsi dan tugas masih kurang	126
Divisi *Component of Assembly*			
1	Tidak ada yang menggantikan untuk menjadi *Lean Leader* jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Fungsi pengganti *Lean Leader* belum dideskripsikan dengan jelas saat *Lean Leader* tidak ada	729
2	Tidak ada yang menggantikan untuk menjadi *Lean Leader* jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Kesadaran untuk menggantikan posisi *Lean Leader* masih kurang	648
3	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi SQCDP *Panel* jika *Lean Leader* tidak ada	karyawan senior yang lain (bukan *Lean Leader*) menganggap bukan tugas pokok mereka untuk mengisi SQCDP *Panel*	630
4	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi SQCDP *Panel* jika *Lean Leader* tidak ada	Fungsi pengganti *Lean Leader* belum dideskripsikan dengan jelas saat *Lean Leader* tidak ada	567
5	SQCDP *Panel* terabaikan	Pekerjaan untuk menghasilkan produk dikejar target dari *Lean Leader*	490
6	Beberapa data SQCDP *Panel* tidak bisa dideskripsikan karena berhubungan dengan fungsi lain selain produksi	*Support Function* tidak selalu ada di lantai produksi	392
7	Karyawan produksi malas untuk mengerjakan pekerjaan tulis-menulis (SQCDP *Panel*)	Karyawan produksi cenderung menyukai pekerjaan untuk menghasilkan produk	350
8	Karyawan produksi menganggap mengisi form SQCDP *Panel* menghabiskan waktu	Form masih manual	350
9	Pengecekan SQCDP *Panel* tidak dapat dilakukan setiap hari	Terbentur dengan pekerjaan lain selain SQCDP	180
10	Tidak ada yang menggantikan untuk menjadi *Lean Leader* jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Pengetahuan terhadap SQCDP *Meeting* masih minim	180
11	Fungsi *Lean Leader* kosong saat SQCDP *Meeting*	*Lean Leader* sudah pensiun	180
12	*Lean Change Agent* tidak dapat mendampingi semua *Meeting* di setiap level	Keterbatasan *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama	175
13	Tidak ada yang mengisi SQCDP *Panel*	*Lean Leader* sudah pensiun	140
14	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Pengetahuan terhadap SQCDP *Panel* masih minim	140
15	SQCDP *Panel* terabaikan	Pengetahuan karyawan produksi terhadap SQCDP *Panel* masih minim	140

No.	Jenis Kegagalan Proses	Penyebab Kegagalan Proses	RPN
16	SQCDP *Panel* terabaikan	Karyawan produksi harus membuat banyak report mengenai produk	70
Divisi *Final Assembly Line and Delivery Center*			
1	Tidak ada yang mengisi SQCDP *Panel*	Kesadaran dan konsistensi *Lean Leader* terhadap fungsi dan tugas masih kurang	210
2	*Lean Change Agent* tidak dapat mendampingi semua *Meeting* di setiap level	Keterbatasan *Lean Change Agent* untuk mendampingi *Meeting* di setiap level di waktu yang sama	150
3	Beberapa data SQCDP *Panel* tidak bisa dideskripsikan karena berhubungan dengan fungsi lain selain produksi	*Support Function* tidak selalu ada di lantai produksi	147
4	Beberapa data SQCDP *Panel* tidak bisa dideskripsikan karena berhubungan dengan fungsi lain selain produksi	*Support Function* masih beradaptasi karena baru reorganisasi	140
5	Pengisian *Panel* SQCDP masih salah	Pengetahuan Karyawan Produksi terhadap SQCDP masih minim	105
6	Tidak ada yang menggantikan untuk mengisi jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Pengetahuan karyawan lain terhadap SQCDP masih minim	105
7	Pengecekan SQCDP *Panel* tidak dapat dilakukan setiap hari	Terbentur dengan pekerjaan lain selain SQCDP	100
8	*Meeting* tidak sesuai dengan waktu yang telah ditentukan	Pengetahuan karyawan terhadap SQCDP masih minim	90
9	Tidak ada yang mengisi SQCDP *Panel*	*Lean Leader* baru saja pensiun	63
10	Fungsi *Lean Leader* kosong saat SQCDP *Meeting*	*Lean Leader* sudah pensiun	54

D. Usulan Perbaikan Akar Penyebab Masalah

Usulan perbaikan akar penyebab masalah dilakukan dengan mempertimbangkan akar penyebab masalah, jenis kegagalan, gejala-gejala yang ditimbulkan sebelum akar penyebab masalah, ketentuan-ketentuan penerapan SQCDP yang berlaku, kontrol yang telah dilakukan perusahaan dan konsep *lean manufacturing*. Usulan perbaikan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Usulan Perbaikan Prioritas Akar Penyebab Masalah Penerapan SQCDP di Setiap Divisi

No.	Divisi	Jenis Kegagalan Proses	Penyebab Kegagalan Proses	Usulan Perbaikan
1	*Detail Part Manufacturing*	Fungsi-fungsi terkait susah dikumpulkan saat SQCDP *Meeting*	Karyawan produksi menganggap bukan tugas pokoknya	Menyertakan SQCDP *Meeting* sebagai salah satu standar prosedur tertulis pelaksanaan produksi di lantai produksi yang harus dijalankan karyawan sehingga SQCDP *Meeting* menjadi tugas pokok yang harus dijalankan disamping menghasilkan produk dan dapat diberikan sanksi atau peringatan jika SQCDP *Meeting* tidak dijalankan
2	*Component of Assembly*	Tidak ada yang menggantikan untuk menjadi *Lean Leader* jika *Lean Leader* tidak ada saat SQCDP *Meeting*	Fungsi pengganti *Lean Leader* belum dideskripsikan dengan jelas saat *Lean Leader* tidak ada	*Lean Leader* menunjuk salah satu anggota sebagai pengganti tetap atau khusus yang akan selalu menggantikan untuk melaksanakan *Meeting* jika *Lean Leader* tidak ada, sehingga *Lean Leader* secara tidak langsung sudah menunjuk anggotanya tanpa harus menunjuk kembali jika tidak ada di lantai produksi dan hal yang sama seharusnya dilakukan oleh pengganti *Lean Leader* dengan menunjuk anggota lain jika suatu saat pengganti juga tidak ada dan seterusnya
3	*Final Assembly Line and Delivery Center*	Tidak ada yang mengisi SQCDP *Panel*	Kesadaran dan konsistensi *Lean Leader* terhadap fungsi dan tugas masih kurang	Menumbuhkan sikap tanggung jawab, kesadaran dan konsistensi untuk mengisi SQCDP *Panel* melalui pelatihan *self improvement* dan memasukkan pengisian SQCDP *Panel* ke dalam standar prosedur tertulis agar dapat diberikan peringatan jika SQCDP *Panel* tidak diisi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan bahwa penerapan SQCDP di tiga divisi, Divisi *Detail Part Manufacturing* (DM) menunjukkan sebelas area sudah optimal dengan nilai *quality factor* seluruh area sebesar 81% dan lima puluh area belum optimal dengan nilai *quality factor* berkisar antara 44% hingga 75%, Divisi *Component of Assembly* (CA) menunjukkan seluruh area (62 area) belum optimal dengan nilai *quality factor* berkisar antara 0% hingga 71% serta Divisi *Final Assembly Line and Delivery Center* (FD) menunjukkan enam area sudah optimal dengan nilai *quality factor* seluruh area sebesar 82% dan empat area masih belum optimal dengan nilai *quality factor* berkisar antara 0% hingga 76%. Akar penyebab belum optimalnya penerapan SQCDP didominasi oleh faktor manusia dan fungsi-fungsi terkait. Kemudian, usulan perbaikan yang diberikan untuk prioritas akar penyebab masalah adalah menyertakan SQCDP *Meeting* sebagai salah satu standar prosedur tertulis pelaksanaan produksi, *Lean Leader* menunjuk salah satu anggota sebagai pengganti tetap atau khusus yang akan selalu menggantikan untuk melaksanakan *SQCDP Meeting* jika *Lean Leader* tidak ada dan hal yang sama dilakukan oleh pengganti *Lean Leader* serta pelatihan *self improvement*.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2018, Manufacturing Engineering Division*. DIPS SQCDP Panels & Meeting*. Bandung: PT Dirgantara Indonesia.

Arter, D. R., 1989, *Quality Audits for Improved Performance,* ASQC Quality Press, Milwaukee.

Gaspersz, V., 2006, *Continuous Cost Reduction Through Lean-Sigma Approach: Strategi Dramatik Reduksi Biaya dan Pemborosan Menggunakan Pendekatan Lean-Sigma,* Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hidayat, R. dkk., 2014, 'Penerapan Lean Manufacturing dengan Metode VSM dan FMEA untuk Mengurangi Waste pada Produk Plywood (Studi Kasus DePT Produksi PT Kutai Timber Indonesia)', *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri,* Volume 2, Nomor 5, hlm 1032-1043.

Setiawan, I., 2014, 'FMEA sebagai Alat Analisa Resiko Moda Kegagalan pada *Magnetic Force Welding Machine* ME-27.1', *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir,* Volume 7, Nomor 13, hlm 31-41.

Siswanto, N. A. dkk., 2018, 'Evaluasi Proses Bisnis Menggunakan Metode Quality Evaluation Framework (QEF) (Studi Kasus Bidang Akreditasi dan Aim Pusat Jaminan Mutu Universitas Brawijaya)', *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, Nomor 12, hlm 6535-6541.

Stebbing, L, 1993, *Quality Assurance: The Route to Efficiency and Competitiveness,* Ellis Horwood Limited, Chichester.

Suci, Y. F. dkk., 2017, Penggunaan Metode *Seven New Quality Tools* dan Metode DMAIC *Six Sigma* Pada Penerapan Pengendalian Kualitas Produk (Studi Kasus: Roti Durian Panglima Produksi PT Panglima Roqiiqu Group Samarinda), *Jurnal EKSPONENSIAL, Volume* 8, *Nomor* 1, hlm 27-36

Trisnal dkk., 2013, 'Analisis Implementasi Lean Manufacturing dengan Lean Assessment dan Root Cause Analysis pada PT XYZ', *e-Jurnal Teknik Industri FT USU*, Volume 3, Nomor 3, hlm 8-14.

Wadsworth, H. M. dkk., 2002, *Modern Control for Quality Control and Improvement (Second Edition)*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

PERANCANGAN KEBUTUHAN LUAS GUDANG DAN PERBAIKAN TATA LETAK LANTAI PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE DEDICATED STORAGE DAN SLP (SYSTEMATIC LAYOUT PLANNING)

Risma A. Simanjuntak[1], Zani Karim Kurnia[2]
[12]Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: risma@akprind.ac.id[1], zanikarim@gmail.com[2]

ABSTRACT

The development of science and technology has a great influence on every activity carried out in the industrial world. Along with the opening of the MEA led to increasingly fierce competition to maintain the continuity of the company. In the development of small and medium industries, research is also needed to improve company performance to become more effective and efficient. Increasing customer demand forces companies to be able to meet demand on time. Good layout is needed so that the flow of available material becomes more efficient.
The metal casting production process of CV Mega Jaya Metal is still largely using human labor with less than optimal arrangement. This results in less efficient product completion. Increased incoming demand causes the transfer of land functions into storage so that the storage area of finished products spreads and does not become one. This spread resulted in the layout of the production floor being less than optimal and the need for improvement. The approach used to solve existing problems is by the method of dedicated storage and SLP (Systematic Layout Planing).
The results of calculations using dedicated storage, obtained a minimum area of product storage warehouse area of 208 m^2 for all products produced, so that it can accommodate all products produced. The SLP calculation carried out results in material handling savings of up to 68% for grill products and 50.7% for lamppost products. This causes a shorter material handling flow, so the production process is smoother, and minimizes the buildup of finished goods.
Keyword*: Dedicated storage, SLP, Material Handling*

INTISARI

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berpengaruh besar tehadap setiap kegiatan yang dilakukan di dunia industri. Seiring dengan dibukanya MEA menyebabkan terjadinya persaingan yang semakin ketat untuk mempertahankan kelangsungan perusahaan. Pada perkembangan industri kecil menengah diperlukan juga riset untuk meningkatkan kinerja perusahaan supaya menjadi lebih efektif dan efisien. Permintaan pelanggan yang semakin meningkat memaksa perusahaan untuk dapat memenuhi permintaan tepat waktu. Perlu adanya tata letak yang baik sehingga aliran material yang ada menjadi lebih efisien.
Proses produksi pengecoran logam CV Mega Jaya Logam sebagian besar masih menggunakan tenaga manusia dengan penataan yang kurang maksimal. Hal tersebut menyebabkan penyelesaian produk kurang efisien. Peningkatan permintaan yang masuk menyebabkan adanya pengalihan fungsi lahan menjadi penyimpanan sehingga area penyimpanan produk jadi menyebar dan tidak menjadi satu. Penyebaran ini mengakhibatkan tata letak lantai produksi menjadi kurang maksimal dan perlu adanya perbaikan. Pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada adalah dengan metode dedicated storage dan SLP (Systematic Layout Planing).
Hasil dari peritungan menggunakan dedicated storage diperoleh luas lahan gudang penyimpanan produk minimal yaitu seluas 208 m^2 untuk semua produk yang diproduksi, sehingga dapat menampung semua produk yang diproduksi. Perhitungan SLP yang dilakukan memberikan hasil penghematan material handling hingga 68% untuk produk grill dan 50,7% untuk produk tiang lampu. Hal tersebut menyebabkan aliran material handling lebih singkat, sehingga proses produksi lebih lancar, dan meminimalkan penumpukan barang jadi.
Kata Kunci: Dedicated storage, SLP, Material Handling

PENDAHULUAN

CV Mega Jaya Logam merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengecoran logam yang menghasailkan beberapa produk dari besi cor seperti

manhole, bollard, grill tangkap air, *grill* pohon, kursi taman dan sebagainya serta produk dari cor alumunium seperti tiang papan nama, tiang lampu jalan, bak sampah kota, dan sebagainya.

Produk yang dihasilkan digunakan pada penataan kota di beberapa kota besar di Indonesia. Ruang penyimpanan yang dimiliki perusahaan yang kurang memadai menyebabkan produk jadi tidak bisa di simpan dalam satu lokasi, melainkan disimpan pada sudut ruangan kosong yang ada pada area pabrik. Penyimpanan ini menyebabkan menambah waktu saat penyecekan barang tersedia dan proses pengangkutan barang. (Sandra Nur Irrawan, dkk 2019). Permasalahan lain yang yang ada adalah penataan tata letak lantai produksi yang belum optimal sehingga menyebabkan aliran produksi tidak otpimal dan terjadi arus bolak balik dalam proses produksi.

Untuk itu perlu dilakukan penataan lokasi gudang penyimpanan dengan metode *dedicated storage*. Metode *Dedicated storage* merupakan penataan dengan menempatkan satu produk pada satu lokasi penyimpanan saja (Irfan Hadi Permana, 2013). Penataan ini berdasarkan perbandingan aktivitas setiap produk dengan kapasitas produk masing-masing. Selain itu perlu dilakukan perbaikan tata letak lantai produksi dengan systematic layout planning agar layout produksi yang ada dalam perusahaan lebih optimal, dan aliran barang yang di produksi lebih lancar tanpa arus bolak blaik. Tujuan dari perbaikan ini adalah memperoleh luas gudang jadi beserta penempatan produk jadi dan memperoleh perbaikan rancangan layout pabrik baru yang lebih optimal.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian yang dilakukan adalah tata letak gudang jadi dan lantai produksi CV Mega Jaya Logam.

Data yang diperlukan dalam penelitian diantaranya jenis produk yang di produksi, data permintaan selama enam bulan terakhir dan data ukuran produk yang nantinya digunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan ruangan yang adkan digunakan sebagai penyimpanan barang jadi serta data luas area departemen produksi, aliran proses produksi, dan data ukuran mesin yang digunakan yang digunakan untuk melakukan perbaikan tata letak lantai produksi yang ada di perusahaan tersebut.

Setelah dilakukan perhitungan kebutuhan ruang, kemudian dilakukan pengukuran aktivitas (*throughput)* untuk mengetahui *material handling* dari aktivitas penerimaan dan mengiriman produk dengan alat *handling*. Tujuan utama dari perencanaan *material handling* adalah untuk mengurangi biaya produksi. Selain itu, *material handling* sangat berpengaruh terhadap operasi dan perancangan tata letak fasilitas yang diimplementasikan (Purnomo, 2004).

Selain itu untuk menentukan peletakan penyimpanan produk perlu dilakukan beberapa langkah, langkah pertama menghitung nilai *throughput* (T/S). Langkahn kedua melakukan perangkingan nilai *throughput* (T/S). Langkah ketiga menghitung jarak tiap *block* dengan titik I*/O point*. Terdapat berbagai macam sistem dan metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran jarak suatu area terhadap area lainnya. Ukuran yang dipergunakan banyak tergantung dari adanya personil yang memenuhi syarat, waktu untuk mengumpulkan data, dan tipe-tipe sistem pemindahan material yang digunakan (Purnomo, 2004). Perhitungan jarak yang dilakukan dengan metode *rectilimear.* Langkah keempat menentukan penempatan produk dalam slot penyimpanan berdasarkan nilai *throughput* tertinggi diletakkan pada jarak terdekat. Langkah kelima menghitung jarak tempuh yang dilalui.

Hasil penghitungan ukuran gudang kemudian diolah menggunakan metode systematic layout planning (Sutari & Rao U, 2014). Dimana setiap departemen yang ada dalam lantai produksi dibandingkan derajat kedekatannya berdasarkan aliran proses produksi yang berjalan di perusahaan. Hasil tersebut kemudian dibuat beberapa layout alternatif perbaikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan awal adalah permintaan produk selama enam bulan terakir. Adapun data permintaan dan jenis produk dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Permintaan dan Jenis Produk

No.	Jenis	Jumlah
1	Harbour bollard	53
2	Bitt bollard	29
3	SH bollard	19
4	Tee bollard	6
5	Stand bollard	2346
6	Bolard taman	128
7	Grill 67 x 38	410
8	Grill 30 x 40	114
9	Grill 30 x 60	247

10	Grill 36 x 46	50
11	Grill 36 x 45	77
12	Grill 35 x 22	60
13	Grill pohon	203
14	Tempat sampah	69
15	Manhole 50	215
16	Manhole 60	101
17	Manhole 80	171
18	Manhole perempatan	26
19	Manhole andesit	184
20	Manhole semarang	50
21	Tiang lampu	693
22	Papan nama	59

Aktivitas yang terjadi di gudang meliputi proses penyimpanan dan pengiriman produk. Data penyimpanan adalah data dari jumlah produk yang masuk ke gudang dalam satuan pallet kecuali produk tiang lampu dan papan nama, sedangkan data pengiriman adalah data produk yang keluar dari gudang penyimpanan untuk dikirim ke konsumen. Data pengiriman dan penerimaan merupakan jumlah rata- rata permintaan dalam setiap bulan. Data permintaan setiap bulan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Permintaan Setiap Bulan

Produk	Jumlah	Rata-rata	Pembulatan
Harbour	53	8,83	9
Bitt	29	4,83	5
Sh	19	3,167	4
Tee	6	1	1
Stain bollard	2346	391	391
Bolard taman	128	21,33	22
Grill 67 x 38	410	68,3	69
Grill 30 x 40	114	19	19
Grill 30 x 60	247	41,167	42
Grill 36 x 46	50	8,33	9
Grill 36 x 45	77	12,83	13
Grill 35 x 22	60	10	10
Grill pohon	203	33,83	34
Tempat sampah	69	11,5	12
Manhole 50	215	35,83	36
Manhole 60	101	16,83	17
Manhole 80	171	28,5	29
Manhole perempatan	26	4,3	5
Manhole andesit	184	30,67	31
Manhole semarang	50	8,33	9
Tiang lampu	693	115,5	116
Tempat sampah	69	11,5	12
Manhole 50	215	35,83	36

Dari data yang dikumpulkan kemudian diolah menggunakan metode *dedicated storage* dengan tahapan sebagai berikut.

Perhitungan *Space Requirement*

Setiap produk jadi akan di simpan diatas pallet dengan ukuran 1x1 meter dimana kapasitas pallet tergantung dari jenis produk yang disimpan. Sedangkan produk tiang lampu dan papan nama tidak disimpan di atas pallet tetepi menggunakan kerangka besi bertingkat tiga dengan kapasitas maksimal 15 produk. Ukuran rak yang digunakan untuk tiang lampu dengan panjang 4m dan lebar 1m, sedangkan papan mama dengan ukuran panjang 3m dan lebar 1m. Dari perhitungan yang dilakukan diperoleh sebanyak 104 slot penyimpanan uyang digunakan untuk menentuka luas gudang minimal dengan persaman sebagai berikut:

$$luas\ gudang = (total\ \ pallet) + (total\ \ pallet \times allow\ 100\%) \quad ...(1)$$

Diperoleh luas gudang minimal sebesar $208m^2$.

Perhitungan *Throughput*

Aktivitas pemindahan yang dilakuknan menggunakan *hand pallet truck* yang memiliki kapasitas satu pallet setiap kali pengangkutan. Sedangkan untuk produk tiang lampu dan papan nama material handling dilakukan secara manual atau dengan tenaga menusia. *Throughput* dihitung menggunakan rumus:

$$T = \left(\frac{rata{-}rata\ penerimaan}{jml\ prd\ dlm\ pallet\ yg\ diangkat}\right) + \left(\frac{rata{-}rata\ pengiriman}{jml\ prd\ dlm\ pallet\ yg\ diangkat}\right) \quad ...(2)$$

Diperoleh nilai aktivitas tertinggi sebesar 232 dari produk tiang lampu.

Penempatan Produk (*Product Assigment*)

Penempatan produk memiliki beberapa tahap diantaranya:

a. Perankingan produk berdasarkan perbandingan *throughput* (T_j) dengan *storage* (S_j).Perhitungan ini diperlukan dalam penentuan produk. Rumusan yang digunakan sebagai berikut:

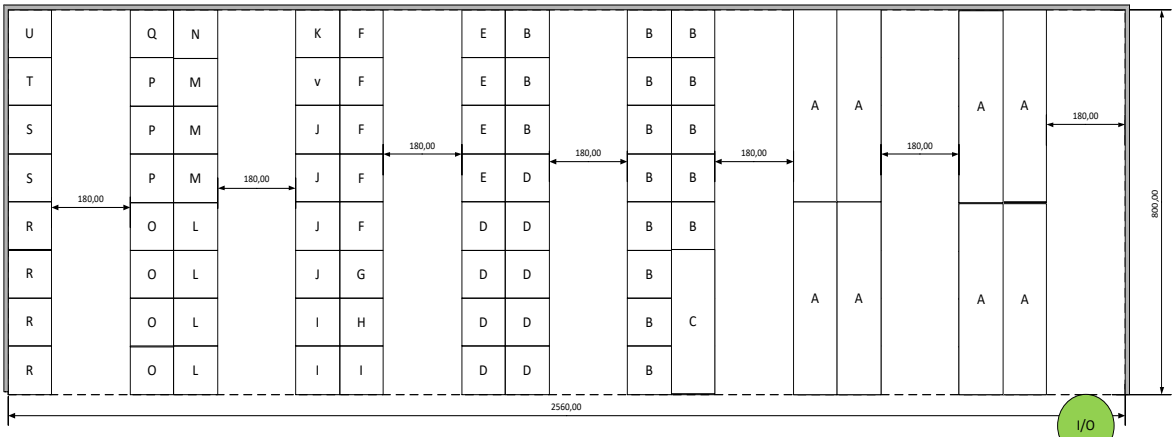
$$\frac{T_j}{S_j} = \frac{throughput}{storage} \quad ...(3)$$

b. Perhitungan jarak perjalanan (distance travel) antar tiap slot penyimpanan dengan titik I/O**.**

Perhitungan jarak dilakukan dengan metode rectilinear. Dalam perhitungan jarak juga ditetukan lebar gang dalan gudang. Dalam perhitungan digunakan lebar gang 1,8 meter.

$$d1 = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad ...(4)$$

c. Penempatan produk ke dalam slot
Penempatan produk dilakukan dengan meletakkan produk dengan nilai T/S tertinggi di dalam slot yang memiliki jarak terkecil.
Hasilnya diperoleh penataan gudang sebagaimana pada Gambar 1:



Gambar 1. Usulan Tata Letak Gudang

Keterangan:

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan	Kode	Keterangan	Kode	Keerangan
A	Tiang lampu	G	Tee	M	grill 30x60	S	Manhole 60
B	Stain bollard	H	Bollard taman	N	Grill 36x45	T	Manhole semarang
C	Papan nama	I	Tempat sampah	O	Manhole 50	U	Manhole perempatan
D	Harbour	J	Grill pohon	P	Manhole 80	V	Grill 30x40
E	Sh	K	Grill 36x46	Q	Grill 35x22		
F	Bit	L	Grill 67x38	R	Manhole adesit		

Hasil perancangan gudang kemudian diolah menggunakan metode *systematic layout planning* dengan tahapan sebagai berikut:

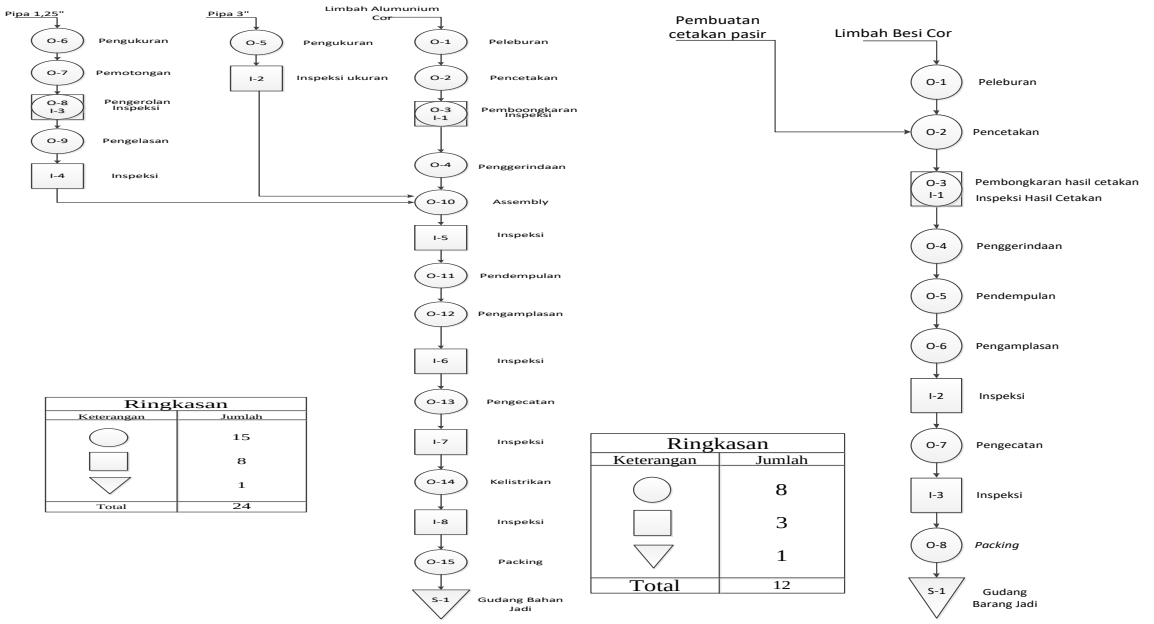
Peta proses operasi *(operation process chart)*

Peta proses operasi menjadi acuan dalam penyusunan tata letak laintai produksi. Proses operasi yang ada di pengecoran logam ini pada dasarnya sama, sehinga diambil contoh dua produk yang dirasa bisa mewakili proses operasi produk yang lain. Produk yang digunakan adalah produk grill dan tiang lampu taman.

Peta proses operasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

***Activity Relationship Chart* (ARC)**

Analisis derajat kedekatan ini digunakan untuk menentukan hubungan antar departemen yang ada dalam lantai produksi yang ada. Hasil dari analisis ini kemudian dijadikan acuan dalam penyusunan letak barik yang baru. Derajat kedekatan yang digunakan dalam menentukan hubungan antar departemen dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Peta Proses Operasi

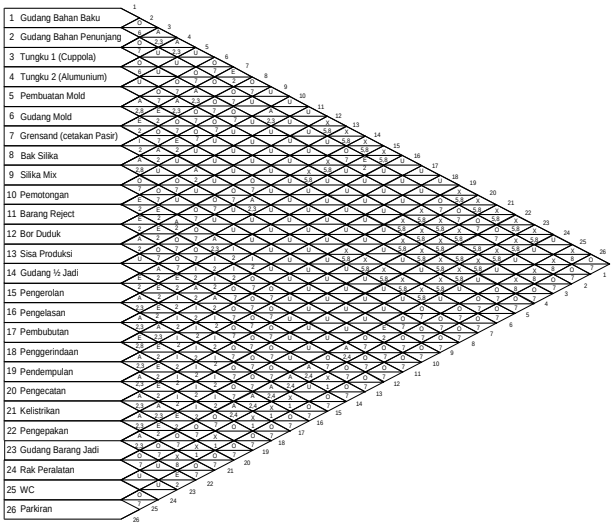
Tabel 3 Hubungan Antar Departemen

Kode	Keterangan	Kode Warna
A	Absolutely Necessary (Mutlak)	Merah
E	Especially Important (Sangat Penting)	Oranye
I	Important (Penting)	Hijau
O	Ordinary (Biasa)	Biru
U	Unimportant (Tidak Penting)	Tidak ada warna
X	Undesirable (Tidak diinginkan)	Coklat

Dengan alasan kedekatan sebagai berikut:
1 : Penggunaan catatan secara bersama
2 : Efektif dan Efisiensi Kerja
3 : Urutan aliran proses
4 : Menggunakan ruang yang sama (berdekatan)
5 : Kemungkinan adanya debu
6 : Memiliki fungsi yang serupa
7 : Tidak ada hubungan aliran proses
8 : Menggunakan Tenaga Kerja yang sama

ARC pada layout alternatif 1 jumlah departemen sama dengan jumlah di pabrik saat melakukan penelitian namun letak toilet dan parkir tidak di ubah, sedangkan untuk layout alternatif 2 letak parkir dan toilet dapat di pindahkan.

Berdasarakan uraian di atas maka ARC untuk CV Mega Jaya Logam dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Activity Relationship Chart* (ARC)

Worksheet

Worksheet digunakan untuk membantu merekap data dan memudahkan dalam pembacaan data yang ada dalam ARC.

***Activity Template Block Diagram* (ATBD)**

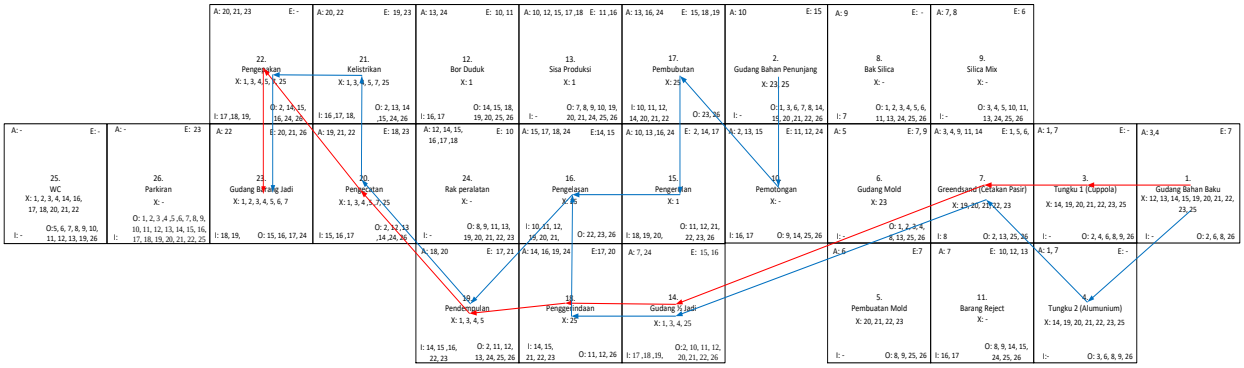
Blok dalam ATBD hanya memberi penjelasan mengenai hubungan aktivitas antara departemen satu dengan lainnya (yang nantinya akan digunakan sebagai pertimbangan peletakkannya), sehingga skala luasan dari masing-masing depatemen tidak perlu diperhatikan dengan benar.

***Activity Relationship Diagram* (ARD)**

Activity Relationship Diagram (ARD) merupakan suatu gambaran hasil desain /

perancangan peletakkan antar departemen berdasarkan pertimbangan hubungan derajat kedekatannya atau berdasarkan ARC yang sudah dibuat sebelumnya.

Susunan Activity Relationship Diagram (ARD) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Activity Relationship Diagram* (ARD)

Perancangan Luas Departemen

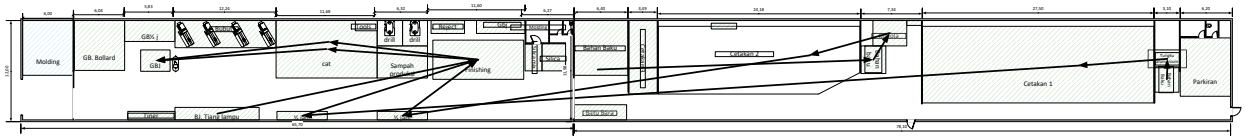
Perhitungan luas departemen atau area dibagi menjadi empat kategori, yang masing-masing kategori memiliki allowance atau kelonggaran untuk ruang antar departemen, mesin, gerak sebesar 50% yang diberikan karena diperuntukkan untuk pemindahan bahan, gerakkan pekerja agar lebih leluasa serta karena barang yang diproduksi ukurannya cukup besar. Ukuran operator menggunakan panjang dan lebar bahu sepanjang 1 (satu) meter karena produk yang dibuat cukup besar sehingga memerlukan ruang gerak yang cukup luas.

Empat kategori tersebut diantaranya perhitungan luas departemen area produksi berdasarkan mesin yang digunakan, berdasarkan area kerja yang dibutuhkan, perhitungan luas gudang, dan perhitungan luas area pendukung.

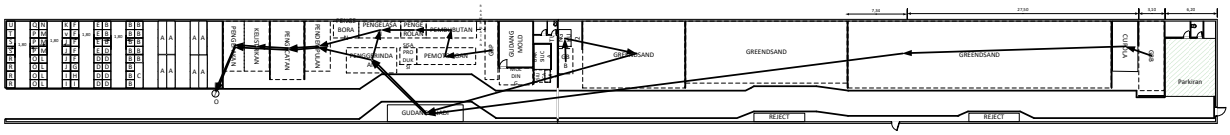
***Area Alocation Diagram* (AAD)**

Area alocation diagram digunakan untuk membantu dalam melakukan penyusuna antar departemen berdasarkan derajat kedekatan yang diperoleh dengan pertimbangan bentuk dan ukuran sesuai denganm skala yang ditentukan. Dari penyusunan ini ditentukan juga lebar gang antar departemen dan aliran maerial handling yang ada. Diperoleh tiga alternatif perbaikan dimana alternatif 1 dan 2 tidak merubah bentuk utama dari bangunan yang ada, sedangkan alternatif 3 mengunakan ukuran yang dirubah dengan asumsi apabila perusahaan akan membangun suatu pabrik baru di lokasi lain.

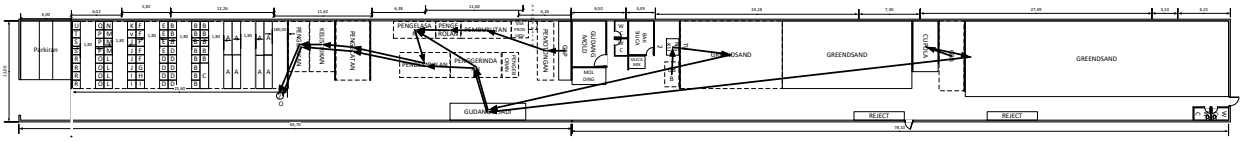
Berikut perbandingan layout awal perusahaan yang terlihat pada Gambar 5 dan layout baru alternatif 1 pada Gambar 6, alternatif 2 pada Gambar 7 serta alternatif 3 pada Gambar 8.



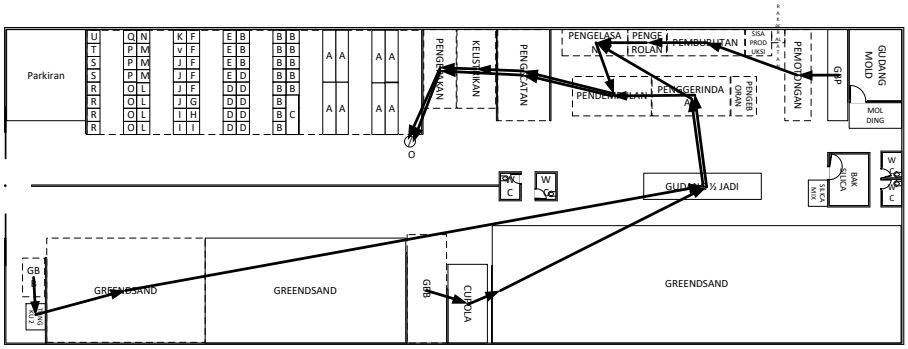
Gambar 5. Layout Awal Perusahaan



Gambar 6. Layout alternatif 1



Gambar 7. Layout alternatif 2



Gambar 8. Layout alternatif 3

Perhitungan *Material Handling*

Perhitungan material handling yang telah dilakukan diperoleh hasil penghematan yang cukup signifikan. Jarak material handling yang diperoleh terlihat seperti dalam Tabel 4.

Tabel 4. Jarak *material handling*

Material Handling	Produk	
	Grill	Tiang Lampu
Layout Awal	144,5	197,1
Layout Alternatif 1	117,7	90,6
Layout Alternatif 2	98,2	97,1
Layout Alternatif 3	56	112,2

KESIMPULAN

Tata letak lantai produksi berdasarkan pengolahan dengan SLP yang sudah dilakukan diperoleh beberapa alternatif, yaitu alternatif layout 1 dan 2 dengan ukuran panjang dan lebar sebenarnya, dan alternatif layout 3 untuk pembuatan babrik baru. Perbandingan material handling layout 2 dan layout awal adalah sebesar 46 m untuk produk grill dan 100 m untuk produk tiang lampu. Sehingga alternatif layout 2 dipilih sebagai usulan perbaikan layout yang optimal, sedangkan alternatif layout 3 dapat menjadi acuan apabila perusahaan akan membangun pabrik baru.

Luas kebutuhan gudang berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan seluas 208 m^2, sedangkan ukuran gudang yang diusulkan adalah dengan lebar 8 meter dan panjang 25,6 meter atau dengan luas 204.8 m^2, luas tersebut sudah termasuk gang selebar 1,8m.

DAFTAR PUSTAKA

Permana, Irfan Hadi., M. Adha Ilhami, Evi Febianti (2013) Relayout tata Letak Gudang Produk Jadi Menggunakan Metode Dedicated Storage. *Jurnal Teknik Industri Vol. 1 No. 4 272 – 277.*

Purnomo, H. (2004). *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sandra Nur Irrawan, Risma Adelina Simanjuntak, Muhammad Yusuf (2019), Usulan Perbaikan Tata Letak Fasilitas Drumband Menggunakan Metode Systematic Layout Planning Dan 5s, *Jurnal Rekavasi*, Vol 7 No 2

Sutari, O., & Rao U, S. (2014). Development of Plant Layout using Systematic Layout Planning (SLP) to Maximize Production - A Case Study. *International Journal of Mechanical And Production Engineering*

PENGARUH JENIS STARTER PADA MINUMAN PROBIOTIK SIRSAK GUNUNG (*ANNONA MONTANA MACF*.) TERHADAP KADAR ANTIOKSIDAN

Fitri Eka Lestari[1], Ambar Fidyasari[2*], Yasmine Septia Hanafi[3], Edwin Permana[4]
[12*.]Akademi Analis Farmasi Dan Makanan Putra Indonesia Malang,
[3]Akademi Farmasi Putra Indonesia Malang
[4]Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
E-mail : *fidyafloss@gmail.com*

ABSTRACT

Antioxidants are compounds that can inhibit free radical reactions in the body. Mountain soursop (Annona Montana Macf.) is a source of natural antioxidants and has been developed into a probiotic drink. This drink is made by a fermentation process with the help of lactic acid bacteria (LAB). The purpose of this research was to determine the effect of the starter type which is added to mountain soursop juice on the content of antioxidants produced. The used LAB in this research are Lactobacillus casei which is contained in commercial product X and a mixture of Streptococcus thermophillus and Lactobacillus bulgaricus whicontained in product Y. This study used an experimental method that began with the calculation of LAB, making probiotic drinks and testing antioxidants using DPPH method. Based on research that has been done, the average IC50 value of mountain soursop probiotic drinks with Lactobacillus casei starter is 5,327,315 ppm, while the average IC50 value of mountain soursop probiotic drinks with a mixed starter between Lactobacillus bulgaricus and Streptococcus thermophillus is 1,715,356 ppm. The significance value of the 1 independent sample t-test (α < 0.05) shows that the type of starter used in mountain soursop probiotic drinks has a significant effect on the antioxidants content.

Keywords: *IC50, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus casei, Mountain soursop, Streptococcus thermophillus*

INTISARI

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi radikal bebas dalam tubuh. Sirsak gunung (*Annona Montana* Macf.) merupakan salah satu sumber antioksidan alami dan telah dikembangkan menjadi minuman probiotik. Minuman ini dibuat melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri asam laktat (BAL). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jenis starter yang ditambahkan kedalam sari sirsak gunung terhadap kadar antioksidan yang dihasilkan. BAL yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Lactobacillus casei* yang terkandung dalam produk komersil X dan, campuran antara *Streptococcus thermophillus* dan *Lactobacillus bulgaricus* yang terkandung dalam produk Y. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dimulai dengan perhitungan BAL, pembuatan minuman probiotik dan pengujian antioksidan menggunakan metode DPPH. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai IC_{50} rata-rata minuman probiotik sirsak gunung dengan starter *Lactobacillus casei* sebesar 5.327,315 ppm, sedangkan nilai IC_{50} rata-rata minuman probiotik sirsak gunung dengan starter campuran antara *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* adalah 1.715,356 ppm. Nilai signifikansi uji-*t* 1 sampel independen (α < 0,05) menunjukkan bahwa jenis starter yang digunakan pada minuman probiotik sirsak gunung berpengaruh nyata terhadap kadar antioksidan.

Kata Kunci: $IC_{50,}$ *Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus casei,* Sirsak Gunung, *Streptococcus thermophillus*

PENDAHULUAN

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menghambat oksigen reaktif dan radikal bebas dalam tubuh. Senyawa antioksidan ini akan menyerahkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas sehingga menjadi molekul yang normal kembali dan menghentikan kerusakan yang ditimbulkan (Setiawan dan Amalia, 2017). Berdasarkan sumbernya, antioksidan dapat dibedakan menjadi dua yakni antioksidan alami yang umumnya mengandung senyawa fenolik atau polifenolik dan antioksidan sintetik seperti Butil Hidroksi Anisol (BHA) dan Butil Hidroksi Toluen (BHT). Namun dilaporkan bahwa penggunaan antioksidan sintetik memberi dampak negatif pada kesehatan manusia yaitu berupa gangguan fungsi hati, paru, mukosa usus dan keracunan (Panagan, 2011). Hal inilah yang membuat banyaknya

penelitian tentang potensi antioksidan alami dari suatu bahan alam.

Salah satu bahan alam yang memiliki potensi sebagai antioksidan adalah buah sirsak gunung (*Annona montana* Macf.) atau sirsak kuning dari genus *Annonae*. Berdasarkan hasil penelitian, ekstrak buah sirsak gunung memiliki senyawa metabolit sekunder berupa terpenoid dari golongan senyawa fenol yang menjadi penentu utama potensi antioksidan. Hal itu juga diperkuat dengan hasil nilai rata-rata nilai IC_{50} sebesar 61,93 ppm yang dapat digolongkan sebagai antioksidan kuat (Fidyasari *et al.*, 2017).

Sirsak gunung telah dikembangkan menjadi minuman probiotik yakni produk yang mengandung mikroorganisme hidup yang dikonsumsi oleh manusia untuk menghasilkan efek menyehatkan dan berada dalam nutrisi yang umum (Sopandi dan Wardah, 2014). Fermentasi minuman probiotik dapat menggunakan bakteri asam laktat (BAL) dari genus *Lactobacillus* yang mampu bertahan pada suhu rendah, tahan terhadap garam empedu dan mampu tumbuh pada media yang sederhana (Sunaryanto dkk., 2014). Bakteri ini juga memproduksi senyawa-senyawa inhibitor (asam laktat dan asam asetat), H_2O_2, serta bakteriosin yang dapat menekan pertumbuhan dan membunuh bakteri patogen dalam usus.

Streptococcus thermophillus dan *Lactobacillus bulgaricus* juga merupakan BAL yang biasa digunakan dalam minuman probiotik (yogurt). Kedua bakteri ini bersimbiosis mutualisme. Pertumbuhan *Streptococcus thermophillus* meningkat distimulir karena adanya asam amino dan peptida sederhana, terutama valin, lisin dan histidin dari hasil degradasi protein oleh *Lactobacillus bulgaricus*, sedangkan *Lactobacillus bulgaricus* tumbuh dengan cepat karena distimulir adanya asam format dan CO_2 yang dihasilkan oleh *Streptococcus thermophillus*. Kombinasi bakteri ini akan menghasilkan asam laktat lebih cepat dibandingkan kultur tunggal (Walstra *et a*l., 1999).

Beberapa penelitian membuktikan bahwa penggunaan BAL dapat meningkatkan antioksidan. Peningkatan penghambatan radikal bebas berbanding lurus dengan kadar asam laktat yang terbentuk dari hasil fermentasi oleh BAL. Semakin tinggi kadar asam laktat, maka kemampuan penghambatan radikal bebas juga akan semakin tinggi (Oktaviani dkk., 2014). Asam laktat ($CH_3CHOHCOOH$) yang dihasilkan oleh BAL berperan sebagai pendonor proton bagi molekul radikal bebas DPPH.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan pengujian antioksidan terhadap minuman probiotik sirsak gunung menggunakan dua jenis bakteri yang berbeda yaitu *Lactobacillus casei* dan campuran bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus*. Hal ini perlu dilakukan karena penelitian pada minuman probiotik menggunakan variasi bakteri yang berbeda dapat menghasilkan kadar antioksidan yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Uji kadar antioksidan minuman probiotik buah sirsak gunung *(Annona montana* Macf.) dengan variasi starter yang berbeda meggunakan metode penelitian eksprimental kemudian hasil penelitian diolah dengan uji-*t* 1 sampel independen.

Alat dan Bahan

Timbangan (*Ohaus*), blender (*Panasonic*), panci, pengaduk, termometer, kompor (*Rinnai*), inkubator (*Memmert*), beaker glass, erlemeyer, wadah plastik, oven, tabung reaksi, corong gelas, labu ukur, saring, pipet tetes, autoclave (*American Tipe 75X*), cawan petri, mikropipet, bunsen, pH-meter, spektrofotometri UV-Vis (*Genesys 10S UV-VIS*).

Bahan yang digunakan yaitu sirsak gunung (*Annona montana* Macf.), produk X yang mengandung bakteri *Lactobacillus casei* (*Yakult expired date* : 3 Maret 2020), produk Y yang mengandung campuran kedua bakteri antara *Latobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* (*Cimory Original expired date* : 20 Agustus 2020), aquadest, etanol p.a, media *MRSA* (*Merck*), serbuk DPPH.

Tahap Penelitian

Adapun tahap penelitian sebagai berikut :

1. Pembuatan sari sirsak gunung (*Annona montana* Macf.) (Juwita, 2018) dengan perbandingan 1 L air dan 500 g buah, kemudian diblender dan disaring.
2. Sterilisasi alat dan bahan untuk pembiakan BAL
3. Perhitungan total BAL dari produk komersil X dan Y (Tambunan (2016)) dilakukan dengan metode *total plate count*. Sebanyak 1 mL minuman dimasukkan ke dalam 9 ml aquadest steril kemudian dilakukan pengenceran dari 10^{-1} – 10^{-7}. Diambil 1 ml dari setiap pengenceran dimasukkan dalam cawan petri dengan metode *pour plate* dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37℃, kemudian dihitung

BAL. Pembiakan dilakukan duplo dari pengenceran 10^{-6} – 10^{-7}.

Total BAL=jumlah koloni x $\frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$

4. Fermentasi Sari Sirsak Gunung (*Annona montana* Macf.) dengan *Lactobacillus casei* (Boro, 2017). Sebanyak 400 mL sari sirsak gunung yang telah dipasteurisasi, ditambahkan 10 g gula dan starter BAL sebanyak 90 mL. Kemudian diinkubasi pada suhu 37^0C dalam inkubator selama 24 jam. Pengecekan pH dilakukan sebelum dan sesudah inkubasi.
5. Fermentasi Sari Sirsak Gunung *(Annona montana* Macf.*)* dengan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* (Tutik, 2018). Sebanyak 390 mL sari sirsak gunung yang telah dipasteurisasi, ditambahkan 10 g gula dan starter BAL sebanyak 100 mL. Kemudian diinkubasi pada suhu 37^0C dalam inkubator selama 24 jam. Pengecekan pH dilakukan sebelum dan sesudah inkubasi.
6. Pengujian kadar antioksidan pada tiap perlakuan menggunakan metode DPPH.

Rumus % inhibisi :

$$\frac{absorbansi\ kontrol - absrobansi\ sampel}{absorbansi\ kontrol}\ x\ 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pengujian IC 50 maka dilakukan pengujian Viabilitas produk, adapun hasil pada tabel 1:

Tabel 1. Hasil Perhitungan BAL Pada Produk Komersil

Sampel	Jumlah Koloni (CFU/mL)
Produk X (mengandung bakteri *Lactobacillus casei*)	1,8 x 10^8
Produk Y (mengandung campuran bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus*)	2,6 x 10^8

Perhitungan BAL bertujuan untuk menentukan apakah starter yang berasal dari produk X dan produk Y masih memenuhi standar untuk digunakan. MRSA digunakan sebagai media tumbuh bagi BAL. Kondisi ini menunjukkan bahwa jumlah koloni yang terbentuk pada media masih memenuhi syarat sebagai minuman probiotik. Kondisi ini dapat dipengaruhi karena rendahnya pengenceran yang mengakibatkan jumlah total BAL semakin meningkat atau tidak bisa untuk dihitung. Semakin rendah tingkat pengenceranya, maka nutrisi yang ada semakin besar sehingga perombakan gula yang dilakukan oleh bakteri asam laktat semakin banyak yang mengakibatkan pertumbuhannya semakin banyak pula (Primurdia and Kusnadi, 2014). Sehingga dapat disimpulkan bahwa bakteri asam laktat yang terkandung dalam produk X dan Y masih memenuhi standar untuk digunakan sebagai starter. Standar jumlah BAL minimal dalam minuman probiotik berdasarkan SNI 7552 tahun 2009 adalah sebanyak ≥106 CFU/mL. Pada perhitungan jumlah BAL menunjukkan bahwa produk X dan Y telah memenuhi standar untuk ditambahkan ke sari sirsak gunung. Standar jumlah BAL minimal dalam minuman probiotik berdasarkan SNI 7552 tahun 2009 adalah sebanyak ≥10^6 CFU/mL. Alasan penggunaan media MRSA karena media tersebut selektif untuk mengisolasi BAL sehingga memudahkan pertumbuhan suatu mikroba tertentu dan menghalangi tumbuhnya mikroba lainnya (Joni dkk., 2018).

Kemudian dilakukan pasteurisasi yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir.

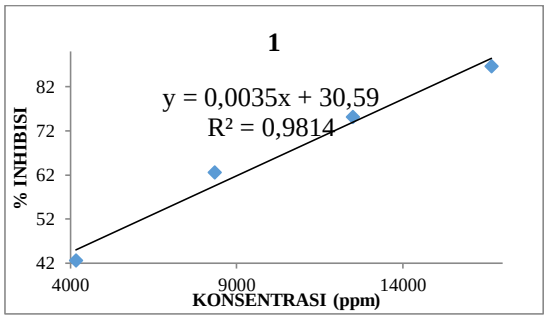
Tabel 2. Karakteristik Minuman Probiotik Sirsak Gunung (*Annona Montana* Macf.)

Uji	Starter *Lactobacillus casei*	Starter *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus*
Fisik	Cair	Cair
Warna	Kuning pucat	Kuning pucat
Aroma	Khas sirsak gunung	Khas sirsak gunung
Rasa	Sedikit asam	Asam
pH setelah inkubasi	4,503	4,421

Hasil uji organoleptis yang didapat menunjukkan bahwa produk dalam keadaan cair, hal ini sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 7552-2009 yang menyatakan minuman fermentasi memiliki ciri fisik yang cair. Kedua perlakuan pada minuman menghasilkan warna dan aroma yang sama. Sedangkan rasa yang dihasilkan minuman probiotik sirsak gunung menggunakan starter campuran *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* lebih asam dibandingkan menggunakan starter *Lactobacillus casei*. Rasa yang lebih asam sejalan dengan nilai pH yang dihasilkan setelah diinkubasi.

Hasil yang didapat menunjukkan produk yang dihasilkan dalam keadaan cair, hal ini sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 7552-2009 yang menyatakan minuman fermentasi memiliki ciri fisik yang cair. Kedua perlakuan pada minuman menghasilkan warna dan aroma yang sama. Sedangkan rasa yang dihasilkan minuman probiotik sirsak gunung menggunakan starter campuran *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* lebih asam dibandingkan menggunakan starter *Lactobacillus casei.*

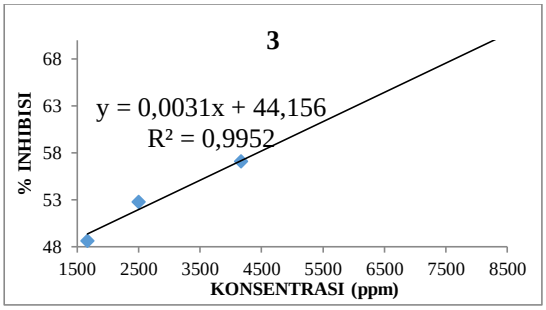
Sampel dengan berbagai variasi konsentrasi diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimal yang telah diperoleh, yakni 516 nm. Setelah mendapat absorbansi pada tiap konsentrasi, maka dihitung persen inhibisi sehingga didapatkan persamaan linear menggunakan *software microsoft excel*. Hubungan Antara Konsentrasi Sampel Dengan % Inhibisi Pada Uji Aktivitas Minuman Probiotik Sirsak Gunung (Annona montana Macf.) Menggunakan Starter *L.casei terdapat pada gambar 1:*



Gambar 1: %Inhibisi Pada Uji Aktivitas Minuman Probiotik Sirsak Gunung (Annona montana Macf.) Menggunakan Starter *L.casei*

Uji aktivitas antioksidan sampel dilakukan berdasarkan peredaman radikal bebas DPPH oleh komponen antioksidan yang terkandung dalam minuman probiotik sirsak gunung. Sampel dibuat dalam berbagai variasi konsentrasi meningkat yang dapat memberikan serapan linear. Kedua jenis sampel mengalami perubahan warna setelah diinkubasi walaupun tidak signifikan. Perubahan terjadi dari warna ungu tua menjadi ungu pudar. Perubahan warna ini menandakan bahwa kedua jenis sampel memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Pengurangan intensitas warna yang terjadi berhubungan dengan jumlah elektron DPPH yang menangkap atom hidrogen dari senyawa antioksidan (Latifah, 2015).

Hubungan Antara Konsentrasi Sampel Dengan %Inhibisi Pada Uji Aktivitas Minuman Probiotik Sirsak Gunung (Annona montana Macf.) Menggunakan Starter *L.bulgaricus* dan *S.thermophillus* terdapat pada gambar 2:



Gambar 2 %Inhibisi Pada Uji Aktivitas Minuman Probiotik Sirsak Gunung Menggunakan Starter *L.bulgaricus* dan *S.thermophillus*

Parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya kemampuan suatu senyawa sebagai antioksidan adalah nilai IC50 yang merupakan konsentrasi senyawa antioksidan yang dibutuhkan untuk mengurangi radikal DPPH sebesar 50%. Nilai IC50 diperoleh dari persamaan regresi linear yang menyatakan hubungan antara konsentrasi sampel pada sumbu x dengan persen inhibisi pada sumbu y. Persamaan yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai IC50 dengan mengganti nilai y dengan 50. Semakin kecil nilai IC50 maka semakin aktif sampel tersebut sebagai senyawa antioksidan.Fermentasi yang melibatkan BAL ditandai dengan peningkatan jumlah asam-asam organik yang diiringi dengan penurunan pH (Yang, 2000). Hal ini menyebabkan peningkatan rasa asam pada minuman. Standar pH yang baik untuk minuman fermentasi menurut Kuswinarto (2017) memiliki nilai hingga 4,5.

Uji antioksidan dimulai dengan pengukuran panjang gelombang maksimal. Pengukuran yang didapat adalah λ maksimal sebesar 516 nm dengan besar absorbansi 0,818. Menurut Tristantini dkk., (2016) panjang gelombang tersebut telah memenuhi standar, dimana panjang gelombang maksimal DPPH berkisar antara 515-520 nm.

Uji aktivitas antioksidan sampel dilakukan berdasarkan peredaman radikal bebas DPPH oleh komponen antioksidan yang terkandung dalam minuman probiotik sirsak gunung. Kedua jenis sampel mengalami perubahan warna setelah diinkubasi walaupun tidak signifikan. Perubahan terjadi dari warna ungu

tua menjadi ungu muda. Perubahan warna ini menandakan bahwa kedua jenis sampel memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Pengurangan intensitas warna yang terjadi berhubungan dengan jumlah elektron DPPH yang menangkap atom hidrogen. Pengurangan intensitas warna mengindikasikan peningkatan kemampuan antioksidan untuk menangkap radikal bebas (Latifah, 2015).

Tabel 3. Hasil Uji Antioksidan Minuman Probiotik Sirsak Gunung (*Annona montana* Macf.)

Sampel	Nilai rata-rata IC_{50} (ppm)
Starter *L.casei*	5.327,31
Starter *L.bulgaricus* dan *S.thermophillus*	1.715,35

Nilai IC_{50} merupakan konsentrasi senyawa antioksidan yang dibutuhkan untuk mengurangi radikal DPPH sebesar 50%. Nilai ini adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya kemampuan suatu senyawa sebagai antioksidan yang diperoleh dari persamaan regresi linear yang menyatakan hubungan antara konsentrasi sampel pada sumbu x dengan persen inhibisi pada sumbu y. Semakin kecil nilai IC_{50} maka semakin aktif sampel tersebut sebagai senyawa antioksidan (Tristantini dkk., 2016).

Hasil pengukuran pada kedua sampel menunjukkan bahwa nilai IC_{50} rata-rata minuman probiotik sirsak gunung sangat lemah.

Penelitian oleh Fidyasari *et al.,* (2017) menyatakan bahwa ekstrak sirsak gunung memiliki aktivitas antioksidan kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 61,93 ppm. Namun, setelah dilakukan proses fermentasi dengan menggunakan jenis BAL yang berbeda mengalami penurunan aktivitas antioksidan. Penelitian yang dilakukan oleh Wijayanti *et al.* (2017) , menunjukkan perbedaan nilai IC_{50} antara sebelum dan sesudah dilakukan fermentasi dengan beberapa jenis BAL yang digunakan. Jus buah tin memiliki nilai IC_{50} sebesar 76,7 ppm, sedangkan setelah difermentasi nilai IC_{50} cenderung naik yang berarti aktivitas antioksidan menurun. Fermentasi jus buah tin menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* memiliki nilai IC_{50} sebesar 76,55 ppm, fermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* 77,41 ppm, fermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* 95,94 ppm, dan fermentasi menggunakan *Lactobacillus acidophillus* 105,42 ppm. Aktivitas antioksidan dapat berubah setelah dilakukan proses fermentasi. Sehingga disimpulkan bahwa fermentasi dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan dengan tingkat pengaruh tergantung pada spesies mikroorganisme yang digunakan.

Faktor lain yang menyebabkan penurunan aktivitas antioksidan adalah kandungan karotenoid dalam sirsak. Karotenoid merupakan pigmen yang memberikan warna kuning, jingga hingga merah. Karotenoid berfungsi sebagai antioksidan, antikanker, dan membantu memelihara kesehatan mata. (Maleta *et al.,* 2018). Karotenoid memiliki sifat yang tidak stabil, Penelitian Wahyuni dan Widjanarko (2015) menjelaskan bahwa pada pH 3 dan 5 absorbansi karotenoid cenderung turun yang menandakan bahwa warna pada karotenoid memudar. Sedangkan absorbansi karotenoid labu kuning yang diatur pada pH 7, 10 dan 13 tampak tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap degradasi pigmen karotenoid labu kuning yang menunjukkan bahwa pigmen karotenoid labu kuning cukup stabil terhadap larutan pH yang bersifat netral dan basa. Karotenoin dapat mengalami isomerisasi bila terkena panas, cahaya dan asam yang dapat mengakibatkan perubahan struktur karotenoid dari trans menjadi bentuk cis. Karotenoid dalam bentuk trans memiliki aktivitas dan intensitas warna yang lebih tinggi dibandingkan karotenoid dalam bentuk cis. Isomerisasi ini mengakibatkan senyawa karotenoid lebih tidak stabil dan lebih mudah mengalami oksidasi yang dapat mengakibatkan degradasi. Oksidasi tersebut menyebabkan perubahan senyawa epoksi hingga terbentuknya senyawa karotenoid baru yang memiliki aktivitas yang lebih rendah (Latifah,2015). Hal inilah dapat menyebabkan nilai IC_{50} pada fermentasi sirsak gunung turun dibandingkan dengan ekstrak buahnya.

Berdasarkan uji *t* 1 sampel independen, nilai signifikansi ($\alpha < 0,05$) menunjukkan bahwa jenis starter yang digunakan pada minuman probiotik sirsak gunung berpengaruh nyata terhadap kadar antioksidan.

KESIMPULAN

Nilai IC_{50} rata-rata minuman probiotik sirsak gunung dengan starter *Lactobacillus casei* sebesar 5.327,315 ppm, sedangkan nilai IC_{50} rata-rata minuman probiotik sirsak gunung dengan starter campuran antara *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophillus* adalah 1.715,356 ppm. perbedaan jenis starter yang digunakan pada minuman probiotik sirsak gunung (*Anonna*

montana Macf.) dapat mempengaruhi kadar antioksidan.

DAFTAR PUSTAKA

Boro, I.L., 2017. Mutu Fisik Dan Mikrobiologi Minuman Probiotik Sari Buah Sirsak Gunung (Annona montana Macf.) Dengan Penambahan Lactobacillus casei. *KTI.* Akademi Farmasi Putra Indonesia Malang, Malang.

Fidyasari, A., Wulandari, S., Sari, M.I., 2017. Secondary Metabolite And Antioxidant Activity Of Soursop (Annona Montana) Fruit Extract. *Int. J. Technol. Sci.* IJTS, 2 1.

Joni, L.S., Erina, E., Abrar, M., 2018. Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Pada Feses Rusa Sambar (Cervus unicolor) Di Taman Rusa Aceh Besar. *JIMFET,* 1 2, 81.

Juwita, N.F.R., 2018. Total Asam dan Antioksidan Minuman Probiotik Sirsak Gunung (Annona montana Macf.) Selama Fermentasi. *KTI.* Akad. Farm. Putra Indones. Malang.

Kuswinarto, R.R., 2017. Pengaruh Konsentrasi Starter Dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fruitghurt Sari Kulit Buah Pisang Ambon (Musa paradisiaca L.). *Skripsi*. Universtas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Latifah, L., 2015. Identifikasi Golongan Senyawa Flavonoid dan Uji AKtivitas Antioksidan Pada Ekstrak Rimpang Kencur (Kaempferia galanga L.) Dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *Skripsi.* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Maleta, H.S., Indrawati, R., Limantara, L., Brotosudarmo, T.H.P., 2018. Ragam Metode Ekstraksi Karotenoid dari Sumber Tumbuhan dalam Dekade Terakhir. *J. Rekayasa Kim. Dan Lingkung*., 1 13, 40–47.

Oktaviani, E.P., L.E., P., F.S., P., 2014. Kualitas dan Aktivitas Antioksidan Minuman Probiotik dengan Variasi Ekstrak Buah Naga Merah (Hyloroceus polyrhizus). *Skripsi.* Program Studi Biol. Fak. Teknobiologi Univ. Atma Jaya Yogyak.

Panagan, A.T., 2011. Pengaruh Penambahan Tepung Wortel (Daucus carrota L.) Terhadap Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng Curah. *J. Penelit. Sains* 14, 14204.

Primurdia, E.G., Kusnadi, J., 2014. Aktivitas Antioksidan Minuman Probiotik Sari Kurma (Phoenix dactilyfera L.) dengan Isolat L. plantarum dan L. casei. J. Pangan Dan Agroindustri, 3 2, 106–107.

Setiawan, N.C.E., Amalia, H., 2017. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Buah Areca vestiaria Giseke dan Fraksinya dengan Metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *J. Cis-Trans JC-T*, 2 1, 10.

Sopandi, T., Wardah, W., 2014. *Mikrobiologi Pangan – Teori dan Praktik.* C.V. Andi Offset, Yogyakarta.

Sunaryanto, R., Martius, E., Marwoto, B., 2014. Uji Kemampuan Lactobacillus casei Sebagai Agensia Probiotik. *Bioteknol. Dan Biosains Indones*., 1 1, 10–11.

Tambunan, A.R., 2016. Karakteristik Probiotik Berbagai Jenis Bakteri Asam Laktat (BAL) Pada Minuman Fermentasi Laktat Sari Buah Nanas. *Skripsi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Tristantini, D., Ismawati, A., Pradana, B.T., Jonathan, J.G., 2016. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH pada Daun Tanjung (Mimusops elengi L.), in: Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH Pada Daun Tanjung (Mimusops Elengi L). *Presented at the Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta.

Tutik, A., 2018. Kualitas Minuman Probiotik (Annona Montana Macf) Dengan Variasi Starter. *KTI.* Akad. Farm. Putra Indones. Malang.

Wahyuni, D.T., Widjanarko, S.B., 2015. Pengaruh Jenis Pelarut Dan Lama Ekstraksi Terhadap Ekstrak Karotenoid Labu Kuning Dengan Metode Gelombang Ultrasonik. *J. Pangan Dan Agroindustri*, 2 3, 397–399.

Walstra, P., Noomen, A., Geurts, T.J., A., J., M.A.J.S., B., 1999. *Dairy Tecnology, Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker, New York.

Wijayanti, E.D., Setiawan, N.C.E., Cristi, J.P., 2017. Effect of Lactic Acid Fermentation on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Fig Fruit Juice (Ficus carica). *Adv. Health Sci. Res.* 2, 284–287.

Yang, Z., 2000. Antimicrobial Compounds and Extracellular Polysacharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Disertasi.* University of Helsinki, Finland.

IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM PERINGATAN KEAMANAN TOKO DARI PENCURIAN DAN KEBAKARAN MENGGUNAKAN SMS GATEWAY BERBASIS ARDUINO

Panggih Cahyo Prasetyo[1], Dwi Setyowati*[2], Ignatius Suraya[3]
[1] Mahasiswa Jurusan Rekayasa Sistem Komputer
[2,3] Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: panggihcahyop@gmail.com[1], dwisetyowati@akprind.ac.id[2], ignsuraya@gmail.com[3]

ABSTRACT

Development of information and communication technology, especially internet of things technology, is one of the opportunities that can be used to reduce the crime rate of theft and fire disasters in stores. So that shop owners can easily get information in case of theft or fire so that they can handle it quickly and effectively. How the system works when the fire sensor and passive infrared sensor will detect input, if the sensor detects the input then the GSM module will then work by sending an SMS message to the number that has been determined in the program. This research is entitled "Implementation of the Internet of Things.

This study aims to create a tool that can be used to provide alert information with SMS messages to shop owners in case of a fire or theft in their shop. The process of making this tool goes through several stages, namely the system design stage, the circuit stage, the testing phase, the testing is carried out by testing the detection distance and size of the object.

.The test results show that the tool can detect flames as far as 3 meters and can detect human movement as far as 7 meters. Who can then send a warning message in the form of an SMS to the number that has been included in the program. So that it can be used to anticipate large fires because it takes too long to handle

Keywords*: Tools, Fire Warning, Theft Warning. Short Massage Service Gateway.*

INTISARI

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi terutama teknologi *internet of things* (IoT) merupakan salah satu peluang yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi tingkat kriminalitas pencurian dan bencana kebakaran pada toko. Sehingga para pemilik toko mudah mendapatkan informasi jika terjadi pencurian atau kebakaran sehingga dapat melakukan penanganan dengan cepat dan efektif. Cara kerja sistem dari alat ini saat sensor api dan sensor *passive infrared* akan mendeteksi adanya inputan, jika sensor mendeteksi adanya inputan maka selanjutnya GSM *module* akan bekerja dengan mengirimkan pesan SMS ke nomor yang telah di tentukan dalam program.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat yang dapat digunakan untuk memberikan informasi peringatan dengan pesan SMS pada pemilik toko jika terjadi yala api atau pencurian di tokonya. Proses pembuatan alat ini melalui beberapa tahapan yaitu tahap perancangan sistem, tahap perangkaian, tahap pengujian. Pengujian dilakukan dengan menguji jarak deteksi dan besar objek.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi nyala api sejauh 3 meter dan dapat mendeteksi pergerakan manusia sejauh 7 meter. Yang kemudian dapat mengirimkan pesan peringatan berupa SMS kepada nomor kontak tilepon yang telah di cantumkan ke dalam program. Sehingga dapat digunakan untuk mengantisipasi kebakaran besar karena terlalu lamanya penanganan.

Kata Kunci : Alat, Peringatan Kebakaran, Peringatan Pencurian. SMS Gateway.

PENDAHULUAN

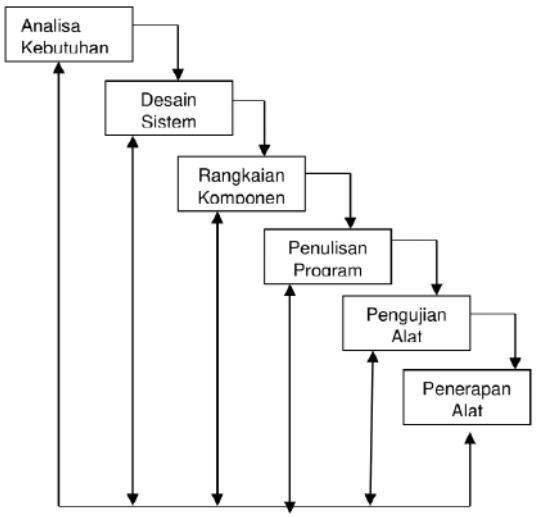
Kasus kebakaran merupakan salah satu kasus yang sangat mengkhawatirkan bagi kehidupan masyarakat pada umumnya yang dapat terjadi kapanpun dan dimanapun yang paling berhaya jika terjadi di pemukiman padat, di Indonesia. Kebakaran yang memakan korban jiwa sangatlah memprihatinkan. Salah satu contohnya adalah kasus kebakaran yang di beritakan oleh Kompas.com pada tanggal 10 Januari 2020 yang dalam beritanya tertulis seperti

dibawah ini “Kebakaran sebuah ruko berlantai dua di Jalan Titang, Makassar, menewaskan lima orang penghuni ruko tersebut. Berdasarkan penyelidikan sementara polisi, kelima korban tersebut merupakan satu keluarga”.

Selain kasus kebakaran salah satu kerugian masyarakat Indonesia saat ini adalah disebabkan oleh kasus kriminalitas pencurian. Hal ini bisa kita lihat dari salah satu data mengenai kasus pencurian seperti salah satunya data dari Polda Metro Jaya yang di sampaikan pada TIRTO.ID. Pencurian menjadi salah satu jenis kriminalitas di Indonesia. Tahun lalu, ada total 3.138 laporan kasus pencurian yang masuk ke kepolisian. Oleh TIRTO.ID (2019). Data diatas merupakan salah satu dari banyaknya kantor kepolisian yang mendapat laporan terkait dengan kasus pencurian belum lagi laporan terkait dengan kasus pencurian ini di daerah lain yang mungkin jauh lebih besar angkanya.

IoT untuk saat ini merupakan sebuah kemajuan dari inovasi teknologi untuk membantu segala macam kebutuhan manusia. IoT sendiri adalah sebuah konsep Iatau skenario dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Istilah IoT menggambarkan dunia nyata kedalam dunia maya dengan metode yang digunakan adalah nirkabel dan pengendalian secara otomatis tanpa mengenal jarak. (Ramayani, 2018).

Banyaknya kasus mengenai bencana kebakaran dan juga kriminalitas pencurian di Indonesia, membuat peneliti melakukan sebuah penelitian yang berkaitan dengan kasus kriminalitas pencurian dan bencana kebakaran yang memanfaatkan kemajuan di bidang teknologi khususnya IoT. Seperti yang di lakukan oleh Asita Shoman Muzaki, Arief Hendra, dan Wahyu Pamungkas tahun 2016 yang membuat sebuah penelitian yang digunakan untuk mengurangi resiko pencurian dengan judul penelitian ’”Aplikasi Sensor Cahaya Untuk Alarm Anti Pencuri”. Pada penelitian ini menggunakan sensor cahaya untuk mengidentifikasi maling di rumah kosong dan dengan *output* Alarm. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Khabib Bahrul Ulum pada tahun 2013 juga berkaitan dengan masalah diatas yaitu penelitian dengan judul “Prototipe Sistem Peringatan dan Pemadam Kebakaran Berbasis *Microcontroller* ATMega16”, dimana *microcontroler* ATMega16 dengan sensor Mq2 untuk mendeteksi gas sebagai indikasi adanya kebakaran. Penelitian lainya dilakukan oleh Ego Yuniantoro pada tahun 2017 yang membuat sebuah alat untuk mendeteksi pencurian dengan menggunakan Arduino dengan sensor *infrared* dan *outputnya* adalah alarm. Dan penelitian lainya juga dilakukan oleh Yandi Cahyadi B pada tahun 2017 dengan judul penelitian “Robot Pemadam Api Dengan Sistem Deteksi Dini” dan Kristiyana dengan judul “Desain Dan Sistem Pengendalian Robot Beroda Pemadam Api”. Pada penelitian yang dilakukan oleh Yandi dan Kristiyana memanfaatkan sensor api untuk mengidentifikasi nyala api.



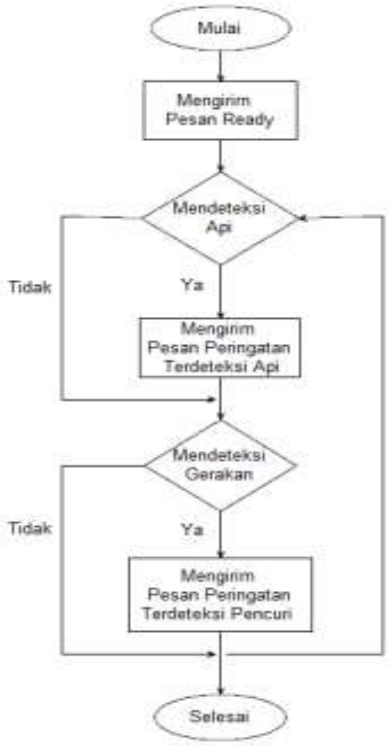
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis Sistem

1. Analisa kebutuhan merupakan langkah untuk menentukan kebutuhan yang di perlukan untuk alat yang akan di buat. Antara lain kebutuhan *hardware* dan *software*.
2. Desain Sistem, merupakan tahap proses penyusunan sistem dari alat yang akan di buat. Yaitu dengan cara melakukan simulasi rangkaian dengan aplikasi *Fritzing.*

3. Perangkaian Komponen, merupakan tahap proses perangkaian dengan komponen asli yang dihubungkan dengan kabel *jumper* yang terdiri dari beberapa komponen antara lain: Arduino Uno, *Module* GSM, Sensor Api, Sensor *Passive Infra Red.*
4. Pengujian Alat, Pada tahap ini merupakan proses inplementasi rancangan alat dengan melakukan percobaan simulasi kebakaran dan simulasi pencurian.
5. Penerapan Alat, merupakan tahapan terakhir dimana penulis menerapkan alat yang telah selesai dibuat dan diuji sebelumnya.

Desain Sistem Alat

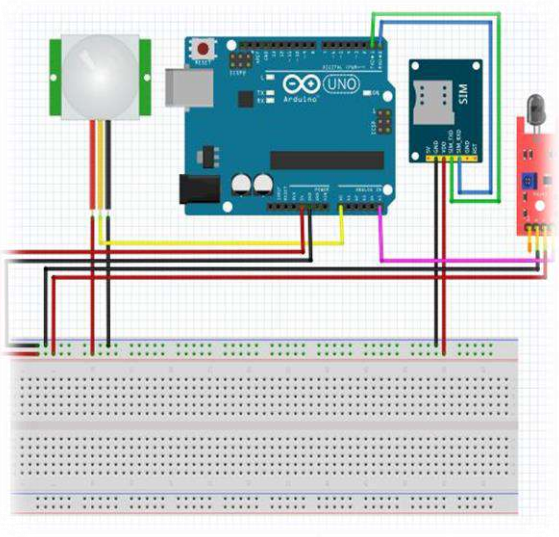


Gambar 2. Diagram Alir Sistem

1. Mulai, Pada langkah ini alat akan diaktifkan dengan cara kabel power pada Arduino diberikan sumber tegangan listrik sehingga seluruh komponen akan mendapatkan tegangan listrik.
2. Mendeteksi api, Pada langkah ini komponen sensor api pada alat akan bekerja dengan cara mendeteksi adannya api. Jika terdeteksi adanya api maka sesuai dengan program yang ditanam pada Arduino akan memerintahkan komponen GSM *module* untuk mengirimkan pesan peringatan berupa SMS ke nomor yang sudah dicantumkan dalam program. Jika tidak terdeteksi api maka sesuai dengan program yang di tulis maka akan langsung memproses perintah selanjutnya yaitu mendeteksi gerakan.
3. Mendeteksi gerakan, langkah ini akan di kerjakan oleh sistem dari alat ini ketika sistem sudah menyelesaikan program mendeteksi api yang di jelaskan diatas. Untuk langkah ini komponen yang bekerja adalah sensor *passive infrared* yang mana sensor untuk mendeteksi gerakan jika alat ini telah diaktifkan dan sensor ini mendeteksi adanya gerakan maka program akan memerintahkan komponen GSM *module* untuk mengirimkan pesan peringatan berupa SMS ke nomor yang sudah dicantumkan dalam program. Jika tidak terdeteksi gerakan maka program akan kembali lagi mendeteksi api dan proses ini akan terus berulang atau *looping*.
4. Selesai, proses ini akan terjadi ketika alat dimatikan atau dalam keadaan *off*.

Desain Rangkaian Alat

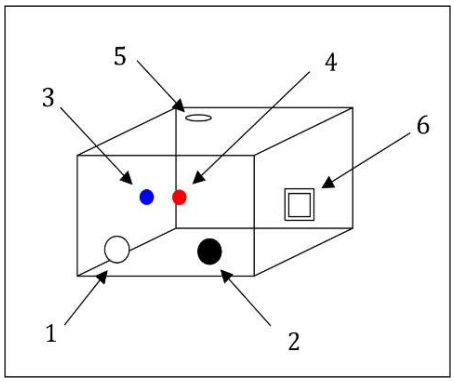
Desain Rangkaian Alat terdiri dari beberapa rangkaian komponen yang digabung agar bisa dijalankan sesuai penelitian ini. Untuk gambarnya seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Desain Rangkaian Alat

Pada gambar 3. Menunjukan rangkaian alat yang terdiri dari beberapa komponen antara lain: Arduino Uno sebagai *microcontroller* yang mana sebagai komponen utama sekaligus sebagai dapur kerja alat yang dibuat, Sensor Api yang digunakan untuk memdeteksi inputan api yang di gunakan sebagai indikasi adanya kebakaran. Sensor PIR yang digunakan untuk mendeteksi inputan gerakan manusia yang digunakan sebagai indikasi adanya pencurian. GSM *Module* yang digunakan untuk mengirimkan SMS *gateway* sebagai *output* dari alat yang dibuat. Dan Breadboard digunakan untuk menghubungkan VCC dan *Ground* dari Arduino ke komponen lainya.

Desain *Casing*



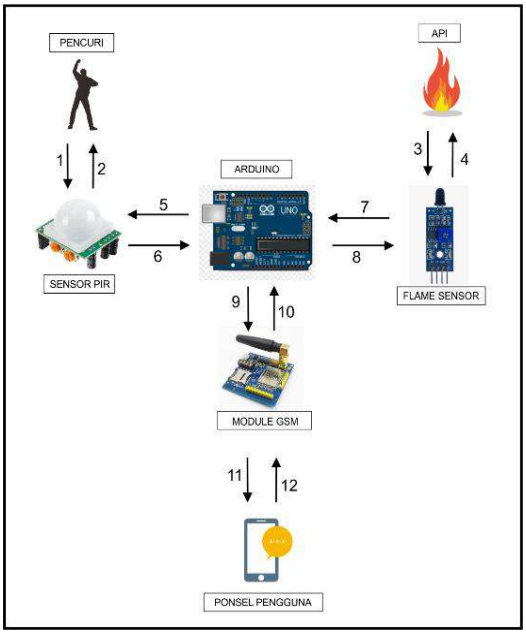
Gambar 4. Desain Casing

Pada Gambar 4. menunjukan gambaran dari *casing* alat yang akan dibuat. *Casing* dari alat peringatan kebakaran dan pencurian ini akan dibuat dengan material plastik dengan bentuk kubus atau balok. Pada Gambar 4 terdapat anak panah yang menunjunjukan ke beberapa komponen sebagai berikut:

1. Sensor Passive Infrared
2. Sensor Api
3. LED Indikator Sensor Passive Infrared
4. LED indikator Sensor Api
5. Lubang Antena GSM Module
6. Lubang Power daya

Desain Arsitektur Perancangan Sistem

Pada Gambar 5. menunjukan tentang arsitektur sistem dari alat peringatan kebakaran dan pencurian pada toko dengan menggunakan SMS *gateway* berbasis Arduino Uno.



Gambar 5. Desain Arsitektur Sistem

Cara kerja dari arsitektur sistem adalah sebagai berikut.

1. Pencuri atau seseorang akan mengirimkan panas tubuh yang akan ditangkap dan dibaca oleh sensor *passive infrared.*
2. Sensor *passive infrared* yang terpasang pada alat akan menangkap objek manusia yang nantinya akan dibaca dan diolah oleh Arduino.
3. Api mengirimkan cahaya yang akan ditangkap dan dibaca oleh sensor api.
4. Sensor yang terpasang pada alat akan mendeteksi adanya api yang nanti akan dibaca dan diiolah oleh Arduino.
5. Arduino memberikan suplai daya ke sensor *passive infrared* agar dapat bekerja dengan baik.
6. Sensor *passive infrared* mengirimkan data yang telah dibaca ke Arduino uno untuk diproses sesuai dengan program yang ditanamkan pada *chip mikro kontroler.*
7. Sensor api mengirimkan data yang telah di baca ke Arduino uno untuk diproses sesuai dengan program yang ditanamkan pada chip *mikro kontroler*.
8. Arduino memberikan suplai daya ke sensor api agar dapat bekerja dengan baik.
9. Arduino memberikan suplai daya ke *Module* GSM agar dapat bekerja

dengan baik serta memberikan perintah sesuai dengan program yang telah *diupload* ke arduino.

10. *Module* GSM memberikan data yang yang dibutuhkan untuk melakukan proses pengiriman pesan SMS.
11. *Module* GSM mengirimkan pesan SMS kepada nomor ponsel yang telah dimasukan kedalam program.
12. Ponsel digunakan untuk menerima pesan yang dikirim oleh kartu SIM yang di pasang pada GSM *Module.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

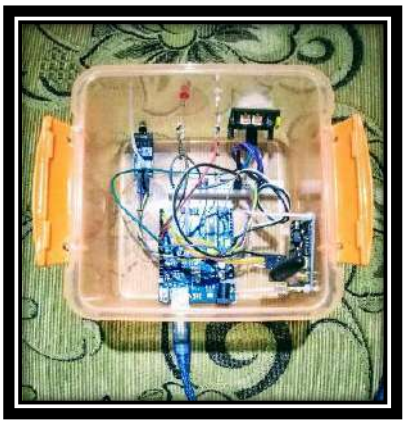
Hasil Tampilan Alat

Tampilan dari alat peringatan keamanan toko dari kebakaran dan pencurian dengan menggunakan sms *gateway* berbasis Arduino dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar7. Gambar 8. dan Gambar 9.

Gambar 6. Tampilan Bagian Depan Alat

Gambar 7. Tampilan Bagian Belakang Alat

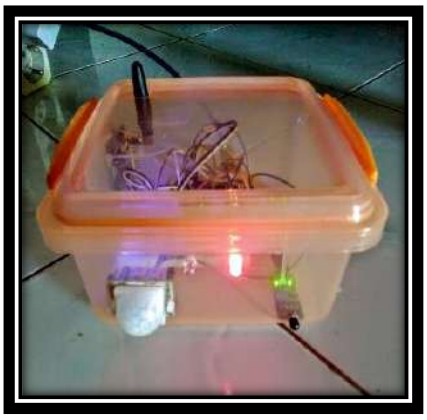
Gambar 8. Tampilan Atas Belakang Alat



Gambar 9. Tampilan Dalam Belakang Alat

Tampilan Alat Saat Pendeteksi Kebakaran Aktif

Tampilan saat alat pendeteksi kebakaran aktif adalah ditunjukand dengan lampu indikator LED merah menyala.



Gambar 10. Tampilan Alat Saat Pendeteksi Kebakaran Aktif

Tampilan Pesan SMS Saat Pendeteksi Kebakaran Aktif

Gambar 11. Tampilan Pesan SMS Saat Pendeteksi Kebakaran Aktif

Tampilan Alat Saat Pendeteksi Pencurian Aktif

Gambar 12. Tampilan Alat Saat Pendeteksi Pencurian Aktif

Tampilan Pesan SMS Saat Pendeteksi Pencurian Aktif

Gambar 13. Tampilan Pesan SMS Saat Pendeteksi Pencurian Aktif

Uji Deteksi Kebakaran

Uji deteksi kebakaran dilakukan dengan menguji jarak yang dapat dideteksi oleh sensor api dengan menggunakan lilin dengan jumlah yang berbeda-beda. Untuk memaksimalkan kerja sensor api ini peneliti menguji pada tempat yang gelap. Dan berikut hasil ujinya ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Deteksi Api

Jarak	1 Lilin	2 Lilin	3 Lilin	4 Lilin	5 Lilin
1 Meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
2 Meter	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
3 Meter	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
4 Meter	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5 Meter	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Terdeteksi

Dari data hasil uji diatas maka untuk sensor pendeteksi api lebih efektif jika digunakan pada toko dengan ukuran panjang kurang dari 3 meter. Dan untuk ruangan dengan ukuran lebih dari 3 meter karena kurang efektif atau sensor kadang dapat mendeteksi api dengan ukuran yang besar.

Uji Deteksi Pencurian

Uji deteksi pencurian dilakukan dengan menguji berapa jarak yang dapat dibaca sensor *passive infrared*. berikut hasil ujinya di tunjukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Deteksi Gerak

Jarak	Hasil Uji
1 Meter	Terdeteksi
2 Meter	Terdeteksi
3 Meter	Terdeteksi
4 Meter	Terdeteksi
5 Meter	Terdeteksi

Dari data hasil uji diatas maka untuk sensor pendeteksi gerak sangat efektif digunakan pada ruangan dengan ukuran panjang sampai 5 meter.

KESIMPULAN

1. Pada sistem yang telah dibuat untuk sensor api yang digunakan untuk mendeteksi kebakaran lebih efisien

digunakan pada jarak kurang dari 3 meter. Karena hasil uji menunjukan pada jarak 1 meter sensor api dapat mendetesi api dengan lilin mulai dari 1 buah lilin yang menyala, kemudian untuk jarak 2 meter sensor api dapat mendeteksi nyala lilin mulai dari 1 buah lilin yang menyala. Dan pada jarak 3 meter sensor api dapat mendeteksi 2 buah lilin yang menyala, dan untuk jarak 4 meter dan 5 meter sensor api dapat mendeteksi api dengan nyala yang cukup besar yaiitu dengan 5 lilin. Hal ini dapat disimpulkan jika alat atau sistem ini lebih efisien jika digunakan pada jarak 3 meter.

2. Pada sistem yang telah dibuat untuk sensor *passive infrared* yang digunakan untuk mendeteksi adanya pencurian sangat efisien untuk digunakan pada jarak sampai dengan 5 meter. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian dimana sensor ini dapat membaca gerakan pada jarak 1,2,3,4, dan 5 meter.
3. Dilihat dari poin yang pertama dan kedua maka dapat disimpulkan jika alat ini dapat digunakan pada toko yang memiliki ukuran 3 x 3 meter agar alat ini dapat bekerja dengan maksimal.
4. Pada tinjauan pustaka dari peneliti dahulu peneliti mengembangkan dengan membuat sebuah istem yang memiliki kegunaan lebih dari satu yaitu sistem untuk memberikan peringatan kebakaran dan pencurian pada 1 alat saja.

DAFTAR PUSTAKA

Asita Shoman Muzaki, dkk, 2016. “Aplikasi Sensor Cahaya Untuk Alarm Anti Pencuri". Purwokerto Jurnal Infotel

B, Yandi Cahyadi, 2017. “Robot Pemadam Api Dengan Sistem Deteksi Dini ". Makasar Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Kompas.com, 2020, “4 Fakta Kebakaran Ruko 2 Lantai Tewaskan 5 Orang, Korban Satu Keluarga hingga Diduga Korsleting”, https://makassar.kompas.com/read/2020/01/10/06500091/4-fakta-kebakaran-ruko-2-lantai-tewaskan-5-orang-korban-satu-keluarga-hingga?page=all diakses pada tanggal 10 Februari 2020 pukul 10.00 WIB.

Kristiyana, S. 2008. “Desain Dan Sistem Pengendalian Robot Beroda Pemadam Api”. Jurnal Teknologi.

Ramayani,Tiara.dkk, 2018. *“*Penerapan *IoT (Internet Of Things)* Untuk Pencegahan Dini Terhadap Kejahatan Begal". Jurnal RESTI.

TIRTO.ID, 2019, “Jakarta, Kota dengan 9 Kasus Pencurian Setiap Hari", https://tirto.id/dko5”, http://prince-mienu.blogspot.com/2010/01/fifo-dan-lifo.html diakses pada tanggal 10 Februari 2020 pukul 09.45 WIB.

Ulum, Khabib Bahrul, 2013. “Prototipe Sistem Peringatan dan Pemadam Kebakaran Berbasis Microcontroller ATMega16l". Yogyakarta. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Yuniantoro, Ego, 2017. “Alarm Anti Pencuri Berbasis Arduino ". Yogyakarta Akakom.

PENGARUH SIFAT KIMIA TANAH DALAM REKAYASA VEGETASI UNTUK MENGURANGI RESIKO LONGSOR DI CENGKEHAN, IMOGIRI, KABUPATEN BANTUL

Muchlis[1], Arie Noor Rakhman*[2], Fivry Wellda Maulana[3]
[1]Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
[23]Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta
E-mail: arie_rakhman@akprind.ac.id

ABSTRACT

The research location is in the Cengkehan area, Wukirsari Village, Imogiri District, Bantul Regency, Yogyakarta Special Region. Based on predecessor researchers, they recommend the direction of landslide disaster management to use vegetation engineering. They have not equipped vegetation engineering in the study area with an analysis of the effect of soil chemical properties on soil fertility. We have taken soil chemical samples based on the criteria of rock weathering at 3 observation locations around the location of the landslides. The physical properties of weathered basalt in the soil profile at weathering levels V and VI show nitrogen content (1605.59 - 11692.51 mg/kg) is more dominant than phosphorus elements (59.92 - 108.2 mg/kg) and potassium (4 - 192 mg/kg). The chemical composition of the soil with soil moisture levels ranging from 2.73 to 10.61% allows the direction of vegetation engineering to focus more on the role of dense leaves and strengthening roots. Using Dalbergia pinnata in combination with Parkia speciosa and Aleurites moluccana as part of vegetation engineering guidance can be recommended to reduce the risk of landslides in the research area.
Keywords: *chemical properties, fertility, engineering, vegetation, landslides.*

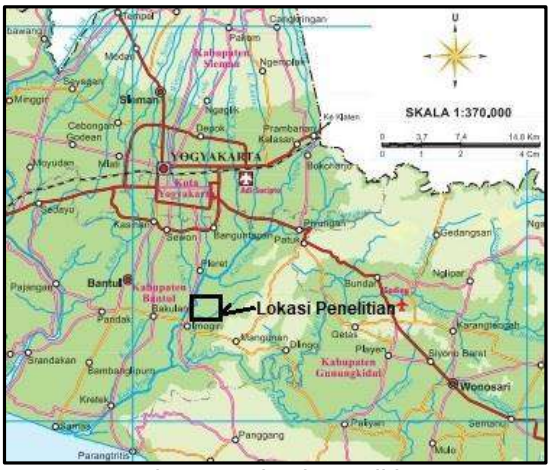
INTISARI

Lokasi penelitian berada di daerah Cengkehan, Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan peneliti pendahulu, arahan penanganan bencana longsor disarankan menggunakan rekayasa vegetasi. Rekayasa vegetasi di daerah penelitian belum dioptimalkan dengan analisis pengaruh sifat kimia tanah terhadap kesuburan tanah. Sampel kimia tanah telah diambil dengan berdasarkan kriteria derajat pelapukan batuan di 3 lokasi pengamatan, sekitar lokasi dari longsoran. Sifat fisik basalt yang telah lapuk di profil tanah pada derajat pelapukan tingkat V dan VI menunjukkan kandungan unsur nitrogen (1605,59 - 11692,51 mg/kg) yang lebih dominan daripada unsur fospor (59,92 - 108,2 mg/kg) dan kalium (4 - 192 mg/kg). Komposisi kimia tanah tersebut dengan kadar lengas tanah yang berkisar antara 2,73 hingga 10,61% memungkinkan arahan rekayasa vegetasi lebih ke peran daun yang lebat dan perkuatan akarnya. Penggunaan *Dalbergia pinnata* (sonokeling) berkombinasi dengan *Parkia speciosa* (petai) dan *Aleurites moluccana* (kemiri) sebagai bagian arahan rekayasa vegetasi dapat direkomendasikan untuk mengurangi resiko longsoran di daerah peneltian.
Kata Kunci: sifat kimia, kesuburan, rekayasa, vegetasi, longsor.

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada daerah tropis yang sangat kuat tingkat pelapukannya. Pengaruh eksogenik melalui pelapukan pada litologi, dimana bentukan morfologi oleh sifat karakteristik litologi hadir sebagai aspek morfolitologinya (Karnawati, 2007; Thong & Karnawati, 2013). Hal ini menyebabkan daerah di Indonesia dikenal sebagai daerah yang rawan bencana tanah longsor (Indriana, 2008; Irayani, et al., 2016).

Litologi penyusun morfologi perbukitan di Dusun Cengkehan, Desa Wukirsari, Bantul didominasi oleh batuan vulkanik berupa tuf dan basalt yang berumur Miosen Awal (Mulyaningsih, et al., 2019). Batuan vulkanik tersebut merupakan penyusun perbukitan Giroloyo. Perbukiran Giriloyo di Desa Wukirsari diidentifikasikan sebagai morfologi gunung api purba (Mulyaningsih, et al,, 2018). Batuan vulkanik di lembah Sungai Cengkehan, Kecamatan Imogiri umumnya sudah mengalami pelapukan lanjut menjadi tanah latosol. Keberadaan latosol beserta batuan asalnya di beberapa titik tebing terjal Sungai Cengkehan telah bergerak longsor pada musim hujan tahun 2019 (Rakhman, et al., 2020). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Kemampuan vegetasi untuk tumbuh berkembang dipengaruhi kesuburan tanah baik sifat fisik, biologis, kimia, dan hidrologi (NBRO, 2019; Raut & Gudmestad, 2017). Lapisan tanah terbentuk oleh hasil ubahan batuan dasar, baik oleh karena ubahan mekanis (fisika) maupun kimiawi (hidrolisis) (Warmada & Titisari, 2004). Latosol sebagai hasil dari pelapukan batuan volkanik kaya akan unsur kimia yang mendukung tingkat unsur hara kesuburan tanah (Saptiningsih & Haryanti, 2015; Subardja, 2007). Berdasarkan kesesuaian akar vegetasi, kemiringan lereng dan elevasinya, arahan rekayasa vegetasi yang sesuai untuk penanganan longsor di daerah lembah Sungai Cengkehan, Wukirsari adalah Sono Keling (*Dalbergia pinnata*), Petai (*Parkia Speciosa*) dan *Aleurites Molusccana* (kemiri) (Rakhman, et al., 2020). Pertumbuhan vegetasi tingkat pohon di Imogiri mempunyai pola distribusi tidak merata dengan jumlah bervariasi akibat pengaruh aktivitas masyarakat (Nahdi, et al., 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan Nitrogen (N), Phospor (P) dan Kalium (K) tanah di Cenggehan, Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul.

LANDASAN TEORI

Kajian kondisi geologi

Daerah penelitian berada pada zona Pegunungan Selatan bagian ujung barat di sebelah barat Subzona Baturagung, di Tinggian Gunung Sudimoro antara Patuk-Imogiri-Parangtritis. Morfologi Subzona Baturagung berelief kasar (10˚-30˚) dengan beda tinggi 200-700 meter serta dominan tersusun atas batuan asal gunungapi. Secara regional, batuan asal gunungapi bagian dari Formasi Nglanggeran yang tersusun dari breksi andesit, lava dan tuf (Rahardjo, et al., 1995). Daerah penelitian berada di perbukitan Giriloyo, Imogiri. Pada beberapa bagian tubuh perbukitan Giriloyo tersusun oleh batuan vulkanik berupa tuf dan basalt yang berumur Miosen Awal yang diduga bagian bawah dari Formasi Kebo/Butak (Mulyaningsih, et al., 2019).

Struktur geologi regional di daerah penelitian berupa persesaran berarah timurlaut baratdaya melalui tepi timur Terban, Bantul**.** Bentukan morfologi struktural merupakan produk pengangkatan di awal Plestosen (Hall et al., 2007). Batuan yang telah mengalami pelapukan lanjut dan hancur melalui rekahan struktur geologi, telah berubah menjadi tanah sebagai endapan Kuarter. Tanah tersebut di sepanjang Sungai Cengkehan pada lembah Giriloyo merupakan tanah laktosol sebagai hasil pelapukan batuan gunung api. Keberadaan tanah ini beserta batuan asalnya pada morfologi berelief terjal berpotensi longsor. Pada beberapa tebing telah mengalami longsor cukup besar pada musim hujan tahun 2019 (Rakhman et al., 2020).

Kajian sifat kimia tanah

Perubahan sifat fisika batuan oleh pelapukan kimia dapat mengubah komposisi mineral dan tekstur batuan. Perubahan-perubahan ini nampak pada perbedaan derajat pelapukan. Massa batuan melapuk, membentuk blok-blok material batuan di antara bidang diskontinu. Kecepatan pelapukan massa batuan dipengaruhi oleh faktor kimia dan fisika. Faktor kimia terkait unsur kimia mineral melalui komposisi mineralogi. Faktor fisika terkait hubungan antar mineral penyusun seperti misalnya hubungan yang saling mengunci (*interlocking*) melalui ragam tekstur dan struktur batuan. Kecepatan proses pembentukan tanah sangat tergantung kepada ukuran butir dari bahan induk tanah (Warmada & Titisari, 2004). Skala pelapukan dengan tingkatan derajat pelapukan atas karakteristik tekstur dan struktur batuan dapat diklasifikasikan melalui paramater perubahan warna, keberadaan rekahan, komposisi blok batuan dan tanah. Skala pelapukan terdiri 6 derajat pelapukan mulai bentukan batuan dasar hingga menjadi tanah residu dengan kode urutan dari I (batuan dasar), II, III, IV, V, dan VI (tanah residu) (Geological Society of London, 1990).

Pada batuan volkanik resen berukuran halus, yang kaya unsur hara

sangat mudah mengalami proses pembentukan tanah. Pada batuan-batuan tua yang telah mengalami kompaksi, proses pembentukan tanah berjalan sangat lambat. Perkembangan vegetasi sangat tergantung kepada kekayaan unsur hara pada tanah. Kecepatan perkembangan vegetasi tergantung kepada batuan induk yang menjadi tanah (Warmada & Titisari, 2004). Tanah hasil dari pelapukan batuan volkanik kaya akan unsur kimia yang mendukung tingkat unsur hara kesuburan tanah (Saptiningsih & Haryanti, 2015; Subardja, 2007).

Kajian kesuburan tanah dan rekayasa vegetasi tebing longsor

Tanah merupakan salah satu faktor pengontrol dari penyebab gerakan massa tanah dan ataupun batuan untuk siap bergerak menjadi longsoran. Selain tanah, terdapat faktor lainnya seperti geomorfologi, geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan yang mengontrol kondisi rentan longsor tersebut. Selanjutnya, tanah dapat dalam kondisi kritis longsor akibat pemicu berupa kondisi keairan yang terinfiltrasi ke dalam lereng, getaran ataupun aktivitas manusia (Karnawati, 2007). Secara umum, kondisi stratigrafi lereng di Jawa bagian selatan tersusun batuan breksi andesit yang telah mengalami pelapukan di bagian permukaannya. Produk pelapukannya berupa tanah lempung pasiran yang bersifat lepas dan relatif lebih porus daripada breksi andesit yang mengalasinya. Gerakan tanah dengan karakter tanah tersebut dapat dimitigasi dengan pemodelan vegetasinya (Karnawati, 2006).

Pemodelan vegetasi atau dikenal sebagai rekayasa vegetasi dapat dilakukan untuk penanganan bencana tanah longsor. Arahan vegetasi yang tepat, didasarkan atas kesesuaian sifat fisik tanah dan kondisi keairannya berikut kemiringan lereng (Azizi & Salim, 2015; Mulyono et al., 2017). Faktor ketinggian morfologi dimana vegetasi hidup dengan kemampuan akarnya dalam menahan erosi, sangat berperan dalam penanganan bencana tanah longsor (Riyanto, 2016). Faktor kesesuaian tipikal akar menjadi arahan rekayasa vegetasi, selain kemiringan lereng dan elevasinya. Atas penerapan parameter tersebut, arahan rekayasa vegetasi untuk penanganan longsor di lembah Sungai Cengkehan berupa Sono Keling (*Dalbergia pinnata*), Petai (*Parkia Speciosa*) dan *Aleurites Molusccana* (kemiri) (Rakhman, et al., 2020). Pertumbuhan vegetasi tingkat pohon tersebut di Imogiri mempunyai pola distribusi tidak merata dengan jumlah bervariasi sebagai akibat pengaruh aktivitas masyarakat (Nahdi, et al., 2014).

Tanaman memerlukan unsur hara yang cukup untuk kebutuhan hidupnya(Lingga & Marsono, 2008; Sartini, 2020; Sutejo, 1992; Turang & Wowiling, 2015). Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dibedakan menjadi unsur hara esensial dan non esensial. Unsur hara esensial yang makro adalah unsur hara yang penting dibutuhkan dalam jumlah yang banyak (konsentrasi 1000 mg/kg bahan kering). Unsur hara esensial makro adalah unsur Nitrogen (N), Fospor (P), Kalium (K). Jika tanaman tidak mendapatkan nutrisi unsur hara seperti yang dibutuhkan, maka tanaman tidak akan optimal dalam pertumbuhannya. Jika tanaman kekurangan unsur Nitrogen, maka pertumbuhan dan perkembangannya akan terhambat serta pembentukan klofofil juga akan terhambat. Gejala pada tanaman yang disebabkan kekurangan unsur Nitrogen adalah pertumbuhan menjadi kerdil, daun menjadi warna kuning. Efek kelebihan unsur Nitrogen adalah daun tanaman lebat, kualitas buah menurun (Hardjowigeno, 2015; Sartini, 2020). Unsur Fospor (P) berguna antara lain untuk pertumbuhan akar, membantu proses asimilasi dan mempercepat proses pembungaan. Unsur Kalium (K) bergunan untuk memperkuat tubuh tanaman agar bunga, daun dan buah tidak mudah gugur. Kalium juga menjadi kekuatan dalam menghadapi penyakit dan kekeringan (Lingga & Marsono, 2008; Sutejo, 1992; Turang & Wowiling, 2015).

Pertumbuhan vegetasi tidak lepas dari pengaruh kesuburan tanah oleh keberagaman kandungan mineral penyusun tanah (Noor, 2006). Kandungan mineral pada tanah tidak lepas dari hasil proses pelapukan batuan induk baik melalui pelapukan fisik maupun kimia. Parameter berupa ciri warna, tekstur, struktur, keasaman, bahan organik dan mineral hara, serta kandungan air tanah berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah. Sifat fisik tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air dan ketersediaan hara melalui fungsi kadar lengas tanah (Hasibuan, 2015; Notohadiprawiro et al., 2006). Karakteristik unsur kimia dan organik berupa keasaman, bahan organik dan mineral hara tanah dapat diketahui dari uji tanah yang dengan disesuaikan arahan Balai Penelitian Tanah

melalui prosedur SNI (Standar Nasional Indonesia) (Eviati & Sulaeman, 2009).

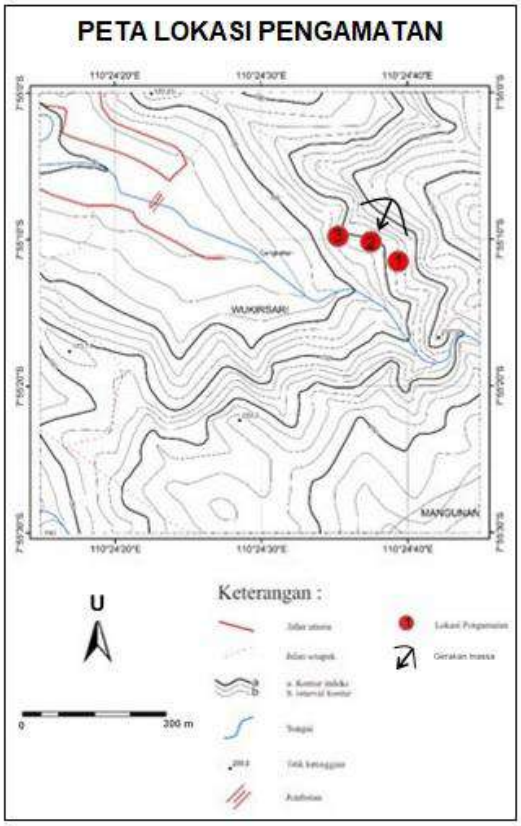
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tebing di 7° 55’ 10,85” LS dan 110° 24’ 38,06” BT terdapat longsoran. Longsoran tersebut berupa gerakan massa tipe luncuran (*slide*), dimana pada lokasi tersebut merupakan bagian tengah dari tubuh longsoran. Tubuh longsoran pada lokasi tersebut berdimensi dengan panjang 120 meter, lebar 80 meter dengan beda tinggi 90 meter, berarah longsor N230°E (Gambar 2).

Gambar 2. Tubuh longsoran tipe luncuran

Dari titik lokasi tersebut (LP 2) ke arah tenggara, N135°E sejauh 50 meter terdapat tebing sebagai lokasi pengamatan dan pengambilan sampel tanah (LP 1) pada posisi koordinat 7° 55’ 11,27” LS dan 110° 24’ 39,05” BT. Lokasi pengambilan sampel LP 3 dilakukan pada tebing dengan posisi koordinat 7° 55’ 10,24” LS dan 110° 24’ 35,59” BT, berjarak 80 meter ke arah barat laut, N310°E dari LP 2. Lokasi pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3.

Di LP 1 dan LP 3 dilakukan pengambilan sampel 3 sampel tanah dan batuan pada tiap titik lokasi pengamatan. Pengambilan sampel mengacu pada Geological Society of London (1990) atas dasar perbedaan derajat pelapukan meliputi ciri fisik berupa warna, struktur, tekstur dan mineral yang dijumpai pada lereng tebing. Pengambilan 3 sampel terdiri dari atas (tanah), tengah (kontak perubahan tanah dan batuan) dan bawah (material urai / tanah dari batuan yang lapuk). Jarak antar titik pengambilan sampel tanah dan batuan, rata-rata 1 meter secara vertikal pada profil tanah. Sampel tanah dipergunakan untuk analisis kimia akan kandungan unsur Nitrogen (N), Fospor (P), Kalium (K). Sampel batuan dipergunakan untuk analisis komposisi mineral melalui sayatan tipis petrografi.



Gambar 3. Lokasi pengamatan

Di tebing LP 1 dijumpai kontak profil derajat pelapukan tingkat II dengan VI. Kontak derajat pelapukan tingkat berada 3 meter vertikal dari dasar tebing. Pada profil derajat pelapukan tingkat II terdapat batuan perselang-selingan lava basalt dan breksi berfragmen basalt. Batuan dalam kondisi lapuk, dimana nampak perubahan warna mineral berupa kehadiran mineral klorit yang cukup melimpah sebagai pelapukan dari beberapa mineral piroksen yang masih dijumpai. Pada derajat pelapukan tingkat VI dijumpai mateial urai berupa tanah, dimana tanah telah mengalami transportasi tidak jauh dari batuan asalnya. Kenampakan tebing lokasi pengamatan dan lokasi pengambilan sampel di LP 1 dapat dilihat pada Gambar 4.

Di tebing LP 3 dijumpai kontak profil derajat pelapukan tingkat III dengan V secara kontras. Kontak derajat pelapukan tingkat berada 4,5 meter vertikal dari dasar tebing. Profil derajat pelapukan tingkat III terdiri *corestone* batuan beku basalt (60 – 70%) dimana antar *corestone* dibatasi rekahan yang telah tertembus akar. Pada derajat pelapukan tingkat V dijumpai massa batuan yang telah terdisintegrasi menjadi tanah (80 – 90%), dimana masih terdapat struktur massa yang asli sebagian masih utuh. Kenampakan tebing di LP 3 dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 4. Tebing bagian bawah di LP 1

Gambar 5. Tebing bagian atas di LP 3

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, terdapat beraneka macam tanaman di daerah perbukitan yang dimanfaatkan penduduk untuk pemenuhan kebutuhan hidup, sebatas untuk kebutuhan rumah tangga seperti kayu bakar dan makanan dari daun, buah dan umbi, beberapa juga dijumpai aktivitas penebangan pohon sonokeling untuk diambil kayunya. Semua tanaman di daerah penelitian hidup dan berkembang secara alamiah, tanpa peran pendayagunaan dari penduduk setempat. Kenampakan tanaman di daerah dapat dilihat pada Gambar 6. Menurut Lingga & Marsono (2008); Sartini (2020); Sutejo (1992); Turang & Wowiling (2015), tanaman dapat hidup dengan baik atas pemenuhan nutrisi yang berasal dari kandungan unsur hara pada tanah, terutama unsur N, P dan K.

Gambar 6. Sonokeling di daerah penelitian

Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa kandungan N berkisar 1605,59 hingga 11692,51 mg/kg, kandungan P berkisar 59,92 hingga 108,2 mg/kg dan kandungan K berkisar 4 hingga 192 mg/kg. (Tabel 1). Menurut Bachtiar (2020) dan Sartini (2020), besarnya kandungan N tersebut cukup untuk merangsang pertumbuhan dan memberi warna hijau pada daun. Dominasi unsur Nitrogen melebihi konsentrasi 1000 mg/kg bahan kering berpotensi daun tanaman akan lebat dengan kualitas buah menurun. Kandungan P dan kandungan K tersebut cukup untuk perkuatan tubuh tanaman mulai akar, batang, bunga dan buah (Lingga & Marsono, 2008; Sutejo, 1992; Turang & Wowiling, 2015). Kandung unsur N dan P dapat disuplai dari daun yang jatuh ke permukaan tanah dan secara kimia dapat terurai menjadi sumber hara organik (Saptiningsih & Haryanti, 2015; Mangalassery et al., 2019).

Tabel 1. Kandungan N,P,K dan kadar lengas

No	Lokasi Pengamatan (LP)	N (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Kadar lengas(%)
1	LP 1 A	1605,59	395	192	10,61
2	LP 1 Tengah	4062,97	100,8	91	9,97
3	LP 1 Bawah	11692,51	68,3	37	6,66
4	LP 3 Atas	6312,98	108,2	31	9,15
5	LP 3 Tengah	3706,93	59,92	4	2,73
6	LP 3 Bawah	3184,96	79,16	17	10,40

Sumber: Hasil penelitian

Keberadaan unsur K (potasium) tersebut tidak lepas dari keberadaan mineral plagioklas (labradorit). Kandungan unsur kimia tanah tidak lepas dari sifat kimia mineral batuan asalnya melalui proses pelapukan (Eggleton, et al., 1987; Noor, 2006). Proses pelapukan tersebut juga nampak pada ciri fisik tanah yang berwarna merah karat akibat pelapukan dari mineral mafik penyusun basalt yaitu piroksen dan

olivin yang kaya akan unsur Fe (besi). Pelapukan oleh proses oksidasi tersebut dapat terbentuk melalui zona struktur rekahan atau kekar batuan (Rakhman et al., 2018; Widiarso et al., 2019). Pelapukan tersebut merupakan produk proses oksidasi sebagai bagian dari interaksi hubungan antara air dan oksigen yang terkandung pori tanah dan celah rekahan pada batuan. Hubungan interaksi ini nampak nilai kadar lengas yang berkisar antara 2,73 hingga 10,61%, dimana nilai tersebut cukup untuk mendukung kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air dan ketersediaan hara melalui fungsi kadar lengas tanah (Hasibuan, 2015; Notohadiprawiro et al., 2006).

Pada LP 1 terdapat kecenderungan peningkatan nilai kadar lengas dari 6,66 ke 10,61 yang berangsur secara vertikal ke atas didukung oleh sifat urai tanah pada bagian atas terdapat profil derajat pelapukan tingkat VI dan keberadaan batuan asalnya yang masih dijumpai pada derajat pelapukan tingkat II di tebing bagian bawah. Pada LP 3, nilai kadar lengas bagian bawah tebing 10,40% yang cenderung lebih besar daripada tebing bagian atasnya 2,73% dan 9,15%. Hal ini diinterpretasikan akibat pengaruh keberadaan pelapukan yang intensif pada *corestone* dan bidang rekahannya di bagian bawah tebing. Keberadaan sifat fisik tanah dan rekahan batuan tersebut tidak lepas dari ciri fisik dari profil derajat pelapukannya (Geological Society of London, 1990).

Arahan rekayasa penanaman vegetasi di daerah penelitian yaitu *Dalbergia pinnata* (sonokeling) dan *Parkia speciosa* (petai) untuk kemiringan lereng antara 21 hingga 40%; sedangkan *Aleurites moluccana* (kemiri) untuk kemiringan lereng di atas 40% (Rakhman, et al., 2020). Berdasarkan kandungan N, P dan K tersebut maka optimalisasi rekayasa penanaman vegetasi lebih mengarah ke peran daun dengan didukung perkuatan akarnya. Keberadaan daun yang rontok dan jatuh ke permukaan tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas tukar kation dan menambah bahan unsur hara sehingga kesuburan dan produktivitas lahan ekologis vegetasi pengendalian longsor, dapat ditingkatkan (Septiningsih dan Haryanti, 2015). Daun vegetasi tersebut dapat berperan dalam stabilisasi lereng melalui mekanisme secara hidrologi, dimana daun-daunan memotong hujan, menyebabkan hilangnya absorpsi dan transpirasi yang mereduksi air hujan untuk berinfiltrasi ke tanah (Riyanto, 2016).

KESIMPULAN

Kesuburan tanah di daerah penelitian dipengaruhi oleh keberadaan kandungan N berkisar 1605,59 hingga 11692,51 mg/kg, kandungan P berkisar 59,92 hingga 108,2 mg/kg dan kandungan K berkisar 4 hingga 192 mg/kg. Kandungan N, P dan K tanah sebagai hasil pelapukan batuan asalnya dengan derajat pelapukan tingkat II, III, V dan VI. Kesuburan tanah tersebut mendukung rekayasa vegetasi melalui peran kelebatan daun dengan didukung perkuatan akarnya. Peranan ini dipengaruhi oleh kandungan N yang dominan, terutama di bagian profil derajat pelapukan tingkat V dan VI. Penggunaan *Dalbergia pinnata* (sonokeling) berkombinasi dengan *Parkia speciosa* (petai) dan *Aleurites moluccana* (kemiri) sebagai bagian arahan rekayasa vegetasi dapat direkomendasikan untuk dilakukan guna mengurangi resiko longsoran di daerah peneltian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala LPPM IST AKPRIND atas bantuan administrasi dan pendanaan untuk kelancaran kegiatan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ziqri Muhamad Iqbal, Bayu Ade Septyawan, Tiar Priambodo, Kelvin Cendana Taunu, Rikardus Riki Seran, mahasiswa di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND atas dukungannya dalam membantu proses pekerjaan lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Azizi, A., & Salim, M. A. (2015). Kajian Pengendalian Longsor Secara Vegetatif di Desa Binangun Kecamatan Banyumas. *Techno*, *16*(2), 63–69.

Bachtiar, B. (2020). Karakteristik Sifat Kimia Tanah di BawahTegakan Uru (Elmerrillia ovalis) dan Tegakan Mahoni (Swietenia macrophylla) di Kelurahan Sa'dan Matallo, Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara. *Bioma*, *5*(1), 88–94.

Eggleton, R.A., Foudoulis, C and Varkevisser, D. (1987). Weathering of basalt: changes in rock chemistry and mineralogyle. *Clays and Clay Minerals*, *35*(3), 161–169.

Eviati, & Sulaeman. (2009). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk* (B.H. Prasetyo, D. Santoso, & L. R. Widowati (eds.); 2nd ed.). Balai Penelitian Tanah.

Geological Society of London. (1990). Tropical Residual Soils: Geological Society

Engineering Group Working Party Report on The Logging of Cores for Engineering Purposes. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, *23*(1), 4–101.

Hall, R., Clements, B., Smyth, H. R., & Cottam, M. A. (2007). A New Interpretation of Java's Structure. *In: Indonesian Petroleum Association, Proceedings 31st Annual Convention*, 63–86.

Hardjowigeno, S. (2015). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo.

Hasibuan, A. S. Z. (2015). Pemanfaatan Bahan Organik dalam Perbaikan Beberapa Sifat Tanah Pasir Pantai Selatan Kulon Progo. *Planta Tropika Journal of Agro Science*, *3*(1), 31–40. https://doi.org/10.18196/pt.2015.037.31-40

Indriana, R. D. (2008). Analisis Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik. *Berkala Fisika*, *11*(3), 89–96. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/2974

Irayani, Z., Permanajati, I., Haryadi, A., Wihantoro, & Azis, A. N. (2016). Investigasi Bidang Gelincir Tanah Longsor Dengan Metode Tahanan Jenis dan Pengujian Sifat Plastisitas Tanah (Studi Kasus di Bukit Pawinihan, Sijeruk, Banjarmangu, Banjarnegara). *Dinamika Rekayasa*, *12*(2), 53–57. https://media.neliti.com/media/publications/58346-ID-investigasi-bidang-gelincir-tanah-longso.pdf

Karnawati, D. (2006). Pengaruh Kondisi Vegetasi dan Geologi Terhadap Gerakan Tanah Dengan Pemicu Hujan. *Media Teknik*, *XXVIII*(3), 12–22. http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/detail.php?dataId=3464

Karnawati, D. (2007). Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempabumi; Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik. *Dinamika Teknik Sipil*, *7*(2), 179–190. https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/125/12_%20-%20Dwikorita.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lingga, P., & Marsono. (2008). *Petunjuk Penggunaan Pupuk* (26th ed.). Swadaya. https://books.google.co.id/books?id=hmWug2ALR0sC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false

Mangalassery, S., Kalaivanan, D., & Philip, P. S. (2019). Effect of Inorganic Fertilisers and Organic Amendments on Soil Aggregation And Biochemical Characteristics in A Weathered Tropical Soil. *Soil & Tillage Research*, *187*, 144–151. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.008

Mulyaningsih, S., Muchlis, Heriyadi, N. W. A. A. T., & Kiswiranti, D. (2018). Potensi Alam di Daerah Giriloyo, Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten BAntul: Laboratorium Alam bagi Pembelajaran Geologi Gunung Api Purba. *Jurnal Riset Daerah*, *XVII*(3), 3167–3181. https://jrd.bantulkab.go.id/?p=1534

Mulyaningsih, S., Muchlis, Heriyadi, N. W. A. A. T., & Kiswiranti, D. (2019). Volcanism in The Pre-Semilir Formation at Giriloyo Region; Allegedly as Source of Kebo-Butak Formation in the Western Southern Mountains. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, *4*(3), 217–226.

Mulyono, A., Subardja, A., Ekasari, I., Lailati, M., Sudirja, R., & Ningrum, W. (2017). The Hydromechanics of Vegetation for Slope Stabilization. *Global Colloquium on GeoSciences and Engineering*, 1–6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012038

Nahdi, M. S., Marsono, D., Djohan, T. S., & Baequni, M. (2014). Struktur Komunitas Tumbuhan dan Faktor Lingkungan di Lahan Kritis, Imogiri Yogyakarta. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, *21*(1), 67–74.

NBRO. (2019). *Guidance Document on The Use of Nature Based Solutions for Landslide Risk Reduction*. Asian Disaster Preparedness Center (ADPC) Thailand.

Noor, D. (2006). *Geologi Lingkungan* (1st ed.). Graha Ilmu.

Notohadiprawiro, T., Soekodarmodjo, S., & Sukana, E. (2006). Pengelolaan Kesuburan Tanah dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan. In *Ilmu Tanah* (pp. 1–19). Universitas Gadjah Mada.

Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*.

Rakhman, A. N., Muchlis, & Septyawan, B. A. (2020). Rekayasa Vegetasi Untuk Konservasi Lahan Rawan Longsor di Lembah Sungai Cengkehan, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, *12*(2), 93–101.

Rakhman, A. N., Zakaria, Z., Muslim, D., Haryanto, I., & Mulyaningsih, S. (2018). Modification of Rock Mass Classification in The Rock Slope Platy Jointed Andesite at Seloharjo Area. *International Journal of GEOMATE*, *16*(53), 163–170.

https://doi.org/https://doi.org/10.21660/2018.53.32848

Raut, R., & Gudmestad, O. T. (2017). Use of Bioengineering Techniques to Prevent Landslides in Nepal for Hydropower Development. *Int. J. of Design & Nature and Ecodynamics*, *12*(4), 418–427. https://doi.org/10.2495/DNE-V12-N4-418-427

Riyanto, H. D. (2016). *Rekayasa Vegetatif untuk Mengurangi Risiko Longsor*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

Saptiningsih, E., & Haryanti, S. (2015). Kandungan Selulosa dan Lignin Berbagai Sumber Bahan Organik Setelah Dekomposisi pada Tanah Latosol. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, *23*(2), 34–42.

Sartini. (2020). *Mengenal Pupuk Nitrogen dan Fungsinya Bagi Tanaman*. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa Kementerian Pertanian. http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=1571&Itemid=5

Subardja, D. (2007). Karakteristik dan Pengelolaan Tanah Masam dari Batuan Volkanik untuk Pengembangan Jagung di Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, *25*, 59–68.

Sutejo, M. M. (1992). *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. https://books.google.co.id/books?id=63TgnQEACAAJ

Thong, N. H., & Karnawati, D. (2013). *Development of Slope Mass Stability Assessment In Tropical Region Around Jatigede Dam Project, Sumedang Regency, West Java, Indonesia* [Universitas Gadjah Mada]. https://repository.ugm.ac.id/id/eprint/122674

Turang, A. C., & Wowiling, J. (2015). *Kegunaan Unsur-unsur Hara bagi Tanaman*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara. http://sulut.litbang.pertanian.go.id/index.php/publikasi/80-publikasi/leaflet/582-kegunaan-unsur-unsur-hara-bagi-tanaman

Warmada, I. W., & Titisari, A. D. (2004). *Agromineralogi (Mineralogi untuk Ilmu Pertanian)*. Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM.

Widiarso, D. A., Suprapto, R. E., Winarno, T., & Rakhman, A. N. (2019). Hubungan Keterdapatan Batuan Kalk Silikat pada Endapan Porfiri Cu-Au Batu Hijau, Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Teknologi*, *12*(2), 146–152. https://doi.org/https://doi.org/10.3415/jurtek.v12i2.2699

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK GULA DENGAN METODE *STATISTICAL PROCESSING CONTROL* (SPC) DAN *FAILURE MODE AND EFECT ANALYSIS* (FMEA)

Joko Susetyo[1], Muhammad Yusuf [2], Jezry Geriot[3]
[1, 2,3]Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & teknologi AKPRIND Yogyakarta
E-mail : joko_sty@akprind.ac.id[1], yusuf@akprind.ac.id[2], jezry4321@yahoo.com[3]

ABSTRACT

PT Madubaru, a company engaged in sugarcane processing, is a sugar and spritus factory located in the Yogyakarta region. Companies that produce sugar cane with SHS IA quality. Product defects are often found, resulting in a decrease in quality, therefore quality control is necessary.
The statistical processing control (SPC) method is used to analyze product defects to determine whether product defects are still within controlled limits, while the failure mode and effect analysis (FMEA) method is used to determine the failure mode in sugar production.
Based on the identification results, the types of defects are obtained: gravel, melted sugar, wet scrap sugar, inappropriate color, dirty and ash. The total defect is 3041 kg. The causes of production defects are from these 5 factors, namely: human factors, work methods, environment, raw materials and machines used. Failure modes that often occur are non-standard sugar crystal size (BJB greater than 1.10 mm) with an RPN value of 308, refined sugar (ash sugar) with an RPN value of 274.
Keywords*: failure mode and effect analysis (FMEA), quality control, statistical processing control (SPC),*

INTISARI

PT Madubaru, perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan tebu, merupakan pabrik gula dan spritus yang berada di wilayah Yogyakarta. Perusahaan yang memproduksi gula tebu dengan kualitas SHS IA. Sering ditemukan kecacatan produ, sehingga mengakibatkan penurunan kualitas, oleh sebab itu perlu dilakukan pengendalian kualitas.
Metode *statistical processing control* (SPC) digunakan untuk menganalisis kecacatan produk untuk mengetahui apakah kecacatan produk masih dalam batas terkendali atau tidak, sedangkan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) digunakan untuk mengetahui *mode* kegagalan dalam produksi gula.
Berdasarkan hasil identifikasi didapat jenis kecacatan: krikilan, *melasses sugar*, *scrap sugar* basah, warna tidak sesuai, kotor dan abu. Jumlah kecacatan sebesar 3041 kg. Penyebab terjadinya kecacatan produksi dari 5 faktor tersebut, yaitu: faktor manusia, metode kerja, lingkungan, bahan baku serta mesin yang digunakan. *Mode* kegagalan yang sering terjadi adalah ukuran kristal gula tidak sesuai standar (BJB lebih besar dari 1,10 mm) dengan nilai RPN 308, Gula halus (Gula abu) dengan nilai RPN 274.
Kata Kunci: f*ailure mode and efect analysis* (FMEA), pengendalian kualitas, s*tatistical processing control* (SPC),

PENDAHULUAN

Pengaruh produk rusak pada perusahaan berdampak pada biaya kualitas, *image* perusahaan dan kepuasan konsumen. Semakin banyak produk rusak yang dihasilkan maka semakin besar pula biaya kualitas, hal ini dikarenakan adanya tindakan inpeksi, *rework*. Semakin banyak produk yang rusak maka *image* perusahaan akan semakin turun, menurut penilaian konsumen suatu perusahaan dikatakan baik apabila menghasilkan produk yang berkualitas serta memberikan kepuasan terhadap konsumen.

PT. Madubaru merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan tebu, yang memiliki dua buah pabrik yaitu pabrik gula (PG) dan Pabrik Spritus (PS) Madukismo merupakan Pabrik Gula dan Spritus. Hasil gilingan pada tahun 2016 tidak mencapai target awal produksi gula ditarget 39.233 ton

tetapi tercapai 32.326,35 ton, tidak tercapainya target awal produksi diakibatkan remandemen bahan baku menurun dan tingkat kecacatan yang terjadi diproses produksi masih mencapai 3,4% sedangkan standar kecacatan maksimal yang ditentukan oleh perusahaan adalah 1,5% dan dari P3GI nol (*Zero defect*), jenis kecacatan yang sering terjadi pada saat proses produksi adalah gula basah, krikilan dan gula halus (abu). Dampak dari penurunan kualitas produk, Perusahaan mendapat respon yang kurang baik dari konsumen. Perusahaan mengalami penurunan keuntungan. Biaya kualitas semakin tinggi dan biaya inspeksi produk meningkat.

Sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan di atas perlu dilakukan pengendalian kualitas produk gula. Metode pengendalian kualitas yang digunakan, yaitu: *Statistical Process Control* (SPC) dan *Failure Mode and Efect Anayisis* (FMEA). Tujuan dari pengendalian kualitas ini adalah untuk mengurangi tingkat kegagalan produk gula yang dihasilkan pada proses produksi sehingga dapat menghasilkan produk yang berkualitas.

METODE PENELITIAN

Objek yang diteliti di bagian proses produksi pada gula Kristal putih. Metode yang digunakan yaitu *statistical processing control* (SPC) untuk mengetahui jenis, sebab akibat dan mengetahui produk cacat gula di PG. Madukismo, sedangkan *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan disetiap proses produksi dan memberikan usulan perbaikan berdasarkan nilai RPN agar dapat meminimalisasi keecacatan produk. Data primer diperoleh melalui studi lapangan, penelitian langsung dan interview yang meliputi: pengambilan data proses produksi dibagian pabrikasi, data jumlah produk dan jumlah produk cacat di bagian stasiun penyelasaian proses akhir dari proses produksi.

1. Kualitas (*Quality*)

Menurut Vincent Gaspersz (2005), kualitas adalah totalitas dari karakteristik suatu produk yang menunjang kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dispesifikasikan atau ditetapkan. Sedangkan menurut Douglas C. M (1990), Kualitas menjadi faktor dasar keputusan konsumen dalam pemilihan produk dan jasa. Hal ini tanpa membedakan apakah konsumen itu perorangan, kelompok industri, program pertahanan militer, atau toko pengecer. Akibatnya, kualitas adalah faktor kunci yang membawa keberhasilan bisnis, pertumbuhan dan persaingan.

2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan salah satu teknik yang perlu dilakukan mulai dari sebelum proses produksi berjalan, pada saat proses produksi hingga proses produksi menghasilkan produk akhir. Pengertian pengendalian menurut (Gasperz, 2005) pengendalian kualitas adalah teknik dan aktivitas oprasional yang digunakan untuk memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Menurut Gasperz mengatakan bahwa pengendalian kualitas adalah: "*Quality control is the oprational techniques and activites used to fulfil requiremets for quality*." Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pengendalian kualitas suatu teknis dan aktivitas atau tindakan yang terencana yang dilakukan untuk mencapai, mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk dan jasa agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi keinginan konsumen.

a. Tujuan Pengendalian Kualitas
   Tujuan pengendalian kualitas adalah menekan atau mengurangi volume kesalahan, memperbaiki, menjaga atau menaikan kualitas sesuai standar mengurangi keluhan konsumen, memungkinkan penjelasan luaran (*output grading*), dan menaikan atau menjaga *compeny image* (Yamit, 2010).
b. Faktor Faktor Pengendalian Kualitas
   Menurut (Montgomery, 2001) dan berdasarkan beberapa literatur lain menyebut bahwa faktot-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas antara lain:
   1) Kemampuan proses, batas-batas yang ingin dicapai harus disesuaikan dengan proses yang ada.
   2) Spesifikasi yang berlaku, spesifikasi hasil produksi yang ingin dicapai harus dapat berlaku, bila ditinjau dari kemampuan proses dan keinginan atau kebutuhan konsumen yang ingin dicapai dari produksi tersebut.

3) Tingkat ketidak sesuaian yang dapat diterima, tujuan dilakukan pengendalian suatu proses dapat mengurangi produk yang berada di bawah standar seminimal mungkin.
4) Biaya kualitas sangat mempengaruhi tingkat pengendalian kualitas dalam menghasilkan produk, dengan biaya kualitas mempunyai hubungan yang positif dengan dihasilkannya produk yang berkualitas.

3. Produk Rusak atau Cacat

Menurut (Hansen and Mowen, 2001) produk rusak atau cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini berarti tidak sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan.

4. Alat Bantu Dalam Pengendalian Kualitas

a. *Statistical Processing Control* (SPC)

SPC mempunyai tujuh alat-alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas yaitu: c*heck sheet, histogram, control chart*, diagram pareto, diagram sebab akibat, *scatter diagram* dan diagram proses.

1) Lembar pemeriksaan (*Check Sheet*) adalah suatu lembar pemeriksaan merupakan alat pengumpul dan penganalisis data yang disajikan dalam bentuk tabel yang berisi data jumlah barang yang diproduksi dan jenis ketidak sesuaian beserta dengan jumlah yang dihasilkan.
2) Histogram adalah suatu alat yang membantu untuk menentukan variasi dalam proses. Berbentuk diagram batang yang menunjukan tabulasi dari data yang diatur berdasarkan ukurannya. Tabulasi data ini umumnya dikenal dengan distribusi frekuensi.
3) Peta kendali p (p *chart*) adalah peta kendali yang menganalisis data digunakan peta kendali p (peta kendali proporsi kerusakan) sebagi alat untuk mengendalikan proses secara statistik. Penggunaan peta kendali p ini adalah dikarenakan pengendalian kualitas yang dilakukan bersifat atribut, serta data yang diperoleh dijadikan sampel antar produk yang mengalami kerusakan tersebut tidak dapat diperbaiki sehingga harus ditolak (*reject*). Adapun langkah-langkah dalam membuat peta kendali p sebagai berikut (Heizer and Berry, 2006):

a) Menghitung Presentase kerusakan

$$p = \frac{np}{n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:
np = Jumlah gagal dalam sub group
n = Jumlah yang diperiksa dalam sub group

b) Garis Pusat/*Center Line* (CL)

$$\mathrm{CL} = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:
$\sum np$ = Jumlah total yang rusak
$\sum n$ = Jumlah total yang diperiksa

c) Batas Kendali Atas/*Upper Control Limit* (UCL)

$$UCL = \bar{P} + 3\left(\frac{\sqrt{\bar{p}\,(1-\bar{p})}}{n}\right) \dots\dots (3)$$

Keteranga :
$\bar{p}$ = Rata-rata kerusakan produk
n = Jumlah produksi/group

d) Batas Kendali Bawah/*Lower Control Limit* (LCL)

$$LCL = \bar{P} - 3\left(\frac{\sqrt{\bar{p}\,(1-\bar{p})}}{n}\right) \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:
$\bar{p}$ =Rata-rata kerusakan produk
n =Jumlah produksi
jika LCL <0 dianggap = 0

4) Pareto diagram membantu pihak manajemen mengidentifikasi area kritis (area yang paling banyak mengakibatkan masalah) yang membutuhkan perhatian lebih dengan cepat. Diagram tersebut juga mengidentifikasi hal yang penting, serta alternatif pemecahan yang akan membawa perbaikan secara substansial dalam kualitas. Diagram ini juga memberikan pedoman dalam menempatkan sumber-sumber yang terbatas untuk aktivitas pemecahan masalah. Dengan penggunaan diagram pareto, maka permasalahan akan disusun dalam suatu "kepentingan" yang mengarah pada efek finansial dan

permasalahan atau jumlah yang relatif dengan kejadian dalam permasalahan. Langkah-langkah dalam pembuatan Diagram Pareto menurut (Mitra,1993) dan (Besterfield ,1998), yaitu :

5) Diagram sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*) biasa disebut juga diagram tulang ikan (*Fishbone Diagram*) dan berguna untuk memperlihatkan faktor-faktor utama yang berpengaruh pada kualitas dan mempunyai akibat pada masalah yang kita pelajari. selain itu juga dapat melihat faktor-faktor yang lebih terperinci yang berpengaruh dan mempunyai akibat pada faktor utama tersebut yang didapat diliat pada panah-panah yang berbentuk tulang ikan.

b. *Failure Mode and Efect Analysis* (FMEA)

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin *mode* kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu *mode* kegagalan apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Menurut (Chrysler, 1995), elemen-elemen FMEA adalah sebagai berikut:

1) Mode kegagalan merupakan suatu kemungkinan kecacatan terhadap setiap proses.
2) Tingkat keparahan (*Severity S*) adalah penilaian keseriusan efek dari bentuk kegagalan potensial.
3) Kejadian (*Ocurance O*) adalah sesering apa penyebab kegagalan spesifik dari suatu proyek tersebut terjadi.
4) Deteksi (*Detection D*) adalah merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan.
5) Nomor Perioritas Resiko *Risk Priority Number* (RPN) adalah merupakan angka perioritas resiko yang didapatkan dari perkalian *Severity*, *Ocurance* dan *Detection*. **RPN = S*O*D.**
6) Tindakan yang direkomendasikan (*Recommended Action*) setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPN, maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN yang tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan alat bantu *statistical processing control* (SPC) dan *Failure mode and Efect Analysis* (FMEA) mengikuti urutan sebagai berikut:

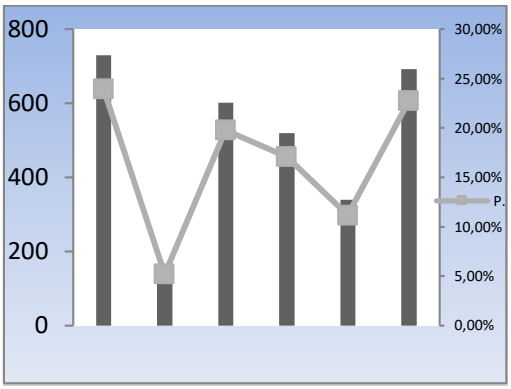
1. *Statistical Processing Control* (SPC)

a. *Check sheet*

Dari hasil pengolahan maka terlihat bahwa jumlah produksi yang diolah melalui *check sheet* dapat diketahui bahwa jumlah produksi PG. Madukismo pada tanggal 13 Agustus sampai dengan 17 September 2018 sebesar 2798300 kg dan jumlah kecacatan produk sebesar 3041 kg dan presentase kecacatan sebesar 3,069% rata-rata kecacatan per hari 0,109%.

b. Histogram

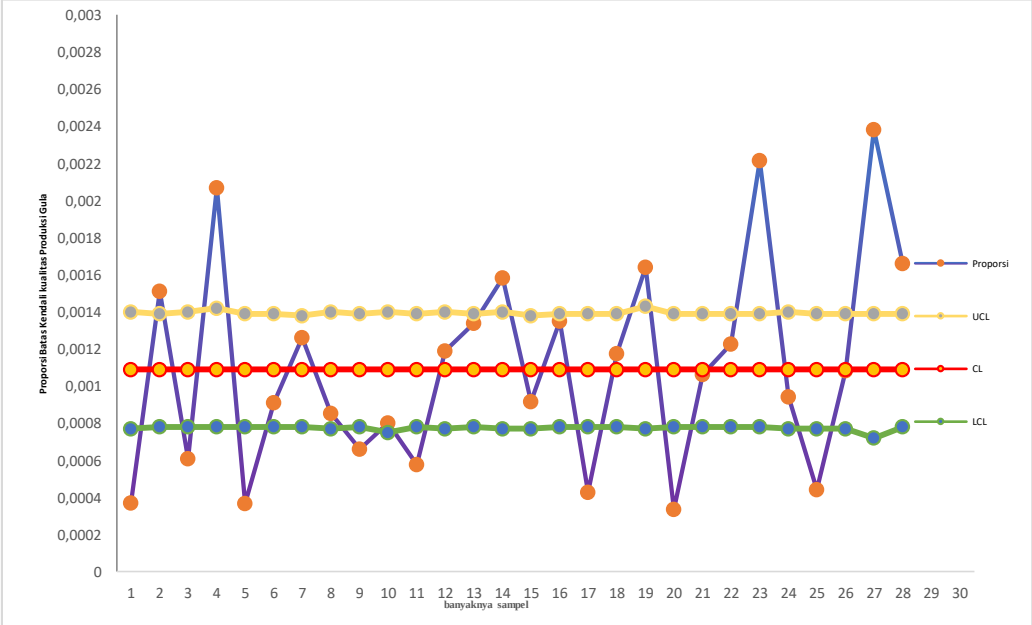
Dari data jumlah dan jenis cacat di PG. Madukismo diketahui jumlah kecacatan selama pengamatan sebesar 3041 Kg, dan jenis kecacatan yang terjadi antara lain jenis cacat krikilan sebesar 729 kg, jenis cacat *melases sugar* sebesar 158 kg, jenis cacat *scrap suger* basah sebesar 602 kg, jenis cacat warna tidak sesuai sebesar 520 kg, jenis cacat gula kotor sebesar 340 kg dan jenis cacat gula abu sebesar 692 kg. Proporsi presentase kerusakan setiap jenis kecacatan krikilan sebesar 23,128%, *malases sugar* sebesar 5,399%, *scrap sugar* basah sebesar 19,036%, warna tidak sesuai sebesar 17,771%, kotor sebesar 11,619% dan berdebu sebesar 22,043%. Dapat dilihat kecacatan yang paling dominan adalah krikilan, abu dan gulah basah.



Gambar 1. Histogram Jenis Cacat Gula

c. Peta Kendali p (p *Chart*)

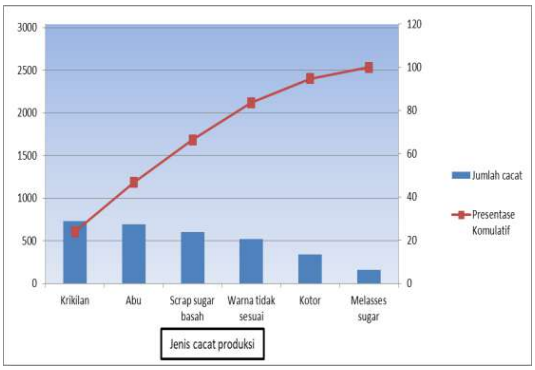
Alat bantu statistik dengan peta kendali p digunakan untuk mengidentifikasi banyaknya kualitas produk yang berada di luar batas kendali. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 2, yang memperlihatkan bahwa titik yang berada di luar batas kendali sangat tinggi dan tidak beraturan, pada peta kendali p (*p chart*) dapat dilihat masih banyak data yang keluar dari batas kendali. Ada 13 sampel yang masih berada di dalam batas kendali (*lower conrol limit*) yaitu pada data nomor 6, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 22, 24 dan 26. sampel yang berada di luar batas kendali atas (2, 4, 14, 19, 23, 27 dan 28), sedangkan sampel yang berada di luar batas kendali bawah data nonor (1, 3, 5, 9, 11, 17, 20 dan 25), sehingga dapat dikatakan bahwa proses tidak terkendali. Hal tersebut menunjukan tejadi penyimpangan yang cukup tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi di bagian produksi gula berada dalam keadaan tidak terkendali atau masih banyak mengalami penyimpangan.



Gambar 2. Grafik pengendalian kualitas gula.

d. Diagram Pareto

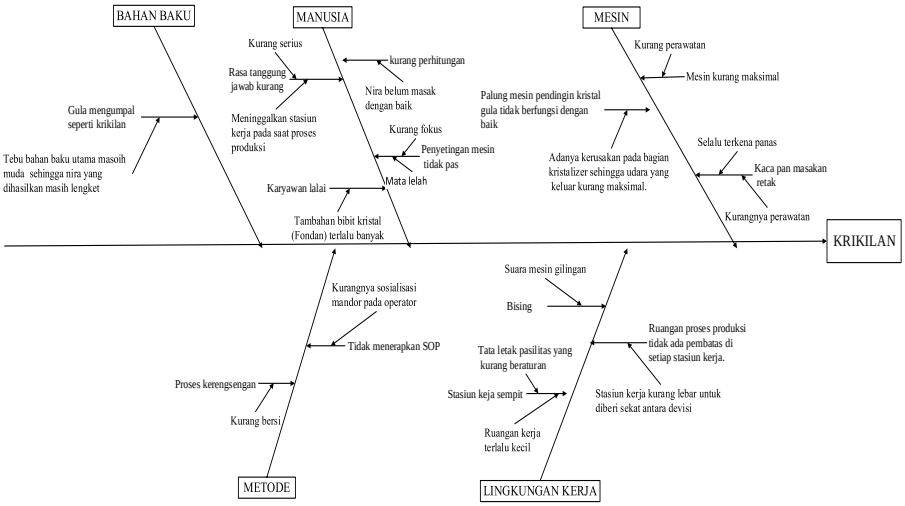
Hasil pengamatan dari bulan Agustus sampai dengan bulan September 2018 maka jenis cacat yang dominan adalaj jenis cacat krikilan dengan presentase 24%. Diagram pareto di atas perbaikan dapat dilakukan dengan memfokuskan pada jenis cacat terbesar yaitu jenis cacat krikilan. Hal ini dikarenakan jenis cacat krikilan mendominasi sekitar 24% dari total kerusakan yang terjadi pada produk gula maka perlu dilakukan perbaikan dengan tujuan dapat meminimalisasi kecacatan produk gula.



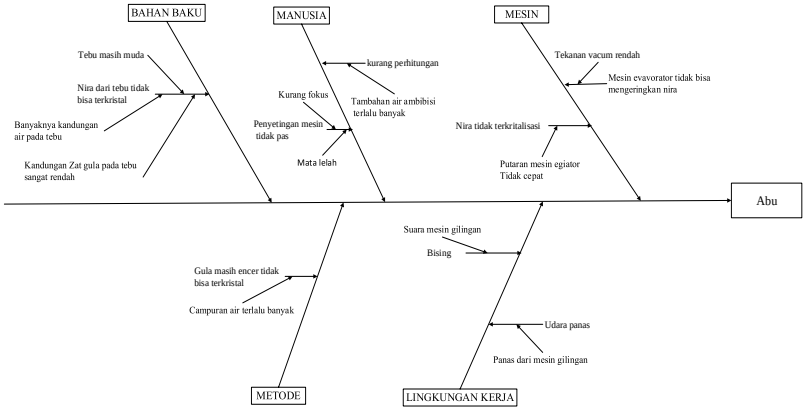
Gambar 3. Diagram pareto jenis cacat gula

e. Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)
Diagram sebab akibat ini digunakan untuk melihat permasalahan yang dihadapi dengan kemungkinan penyebabnya serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi dan menjadi penyebab kerusakan produk secara umum dapat digolongkan menjadi lima macam yaitu: manusia (*man*), bahan baku (*material*), mesin (*machine*), metode (*method*), lingkungan (*environment*):

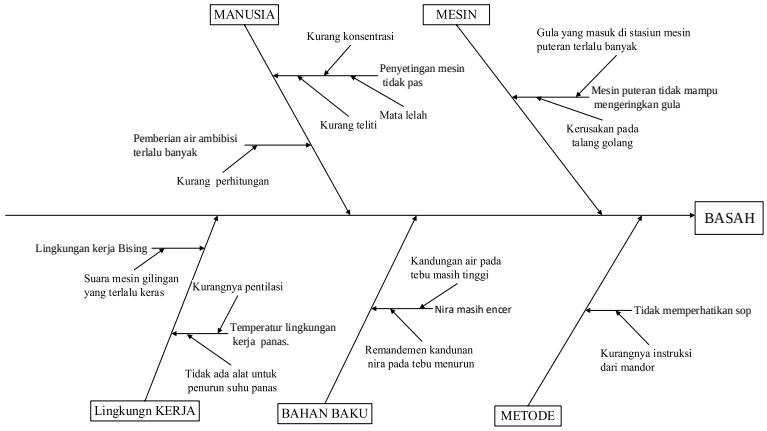
1). Manusia: rasa tanggung jawab kurang, kurang perhitungan, penyetingan mesin tidak pas dan karyawan lalai.
2). Mesin: mesin puteran tidak mampu mengeringkan gula, mesin kurang maksimal, kaca pan masakan retak dan palung mesin pendingin kristalisasi kurang berfungsi dengan baik.
3). Bahan baku: tebu masih mengandung kadar air yang tinggi dan tebu masih muda.
4). Lingkungan: bising, ruangan sempit dan suhu udara panas.
5). Metode: proses kerengsengan kurang bersih dan karyawan kurang memperhatikan SOP dalam proses produksi.



Gambar 4. Fisbone diagram jenis cacat krikilan



Gambar 5**.** Fisbone jenis cacat abu



Gambar 6. Fisbone jenis cacat basah

2. ***Failure Mode and Efect Analysia*** **(FMEA)**

Berdasarkan diagram nilai dan frekuensi RPN didapatkan mode kegagalan yaitu BJB Kristal gula lebih dari 1,10 mm, gula halus (Abu) dan gula basah mempunyai tinggkat kegagalan yang tinggi dan sering terjadi di bagian proses produksi. Dampak yang ditimbulkan dari ketiga *mode* kegagalan ini, sangat berpengaruh besar terhadap penurunan kualitas produk gula di PG, Madukismo. Hal ini menandakan bahwa pada proses pembuatan gula kristal putih terdapat *mode* kegagalan yang harus dilakukan perbaikan.

Tabel 1. FMEA dengan RPN Sudah diurutkan

No	Mode kegagalan	Komponen proses	S	O	D	RPN
1	Ukuran kristal gula tidak sesuai standar (BJB lebih besar dari 1,10 mm)	Operator	2	7	6	308
		Stasiun puteran	4	7	8	
2	Gula terlalu halus (Abu)	Operator	2	8	4	274
		Stasiun Puteran	3	7	6	
		Tekanan vacum	2	7	6	
3	Kadar kandungan air pada gula masih banyak	Operator	3	7	6	234
		Proses kristalisasi	3	6	6	

Tabel 2. Usulan Perbaikan Berdasarkan Tabel FMEA

No	Mode kegagalan	Penyebab kegagalan	Usulan perbaikan
1	Ukuran kristal gula tidak sesuai standar (BJB lebih besar dari 1,10mm)	Kurang cermat dalam memasang peralatan kerja.	Perusahaan sebaknya menambah satu bagian kerja baru, misalnya bagian *Quality control (QC)* khusus untuk mengontrol pemasangan peralatan kerja dalam proses produksi.
		Saluran *vacun* lambat dibuka	Memberikan *reward* dan *punishment* kepada karyawan dengan tujuan memberi motivasi kepada karyawan agar dapat bekerja dengan baik dan dengan *punishment* maka karyawan bertindak hati-hati dalam bekerja.
		Stasiun puteran tidak mampu mengeringkan gula secara maksimal.	Perlu dilakukan pengawasan dan sebelum proses produksi dilakukan pengecekan setiap mesin proses produksi dilakukan.
2	Kadar kandungan air pada gula masih tinggi	Air yang tercampur nira tidak dikeluarkan maksimal	Perlu ketelitian operator dan pengecekan kadar air yang tercampur dengan nira sehingga tidak menghasilkan gula basah.
		Tidak cermat dalam melakukan penyetelan pada pan masakan sehingga uap air yang dikeluarkan tidak masimal	Perlu ada pelatihan utuk operator dalam mengatur dan melakukan penyetelan panci masakan dan pengawasan dari mandor dengan baik.
		Proses pemasakan gula terlalu lama	Perlu ada pelatihan utuk operator dalam mengatur dan melakukan penyetelan pan masakan dan pengawasan dari mandor dengan baik.
3	Gula halus (gula Abu)	Proses pemasakan gula terlalu lama	Perlu ada pengawasan pada operator untuk lebih fokus dalam melakukan pemasakan sehingga operator bekerja propesional.
		Air yang dicampur ke nira terlalu banyak	Harus ada SOP dalam proses pencampuran gula sebelum melakukan masakan sehingga operator dalam bekerja tidak berdasarkan perkiraan.
		Tekanan *vacum* terlalu rendah	Perlu pengecekan dan pengawasan dan memastikan tekanan vacum sudah sesuai standar yang ditentukan.

KESIMPULAN

1. Berdarasarkan hasil identifikasi dijelaskan jenis cacat yang terjadi adalah: krikilan, *melasses sugar*, *scrap sugar* basah, warna tidak sesuai, kotor dan abu (gula halus). Dari analysis data dengan menggunakan *statistical processing cotrol* (SPC) berdasarkan *fisbone diagram*, maka kecacatan disebabkan oleh 5 faktor utama yaitu:
   a. Manusia: rasa tanggung jawab kurang, kurang perhitungan, penyetingan mesin tidak pas dan karyawan lalai.
   b. Mesin: mesin puteran tidak mampu mengeringkan gula, mesin kurang maksimal, kaca pan masakan retak dan palung mesin pendingin kristalisasi kurang berfungsi dengan baik.
   c. Bahan baku: tebu masih mengandung kadar air yang tinggi dan tebu masih muda.
   d. Lingkungan: bising, ruangan sempit dan suhu udara panas.
   e. Metode: proses *krengsengan* kurang bersih dan karyawan kurang memperhatikan SOP dalam proses produksi.
2. Dari identifikasi berdasarkan *failure mode and efect analysis (FMEA) mode* kecacatan yang sering terjadi ukuran kristal gula tidak sesuai standar, besar jenis butiran BJB lebih besar dari 1,10 mm, dengan niali *risk priority number* RPN 308

dan nilai mode kegagalan gula halus adalah 274.

DAFTAR PUSTAKA

Besterfield, D. II. 1998. *Quality Control*. 5th Ed. New Jersey : Prentice Hall, Inc

Crysler, C., 1995. *Potetial Failure Mode & Efact Analysis* (*FMEA*) *reference manual 2nd edition, ford Motor Company.*

Gasperz, V., 2005. *Total Quality Management*, Jakarta PT. Raja Grafindo persada.

Hansen & Mowen,. 2001. *Ankuntansi Manajemen Biaya* Jilid2, Jakarta: Salemba.

Hatani, L., 2007. *Manajemen Pengendalian Mutu Produksi Roti Melalui Pendekatan Statistical Quality Control (SQC)* Studi Kasus Pada Perusahaan Roti Rizki Kendari, Jurnal Manajemen. Dosen Fakultas Ekonomi Unhalu.

Haizer, J. & Berry, R,. 2016. *Manajemen Oprasi* (edisi ke 11) Jakarta, Slaemba Empat.

Mitra, A. 1993 *Fundamentals Of Quality Control And Improvement*. Singapore : Mac Milan Publishing Co.

Montgomery, D. C., 2001. *Operation Management Strategy & Analysis*, Westley Publishing Comppany Inc.

Nasution, M. N., 2005. *Manajemen Mutu Terpadu* (*Total Quality Management*) Jakarta: Galia Indonesia.

Yamit, Z., 2010. *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*, Ekonomi Yogyakarta.

PENENTUAN TOKSISITAS LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH) SEBELUM DAN SESUDAH DIFILTRASI MENGGUNAKAN PASIR SILIKA TERHADAP BIOINDIKATOR

Yuli Pratiwi[1], Sri Hastutiningrum[2], Wan Halida Novita[3]
[1 2 3] Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
E-mail: yuli_pratiwi@akprind.ac.id

ABSTRACT

Before disposal into the environment, liquid slaughterhouse waste must be treated first because it can cause environmental pollution. The purpose of this study was to determine the toxicity (LC_{50} 0-96 hours) of slaughterhouse wastewater to goldfish bioindicators (Cyprinus carpio L), before and after filtering using silicate sand. The liquid waste comes from the slaughterhouse in Giwangan, Yogyakarta. The research stages included: 1) filtration of liquid waste with unactivated and activated silica sand; 2) determine the optimal height of silica sand with variations: 45, 55, 65, 75 and 85 cm; 3) toxicity tests before and after being filtered include: acclimatization, preliminary tests, actual tests; 4) analysis of research data using probit and linear regression. The results showed that activated silica sand was more effective in reducing the levels of BOD, COD and TSS in the slaughterhouse wastewater compared to silica sand without activation. After being filtered with activated silica sand, parameters that exceed the quality standard according to DIY Regional Regulation no. 7 of 2016 concerning Wastewater Quality Standards for Slaughterhouse Industry Activities are COD, while BOD, TSS and pH are below the quality standard. The optimal height of silica sand is 85 cm with the percentage of reduction: BOD 84.23%, COD 77.43%, TSS 48.45%, pH 4.54%. LC50 96 hours of liquid waste in the preliminary test before being filtered is 44.59%, while after filtering it becomes 66.60%. LC50 96 hours of liquid waste in the real test before filtering was 46.24%, while after filtering it became 66.40%. The percentage increase in the quality of wastewater based on LC50 96 hours is 30.36%.

Keywords: *filtration, silica sand, slaughterhouse, toxicity, wastewater.*

INTISARI

Limbah cair rumah pemotongan hewan sebelum dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu karena dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui toksisitas (LC_{50} 0-96 jam) limbah cair rumah pemotongan hewan terhadap bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio* L), sebelum dan sesudah difiltrasi menggunakan pasir silikai. Limbah cair berasal dari rumah pemotongan hewan di Giwangan, Yogyakarta. Tahap penelitian meliputi: 1) filtrasi limbah cair dengan pasir silika yang tidak diaktivasi dan diaktivasi; 2) menentukan tinggi optimal pasir silika dengan variasi: 45, 55, 65, 75 dan 85 cm; 3) uji toksisitas sebelum dan sesudah difiltrasi meliputi: aklimatisasi, uji pedahuluan, uji sesungguhnya; 4) analisis data hasil penelitian menggunakan probit dan regresi linier. Hasil penelitian menunjukan bahwa pasir silika dengan aktivasi lebih efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair Rumah Potong Hewan dibanding dengan pasir silika tanpa aktivasi. Setelah difiltrasi dengan pasir silika yang diaktivasi parameter yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY no. 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Industri Rumah Pemotongan Hewan adalah COD, sedangkan BOD, TSS dan pH di bawah baku mutu. Tinggi pasir silika yang optimal adalah 85 cm dengan persentase penurunan: BOD 84,23%, COD 77,43%, TSS 48,45%, pH 4,54%. LC_{50} 96 jam limbah cair pada uji pendahuluan sebelum difiltrasi adalah 44,59% sedangkan sesudah difiltrasi menjadi 66,60%. LC_{50} 96 jam limbah cair pada uji sesungguhnya sebelum difiltrasi adalah 46,24% sedangkan sesudah difiltrasi menjadi 66,40%. Persentase peningkatan kualitas limbah cair berdasarkan LC_{50} 96 jam adalah sebesar 30,36%.

Kata kunci: filtrasi, limbah cair, pasir silica, rumah pemotongan hewan, toksisitas.

PENDAHULUAN

Industri peternakan dan usaha pemotongan hewan merupakan upaya masyarakat untuk meningkatkan taraf kehidupan dan perekonomian masyarakat. Usaha pemotongan hewan ini memiliki

banyak manfaat, namun memiliki dampak negatif yang mengarah pada kerusakan lingkungan dan mengganggu kehidupan manusia apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah rumah potong hewan, sebagai limbah organik yang mengandung protein, karbohidrat, lemak, dan garam-garam mineral, dapat menjadi media pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba sehingga mudah mengalami pembusukan, mengakibatkan terjadinya kenaikan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), NH_3, H_2S, perubahan pH serta menimbulkan bau busuk seperti bau amoniak dan belerang (Widya dkk, 2009). Agar limbah cair dari pemotongan hewan tidak mencemari lingkungan. ketika dbuang ke lingkungan, maka harus diolah terlebih dahulu. Salah satu pengolahan limbah cair yang dapat digunakan adalah dengan proses filtrasi.

Menurut Widyastuti, S. dan Sari A.S (2011), filtrasi atau penyaringan padaadalah proses pemisahan solid-liquid melalui media berpori atau bahan-bahan berpori untuk menyisihkan atau menghilangkan sebanyak-banyaknya butiran-butiran halus zat padat dari liquid, agar mendapatkan air yang aman dalam pengolahan air minum atau air buangan. Menurut IDE dalam Said Nusa .I., (2016), Untuk proses penyaringan dengan menggunakan filter pasir, kecepatan penyaringan bervariasi. Untuk media tunggal berkisar antara 120-250 m^3/m^2/hari, untuk filter dengan dua jenis media (dual media filter) berkisar antara 200-400 m^3/m^2/hari
Untuk mengetahui efek limbah cair terhadap biota dalam suatu perairan, perlu dilakukan suatu uji toksisitas yaitu *Lethal Concentration* (LC_{50} 0-96 jam) limbah cair terhadap biota air. Jadi uji toksisitas digunakan untuk mengevaluasi besarnya konsentrasi toksikan dan durasi pemaparan yang dapat menimbulkan efek toksik pada jaringan biologis.

Beberapa kelompok organisme yang dapat dijadikan sebagai bioindikator pencemaran air adalah algae, bakteri, protozoa, makroavertebrata dan ikan (Sjoo dan Mörk, 2009). Salah satu biota yang kepekaan tinggi; memenuhi syarat umur, berat, dan panjang serta sesuai dengan ikan yang hidup diperairan yang tercemar. dapat digunakan untuk uji toksisitas adalah ikan mas. Ikan mas (*Cyprinus carpio* L) adalah salah satu jenis ikan yang memenuhi persyaratan tersebut karena ikan ini sangat peka, mudah dipelihara, penyebarannya merata, mudah ditemukan, dan memenuhi syarat untuk uji toksisitas (Pararaja, A, 2008). Alkassasbeh et al., (2009), menyatakan bahwa hampir semua jenis ikan masih bertahan hidup pada pH antara 5-9, sedangkan pada ikan-ikan yang sangat toleran masih bisa bertahan pada pH 4-10, namun pada ikan-ikan yang peka justru akan mati pada pH di bawah 5 dan lebih dari 8. Sebenarnya selain ikan mas (*Cyprinus carpio* L) ada spesies ikan lain yang dapat digunakan sebagai bioindikator yaitu ikan betik (*Anabas testudineus*, Bl), seperti hasil penelitian Pratiwi Y (2010) menggunakan ikan betik sebagai bioindikator dengan menghitung *Nutrition Value Coeficient* (NVC) atau koefisien nilai nutrisi.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui toksisitas (LC_{50} 0-96 jam) limbah cair rumah pemotongan hewan terhadap bioindikator ikan mas (*Cyprinus carpio* L), sebelum dan sesudah diolah difiltrasi menggunakan pasir silika yang diaktivasi. Limbah cair berasal dari rumah pemotongan hewan di Giwangan, Yogyakarta. Tahap penelitian meliputi: 1) filtrasi limbah cair dengan pasir silika yang diaktivasi; 2) menentukan tinggi optimal pasir silika dengan variasi: 45, 55, 65, 75 dan 85 cm; 3) uji toksisitas sebelum dan sesudah difiltrasi meliputi: aklimatisasi, uji pedahuluan, uji sesungguhnya; 4) analisis data hasil penelitian menggunakan probit dan regresi linier.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Peraturan Daerah DIY No.7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan industri Rumah Pemotongan Hewan, baku mutu BOD sebesar 100 mg/L, COD 200 mg/L, TSS 100 mg/L, dan pH 6,0 - 9,0.

Tabel 1. Kualitas limbah cair RPH sesudah difiltrasi dengan pasir silika tanpa aktivasi & diaktivasi

Tinggi Pasir Silika (cm)	Parameter							
	BOD (mg/L)	Penurunan (%)	COD (mg/L)	Penurunan (%)	TSS (mg/L)	Penurunan (%)	pH	Peningkatan (%)
Pasir Silika Tanpa Aktivasi								
0	619,48	-	972,16	-	97	-	6,6	-
45	586,37	5,34	782,03	19,56	74	23,71	6,7	1,52
55	469,11	24,27	619,62	36,26	69	28,87	6,7	1,52
65	357,66	42,26	595,88	38,71	63	35,05	6,8	3,03
75	382,19	38,30	455,52	53,14	57	41,24	6,8	3,03
85	200,85	67,58	319,42	67,14	55	43,29	6,8	3,03
Pasir Silika Diaktivasi								
0	619,48	-	972,16		97	-	6,6	-
45	256,12	58,66	768,37	20,96	65	34,02	6,8	3,03
55	218,39	64,74	562,54	42,14	61	37,11	6,8	3,03
65	173,18	72,04	428,86	55,89	56	42,27	6,9	4,54
75	119,46	80,72	293,21	69,84	52	46,39	6,8	3,03
85	97,71	84,23	219,39	77,43	50	48,45	6,9	4,54
Baku Mutu	100		200		100		6,0-9,0	

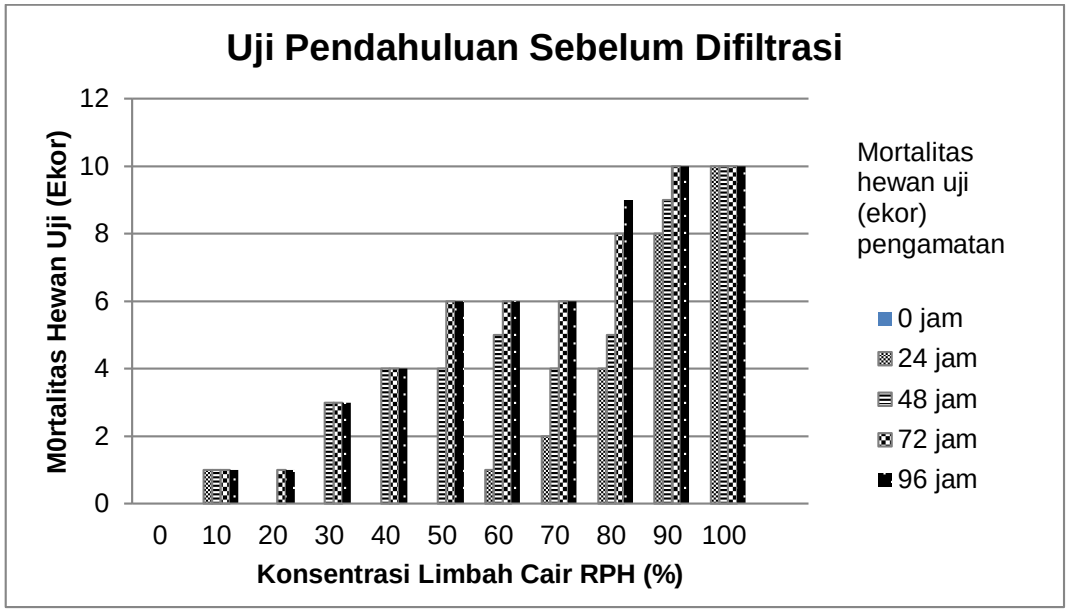
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa pasir silika dengan diaktivasi lebih efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair rumah RPH dibanding dengan pasir silika tanpa aktivasi. Nilai rata-rata persentase penurunan BOD, COD dan TSS lebih tinggi pada limbah cair yang difiltrasi dengan pasir silika yang diaktivasi dibanding filtrasi menggunakan pasir silika tanpa aktivasi. Ini disebabkan karena pasir silika dengan aktivasi memiliki kemampuan adsorben lebih tinggi (Mardhatillah, A., 2014).

Setelah difiltrasi dengan pasir silika yang diaktivasi parameter yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah DIY no. 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Industri Rumah Pemotongan Hewan adalah COD, sedangkan BOD, TSS dan pH di bawah baku mutu. Tinggi pasir silika yang optimal adalah 85 cm dengan persentase penurunan: BOD 84,23%, COD 77,43%, TSS 48,45%, dan persentase peningkatan pH 4,54%. Hal ini disebabkan karena teradsorpsinya bahan-bahan organik dalam limbah cair RPH pada permukaan pasir silika, semakin tinggi media filter yang digunakan maka kontak waktu limbah cair RPH dengan pasir silika semakin lama, hal tersebut mengakibatkan partikel-partikel pengotor dalam limbah akan terjadi kontak yang lebih lama dengan pasir silika. Hal tersebut mengakibatkan kotoran/bakteri yang ada di dalam air tersangkut antar celah media filter. Selain itu, karena pasir silika mempunyai kemampuan adsorbsi dan menukar ion secara bersamaan sehingga mampu menguraikan dan menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair (Ronny dan Syam D.M, 2018).

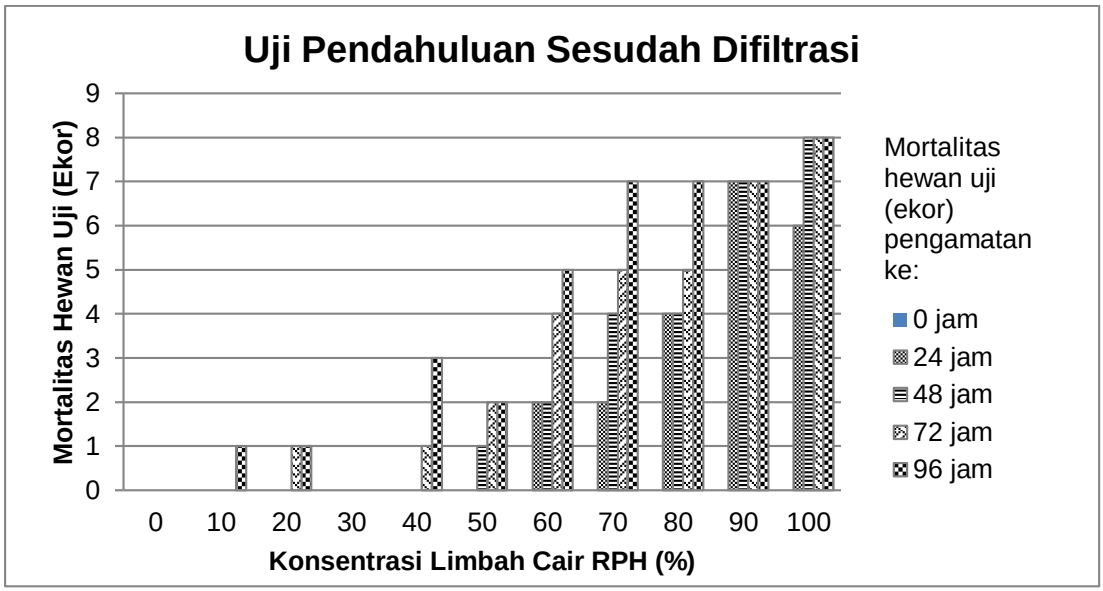
Tabel 2. Mortalitas ikan mas (*Cyprinus carpio L*) pada uji pendahuluan

Σ Ikan (Ekor)	**Konsentrasi limbah cair RPH (%)**		**Mortalitas ikan mas (%) pada pengamatan ke-**									
			0 jam		**24 jam**		**48 jam**		**72 jam**		**96 jam**	
	SB	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	0	0	10	0	10	0	10	0	10	0
10	20	20	0	0	0	0	0	0	10	0	10	10
10	30	30	0	0	0	0	30	0	30	0	30	0
10	40	40	0	0	0	0	40	0	40	10	40	30
10	50	50	0	0	0	0	40	10	60	20	60	20
10	60	60	0	0	10	0	50	20	60	40	60	50
10	70	70	0	0	20	20	40	40	60	50	60	70
10	80	80	0	0	40	20	50	30	80	50	90	70
10	90	90	0	0	80	70	90	70	100	90	100	90
10	100	100	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100

Keterangan:
SB: Sebelum difiltrasi dengan pasir silika iaktivasi
SP: Sesudah difiltrasi dengan pasir silika iaktivasi



Gambar 1. Grafik mortalitas *Cyprinus carpio* L terhadap limbah cair RPH pada uji pendahuluan sebelum difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi



Gambar 2. Grafik mortalitas *Cyprinus carpio* L terhadap limbah cair RPH pada uji pendahuluan sesudah difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi

Berdasarkan Tabel 2 Gambar 1 dan 2, nampak bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair RPH dan lamanya persentuhan antara ikan mas (*Cyprinus carpio* L) dan limbah cair RPH, akan semakin banyak jumlah ikan yang mati. Hal ini berlaku pada limbah cair RPH sebelum difiltrasi menggunakan pasir silika yang diaktivasi (limbah cair RPH konsentrasi 10-100%) maupun setelah difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi (limbah cair RPH konsentrasi 10-100%).

Perhitungan LC_{50} 96 jam menggunakan analisis probit dan regresi linier dengan program SPSS versi 22 (Sarwono, 2011). Analisis probit adalah metode perhitungan untuk mendapatkan nilai toksisitas (daya racun) dalam penelitian ini yang digunakan adalah limbah cair RPH Giwangan terhadap hewan uji ikan mas (*Cyprinus carpio L*). Nilai toksisitas tersebut dinyatakan dalam bentuk LC_{50}.

Nilai LC_{50} pada pengamatan 96 jam pada limbah cair RPH sebelum difiltrasi dengan

pasir silika yang diaktivasi sebesar 44,589%. Hal ini berarti rentang konsentrasi yang digunakan untuk uji sesungguhnya pada limbah cair RPH tanpa filtrasi menggunakan pasir silika yang diaktivasi pada konsentrasi limbah cair 41 – 50%. Nilai LC_{50} pada pengamatan 96 jam sesudah filtrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi adalah 66,594%. Hal ini berarti rentang konsentrasi limbah cair RPH dengan filtrasi menggunakan pasir silika diaktivasi pada uji sesungguhnya adalah 61 – 70%.

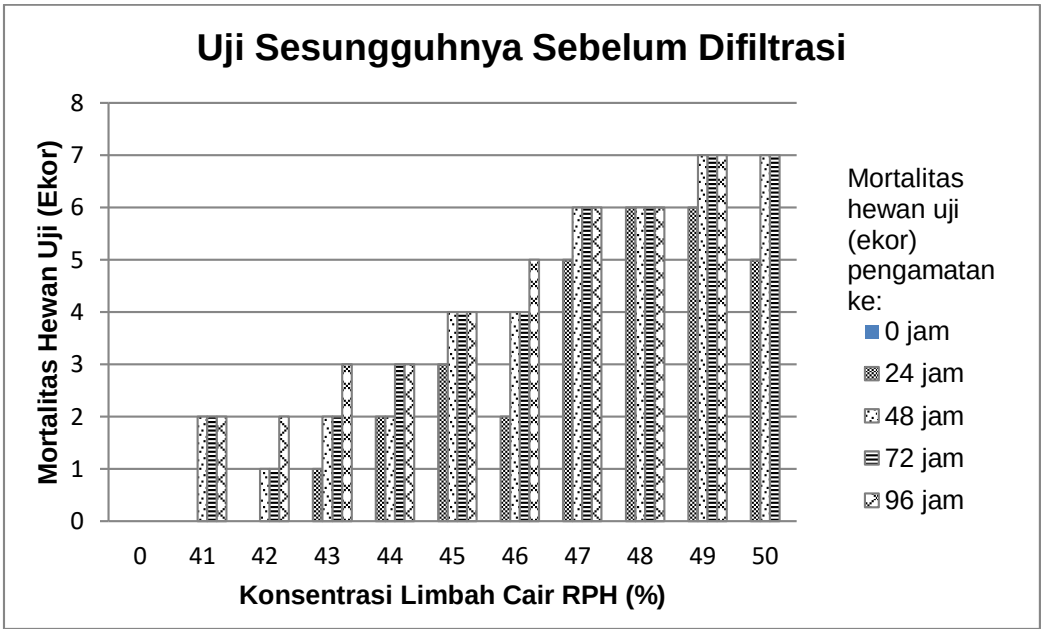
Hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair RPH dan jumlah mortalitas ikan mas pada uji pendahuluan berdasarkan nilai koefisien korelasi pada kelompok yang tidak difiltrasi maupun kelompok yang difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi pada pengamatan 96 jam menunjukkan bahwa ada hubungan korelasi positif antara konsentrasi limbah cair RPH dengan jumlah mortalitas ikan mas, artinya semakin tinggi konsentrasi limbah cair RPH maka akan semakin banyak ikan mas yang mati. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi pada kelompok limbah cair RPH yang tidak difiltrasi pengamatan 96 jam sebesar 0,976, sedangkan pada kelompok yang difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi pada pengamatan 96 jam sebesar 0,943..

Berdasarkan nilai LC_{50} 96 jam (44,589%) pada uji pendahuluan limbah cair RPH tanpa filtrasi menggunakan pasir silika diaktivasi, maka rentang konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya yaitu: konsentrasi 0%, 41%, 42%, 43%, 44%, 45%, 46%, 47%, 48%, 49%, dan 50%. Nilai LC_{50} 96 jam (66,594%). Sedangkan pada uji pendahuluan limbah cair RPH sesudah difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi, maka rentang konsentrasi yang digunakan pada uji sesungguhnya yaitu: konsentrasi 0%, 61%, 62%, 63%, 64%, 65%, 66%, 67%, 68%, 69%, dan 70%. Hasil pengamatan mortalitas ikan mas pada uji sesungguhnya, dapat dilihat pada Tabel 3, Gambar 3 dan 4.

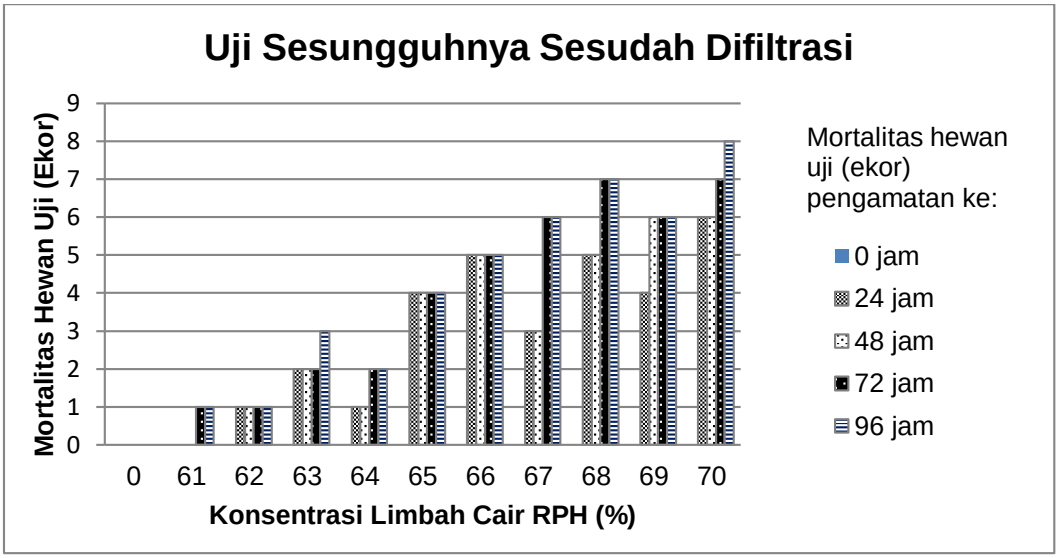
Tabel 3. Mortalitas ikan mas (*Cyprinus carpio L*) pada uji sesungguhnya

Σ Ikan (Ekor)	**Konsentrasi limbah cair RPH (%)**		**Mortalitas ikan mas (%) pada pengamatan ke-**									
			0 jam		**24 jam**		**48 jam**		**72 jam**		**96 jam**	
	SB	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**	**SB**	**SP**
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	41	61	0	0	0	0	20	0	20	10	20	10
10	42	62	0	0	0	10	10	10	10	10	20	10
10	43	63	0	0	10	20	20	20	20	20	30	30
10	44	64	0	0	20	10	20	10	30	20	30	20
10	45	65	0	0	30	40	40	40	40	40	40	40
10	46	66	0	0	20	50	40	50	40	50	50	50
10	47	67	0	0	50	30	60	30	60	60	60	60
10	48	68	0	0	60	50	60	50	60	70	60	70
10	49	69	0	0	60	40	70	60	70	60	70	60
10	50	70	0	0	50	60	70	60	70	70	70	80

Keterangan:
SB: Sebelum difiltrasi dengan pasir silika iaktivasi
SP: Sesudah difiltrasi dengan pasir silika iaktivasi



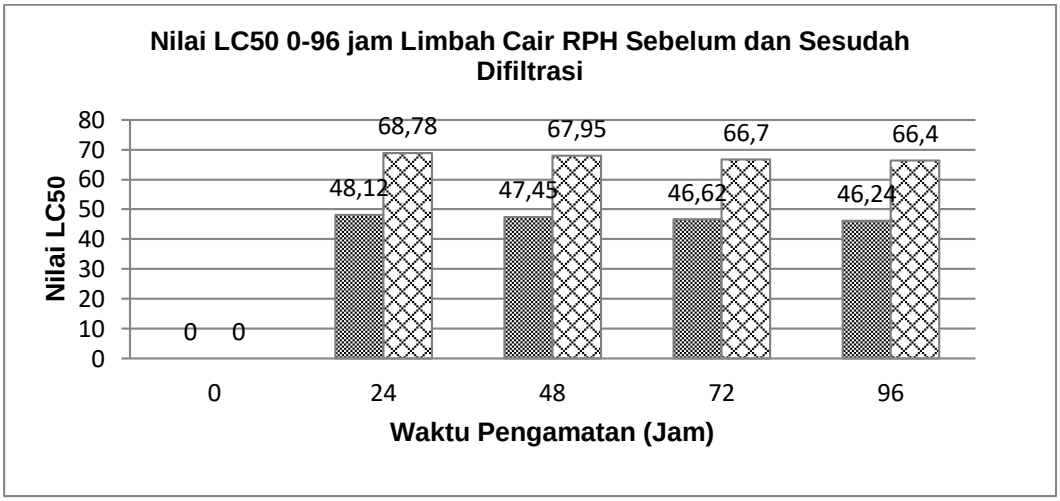
Gambar 3. Grafik mortalitas *Cyprinus carpio* L terhadap limbah cair RPH pada uji sesungguhnya sebelum difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi



Gambar 4. Grafik mortalitas *Cyprinus carpio* L terhadap limbah cair RPH pada uji sesungguhnya sesudah difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi

Tabel 4. LC_{50} 0 jam-96 jam pada limbah cair RPH sebelum dan sesudah difiltrasi dengan pasir silika diaktivasi

No	Limbah Cair RPH Sebelum Difiltrasi dengan Pasir Silika Diaktivasi	Limbah Cair RPH Sesudah Difiltrasi dengan Pasir Silika Diaktivasi	Perbaikan Toksisitas Limbah Cair RPH Berdasarkan LC_{50} 0-96 jam
1.	LC_{50}-0 jam = 0	LC_{50}-0 jam = 0	-
2.	LC_{50}-24 jam = 48,124%	LC_{50}-24 jam = 68,786%	30,04%
3.	LC_{50}-48 jam = 47,457%	LC_{50}-48 jam = 67,954%	30,16%
4.	LC_{50}-72 jam = 46,626%	LC_{50}-72 jam = 66,706%	30,11%
5.	LC_{50}-96 jam = 46,244%	LC_{50}-96 jam = 66,401%	30,36%



Gambar 5. Grafik perbandingan LC_{50} sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi dengan pasir silika diaktivasi

Berdasarkan Tabel 3, Gambar 3 serta Gambar 4, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair RPH dan lamanya persentuhan antara ikan mas dan limbah cair RPH, akan semakin banyak jumlah ikan yang mati. Hal ini berlaku pada limbah cair RPH yang tidak difiltrasi menggunakan pasir silika (limbah cair RPH konsentrasi 41-50%) maupun yang telah difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi (limbah cair RPH konsentrasi 61-70%).

Analisis data yang digunakan untuk menentukan nilai LC_{50} 96 jam adalah metode analisis probit dan regresi linier. Analisis probit merupakan analisis yang menggunakan prosedur transformasi statistik dari persentase data kematian hewan uji kedalam variasi probit yang disebut probit dan konsentrasi bahan toksik uji untuk menentukan LC_{50} berdasarkan persamaan regresi linier. Pada analisis probit perhitungannya sudah termasuk nilai faktor koreksi dan *standard error* yang dihitung secara statistika.

Berdasarkan Tabel 4 diketahui nilai LC_{50} 0-72 jam lebih besar dari nilai LC_{50}-96 jam, baik pada uji toksisitas limbah cair RPH yang tidak difiltrasi maupun yang difiltrasi dengan pasir silika yang diaktivasi terhadap ikan mas. Hal ini menunjukkan semakin lama waktu kontak limbah cair RPH dengan ikan mas maka jumlah mortalitas ikan mas akan meningkat pada konsentrasi limbah cair RPH yang lebih rendah. Hal ini diduga karena daya tahan ikan uji semakin lama akan semakin menurun, sehingga pada konsentrasi limbah cair RPH yang rendahpun sudah dapat mematikan ikan.

Toksisitas limbah cair RPH terhadap ikan mas berdasarkan LC_{50} 0-96 jam adalah relatif lebih tinggi pada limbah cair RPH yang tidak difiltrasi, dibandingkan dengan limbah cair RPH yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi (Tabel 4). Hal ini disebabkan seiring dengan kenaikan kadar COD dan TSS maka nilai LC_{50} 0-96 jam akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya yaitu seiring dengan penurunan kadar COD dan TSS maka nilai LC_{50} 0-96 jam akan semakin besar (Husni, H. dan Esmiralda, 2016). Hal ini berarti mortalitas ikan mas berdasarkan LC_{50} 0-96 jam pada limbah cair RPH tanpa filtrasi terjadi pada konsentrasi limbah cair RPH yang lebih rendah yaitu kisaran (46-47%) apabila dibandingkan dengan limbah cair RPH yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi (66-67%). Penurunan toksisitas pada limbah cair RPH yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi terhadap ikan mas berdasarkan LC_{50} 0-96 jam sebesar 42,93 – 43,59% (Tabel4). Limbah cair RPH yang tanpa filtrasi mempunyai batas aman bagi kehidupan ikan pada konsentrasi 4,7457% (10%x LC_{50}-48 jam tanpa filtrasi), sedangkan pada limbah cair RPH yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi mempunyai batas aman bagi kehidupan ikan pada konsentrasi 6,7954% ((10%x LC_{50}-48 jam sesudah difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi). Berdasarkan data LC_{50} 0-96 jam maupun konsentrasi aman limbah cair RPH tersebut, ternyata dapat untuk membuktikan bahwa metode filtrasi

menggunakan pasir silika dengan aktivasi dapat menurunkan daya toksisitas limbah cair RPH.

Hubungan korelasi antara konsentrasi limbah cair RPH dan jumlah mortalitas ikan mas pada uji sesungguhnya berdasarkan nilai koefisien korelasi pada kelompok yang tidak difiltrasi maupun kelompok yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi pada pengamatan 0 - 96 jam menunjukkan bahwa ada hubungan korelasi positif antara konsentrasi limbah cair RPH dengan jumlah mortalitas ikan mas, artinya semakin tinggi konsentrasi limbah cair RPH maka akan semakin banyak ikan mas yang mati. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi pada kelompok limbah cair RPH yang tidak difiltrasi pada pengamatan 0 - 96 jam berkisar antara 0,545 - 0,740, sedangkan pada kelompok yang difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi pada pengamatan 0 - 96 jam berkisar antara 0,547 - 0,597.

KESIMPULAN

Pasir silika yang efektif untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan menaikan pH adalah pasir silika dengan aktivasi dengan tinggi 85cm. Berdasarkan baku mutu air limbah menurut Peraturan Daerah DIY No.7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Industri Rumah Pemotongan Hewan kadar untuk parameter BOD, TSS dan pH berada dibawah atau sesuai dengan baku mutu sedangkan kadar COD masih di atas batas baku mutu.

Nilai LC_{50}0-96 jam pada uji pendahuluan sebelum limbah cair difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi yaitu LC_{50} 0 jam = 0, LC_{50} 24 jam = 78,965%, LC_{50} 48 jam = 60,724%, LC_{50} 72 jam = 50,842%, dan LC_{50} 96 jam = 44,589%. Nilai LC_{50}0-96 jam pada uji pendahuluan sesudah limbah cair difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi yaitu LC_{50} 0 jam = 0%, LC_{50} 24 jam = 85,433%, LC_{50} 48 jam = 80,202%, LC_{50} 72 jam = 73,576%, dan LC_{50} 96 jam = 66,594%.

Nilai LC_{50} pada uji sesungguhnya sebelum limbah cair difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi, yaitu nilai LC_{50} 0 jam = 0, LC_{50} 24 jam = 48,124%, LC_{50} 48 jam = 47,457%, LC_{50} 72 jam = 46,626%, dan LC_{50} 96 jam = 46,244%. Nilai LC_{50} pada uji sesungguhnya sesudah limbah cair difiltrasi menggunakan pasir silika dengan aktivasi,yaitu LC_{50} 0 jam = 0%, LC_{50} 24 jam = 68,786%, LC_{50} 48 jam = 67,954%, LC_{50} 72 jam = 66,706%, dan LC_{50} 96 jam = 66,401%.

DAFTAR PUSTAKA

Alkassasbeh, J.Y.M., Heng, L.Y., and Surif, S., 2009, Toxicity Testing and the Effect of Landfill Leachate in Malaysia on Behavior of Common Carp (Cyprinus carpio L., Pisces, Cyprinidae), American Journal of Environmental Sciences,volume 5, Issue: 3, pp.: 209-217.

Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No.555/Kpts/TN.240/9/ 1986 Tentang Syarat-Syarat Rumah Potong Hewan dan Ijin Usaha Pemotongan Hewan.

Mardhatillah A., 2014, *Penggunaan Bahan Anorganik Pasir Silika Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*, Penelitian Karya Tulis Ilmiah. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.

Pararaja, A., 2008, *Metode Pengolahan Air*, http://smk3ae.wordpress.com/2008/06/23/metode-pengolahan-air-2.

Pratiwi, Y. 2010. Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan *Nutrition Value Coeficient* (NVC) Bioindikator. Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 2 , Desember 2010, pp 129-137

Ronny dan Syam, M.D., 2018, Aplikasi Teknologi Saringan Pasir Silika dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah cair Rumah Sakit Mitra Husada Makassar, Penelitian Politeknik Kesehatan. Makassar.

Said, Nusa I., 2016, *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Sarwono, J., 2012, *Riset Skripsi dan Tesis dengan SPSS 22*, Jakarta: Penerbit Elex Media Komputindo.

Sjoo, G.L. and Mörk E., Tissue Nutrient Content in Ulva spp. (Chlorophyceae) as Bioindicator for Nutrient Loading Along the Coast of East Africa.The Open Environmental & Biological Monitoring Journal Volume 2, 2009. pp.:11-17

Widya N., W. Budiarsa, M.S. Mahendra. 2009. *Studi Pengaruh Air Limbah Pemotongan Hewan dan Unggas Terhadap Kualitas Air Sungai Subak Pakell Desa Darmasaba Kec. Abiansemal Kabupaten Badung*. ISSN: 1907-5626

Widyastuti, S. dan Sari A.S., 2011*, Kinerja Pengolahan Air Bersih dengan Proses Filtrasi dalam Mereduksi Kesadahan*, Jurnal Teknik Waktu, Volume 09, Surabaya.

PENGARUH *ELECTRONIC CONTROL UNIT RACING* DAN JENIS BAHAN BAKAR TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR 1 SILINDER 4 LANGKAH

I Gusti Gde Badrawada[1], A. A. P. Susastriawan[2], Aryo Pambudi[3]
[123]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
E-mail: goesti@akprind.ac.id

ABSTRACT

In the present work, the influence of the use of different electronic control units (ECU) and gasoline fuels on performance of 4 stroke-1 cylinder motorcyle is investigated. Two type ECU (Standard and Racing) and three product of gasoline fuel (Pertamax, Shell, and Total) are used in the experiment. The performance of the engine observed are brake torque, brake power, and brake fuel consumption rate. The test is performed on dynotest by varying engine speed. The results indicate the use of ECU Racing able to improve brake torque and brake power of the engine for all fuels used. The higest brake torque is observed for Shell, such that 12.50 lbf.ft at 4500 rpm. The highest brake power is found for Total fuel. i.e. 9.57 kW at 6500 rpm. Meanwhile, no significant changes of brake fuel consumption rate are observed for the use of ECU Racing. The lowest brake sepecific fuel consumption is invistigated for Shell fuel, i.e. 0.0258 kg/kW.h at 5000 rpm.

Keywords: *ECU Standard, ECU Racing, Torque, Power, Fuel Consumption*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis Electronic Control Unit (ECU) dan jenis produk bahan bakar bensin terhadap unjuk kerja sepeda motor 1 silinder-4 langkah. Jenis ECU yang diteliti adalah ECU Standard dan ECU racing. Sedangkah jenis produk bahan bakar yang digunakan adalah produk Pertamax, Shell, dan Total. Hasil penelitian menunjukan bahwa ECU Racing dapat meningkatkan torsi untuk ketiga produk bahan bakar dengan kenaikan rata-rata 1,4%. Torsi tertinggi didapat pada saat untuk produk Shell yaitu 12,50 lbf.ft pada putaran 4500 rpm. Pengunaan ECU Racing juga meningkatkan daya untuk ketiga produk bahan bakar dengan peningkatan rata-rata 1,07%. Daya terbesar pada produk Total yaitu 9,57 kW pada putaran 6500 rpm. Namun penggunaan ECU Racing meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik, akan tetapi tidak signifikan. Konsumsi bahan bakar terkecil pada bahan bakar Shell dengan nilai 0,0258 kg/kW.jam pada putaran 5000 rpm.

Kata Kunci: ECU Standard, ECU Racing, Torsi, Daya, Konsumsi bahan bakar

PENDAHULUAN

Sistem pengapian merupakan sistem yang sangat penting pada sepeda motor. Sistem pengapian pada motor bensin berfungsi menginisiasi proses pembakaran di dalam silinder sesuai waktu yang sudah ditentukan yaitu pada akhir langkah kompresi. Komponen yang sangat berperan dalam sistem pengapian salah satunya adalah electronic control unit (ECU). Karena limit putaran tinggi ECU Standard pabrikan terbatas, maka ECU Standard kurang sesuai jika sepeda motor digunakan untuk balapan. Guna keperluan balap, maka ECU Standard tersebut seringkali diganti dengan ECU Racing. ECU racing ini lebih sesuai digunakan pada putaran mesin tinggi. Unjuk kerja motor Vario 125 cc meningkat dengan penggunaan ECU racing (Rahman, 2018). Daya sepeda motor Vixion mengalami kenaikan, tetapi tidak terlalu signifikan dengan penggunaan ECU racing (Virjiawan, 2016). Penggunaan ECU Racing dapat mengoptimalkan konsumsi bahan bakar pada motor Vixion (Fahmi, 2013). Terdapat perbedaan jarak tempuh antara sepeda motor sistem konvensional dengan sistem EFI (Saharuna, 2017). Beberapa penelitian variasi jenis bahan bakar terhadap unjuk kerja sepeda motor juga telah dilakukan peneliti terdahulu. Rosid, 2015 meneliti pengaruh penggunaan bahan bakar Premium dan Pertamax terhadap unjuk kerja motor Vixion. Torsi dan Daya lebih tinggi pada penggunaan Pertamax serta konsumsi bahan bakar lebih rendah pada penggunaan Pertamax. Sedangkan penggunaan bahan bakar premium dan pertalite tidak terlalu berbeda pengaruhnya terhadap torsi motor Jupiter MX (Maridjo, 2019).

Pada penelitian ini digunakan dua jenis ECU, yaitu ECU Racing dan ECU Standard. Sedangkan jenis bahan bakar yang digunakan adalah jensin bensin produk dari Pertamina (Premiun), Produk dari Shell, dan

Produk dari Total. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis ECU dan jenis produk bensin terhadap torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar sepeda motor Honda Beat 2014.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor Honda Beat keluaran tahun 2014. Spesikasi mesin Honda Beat dan system pengapian seperti terlihat dalam Tabel 1.

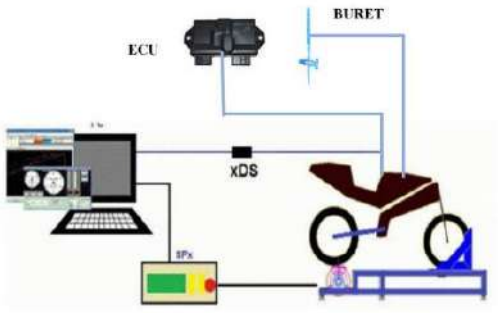
Tabel 1. Spesifikasi mesin dan sistem pengapian Honda Beat 2014

Mesin & Sistem Pengapian	Spesifikasi
Tipe Mesin	4 Langkah SOHC
Diameter X Langkah	50.0 x 55,5 mm
Volume Silinder	110 CC
Perbandingan Kompresi	9,5 : 1
Baterai	12V-3Ah MF
Busi	NGK MR9C-9N/Denso V27EPR-N9
Sistem Pengapian	Full Transistorized

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan jenis ECU serta skema setup pengujian pada Dynotest. Adapun ECU racing yang digunakan adalah Merk BRT JUKEN, dengan putaran mesin sampai 16.000 rpm, menggunakan mikroprosesor free scale 16 bit/ST microne 32 Bit serta analog driver Infineon/ST semiconductor. Pengujian dilakukan untuk bahan bakar Premium, Shell, dan Total pada putaran mesin 4500 – 9500. Torsi dan daya didapatkan dari data yang ditampilkan pada layar monitor dynotest. Sedangkan konsumsi bahan bakar dihitung dari data pengurangan volume bahan bakar pada buret dalam selang waktu tertentu.

(a) ECU Standard (b) ECU Racing merk BRT Juken

Gambar 1 (a) ECU Standard dan (b) ECU Racing merk BRT Juken

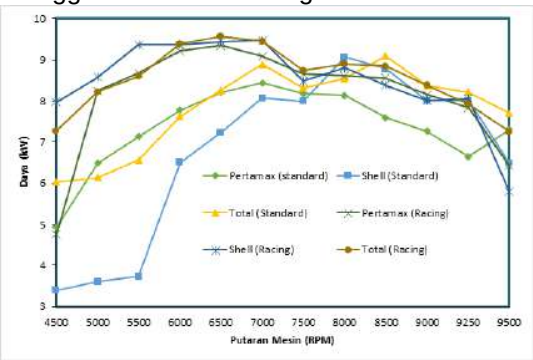


Gambar 2. Skema setup pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

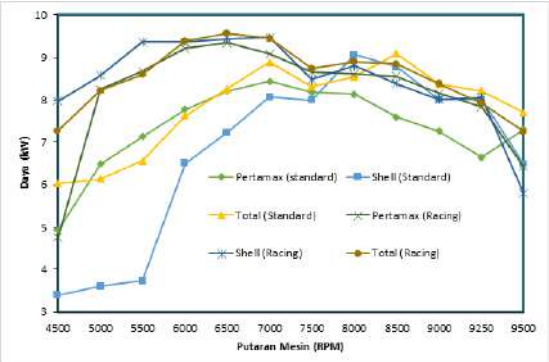
Gambar 3 menunjukan perbandingan torsi sepeda motor pada saat menggunakan ECU Standard dan racing. Secara umum, dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai torsi ketika mengganti ECU Standard ke ECU Racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Pertamax terjadi kenaikan nilai torsi sebesar 12.7%, pada saat menggunakan ECU Standard rata-rata torsi 7,417 Nm, pada saat menggunakan ECU racing rata-rata torsi menjadi 8,359 Nm. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Shell terjadi kenaikan nilai torsi sebesar 35,05% dari nilai rata – rata torsi 6,5925 Nm pada saat menggunakan ECU Standard, menjadi 8,9033 Nm pada saat menggunakan ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Total terjadi kenaikan nilai torsi sebesar 12,11% dari nilai rata – rata torsi 7,9075 Nm pada saat menggunakan ECU standard menjadi 8,8658 Nm pada saat menggunakan ECU racing Perbandingan daya yang dihasilkan saat penggunaan ECU racing dan ECU standard untuk ketiga jenis bahan bakar ditampilkan pada Gambar 4. Secara umum, dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai daya ketika mengganti ECU standard ke ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Pertamax terjadi kenaikan nilai daya sebesar 10,60% dari nilai rata – rata daya 7.34 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.12 kW pada saat ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Shell terjadi kenaikan nilai daya sebesar 25,11% dari nilai rata – rata daya 6.77 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.47 kW pada saat menggunakan ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Total terjadi kenaikan nilai daya sebesar 9,34% dari rata –

rata torsi 7.81 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.54 kW pada saat menggunakan ECU racing.



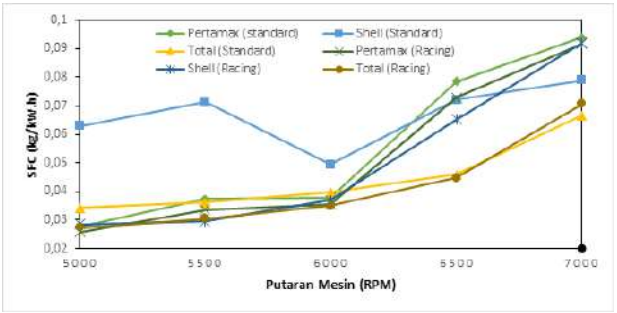
Gambar 3. Perbandingan Torsi

Perbandingan daya yang dihasilkan saat penggunaan ECU racing dan ECU standard untuk ketiga jenis bahan bakar ditampilkan pada Gambar 4. Secara umum, dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai daya ketika mengganti ECU standard ke ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Pertamax terjadi kenaikan nilai daya sebesar 10,60% dari nilai rata – rata daya 7.34 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.12 kW pada saat ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Shell terjadi kenaikan nilai daya sebesar 25,11% dari nilai rata – rata daya 6.77 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.47 kW pada saat menggunakan ECU racing. Pada saat sepeda motor menggunakan bahan bakar Total terjadi kenaikan nilai daya sebesar 9,34% dari rata – rata torsi 7.81 kW pada saat menggunakan ECU standard, menjadi 8.54 kW pada saat menggunakan ECU racing.



Gambar 4. Perbandingan Daya

Sementara Gambar 5 menyajikan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC). Perbandingan SFC sepeda motor pada saat menggunakan ECU Standard dan Racing. Secara umum, dari grafik dapat dilihat bahwa nilai SFC sepeda motor ketika menggunakan ECU Racing lebih tinggi daripada ECU Standard. Namun perbedaan nilai SFC nya tidak cukup signifikan sampai putaran mesin 6000 rpm. Hal ini berarti bahwa pada saat putaran mesin 7000 rpm penggunaan ECU Racing lebih efektif dan efisien dari pada penggunaan ECU Standard



Gambar 5. Perbandingan SFC

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pengaruh penggunaan ECU racing dengan variasi 3 jenis bahan bakar dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah:

1. Penggunaan ECU Standard ke ECU Racing dapat meningkatan nilai torsi dengan rata-rata sebesar 1,4%. Daya mengalami peningkatan nilai dengan rata-rata 1,07%. Dan konsumsi bahan bakar sepeda motor mengalami peningkatan, tetapi tidak signifikan.
2. Nilai torsi terbesar pada bahan bakar Shell yaitu 12,50 lbf.ft pada putaran 4500 rpm, nilai daya terbesar pada bahan bakar Total yaitu 9,57 kW pada putaran 6500 rpm, dan nilai konsumsi bahan bakar terkecil pada bahan bakar Shell dengan nilai sfc 0.0258 kg/kW.jam pada rpm 5000

DAFTAR PUSTAKA

Fahni, F., 2014. “Perancangan dan Unjuk Kerja Engine Control Unit (ECU) Iquteche Pada Motor Yamaha VIxion”, Jurnal Teknik Pomits – Vol. 1, No. 1, 2013.

Maridjo, Ika, Angga, 2019, “Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Premium, Pertalite dan Pertamax Terhadap Kinerja Motor 4 Tak”, Jurnal Teknik Energi – Vol. 9, No. 1, November 2019.

Rosid, 2015, “Analisis Proses Pembakaran Sistem Injection Pada Sepeda Motor

Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium dan Pertamax", Jurnal Teknologi – Vol. 7, No. 2, Juli 2015.

Rusmono, Akhmad, Agus, 2016, "Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Injeksi", Widya Teknika – Vol. 24, No. 2, Oktober 2016.

Saharuna, 2017, "Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Sistem Konvensional dan Sistem EFI", Teknologi – Vol. 19, No. 1, April 2017.

Virjiawan, Paryono, Sumarli, 2016, "Pengaruh Penggunaan Injector Vixion dan ECU Racing Pada Sepeda Motor Yamaha MIO J Terhadap Daya Motor", Jurnal Teknik Mesin – No. 2, Oktober 2016

EXPERIMENTAL DAN FINITE ELEMENT ANALYSIS QUASI-STATIC CRUSH TABUNG SILINDER ALUMINIUM 6063-T5

Hadi Saputra*[1], Satriawan Dini Hariyanto[2], Achmad Rosydin[3]
[123]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Intitut Sains & Teknologi AKPRIND Yokyakarta
Email: hadisaputra@akprind.ac.id

ABSTRACT

An energy absorber was a safety device used to protect the occupant in the accident events. Since the early 1960s, afterword Alexander proposes the energy absorption theory, the research on these devices has been intensively conducting. The new invention in these devices has been growing continuously. By the time this theory has developing by other scientists. The aims were to getting better energy absorption of these devices. At the same time, the research in these fields was expensive. The cheaper new methods were becoming a need at this time. With the fast growth of computing technology, Finite Element Analysis was able to be an alternate method. In comparison with the experiment, the accuracy of these methods were new problems. These were challenging. This research showed that the resulting was accurate—the value of energy absorption the shape of deformation of aluminum 6063 T5 cylinder tube under quasi-static compression crush by finite element analysis and experiment were nearly the same.

Keywords: *Quasi-static crush, Aluminum cylinder, Energy absorber.*

INTISARI

Energy absorber merupakan peralatan pengaman kendaraan yang diperlukan untuk melindungi penumpang kendaraan saat terjadi kecelakaan. Sejak awal tahun 1960 an, setelah Alexander memperkenalkan teorinya tentang penyerapan energi. Penemuan baru peralatan ini terus berkembang secara berkelanjutan. Bersamaan dengan berjalannya waktu, teori proses penyerapan energi pada peralatan ini juga terus dikembangkan oleh ilmuwan lainnya Tujuannya untuk memperoleh peralatan penyerap energi yang lebih baik. Sementara penelitian dibidang ini membutuhkan biaya yang tidak murah. Perkembangan teknologi komputer saat ini, analisa dengan metode elemen hingga dapat digunakan sebagai method alternatif. Persoalan yang ada terletak pada tingkat akurasi hasil simulasi bila dibandingkan dengan hasil percobaan. Hasil penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi penggunaan teknologi simulasi baik. Hasil pengujian dan simulasi hampir sama, nilai penyerapan energi yang dihasikan maupun bentuk deformasi yang terjadi pada tabung silinder aluminium 6063-T5 dengan beban *quasi-statics compresion crush* menunjukkan hasil yang hampir sama.

Kata Kunci: Quasi-static crush, Aluminum silinder, Energi absorber.

PENDAHULUAN

Energy absorber merupakan peralatan yang digunakan untuk mengkonversikan energi kinetic menjadi energi lainnya. Bentuk perubahan tersebut dapat merupakan energi *reversible* atau *irreversible.* Perubahan menjadi energi reversible contohnya *energy kinetic* dirubah menjadi *strain energy* pada *solid mechanics*, sedangkan contoh perubahan menjadi *energy irreversible* misalnya *plastic deformation*. Pada saat merancang peralatan penyerap energi yang perlu diperhatikan adalah kemampuan penyerapan *energy kinetic* oleh peralatan tersebut untuk dirubah menjadi *plastic deformation* pada *energy divices*. Kemampuan penyerapan *energy absorber* ini akan menentukan tingkat keselamatan pengguna peralatan tersebut (Yob *et al.*, 2015).

Peralatan pengaman kendaraan intensif dikembangkan oleh para ilmuwan sejak tahun 1960. Salah satu pionernya adalah Alexander (1960) beliau yang pertama mengembangkan teori tentang penyerapan *energy ring mode* pada batang silinder. Teori yang dikembangkan masih sangat sederhana tetapi telah menjadi dasar untuk perancangan peralatan *energy absorber* hingga saat ini . Inventor lainnya yang juga turut menyempurnakan teori perhitungan tersebut diantaranya Johnson (1973), Wierzbicki and Abramowicz, (1983), Abramowicz and Jones, (1984), Abramowicz and Jones, (1986), Grzebieta (1990), Guillow, Lu and Grzebieta, (2001), Wierzbicki and Abramowicz, (1983),

Wierbicki and Bhat.S.U., (1986), Wierzbicki *et al.*, (1992), Wierzbicki, Recke and Huang, (1994), Singace, Elsobky and Reddy, (1995), Singace, Elsobky and Reddy, (1995), Elsobky and Singace, (1996), Singace and El-Sobky, (1997), Karagiozova, Alves and Jones, (2000), Guillow, Lu and Grzebieta, (2001), Zywicz *et al.*, (2012), Singace, Elsobky and Reddy, (1995), dan lain sebagainya.

Perhitungan kemampuan penyerapan energy sesuai teori yang telah dikembangkan oleh para ilmuwan tersebut dalam bentuk matematika sangat kompleks. Bentuk rancangan struktur penyerap energi yang irregular, membutuhkan teori perhitungan yang lebih kompleks lagi dan tingkat akurasinya sering dipertanyakan. Perkiraan kemampuan penyerapan energi pada struktur komponen ini dengan eksperimen pada umumnya membutuhkan waktu yang lama dan mahal. Hal tersebut karena pengujian penyerapan energi merupakan tipe pengujian yang merusak, sehingga disamping dibutuhkan peralatan uji yang spesifik juga dibutuhkan spesimen uji yang banyak sehingga kurang efisien.

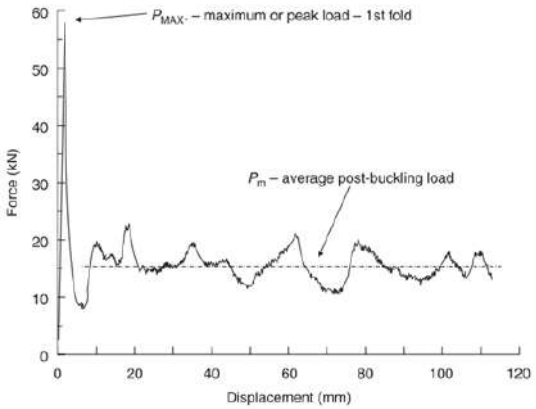
Perkembangan teknologi komputer yang pesat saat ini, mulai dilirik oleh para ilmuwan untuk mengembangkan metode pengujian penyerapan energi ini secara virtual. Teknologi simulasi menawarkan kecepatan dan flesibilitas yang baik. Pembuktian tingkat akurasi diantara hasil simulasi dengan eksperimen perlu dilakukan. Hal tersebut karena peralatan penyerap energi ini merupakan alat keamanan yang berfungsi untuk melindungi pengguna dari kecelakaan yang berakibat kematian atau cacat tubuh.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan metode pengujian penyerapan energi secara virtual dengan menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga pada silinder Aluminium. Hasil perhitungan penyerapan energi dengan cara virtual akan dibandingkan dengan hasil perhitungan secara eksperimental. Hipotesa hasil penelitian ini, dapat diperoleh metode pengujian secara virtual yang mendekati hasil perhitungan secara analitis dan diharapkan dapat diterapkan pada komponen struktur penyerap energi dengan bentuk yang tidak beraturan atau *irregular* serta dapat dipergunakan untuk perancangan komponen penyerap energi.

LANDASAN TEORI

Axially compression crushing pada *circular thin walled tu*be akan menyebabkan kerusakan dengan mode *axisymetrically (concertina/ring mode)* atau *non-axisymetrically (diamond mode)* tergantung pada perbandingan diameter dan ketebalannya (D/h). Pada nilai D/h tertentu memungkinkan terjadinya tipe kerusakaan yang merupakan gabungan diantara keduanya yang dikenal dengan *mixed mode* (Lu and Yu, 2003).

Proses *axially compression crushing*, diawali oleh terjadinya lipatan awal yang diakibatkan oleh kerja gaya aksial yang merupakan gaya terbesar ($Pmax$ = peak load) selama proses ini, dan selanjutnya diikuti oleh *fluctuation load*. *Fluctuation load* ini merupakan proses transfer energi dari *kinetic energy* menjadi *plastic deformation energy* yang berupa lipatan dinding *thin-walled tubes*. Salah satu tipe kurva proses ini seperti ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



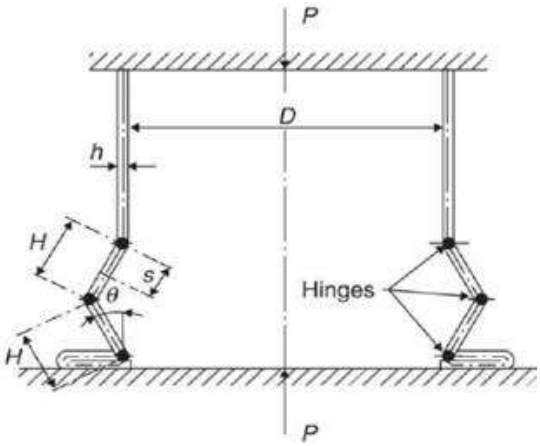
Gambar 1. Tipe *axial compression crushing curve* (Lu and Yu, 2003)

Besar energi yang dikonversi merupakan luas area dibawah kurva tersebut. Besar gaya aksial rerata selama peak load ($Pmean$ / $Pavg$) merupakan nilai rerata selama fluktuasi.

Penelitian tentang penyerapan energi struktur berdinding tipis pertama kali dilakukan oleh Alexander (1960), struktur yang diteliti berbentuk silinder sederhana yang mengalami pembebanan dalam arah sejajar sumbunya seperti gambar 2.

Besar gaya rerata untuk menghasilkan satu lipatan diperoleh berdasarkan persamaan 1.

$$P_{avg} = 6Yh\sqrt{Dh} \quad (1)$$



Gambar 2. Alexander model (Lu and Yu, 2003)

Persamaan tersebut menurut Johson (1972) kurang tepat karena energi regangan yang terjadi nilainya bervariasi sepanjang penampangnya. Abramowicz and Jones (1984) juga memperbaiki persamaan tersebut menjadi persamaan 2, karena menurut mereka dinding tabung silinder mengalami tekuk kearah meridian tidak lurus.

$$P_{avg} = 8.91Yh\sqrt{Dh}\left(1 - 0.61\sqrt{h/D}\right) \qquad (2)$$

Singace, Elsobky and Reddy, (1995) juga melakukan perbaikan pada persamaan tersebut dengan memperkenalkan parameter eccentricity factor dan melakukan pengujian ulang dengan memperhitungkan sudut kritis yang diperlukan untuk menghasilkan lipatan keluar dan kedalam.

Perbaikan juga dilakukan oleh Karagiozova, Alves and Jones, (2000) dengan memperhitungkan pengaruh strain-rate dan inertia serta hubungan Cowper-Symonds. Perhitungannya menggunakan persamaan 3.

$$P_{avg} = 6Yh\sqrt{Dh}\left(1 + \left(\frac{V_o}{2D}\right)^{\frac{1}{q}}\right) \qquad (3)$$

Besar energi yang dapat diserap merupakan kerja gaya aksial pada struktur selama proses crushing. Kerja tersebut direpresentasikan dalam bentuk luas area dibawah kurva load - displacement (Alexander, 1960).

Perhitungan luas area dibawah kurva *load–displacement* dapat dilakukan dengan menggunakan integral. Bentuk persamaan integralnya seperti persamaan 4 (Yuen and Nurick, 2008).

$$EA = \int P_{avg} d\delta \qquad (4)$$

Perbandingan diantara $Pavg$ dengan $Pmax$ merupakan crush force efficiency yang menunjukkan unjuk kerja penyerapan energi pada struktur. Bentuk matematikanya seperti persamaan 5 (Brandenburg et al., 2009).

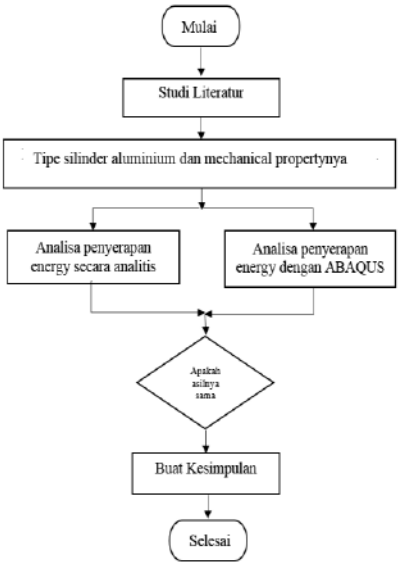
$$CFE = \frac{P_{avg}}{P_{max}} \qquad (5)$$

Efisiensi lainnya yang lebih komprehensif adalah *Specific Energy Absorption (SEA*). Efisiensi ini didefinisikan sebagai perbandingan diantara EA dengan massa struktur. Bentuk matematiknya seperti persamaan 6 (Palanivelu *et al.*, 2011).

$$SEA = \frac{EA}{m} \qquad (6)$$

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan urutan seperti pada diagram alir pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

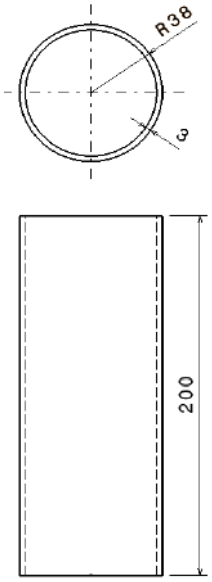
Penelitian ini dilakukan dengan urutan pertama melakukan studi literatur yang mendukung penelitian ini. Berdasarkan literatur yang diperoleh penelitian dilanjutkan dengan memilih tipe struktur yang akan dianalisa. Struktur yang akan di analisa pada penelitian ini berupa stuktur tabung silinder aluminium seri 6063 – T5 seperti pada penelitian *quasi-static crushing* yang dipublikasikan Yob *et al.*, (2015).

Langkah berikutnya melakukan identifikasi sifat–sifat mekanikal struktur silinder aluminium tersebut yang meliputi ukuran, kekuatan, modulus elastisitas, serta *poisson's ration*ya. Parameter tersebut diperlukan untuk perhitungan secara analitis berdasarkan hasil percobaan maupun dengan menggunakan perangkat lunak *FEM/ABAQUS student version.*

Perhitungan secara analitis hasil percobaan dilakukan dengan menggunakan teori – teori yang telah dibuat oleh para peneliti sebelumnya. Perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak *ABAQUS* dilakukan dengan formulasi *explicite dynamic.*

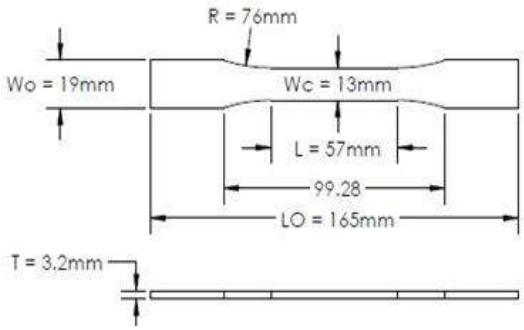
Perbandingan diantara perhitungan secara analitis dan perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak *FEM* merupakan salah satu tujuan dari penelitian ini. Besar deviasi yang terjadi merupakan ukuran tingkat akurasi penggunaan perangkat lunak *FEM* untuk analisa struktur. Tingkat akurasi ini akan menjadi dasar dalam perancangan struktur *shock absorber* dimasa mendatang dengan hasil yang efektif dan efisien pada sisi ketepatan, biaya yang rendah dan kecepatan dalam perancangan.

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium dengan seri 6063-T5. Bentuk spesimen ujinya silinder dengan diameter luar 76 mm dan ketebalan 3 mm dengan ketinggian 200 mm. Geometrinya seperti ilustrasi pada gambar 4. Jumlah specimen uji ada 3 buah.



Gambar 4. Geometri spesimen uji

Spesimen uji untuk pengujian tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D368. Bentuk spesimen pengujian tarik diilustrasikan seperti pada gambar 5, berikut ini.



Gambar 5. Geometri spesimen uji tarik

Pengujian tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM D368, sedangkan pengujian *crushing* dilakukan dengan cara menekan silinder menggunakan mesin *Ultimate Tensile Machine (UTM)*, dengan laju 5 mm/menit sepanjang 120 mm (Ghamarian and Tahaye Abadi, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium terpusat Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Kota Baru Yogyakarta.

Jenis pengujian yang dilakukan berupa uji tarik spesimen *Aluminium Alloy 6063-T5* serta pengujian *quasi-statics compression crush* pada silinder *Aluminium Alloy 6063-T5*.

Physical dan mechanical properties material ini, berdasarkan data sekunder (Annonim, 2019).

Data-datanya meliputi *Density*, ρ 2,69 g/cm^3, *Young's modulus* (E), 68,3 GPa, *tensile strength*, σ_{UTS}, 145 – 186 MPa, *Elongation* (ε) *at break*, 18 – 33 %, *Poisson's ratio* (ϑ), 0,3.

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Tensile Machine (UTM)*, dengan prosedur mengikuti standar ASTM D638.

Jumlah specimen yang dipergunakan sejumlah lima (5) buah spesimen *dog bone*, bentuknya seperti ditunjukkan pada gambar 5 diatas.

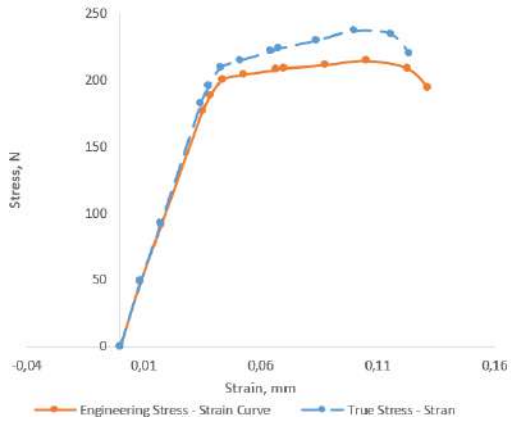
Data rerata hasil pengujian tarik ke lima specimen tersebut, dipergunakan sebagai data *input* untuk perhitungan secara analitis maupun perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak *finite element metode (FEM), ABAQUS student version.*

Hasil pengujian ke lima specimen tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 1, berikut ini.

Tabel 1. Hasil pengujian tarik

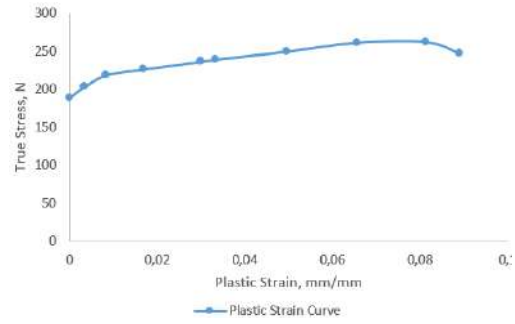
No.	$Area$ (mm^2)	$Max\ Force$ (kgf)	$0.2\%\ Y.S.$ (kgf/mm^2)	$Y.S.$ (kgf/mm^2)	$Tensile\ strength$ (kgf/mm^2)	$Elongation$ (%)
1	40,3	883	20,27	20,18	21,9	12
2	40,3	852	19,42	19,35	21,15	9
3	40,3	895	20,5	20,39	22,21	12
4	40,3	855	19,23	19,35	21,22	12
5	40,3	845	17,3	15,8	20,96	10
Rerata	40,3	866	19,34	19,01	21,49	11

Kurva *Engineering* dan *True Stress (N)–Strain (mm/mm)*, hasil pengujian tarik tersebut dapat dilihat pada gambar 6, berikut ini.



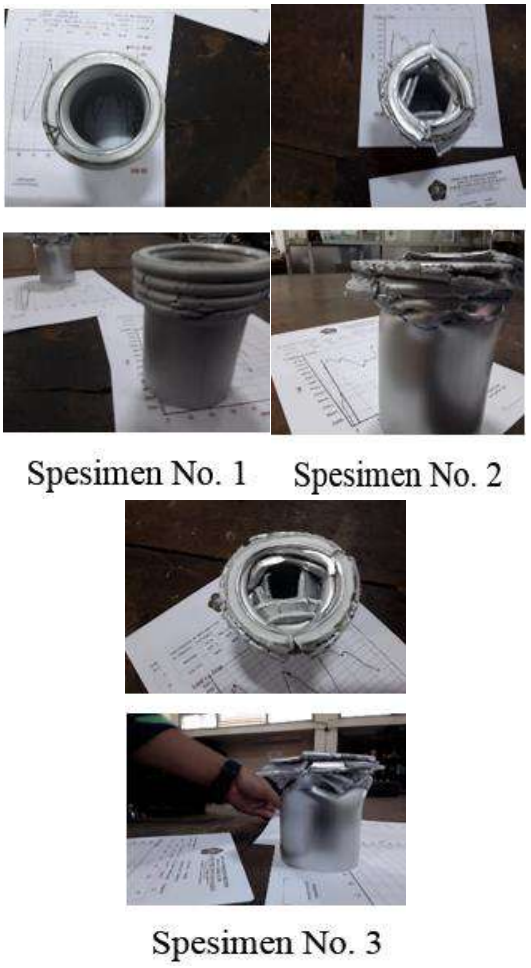
Gambar 6. *Engineering* dan *True Stress-Strain Curve*

Sedangkan kurva *plastic stress – strain* hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada gambar 7, berikut ini.



Gambar 7. *Plastic Stress-Strain Curve*

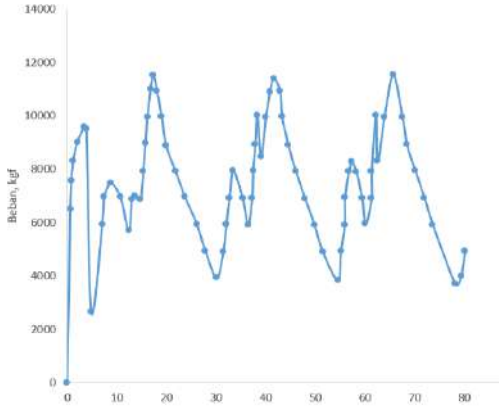
Pengujian *quasi-static crush* dilakukan dengan mengacu pada Ghamarian and Tahaye Abadi, (2011). Profil hasil pengujian ini, seperti ditunjukkan pada gambar 8, berikut ini.



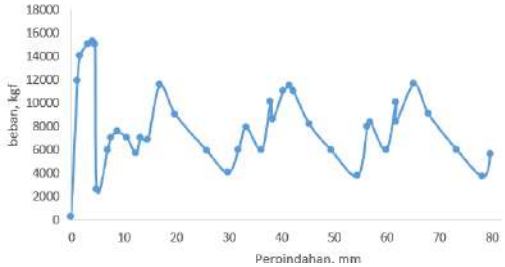
Gambar 8. Profile Hasil Uji *quasi-static compression crush*

Performa kemampuan penyerapan energi dari silinder alumunium seri *6063 - T5* ini dapat ditujukkan berdasarak pada luas area dibawah kurva beban – perpindahan yang terjadi.

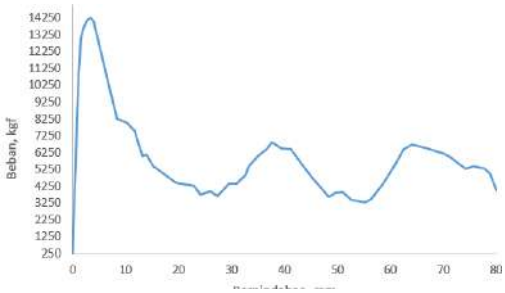
Kurva beban perpindahan hasil pengujian pada specimen pertama ke dua, dan ke tiga, berturut - turut dapat dilihat pada gambar 9, 10,dan 11, berikut ini.



Gambar 9. Kurva beban – perpindahan hasil pengujian pada specimen pertama



Gambar 10. Kurva beban – perpindahan Hasil pengujian pada specimen ke dua



Gambar 11. Kurva beban – perpindah Hasil pengujian pada specimen ke tiga

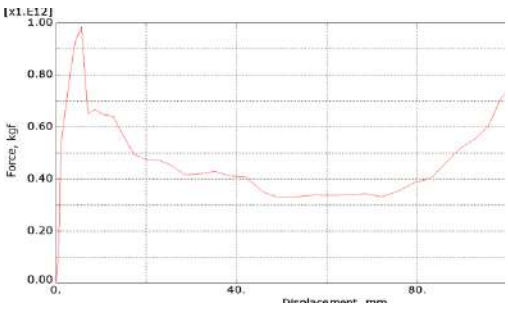
Hasil pengujian *quasi-static compression crush* pada ke tiga specimen ditunjukkan pada tabel 2, berikut ini.

Tabel 2. Hasil pengujian *quasi-static compression crush* specimen 1, 2, dan 3

No.	Area (mm^2)	Max. Force (kgf)	0.2% Y.S. (kgf/mm^2)	Y.S. (kgf/mm^2)	Tensile Strength (kgf/mm^2)	Elongation (%)
1	700,91	11586	5,43	11,83	16,53	67
2	700,91	10943	12,66	13,56	15,61	61
3	700,91	8220	9,12	10,00	11,73	71

Finite element analysis quasi-static compression crushing pada tabung silinder aluminium seri 6062 - T5 ini, dilakukan dengan menggunakan perang lunak *Abaqus Student version.*

Performa tabung silinder Aluminium 6063 - T5 ditujukkan dengan kurva beban versus perpindahan. Kurva hasil simulasi dengan perangkat lunak tersebut dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Kurva beban – perpindahan hasil simulasi *quasi-static crush*

Perhitungan penyerapan energi tabung silinder *Aluminium 6063 - T5* secara analitis berdasarkan pengujian, ditunjukkan pada tabel 3, berikut ini.

Tabel 3. Perhitungan unjuk kerja pengujian *quasi-static compression crush* specimen 1, 2, dan 3

No.	Total Energi (kJ)	Beban Puncak (kN)	Beban Rerata (kN)	Specific Energi Absorbed (SEA) kJ/kg	Crash Force Efficiency (CFE)
1	58,77	113,11	73,77	122,70	0,65
2	16,87	150,00	80,11	35,22	0,53
3	23,24	139,63	59,63	48,53	0,43

Perhitungan penyerapan energi tabung silinder *Aluminium 6063 - T5* berdasarkan hasil simulasi, seperti dtunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan unjuk kerja pengujian *quasi-static compression crush* specimen 1, 2, dan 3

No.	Total Energi (kJ)	Beban Puncak (kN)	Beban Rerata (kN)	Specific Energi Absorbed (SEA) kJ/kg	Crash Force Efficiency (CFE)
1	14,10	95,94	54,87	29,39	0,58

Kemampuan penyerapan energi spesimen nomor satu terbesar, sedangkan pada spesimen nomor dua nilainya mendekati nilai hasil simulasi. Deformasi yang terjadi akibat pengujian *quasi-static compression crush* pada pada ketiga specimen cenderung menunjukkan pola yang sama yaitu *ring mode*.

Pada simulasi pengujian dengan hasil pengujian pada specimen ke dua menunjukkan pola yang hampir sama. Deformasi yang terjadi diawali dengan *buckling* di bagian tengah *tube*.

Berdasarkan kondisi tersebut dapat disimpulkan konsistensi kerusakan yang terjadi dan besar energi yang dapat diserap, dan beratnya menunjukkan perbandingan tingkat akurasi hasil simulasi dengan perangkat lunak *finite element* dan hasil percobaan cukup baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa,

1. Hasil simulasi dan percobaan menunjukkan bentuk deformasi yang mirip
2. Nilai penyerapan energi diantara simulasi dengan pengujian mendekati sama, artinya tingkat akurasinya bagus
3. Perlu untuk membuat teknik simulasi yang lebih *advanced* dengan menggunakan tipe elemen yang lainnya, seperti *three-dimensional element*, serta *axysimmetric element* dengan *meshing* yang lebih baik.
4. Penggunaan perangkat lunak metode elemen hingga perlu untuk ditingkatkan dalam proses analisis dan perancangan komponen kendaraan.
5. Perancangan produk dimasa mendatang perlu diawali dengan teknik simulasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.

PENELITIAN SELANJUTNYA

Berdasarkan hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi ukuran geometri tabung silinder dan *triggering* pada ujung tabung untuk inisiasi *plastic deformation.*

DAFTAR PUSTAKA

Abramowicz, W. and Jones, N. (1984) 'Dynamic Progressive Buckling of Square Tubes', *International Journal Impact Engineering*, (December), pp. 243–270.

Abramowicz, W. and Jones, N. (1986) 'Dynamic progressive buckling of circular and square tubes', *Journal of Impact Engineering*, 4(4), pp. 243–270. Available at: http://dx.doi.org/1.0.1016/07.

Alexander, J. M. (1960) 'An approximate analysis of the collapse of thin cylindrical shells under axial loading.', *The quarterly journal of mechanics and applied mathematics*, 13(1), pp. 10–15. doi: https://doi.org/10.1093/qjmam/13.1.10.

Annonim (2019) *Aluminium alloy*, *Wikipedia*. Available at:

https://en.wikipedia.org/wiki/6063_aluminium_alloy#6063-T5 (Accessed: 19 July 2020).

Brandenburg, S. *et al.* (2009) 'Gemeinsame Empfehlung der AWMF und der DGUV in Zusammenarbeit mit der DGAUM und der DGSMP bei der Entwicklung von Leitlinien und Empfehlungen zur Begutachtung von Berufskrankheiten', *Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin*, 44(12), pp. 646–652.

Elsobky, H. and Singace, A. (1996) 'Further Experimental Investigation on The Eccentricity Factor In The Progressive Crushing Tubes', *Journal of Solids and Strucutres*, 33(24), pp. 3517–3538. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/0020-7683(95)00195-6.

Ghamarian, A. and Tahaye Abadi, M. (2011) 'Axial crushing analysis of end-capped circular tubes', *Thin-Walled Structures*. Elsevier, 49(6), pp. 743–752. doi: 10.1016/j.tws.2011.01.006.

Guillow, S. R., Lu, G. and Grzebieta, R. H. (2001) 'Quasi-static axial compression of thin-walled circular aluminium tubes', *International Journal of Mechanical Science*, 43, pp. 2103–2123. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/S0020-7403(01)00031-5.

Karagiozova, D., Alves, M. and Jones, N. (2000) 'Inertia effects in axisymmetrically deformed cylindrical shells under axial impact', *International Journal of Impact Engineering*, 24(10), pp. 1083–1115. doi: 10.1016/S0734-743X(00)00028-2.

Lu, G. and Yu, T. (2003) *Energy absorption of structures and materials*, *Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England*. Available at: www.woodhead-publishing.com.

Palanivelu, S. *et al.* (2011) 'Low velocity axial impact crushing performance of empty recyclable metal beverage cans', *International Journal of Impact Engineering*. Elsevier Ltd, 38(7), pp. 622–636. doi: 10.1016/j.ijimpeng.2011.02.008.

Singace, A. A. and El-Sobky, H. (1997) 'Behaviour of axially crushed corrugated tubes', *International Journal of Mechanical Sciences*, 39(3), pp. 249–268. Available at: http://dx.doi.org/10.1.016/S0020-7403(96)00022-7.

Singace, A. A., Elsobky, H. and Reddy, T. Y. (1995) 'On the eccentricity factor in the progressive crushing of tubes', *International Journal of Solids and Structures*. Elsevier Science Ltd, 32(24), pp. 3589–3602. doi: 10.1016/0020-7683(95)00020-B.

Wierbicki, T. and Bhat.S.U. (1986) 'A moving hinge solution for axisymetric crushing of tubes', *International Journal of Mechanical Sciences*, 28(3), pp. 135–151. Available at: http://dx/doi.org/10.1.01.6//0020-7403(86)90033-0.

Wierzbicki, T. *et al.* (1992) 'A two folding elements model of progressive crushing of tubes', *International Journal of Solids and Structures*, 29(1977), pp. 3269–3288. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/002-7683(92)90040-z.

Wierzbicki, T. and Abramowicz, W. (1983) 'On the crushing mechanics of thin walled structures', *Journal of Applied Mechanics (ASME)*. Available at: http://dx.doi.org/10.1.1.1.5/1.31.6713.

Wierzbicki, T., Recke, L. and Huang, J. (1994) 'Stress profiles in thin-walled prismatic columns subjected to crush loading II. Bending', *Computers & Structures*, 51(94), pp. 625–641. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/S0045-7949(05)80002-1.

Yob, M. N. *et al.* (2015) 'Quasi Static Axial Compression of Thin Walled Aluminum Tubes: Analysis of Flow Stress in the Analytical Models', *Modern Applied Science*, 10(1), p. 34. doi: 10.5539/mas.v10n1p34.

Yuen, S. C. K. and Nurick, G. N. (2008) 'The energy-absorbing characteristics of tubular structures with geometric and material modifications: An overview', *Applied Mechanics Reviews*, 61(1–6), pp. 0208021–02080215. doi: 10.1115/1.2885138.

Zywicz, E. *et al.* (2012) 'Thin-walled structures as impact energy absorbers', *Materials and Design*. Elsevier Ltd, 2(1), pp. 1–6. doi: 10.1016/S0263-8231(02)00082-4.

ALTERNATIF *HAND SANITIZER* DARI KOMBINASI EKSTRAK DAUN KETAPANG DAN DAUN KEPAYANG SEBAGAI ANTISEPTIK ALAMI

Ardi Afriyadi*[1], Jihan Chairunnisya Puteri Subekti[2], Yoga Pratama[3], Edwin Permana[4]
[123] Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
[4]Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
E-Mail : ardiafriyadi@gmail.com

ABSTRACT

Ketapang leaf and kepayang leaf contain secondary metabolite compounds such as flavonoids, alkaloids, tannins, triterpenoids, steroids, resins, saponins, quinones, and phenolics which have the potential to be developed as natural hand antiseptics. The ethanol extract of ketapang leaf (Terminalia catappa L.) and kepayang leaf (Pangium edule) have been shown to have anti-bacterial activity. This study aims to determine the stability and antibacterial activity of the combination of ethanol extract of ketapang leaves and kepayang leaves in hand sanitizer gel formulations to inhibit the growth of Staphylococcus aureus and Escherichia coli bacteria through the output target in the form of a narrative review. The method used to achieve the target outcome (narrative review) is based on a literature review. By making an analysis and synthesis of existing knowledge related to the topic to be studied to find gaps for the research to be carried out. This study examined the extraction stages using the maceration method to obtain ethanol extract, then continued with phytochemical screening. The stages of testing the characteristics of hand sanitizer gel preparations include: organoleptic test and pH test. Then continued testing for antibacterial activity carried out by the disk diffusion method. Based on the results of the literature review by the author, it can be concluded that the category of antibacterial activity of ketapang leafand kepayang leaf extracts are strong. There is a strong chance that if the two kind of leaf extracts are combined it will produce synergistic antibacterial properties. For the results of the product proposed by the author, it will have a physical appearance similar to the results of Doloksaribu and Fitri's research (2017). However, the authors suspect that there are differences in the color appearance of the resulting product.
Keywords: *Ketapang leaf, Kepayang leaf, Hand sanitizer, Antibacterial, Narrative review*

INTISARI

Daun ketapang dan daun kepayang memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tannin, triterpenoid, steroid, resin, saponin, kuinon, dan fenolik yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai antiseptik tangan alami. Ekstrak etanol daun ketapang (*Terminalia catappa L*.) dan daun kepayang (*Pangium edule*) telah terbukti memiliki aktivitas anti bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas dan aktivitas antibakteri dari kombinasi ekstrak etanol daun ketapang dan daun kepayang pada sediaan formulasi gel *hand sanitizer* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* melalui target luaran berupa *narrative review.* Metode yang digunakan untuk mencapai target luaran (*narrative review*) adalah didasarkan pada literatur review. Dengan cara membuat analisis dan sintesis terhadap pengetahuan yang sudah ada terkait topik yang akan diteliti untuk menemukan ruang kosong (gaps) bagi penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini mengkaji tahapan ekstraksi dengan metode maserasi untuk memperoleh ekstrak etanol, lalu dilanjutkan dengan skrining fitokimia. Tahapan pengujian karakteristik sediaan gel *hand sanitizer* diantaranya: uji organoleptik dan uji pH, Kemudian dilanjutkan pengujian aktivitas antibakteri yang dilakukan dengan metode difusi disk. Berdasarkan dari hasil literatur review yang penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa kategori aktivitas antibakteri dari ekstrak daun ketapang dan daun kepayang termasuk kuat. Terdapat peluang yang cukup kuat jika kedua ekstrak daun dikombinasikan maka akan dihasilkan sifat antibakteri yang sinergis. Untuk hasil produk yang diusungkan penulis akan memiliki tampilan fisik yang serupa dengan hasil penelitian Doloksaribu dan Fitri (2017). Akan tetapi, penulis menduga bahwa terdapat perbedaan dalam tampilan warna produk yang dihasilkan.
Kata kunci*:* Daun Ketapang, Daun Kepayang, *Hand sanitizer*, Antibakteri, *Narrative review.*

PENDAHULUAN

Lingkungan tempat manusia hidup merupakan suatu ekosistem yang terdiri dari berbagai jenis makhluk, termasuk salah satunya adalah mikroorganisme, hidup secara bebas disekitar lingkungan baik dalam

makanan, minuman, air, udara maupun pada tubuh manusia.

Keberadaan mikroorganisme dapat menjadi sumber penyakit untuk setiap kalangan manusia. Seperti seringnya penyakit diare yang terjangkit oleh anak-anak maupun orang dewasa, yang disebabkan masuknya bakteri ke dalam tubuh dan mengganggu sistem pencernaan. Menurut Bakri *et al* (2015), hasil dengan menggunakan metode PCR pada beberapa sampel feses anak-anak menunjukkan 46,43% positif terdapat bakteri *Escherichia coli* O157:H7. Selain itu, penyakit infeksi pada kulit yang disebabkan jenis bakteri *Staphylococcus aureus* juga sangat berbahaya bagi manusia.

Hal tersebut membuat masyarakat menjadi lebih baik dalam memperhatikan kebersihan tubuh khususnya pada bagian tangan. Hal ini ditunjukkan dalam penggunaan *hand sanitizer* yang meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Namun, umumnya sediaan gel dari hand sanitizer yang diformulasikan dengan penambahan alkohol sebagai bahan antibakterinya tidak memberikan aktivitas yang cukup kuat dalam membunuh mikroorganisme. Berdasarkan hasil sebuah penelitian menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri pada hand sanitizer komersil dengan menggunakan alkohol 70% memiliki nilai efektivitas sebesar 53,19%, nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan *hand sanitizer* dengan formulasi menggunakan ekstrak bahan alami yaitu sebesar 69,60% (Cicaningsih dan Cahyono, 2018).

Telah dilakukan berbagai pencarian suatu alternatif formulasi *hand sanitizer* dengan penambahan ekstrak dari bahan alami sebagai pengganti alkohol. Saat ini penggunaan kombinasi ekstrak dalam formulasi gel hand sanitizer masih terbatas. Penggunaan kombinasi ekstrak memiliki daya hambat bakteri yang lebih besar jika dibandingkan dengan daya hambat bakteri dari masing-masing ekstrak (Aswarita, 2013).

Pada inovasi sediaan formulasi gel *hand sanitizer* ini, digunakan kombinasi ekstrak dari hasil eksplorasi bahan alam yaitu daun ketapang (*Terminalia catappa L.*) dan daun Kepayang (*Pangium edule*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas dan aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun ketapang dan daun kepayang pada sediaan formulasi gel *hand sanitizer* dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* & *Escherichia coli* berdasarkan review literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Ekstrak

Pembuatan ekstrak dilakukan dengan metode maserasi. Sebanyak ±500 gr masing-masing serbuk simplisia daun ketapang dan daun kepayang ditimbang dan dimasukkan ke dalam wadah maserasi secara terpisah, kemudian direndam dengan 1,5 liter etanol 96%. Setelah itu di kocok menggunakan orbital *shaker* selama 4 jam (Gambar 1).

Gambar 1 Orbital *Shake*

Proses maserasi didasarkan pada metode Rohmani dan Kuncoro (2019). Maserasi dibiarkan selama 5 hari sambil diaduk berulang-ulang. Pengadukan atau pengocokan dilakukan agar cepat mendapat kesetimbangan antara bahan yang diekstraksi dalam bagian sebelah dalam sel dengan bahan yang masuk ke dalam cairan (Alim, 2017).

Maserat yang diperoleh difiltrasi dan dilakukan remaserasi selama 2 hari lalu difiltrasi kembali. Maserat hasil maserasi dan remaserasi kemudian dicampurkan lalu dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50^{o}C sampai pelarut hilang (Gambar 2). Kemudian maserat hasil evaporasi dipanaskan di atas *water bath* sampai diperoleh ekstrak kental (Gambar 3)

Gambar 2 *Vacum Rotary evaporator*

Gambar 3. Ekstrak Kental Etanol Daun Ketapang

2. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Ketapang dan Kepayang

Identifikasi golongan senyawa aktif dilakukan secara kualitatif pada ekstrak etanol daun ketapang dan daun kepayang. Senyawa yang dianalisis merupakan alkaloid, steroid, triterpenoid, flavonoid, saponin dan tanin menggunakan reagen uji yang mengikuti prosedur pengujian yang dilakukan oleh Setiabudi dan Tukiran (2017).

Hasil dari penelitian Muhammad dan Mudi (2011), ekstrak daun ketapang yang menggunakan pelarut etanol, metanol *aquos*, kloroform, etil asetat, dan n-heksana menunjukkan hasil yang positif terhadap senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, dan tanin. Sedangkan hasil penelitian Herli dan Wardaniati (2019), daun ketapang dengan fraksi etanol, n-heksana, dan etil asetat, didapatkan senyawa, alkaloid, steroid, dan flavonoid. Pada ekstrak etanol daun kepayang didapatkan hasil positif (+) untuk senyawa metabolit sekunder flavonoid, saponin, dan steroid (Pinta *et al*., 2017).

Pembuatan ekstrak daun dengan metode maserasi dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam pelarut. Perlakuan ini sejalan dengan penelitan yang dilakukan Packirisamy dan Krishnamorthi (2012) pada daun kepayang untuk memperoleh hasil skrining fitokimia dengan berbagai macam pelarut. Salah satu pelarut yang digunakan pada penelitian itu adalah pelarut etanol. Berdasarkan hasil uji tersebut, didapatkan bahwa pada ekstrak etanol daun ketapang mengandung senyawa metabolit sekunder yang diantaranya adalah alkaloid, flavonoid, steroid, fenol, dan tanin. Berikut adalah hasil analisis kualitatif fitokimia ekstrak daun ketapang dengan berbagai pelarut yang dilakukan oleh Packirisamy dan Krishnamorthi (2012) yaitu:

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitatif Fitokimia Ekstrak Berbeda Dari Daun Ketapang (Packirisamy dan Krishnamorthi, 2012).

Fitokimia	Ekstrak						
	Air	Etil Asetat	Etanol	Hidroalkohol (1:1)	Metanol	Kloroform	Petrolium Ether
Tanin	++	+	++	++	++	-	-
Saponin	-	-	-	++	-	-	-
Flavonoid	+	+	++	++	++	+	-
Quinon	++	-	+++	+++	+	-	-
Betasianin	++	-	++	++	+	+	-
Antosianin	-	-	-	-	-	-	-
Steroid	++	-	+++	++	+	-	+
Alkaloid	-	+	+	+	+	+	-
Glikosida	-	-	+	+	+	-	-
Triterpenoid	+	-	++	++	+	-	+
Fenol	+	+	++	++	+	-	+
Coumarin	++	-	++	+	-	-	-

Keterangan**:** (+++)Tinggi , (++)Sedang, (+) Rendah, dan (-)Tidak ada

Berdasarkan data tabel diatas dapat disimpulkan bahwa setiap pelarut yang direaksikan untuk mengidentifikasi senyawa metabolit pada umumnya akan memberikan hasil dengan tingkat keefektivitas yang berbeda-beda.

3. Pembuatan Gel Hand Sanitizer

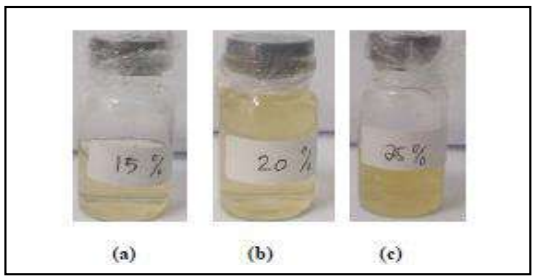
Pembuatan gel *hand sanitizer* dilakukan dengan menggunakan formulasi yang mengacu pada penelitian Doloksaribu dan Fitri (2017). Dilakukan pembuatan sediaan gel *hand sanitizer* dengan perbandingan ekstrak etanol daun ketapang (EDKT): ektstrak etanol daun kepayang (EDKP) dengan masing-masing rasio perbandingan 1:2, 1:3, 3:3, 3:1 dan 2:1 dengan formulasi yang digunakan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Formulasi Gel Hand Sanitizer Ekstrak Kombinasi

Komposisi	Bobot (gram)				
	F1	F2	F3	F4	F5
EDKT	3	3	9	9	6
EDKP	6	9	9	3	3
HPMC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Gliserin	10	10	10	10	10
Propilenglikol	5	5	5	5	5
Methyl paraben	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Essence apel	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Aquades	100	100	100	100	100

Sediaan gel dibuat sebanyak 5 formula menggunakan kombinasi ekstrak etanol daun ketapang dan ekstrak etanol kepayang dengan HPMC sebagai gelling agent. Sediaan gel yang dihasilkan memiliki tekstur kental, setengah padat dan sediaan terlihat homogen saat dioleskan pada kaca transparan. Warna yang dihasilkan adalah coklat dan aroma khas ekstrak (Doloksaribu dan Fitri, 2017)

Dengan menggunakan formulasi gel *Hand sanitizer* ekstrak kombinasi yang sama, Iswandana dan Sihombing (2017) juga memperoleh hasil uji stabilitas yang sama. Bahwa gel memiliki stabilitas fisik yang baik, berbentuk semipadat, berwarna hijau hingga cokelat serta homogen. Dalam formulasi yang sama pada penelitian yang dilakukan oleh Putri *et al* (2019) didapatkan hasil produk sediaan gel *hand* sanitizer dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Formulasi *Hand Sanitizer* dengan konsentrasi (a) 15%; (b) 20%; (c) 25% (Putri *et al*., 2019).

Berdasarkan pernyataan tersebut, peneliti menduga bahwa gambaran *Hand sanitizer* ekstrak kombinasi daun ketapang dan daun kepayang yang akan dibentuk akan memiliki bentuk hampir yang sama dengan gambar 4. Diduga terdapat perbedaan dalam tampilan warna hal ini didasari atas warna ekstrak daun ketapang dan kepayang juga menunjukkan tampilan luar berwarna hijau hingga kecokelatan (Gambar 3). Selanjutnya, formulasi gel juga memiliki karakteristik bentuk semipadat, kental, homogen dan berwarna hijau kecokelatan.

4. Evaluasi Sediaan Gel Kombinasi Ekstrak

Uji organoleptik dilakukan dengan cara mengamati tampilan fisik sediaan meliputi bau, warna dan bentuk (Iswandana dan Sihombing, 2017). Berdasarkan acuan formulasi yang sama dilakukan dalam penelitian Doloksaribu dan Fitri (2017), didapatkan bahwa semakin banyak penambahan ekstrak, maka warna dari sediaan gel yang dihasilkan bertambah pekat yaitu coklat sampai coklat kehitaman dan dihasilkan aroma khas dari ekstrak. Adapun tampilan fisik gel *hand sanitizer* yang didapatkan pada setiap formulasi yaitu berbentuk semi padat, berwarna kecokelatan dan memiliki aroma essense yang ditambahkan.

Berdasarkan acuan literatur diatas maka penulis berspekulasi bahwa hasil produk dalam formulasi gel *hand sanitizer* yang diusungkan penulis akan memiliki tampilan fisik yang serupa yaitu berbentuk semi padat dan memiliki aroma essense apel yang semakin berkurang seiring dengan penambahan jumlah ekstrak. Namun penulis menduga bahwa terdapat perbedaan dalam tampilan warna produk yang dihasilkan, dimana produk diduga akan berwarna kehijaun. Hal ini didasarkan pada penelitian Herli dan Wardaniati (2019), didapatkan bahwa ekstrak kental daun ketapang dan kepayang memiliki karakteristik warna hijau pekat

Uji pH sediaan gel diukur dengan menggunakan pH meter. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang (Iswandana dan Sihombing, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Doloksaribu dan Fitri (2017), hasil dari uji pH pada sediaan gel menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka pH yang dihasilkan semakin menurun artinya pH dari sediaan gel yang dihasilkan semakin asam. Adapun hasil pengukuran pH yang didapatkan pada formulasi tersebut berkisar antara 6,3-6,5. Berdasarkan acuan literatur tersebut maka penulis berhipotesa bahwa sediaan gel yang dihasilkan berdasarkan formulasi yang diusungkan penulis akan memiliki nilai pH ± sama dengan nilai yang dihasilkan oleh penelitian Dolokasaribu dan Fitri (2017), karena formulasi yang dimiliki hampir sama antara keduanya. Nilai pH formulasi gel tersebut dapat dikatakan aman untuk digunakan karena masih memenuhi kriteria pH kulit yaitu 4,5- 6,5.

5. Uji Aktivitas Antibakteri Daun Ketapang dan Daun Kepayang

Pengujian aktivitas antibakteri dari ekstrak etanol daun ketapang dan daun kepayang dilakukan dengan metode difusi disk terhadap dua organisme patogen yaitu *Escherichia coli* sebagai bakteri gram negatif dan *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri gram positif. Zona hambat yang ditunjukkan dengan adanya warna bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram menandakan bahwa terjadi suatu aktivitas daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri yang diuji. Adanya zona hambat tersebut menunjukkan daerah difusi dalam mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Kekuatan aktivitas antibakteri dapat diketahui dengan cara mengukur besarnya diameter dari zona hambat berwarna bening yang terbentuk oleh ekstrak yang diuji (Redwik *et al.*, 2019). Menurut Davis dan Stout (1971), kekuatan

aktivitas anti bakteri dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori:

Tabel 3. Kategori kekuatan aktivitas antibakteri

Daya Hambat Bakteri	Kategori
≥ 20 mm	Sangat kuat
10-20 mm	Kuat
5-10 mm	Sedang
≤ 5 mm	Lemah

Mekanisme kerja senyawa metabolit sekunder sebagai antibakteri dilakukan dengan cara merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran atau mengganggu sintesis protein. Sebagai antibakteri, saponin akan mendenaturasi protein (Sani, 2013). Senyawa flavonoid membunuh bakteri dengan menghambat sintesis asam nukleat, menghambat fungsi membran sel dan menghambat metabolisme energi. Hasil penelitian Heni *et al* (2015) menunjukkan bahwa senyawa terpenoid dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan mengganggu proses terbentuknya dinding sel. Tanin dapat menghambat enzim reverse transkriptase pada bakteri sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk.

Berdasarkan penelitian Aisyah *et al* (2017), menunjukkan bahwa terdapat aktivitas antibakteri pada ekstrak daun ketapang yang dibuktikan dengan terbentuknya rata-rata zona hambat terhadap jenis bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) sebesar 21,92 mm pada ekstrak daun ketapang hijau dan 26,42 mm pada ekstrak daun ketapang merah. Hasil penelitian lainnya menunjukkan ekstrak etanol daun Ketapang yang diuji pada bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat pada konsentrasi 300 µg/ml, yaitu dengan masing-masing zona hambat sebesar 13 mm dan 17 mm. dengan control positif yang digunakan adalah Ciprofloxacin (Neelavathi *et al*., 2013) lihat gambar 5.

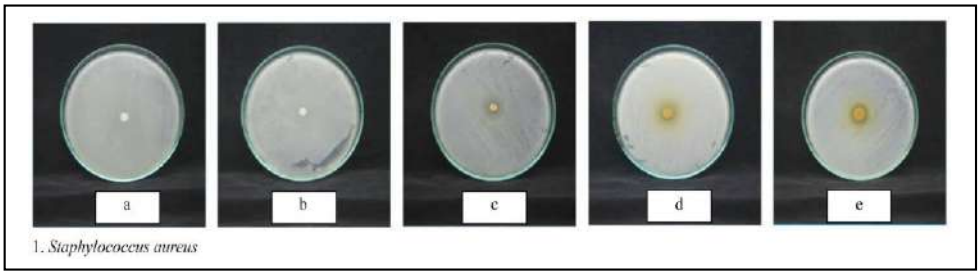
(a) **(b)**

Gambar 5. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun Ketapang terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (a) dan kontrol positif ciprofloxacin (b)

Berdasarkan hasil penelitian Allyn *et al* (2019), diameter zona hambat ekstrak etanol daun ketapang terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* berkisar dari 1,73 mm hingga 9,06 mm. Ditingkatkannya konsentrasi ekstrak menunjukkan peningkatan juga terhadap diameter zona hambat. Berdasarkan nilai zona hambat yang dihasilkan, aktivitas antibakteri ini termasuk dalam kategori sedang (Allyn *et al*., 2019).

Tabel 4. Zona hambat konsentrasi ekstrak daun Ketapang

Bacteria	Positive control	Extract concentration		
		30%	60%	90%
Staphylococcus aureus	$5.78\pm0,27^{a,1}$	$1.73\pm0,24^{b,1}$	$5.28\pm1,06^{a,c,1}$	$9.06\pm0,56^{d,1}$



Gambar 6. Aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun Ketapang terhadap *Staphylococcus aureus*

Menurut Sakul *et al* (2020), pengujian ekstrak etanol daun kepayang (*Pangium edule*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 4%, 6% dan 8% menghasilkan zona hambat masing-masing sebesar 5,8 mm, 6,05 mm dan 7,6 mm. Kemampuan menghambat dari ketiga konsentrasi ekstrak lebih lemah daripada kemampuan menghambat dari kontrol positif (ciprofloxacin) yang zona hambatnya sebesar 28,26 mm. Sedangkan hasil pengujian dari ekstrak etanol daun kepayang terhadap bakteri *Escherichia coli* pada konsentrasi yang sama menghasilkan zona hambat masing-masing sebesar 5,65 mm, 5,81 mm dan 6,55 mm. Kemampuan menghambat dari ketiga konsentrasi ekstrak ini juga lebih lemah dibandingkan ciprofloxacin sebagai kontrol positif yang memiliki zona hambat sebesar 26,22 mm. Daya hambat dari ekstrak etanol daun kepayang terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* termasuk kategori sedang. Namun, dari hasil pengukuran rata-rata diameter daya hambat dapat diketahui bahwa aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kepayang lebih kuat terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dibandingkan dengan bakteri gram negatif (*E. coli*). Hal ini menunjukkan bahwa bakteri gram positif lebih rentan terhadap ekstrak etanol daun kepayang dibandingkan dengan bakteri gram negatif. Dewi (2010), melaporkan bahwa perbedaan sensitivitas bakteri terhadap antibakteri dipengaruhi oleh struktur dinding sel bakteri.

Kombinasi ekstrak etanol daun ketapang dan umbi bawang putih mempunyai aktivitas antibakteri yang dikategorikan sangat kuat karena menghasilkan zona hambat diatas 20 mm. Pada konsentrasi (30%:70%) dengan perbandingan ekstrak daun Ketapang;umbi bawang putih dihasilkan zona hambat sebesar 24mm, (50%:50%) sebesar 26 mm dan (70%:30%) 28,6 mm. Ekstrak kombinasi daun ketapang dan umbi bawang putih yang paling aktif adalah pada saat perbandingan (70%:30%) yaitu dengan zona hambat 28,6 mm. hal tersebut menunjukkan bahwa dihasilkan sifat antibakteri yang sinergis dari ekstrak daun Ketapang dan umbi bawang putih dengan nilai zona hambat yang lebih besar pada kombinasi ekstrak dibandingkan pada kedua ekstrak tunggal (Sanggel, 2018).

Kombinasi dari ekstrak etanol daun Ketapang dan daun kepayang diharapkan akan menghasilkan aktivitas antibakteri yang bersifat sinergis, sehingga akan menghasilkan fungsi yang lebih maksimal dalam menghambat pertumbuhan bakteri atau bahkan membunuh bakteri. Sehingga dapat diperoleh produk hand sanitizer dari bahan alam dengan kemampuan yang optimal. Menurut Munira *et al* (2018), kombinasi ekstrak daun ketapang warna hijau dan warna merah memiliki zona hambat yang lebih besar (30,92 mm) jika dibandingkan dengan zona hambat masing-masing ekstrak yaitu ekstrak daun ketapang berwarna hijau (21,92 mm) dan ekstrak daun ketapang warna merah (26,42 mm). Hal ini disebabkan karena adanya sinergisme aktivitas antibakteri senyawa yang terkandung dalam ekstrak daun ketapang warna hijau dan merah. Efek sinergis bahan aktif merupakan kondisi ketika efek yang dihasilkan oleh senyawa aktif secara bersama lebih besar dari pada jumlah efek tunggal dari masing-masing senyawa aktif (Sudewi *et al*., 2016).

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil literatur review yang penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa kategori aktivitas antibakteri dari ekstrak daun ketapang dan daun kepayang termasuk kuat. Terdapat potensi yang baik jika kedua ekstrak daun dikombinasikan maka akan dihasilkan sifat antibakteri yang sinergis. Untuk hasil produk yang diusungkan penulis diduga akan memiliki tampilan fisik yang serupa dengan hasil penelitian Doloksaribu dan Fitri (2017) yaitu memiliki tekstur kental, berwarna coklat dan aroma khas ekstrak. Namun, diduga terdapat perbedaan dalam tampilan warna produk yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, K. A. Putri, Suriani, Iswadi dan A. Ilyas. 2017. Pengaruh Kandungan Senyawa Pada Ekstrak Daun Ketapang n-Heksan, Etil Asetat, Metanol Dan Campuran Terhadap Nilai Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Al-Kimia*. 5 (2):170-180.

Alim, M. K. 2017. Uji Ekstrak Daun Ketapang (Terminalia catappa) Sebagai Bahan Antifouling Alami Pada Plat Baja di Perairan PT Dok dan Perkapalan Surabaya. Skripsi. ITS. Surabaya

Allyn, O. Q., E. Kusumawati dan R. A. Nugroho. 2019. Antimicrobial Activity Of *Terminalia Catappa* Brown Leaf Extracts Against *Staphylococcus Aureus* ATCC 25923 And *Pseudomonas Aeruginosa* ATCC 27853. F1OOO Research.

Aswarita, R. 2013. Interaksi Ekstrak Daun Lidah Buaya (*Aloe Vera* L.) Dan Daun

Jambu Biji (*Psidium Guajava* L.) Terhadap Daya Hambat *Escherichia Coli* Secara In Vitro. *Jurnal EduBio Tropika*. 1 (2):115-120.

Bakrie, Z., M. Hatta dan M. Nasrum. 2015. Deteksi Keberadaan Bakteri Escherichia Coli O157:H7 Pada Feses Penderita Diare Dengan Metode Kultur Dan PCR. *JST Kesehatan*. 5 (2):184-192.

Carwell, R. dan W. Daly. 2001. Strategies for The Costruction of A Critical Review of The Literature. *Nurse Education in Practice*. 1: 57-63.

Cicaningsih, A dan T. Cahyono. 2018. Komparasi Efektivitas Hand Sanitizer Alami "Ac" Dan Merk E Terhadap Penurunan Angka Kuman Pada Tangan Pekerja Di Labkesmas Kabupaten Banyumas Tahun 2017. *Keslingmas*. 37 (3):364-373.

Davis, W.W dan T.R Stout. 1971. Disc Plate Methods of Microbiological Antibiotic Assay. *Microbiology* .22(4):659-665.

Doloksaribu, B. E dan K. Fitri. 2017. Formulasi Sediaan Gel Hand Sanitizer Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Dan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Dunia Farmasi.* 2 (1):50-58.

Heni, S. Arreneuz, dan T. A. Zaharah. 2015. Efektivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Belimbing Hutan (*Baccaurea angulata Merr*.) Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *JKK*. 4 (1):84-90.

Herli, M. A. dan I. Wardaniati. 2019. Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol dan Fraksi Daun Ketapang yang Tumbuh di Sekitar Universitas Abdurrab, Pekanbaru. *Journal of Pharmacy and Science.* 2(2): 38-42.

Iswandana, R dan L. K. M. Sihombing. 2017. Formulasi, Uji Stabilitas Fisik, dan Uji Aktivitas Secara In Vitro Sediaan Spray Antibau Kaki yang Mengandung Ekstrak Etanol Daun Sirih (*Piper betle* L.). *Jornal of Pharmaceutical Science and Research*. 4 (3):121-131.

Muhammad, A dan S. Y. Mudi. 2011. Phytochemical Screening and Antimicrobial Activities of *Terminalia catappa,* Leaf Extract. *Biokemistri.* 23(1): 35-39.

Munira, Rasidah, E. Mellani, N. Zakiah dan M. Nasir. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L.*) Warna Hijau Dan Warna Merah Serta Kombinasinya. *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product.* 1 (2):3-5.

Neelavathi, P., P. Venkatalakshmi dan P. Brindha. Antibacterial Activities Of Aqueous And Ethanolic Extracts Of *Terminalia Catappa* Leaves And Bark Against Some Pathogenic Bacteria. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* 5(1):3-6.

Pinta, W. A. Lolo dan P. V. Y. Yamlean. 2017. Identifikasi Kandungan Fitokimia Dan Uji Kadar Hambat Minimum Dan Kadar Bunuh Minimum Ekstrak Etanol Daun Pangi (*Pangium Edule Reinw. Ex Blume*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli*. *Jurnal Ilmiah Farmasi Unsrat* . 6 (3):260-267.

Packirisamy. P, Vijayalakhsmi Krishnamorthi. 2012. Evaluation of Proximate Composition and Phytochemical analysis of Terminalia catappa L. from Nagapattinam Region. International Journal of Science and Research. 3 (12):877-880.

Putri, M. A., M. E. Saputra, I. N. Amanah dan V. A. Vabiani. 2019. Uji Sifat Fisik Sediaan Gel Hand Sanitizer Ekstrak Daun Pucuk Idat *(Cratoxylum glaucum) Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*. 3-4 September 2019, Pangkal Pinang, Indonesia. 39-40.

Ramdhani, A., M. A. Ramdhani dan A. S. Amin. 2014.Writing a Literature Review Research Paper:A Step-by-Step Approach. *International Journal of Basics and Applied Sciences*.3 (1): 47-56.

Redwik, D. U. W., Simbala, H. E dan Edy, H. J. Identifikasi Fitokimia dan Uji Daya Hambat Dari Ekstrak Etanol Tangkai Buah Pinang Yaki (Areca vestiaria giseke) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* Dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Pharmacon*. 8 (4): 89-98.

Rohmani, S dan M. A. A. Kuncoro. 2019. Uji Stabilitas dan Aktivitas Gel Handsanitizer Ekstrak Daun Kemangi. *Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research.* 1 (1):16-28.

Sakul, G., H. Simbala dan G. Rundengan. 2020. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Pangi (*Pangium edule*

Reinw. ex Blume) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa. Pharmacon*. 9 (2):3-6.

Sani, R. N., F. C. Nisa, R. D. Andriani dan J. M. Madigan. 2013. Analisis rendemen dan skrining fitokimia ekstrak etanol mikroalga laut (*Tetraselmis chui*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2 (2):121-126.

Sanggel, M. J. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L.*) Dan Umbi Bawang Putih (*Allium Sativum L*.) Terhadap *Shigella Dysenteriae. Skripsi.*

Setiabudi, D. A dan Tukiran. 2017. Uji Skrining Fitokimia Estrak Metanol Kulit Batang Tumbuhan Klampok Watu (*Syzygium litorale*). *Journal of Chemistry.* 6 (3):155-160.

Sudewi S.,Lolo, W. A. 2016. Kombinasi Ekstrak Buah Mengkudu dan Daun Sirsak Dalam Menghambat Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 4 (2).

PENGGUNAAN ESP8266 DEVKIT DAN SENSOR MQ2 SEBAGAI SISTEM PERINGATAN DINI KEBOCORAN GAS BERBASIS IoT

Joko Setiawan Dwi Cahyo[1], Uminingsih*[2], Ign Suraya[3]
[123]Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Sains Terapan, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: umy.bin@yahoo.com

ABSTRACT

Household fuel use shift program from kerosene to gas has been successful. Various educational efforts from cities to villages by various elements of society has been done. The question is why there are still frequent fires in households and restaurants due to gas leaks on the stove. he answer is mostly due to "carelessness" of users. Therefore, for security it is necessary to have a sign of a leak as early as possible that is easily captured by the user, especially when it is positioned far from the stove. yutilizing sensors and internet facilities, a gas leak detector can be made with a notification catcher via an Android cellphone. The sensor used is Mq2, a microcontroller that is connected to a board with WIFI facilities, namely NodeMCU ESP8266 Devkit.The purpose of this research is to create an early detection system of LPG gas leaks that can provide accurate and accurate early warning information to the telegram application on the user's smartphone. Testing is done by measuring the time and distance of notifications that will be received on the telegram application on the user's smartphone. and notifications that appear on the device, in this case Buzzer and Led, as well as the message "Danger" written on the smartphone.. The test results obtained, the farthest sensitivity distance is 15 cm, the fastest time to receive notification is 04.79 seconds. Based on the tests carried out, it can be concluded that this detector is sensitive enough to detect LPG gas leaks and can send notifications that are olmost close to real time to the Telegram application on the user's smartphone properly.
Keywords: *LPG Gas, Telegram Application, Mq2, Esp8266 Devkit*

INTISARI

Program peralihan penggunaan bahan bakar rumah tangga dari minyak tanah beralih ke gas telah berhasil. Berbagai upaya edukasi dari kota sampai di desa-desa oleh berbagai elemen masyarakat telah dilakukan. Pertanyaanya mengapa masih sering terjadinya kebakaran di rumah tangga maupun restoran akibat kebocoran gas pada kompornya. Jawabnya sebagian besar adalah karena “keteledoran” dari pengguna. Oleh karena itu untuk pengamanan perlu adanya tanda terjadinya kebocoran sedini mungkin yang mudah ditangkap pengguna terutama saat posisinya jauh dari kompor. Dengan memanfaatkan sensor dan fasilitas internet maka dapat dibuat detektor kebocoran gas dengan penangkap notifikasi melalui HP Android. Sensor yang digunakan Mq2, mikrokontroler yang terangkai dengan board yang ada fasilitas WIFI yaitu NodeMCU ESP8266 Devkit. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu sistem deteksi dini tentang adanya kebocoran gas LPG yang dapat memberikan informasi berupa peringatan dini secara tepat dan akurat ke aplikasi telegram pada smartphone pengguna. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur waktu dan jarak notifikasi yang akan di terima pada aplikasi telegram dalam HP pengguna dan notifikasi yang muncul pada alat dalam hal ini Buzzer maupun Led serta pesan “Bahaya” yang tertulis di HP . Hasil pengujian di dapat, jarak terjauh sensitifitas 15 cm, waktu diterima notifikasi tercepat adalah 04,79 detik Berdasarkan pengujian yang dilakukan, dapat di simpulkan bahwa detektor ini cukup sensitip mendeteksi kebocoran gas LPG serta dapat mengirimkan notifikasi (cahaya ,suara)dan pesan sms yang sangat mendekati real time ke aplikasi telegram pada smartphone pengguna dengan baik.
Kata Kunci: Gas LPG, Aplikasi Telegram, Mq2, NodeMCU ESP8266 Devkit.

PENDAHULUAN

Berdasarkan catatan Bareskrim Polri (Badan Reserse Kriminal) pada tanggal 1 Juli 2010. Jumlah insiden kecelakaan ledakan gas LPG di 6 daerah di Indonesia mencapai 28 kasus. Daerah-daerah tersebut antara lain Medan sebanyak 2 kasus, Surabaya 6 kasus, Makassar 18 kasus, Semarang 1 kasus, dan Denpasar 1 kasus. Masih dari sumber yang sama diakatakan bawha, terjadi 76 kasus disepanjang tahun 2007-2010. Pada tahun 2007 terjadi 10 kasus, 11 kasus terjadi pada tahun 2008, 17 kasus terjadi pada tahun 2009, serta mencapai 28 kasus terjadi hingga

pertengahan 2010. Tentu angka tersebut belum termasuk padu tahun 2011-2019.(Apiek, D.P., (2010)). Dari data diatas terlihat jelas bahwa tingkat kecelakaan ledakan gas LPG terus meningkat dari tahun ke tahun . Teknologi pada regulatornya sudah bagus yaitu katup akan menutup jika terjadi kebocoran pada selang. Permasalahannya bila karet shieldnya sudah kendor maka gas merembas keluar walaupun pada orde kecil namun sudah cukup bau. Hal ini sangat berbahaya memicu terjadinya kebakaran terutama bila ventilasi ruangganya kecil/ kurang. Dengan ini maka perlu adanya sebuah sistem yang dapat menangani dan mengurangi tingkat kecelakaan ledakan gas LPG tersebut.

Dari penelitian dengan judul Aplikasi Sistem Peringatan Dini Pada Kebocoran Gas Dan Asap Menggunakan Sensor Gas MQ-7 Dengan Program C" (Burhanudin Aan) Selain itu juga penelitian dengan judul Rancang Bangun Pendeteksi Kebocoran Gas Konsentrasi Amonia (NH3) menggunakan Modul Wifi ESP8266"(Lukman Nul Hakim dkk). Berdasarkan dari penelitian-penelitian tersebut maka di buatlah penelitian ini namun dengan obyek gas yang digunakan adalah LPG dengan pertimbangan yang banyak digunakan oleh masyarakat dan yang banyak menimbulkan masalah saat ini.

Dengan memanfaatkan fasilitas dari internet dan menggunakan sensor serta komponen mikorokontroler maka dapat dibuat suatu perangkat detektor kebocoran gas LPG yang dapat memberikan informasinya berupa notifikasi yang dapat diakses melalui Handphone secara real time. Bila alat atau system yang kerjanya dapat dikendalikan diakses melalui internet disebut System berbasis Internet of things (IOT). Artinya melalui internet dapat dilakukan atau melakukan apa saja (Sulistyanto, 2015), dengan sistem ini dapat membantu mengurangi terjadinya kecelakaan dalam bentuk kebakaran karena gejala kebocoran dapat di deteksi secara dini.

PERANCANGAN SISTEM

Dalam sistem ini diperlukan beberapa komponen pendukung utama diantaranya**:** NodeMCU /,ESP8266 Devkit, Sensor Mq-2, Buzzer, sinyal telegram, Led, Resistor**.**
Fungsi masing-masing dapat diterangkan sebagai berikut:

Buzzer :

Buzzer merupakan komponen elektronika yang cara kerjanya mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara/bunyi. Komponen ini sering digunakan untuk keperluan notifikasi atau pemberitahuan.

Telegram Massanger

Telegram adalah Aplikasi pesan chatting yang memungkinkan pengguna untuk mengirimkan pesan chatting rahasia yang dienkripsi end-to-end sebagai keamanan tambahan. Aplikasi Telegram Messenger di Android: untuk mengirim informasi jarak jauh dengan kombinasi kode yang ditransmisikan oleh alat yang dikenal dengan nama telegraf

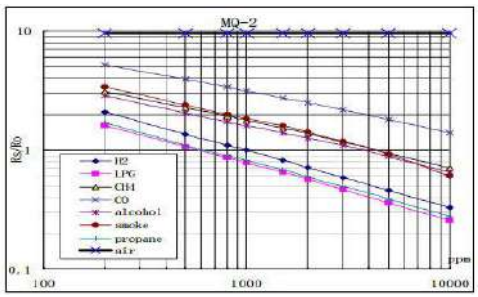
Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan sensor yang dapat mendeteksi beberapa jenis gas yang mudah terbakar seperti butana, metana, LPG, propana, alkohol, hidrogen dan dapat mendeteksi PPM asap karbon

Karakteristik hambatan sensor MQ-2 terhadap perubahan berbagai kadar gas di udara dapat dilihat pada gambar 1. Berdasarkan karakteristik sensor MQ-2, kadar PPM LPG dapat dilihat pada persamaan berikut.PPM LPG = 102.77

(Rs/Ro)1.5

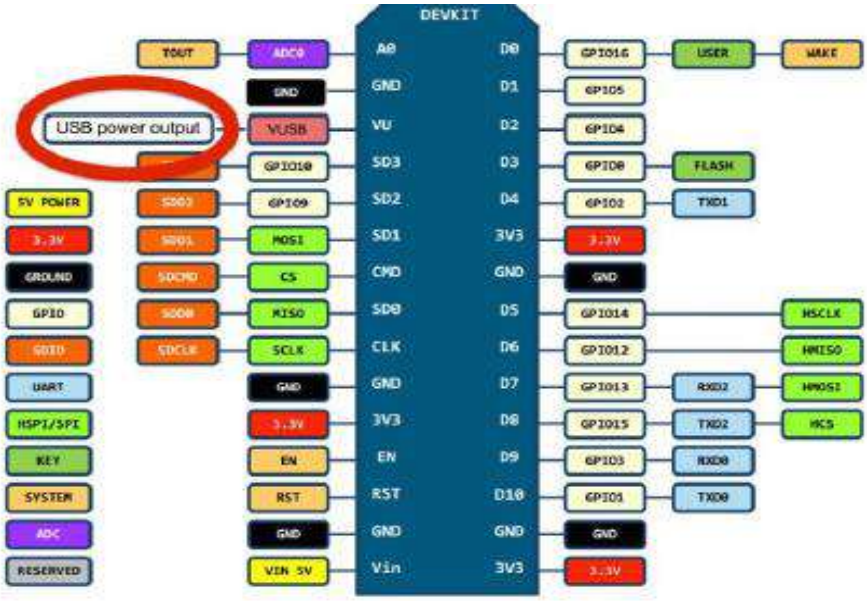
Dimana RS adalah resistansi sensor terhadap berbagai konsentrasi kandungan gas di udara dan RO merupakan resistansi sensor yang bernilai 1000 ppm pada H2 di udara yang bersih. (Lowongan,dkk)



Gambar 1 Karakterisik Sensor

ESP8266 Devkit/NodeMcu

NodeMcu merupakan sebuah opensource platform IoT dan pengembangan Kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu programmer dalam membuat prototype produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan arduino IDE. NodeMCU telah me-*package* ESP8266: yaitu Microcontroller yang terangkai dalam board yang sudah dilengkapi dengan module WIFI juga chip komunikasi USB to serial,sehingga sangat cocok buat project IoT. Mapping komponen Node MCU dapat dilukiskan pada gambar 2



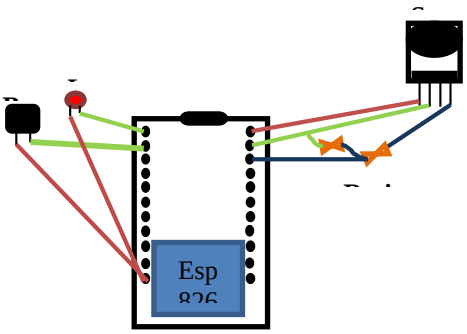
Gambar 2 Pin mapping NodeMcu

Spesifikasi NodeMcu adalah sebagai berikut ini:

- Tipe ESP8266 ESP-12E
- USB port Micro Usb
- GPIO Pin 13
- ADC 1 pin (10 bit)
- Usb to Serial Converter CH340G
- Power Input 5 Vdc
- Ukuran Module 57 x 30 mm

Perakitan alat

Semua komponen di rakit dengan menggunakan kabel. Setiap komponen di hubungkan ke mikrokontroler ESP8266 melalui pin-pin yang terdapat pada mikrokontroler tersebut. Hal ini dapat dilukiskan pada gambar 3.

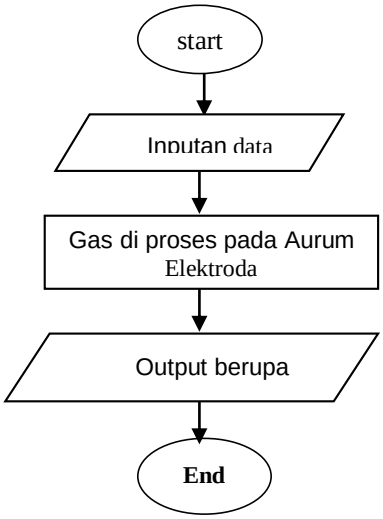


Gambar 3 Block Diagram sistem

Keterangan

- Hubungan sensor MQ2 ke ESP8266 menggunakan 3 kabel berwarna biru dari Vcc(+5V) sensor ke Pin 3V ESP8266, kabel hijau dari digital out sensor ke Pin Ground ESP8266, dan kabel merah dari analog out sensor ke Pin TX ESP8266. Untuk kabel biru di pasangkan resistor yang akan berfungsi sebagai hambatan tegangan yang akan menuju ke sensor.
- Buzzer hanya membutuhkan 2 kabel untuk di hubungkan ke ESP8266. Kabel hijau (-) Negatif buzzer di hubungkan ke Pin Ground ESP8266 sedangkan kabel merah (+) Positif buzzer di hubungkan ke Pin A0 ESP826
- Rancang Led ke ESP8266 ini hanya membutuhkan 2 kabel dimana, kabel hijau (-) negatif Led dihubungkan ke Pin VIN ESP8266 dan kabel merah (+) positif di hubungkan ke Pin A0 ESP8266
- Sumber daya alat dapat diambil dari PLN atau dari power bank

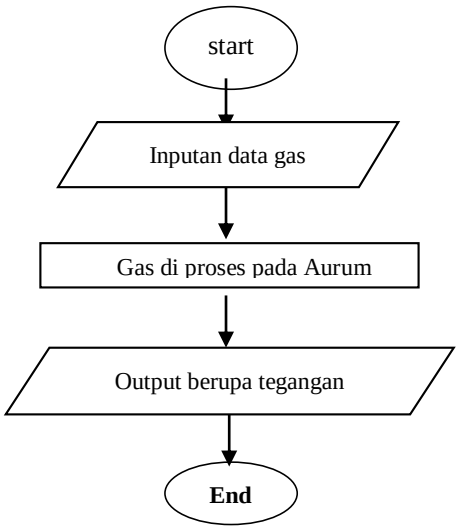
Dari flowchart gambar 4 menjelaskan alat secara umum. Dimulai dengan start, sistem akan menginisialisasi atau membaca kosentrasi kebocoran gas yang terlepas ke udara. Setelah itu sistem akan membaca sensor kemudian sistem akan mempertimbangakan jika tidak terdapat kebocoran gas maka sistem akan mengalami looping atau pembacaan kembali. Namun, jika sistem mendeteksi adanya kebocoran gas, Maka selanjutnya sistem mengirimkan notifikasi ke user .(Hermawan Diki, Setyawan Eko, 2017).



Gambar 4. Flowchart alur kerja sistem

Kerja Sensor Mq-2

Sensor disini sebagai alat pencium/perasa adanya kebocoran gas ,alurkerja komponen ini dilukiskan pada gambar 5

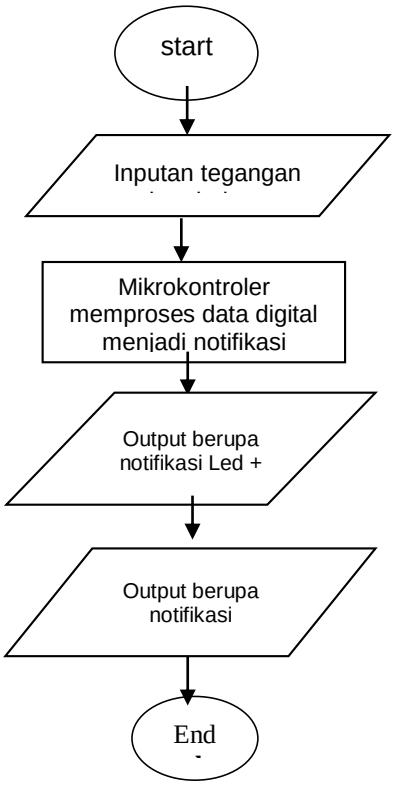


Gambar 5.Alur kerja sensor Mq2

Sensor Mq-2 yang digunakan adalah jenis sensor gas LPG. Bila terdapat kosentrasi gas lalu partikel gas di proses pada Aurum dimana didalam aurum terdapt elemen pemanas yang fungsinya elemen pemanas tersebut melepaskan elektron sehingga akan menghasilkan tegangan analog dan diterima transduser selanjutnya diubah menjadi data digital.

Kerja Mikrokontroler ESP8266 Devkit,

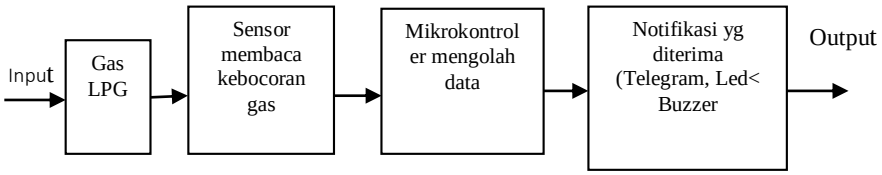
Mikrokontroler disini berperan yang akan memproses data digital keluaran sensor transduser tersebut untuk menjadi notifikasi data yang dikirimkan ke led, buzzer dan telegram. Hal tersebut dapat dilukiskan pada gambar 6. Flowchart diatas menunjukkan, terdapat inputan dari sensor berupa data data tegangan analog kemudian di olah kedalam mikrokontroler yang akan me
mproses data tersebut untuk menjadi notifikasi lalu data di kirimkan ke led, buzzer dan telegram.



Gambar 6, Alur kerja dari ESP8266 Devkit

Sistem Kontrol Alat

Alat yang dibuat menggunakan sistem open loop karena dapat dilihat dari prinsip kerja alat tersebut dimana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variabel yang di kontrol tidak dapat di bandingkan terhadap harga yang di inginkan. Ini artinya alat tidak dapat mengontrol besaran gas yang akan di terima karena output berupa notifikasi baik itu led dan buzzer maupun telegram tidak dapat menjadi acuan untuk mengukur besaran gas yang akan di terima sensor. Notifikasi yang diterima pengguna adalah text dari telegram (“ **berbahaya!!Gas bocor segera perbaiki selang**”) yang dapat dibaca dari HP serta lampu led yang menyala yang terletak pada alat saat ada kebocoran.



Gambar 7. Blok diagram alur data

Proses pengiriman data digital ke smartphone

Pengiriman ini melalui sinyal telegram yaitu pada telegram mesangger yang di install sebelumnya di smartphone. Pada prinsipnya tegangan output mikrokontroler masuk ke alat telegrap diubah menjadi signal digital dan dikirim secara seri yang dienskripsi *end-to-end* untuk menjamin keamanan pesan yang diterima atau dikirim. Selanjutnya sinyal diterima berupa berita telegram(bentuk SMS) yang diterima di smartphone.

Alat tidak dapat mengontrol besaran gas yang akan di terima karena output berupa notifikasi baik itu led dan buzzer maupun telegram, jadi tidak dapat menjadi acuan untuk mengukur besaran gas yang akan di terima sensor.

PEMBAHASAN

Dari Sudut Pandang Teknik IoT(Internet of Things) Objek fisik (physical things) dapat direpresentasikan dalam dunia informasi (information world) melalui satu atau lebih objek virtual (virtual things). Dimana sebuah perangkat nantinya akan mengambil informasi-informasi yang dibutuhkan dan menyajikannya sebagai sebuah informasi serta mengirimkannya untuk pengolahan selanjutnya. Komunikasi antar perangkat (communication between devices): ada yang mampu berkomunikasi melalui sebuah jaringan komunikasi melewati sebuah gateway , ada yang berkomunikasi tanpa melewati gateway , dan pula ada yang secara langsung (direct) atau ad-hoc komunikasi antar keduanya. Dalam alat detector kebocoran gas ini yang dibuat menggunakan system komunikasi antar perangkat tanpa gate way yang hasilnya langsung dapat dilihat melalui notifikasi SMS pada smartphone.

Untuk membuat notifikasi dari mikrokontroler ESP8266 ke telegram membutuhkan dua kode yang ada di dalam aplikasi telegram. Kode pertama dinamakan sebagai Bot Token yang berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler ESP8266 dan aplikasi telegram. Sedangkan kode ke dua yaitu ID Telegram yg berfungsi sebagai identitas yang akan di gunakan bersamaan kedalam pemograman ESP8266 nantinya. (Hakim, N.L., Taqwa, A., & Ziad, I., (2019).

Untuk mengkoneksi hasil output dari mikrokontroler ke Handphone melalui telegram yang dilakukan adalah : a.) Implementasi Pemrograman ESP8266 b).Membuat Boot token, c). Membuat ID telegram, d).Script Notifikasi Telegram

Membuat Boot Token

- Instal terlebih dahulu aplikasi telegram ke dalam Smartphone.
- Ketik botfather pada beranda atas, selanjutnya klik BotFather
  Setelah di klik akan tampil halaman BotFather seperti di bawah ini, kemudian klik /start akan muncul daftar seperti /newbot, /mybots dll. Selanjutnya klik /newbot

Gambar 8 Tampilan halaman BotFather

Halaman /newbot meminta untuk dimasukannya nama. Yang nama tersebut nantinya digunakan sebagai halaman untuk menerima notifikasi dari ESP8266.

Gambar 9 BotFather meminta nama

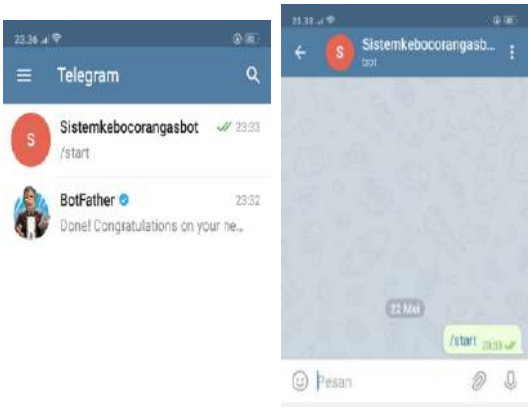
Jika nama yang di masukkan benar, dan tidak ada yg memiliki nama tersebut, maka BotFather akan mengirimkan notifikasi berupa kode Bot Token seperti gambar di bawah ini

Gambar 10 Pemberitahuan Notifikasi dari BotFather

Pemberian Bot Token

Gambar 11. Notifikasi Bot Token dari Bot Father

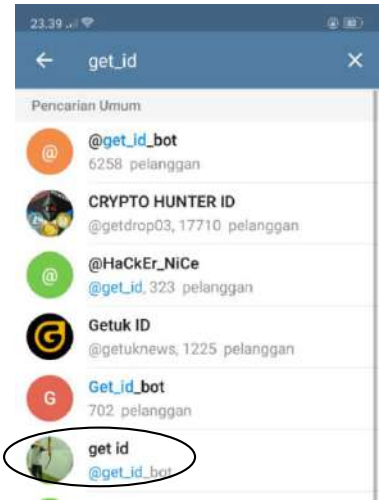
Menyiapkan halaman yang nantinya digunakan sebagai tempat untuk menerima notifikasi yg dikirimkan ESP8266 seperti dilukiskan pada gambar 12.



Gambar 12. Halaman Untuk Notifikasi Kebocoran Gas LPG

Membuat ID Telegram

Ketik Get_id di kolom pencarian telegram dan klik Get Id seperti gambar di bawah ini



Gambar 13. Pencarian Get_id

Setelah di klik akan muncul halaman get id dengan tombol “mulai” di tengah bawah

Gambar 14 Halaman Get it

Klik tombol mulai maka secara otomatis get id akan mengirimkan notifikasi berupa kode ID Telegram seperti gambar 15

Gambar 15.Notifikasi ID Telegram

Dengan begitu bot token dan id telegram sudah di dapatkan selanjutnya dimasukan ke dalam script program ESP8266.

a) Implementasi Pemrograman ESP8266

Mikrokontroler ESP8266 adalah yang mengkoneksikan semua komponen pendukung sistem. Untuk mengaktifkan komponen-komponen yang terkait didalamnya maka perlu pengaturan. Dalam hal ini perlu penyusunan coding program yang berkaitan dengan spesifikasi komponennya. (Dian. A., (2012.)).Caranya ialah dengan pembuatan script program yg disisipkan ke dalam bord ESP8266. Script ini berfungsi untuk mengolah serta mengatur fungsi fungsi pada sistem yang meliputi: membuat sensor menangkap konsentrasi kebocoran gas, mengaktifkan output Led dan Buzzer hingga mengirimkan notifikasi ke aplikasi telegram semuanya diatur didalam Script ini .Contoh cuplikan Script program dilukiskan sebagai berikut:

1. Script program

```
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <WiFiClientSecureBearSSL.h>
const uint8_t fingerprint[20] = {0xF2, 0xAD, 0x29, 0x9C, 0x34, 0x48, 0xDD, 0x8D, 0xF4, 0xCF, 0x52, 0x32, 0xF6, 0x57, 0x33, 0x68, 0x2E, 0x81, 0xC1, 0x90};
int nilai_analog=0;
int batas=70;
void setup() {
  pinMode(D1, OUTPUT);
  pinMode(D2, OUTPUT);
  digitalWrite(D1, HIGH);
  digitalWrite(D2, HIGH);
  Serial.begin(115200);
  // Serial.setDebugOutput(true);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.println();
  for (uint8_t t = 4; t > 0; t--) {
    Serial.printf("[SETUP] WAIT %d...\n", t);
    Serial.flush();
    delay(1000);
  }
  WiFi.mode(WIFI_STA);
//WiFiMulti.addAP("Access Point", "999999999");
  WiFiMulti.addAP("hotspot", "master54321");
     Serial.println("konek ke ap");
}
void loop() {
 nilai_analog=analogRead(A0);
  Serial.println(nilai_analog);
  if (nilai_analog>batas){digitalWrite(D1, LOW);digitalWrite(D2, LOW); } else {digitalWrite(D1, HIGH);digitalWrite(D2, HIGH); }
    // wait for WiFi connection
  if ( (WiFiMulti.run() == WL_CONNECTED) ) {
std::unique_ptr<BearSSL::WiFiClientSecure>client(new BearSSL::WiFiClientSecure);
    client->setFingerprint(fingerprint);
    HTTPClient https;
    Serial.print("[HTTPS] begin...\n");
//  if (https.begin(*client, "https://jigsaw.w3.org/HTTP/connection.html")) {  // HTTPS
    //berbahaya!! Gas bocor segera perbaiki selang"
// INI YANG BENAR
if (https.begin(*client, "https://api.telegram.org/bot1198354445:AAEsX4fqxTgXs7Ejuqv9pE4x7P3ZBIjQzBw/sendMessage?chat_id=1103463180&text=berbahaya!! Gas bocor segera perbaiki selang")and (nilai_analog>batas) ) {  // HTTPS
      Serial.print("[HTTPS] GET...\n");
      // start connection and send HTTP header
      int httpCode = https.GET();
      // httpCode will be negative on error
      if (httpCode > 0) {
        // HTTP header has been send and Server response header has been handled
        Serial.printf("[HTTPS] GET... code: %d\n", httpCode);
        // file found at server
        if (httpCode == HTTP_CODE_OK || httpCode == HTTP_CODE_MOVED_PERMANENTLY) {
          String payload = https.getString();
          Serial.println(payload);
        }
      } else {
        Serial.printf("[HTTPS] GET... failed, error: %s\n", https.errorToString(httpCode).c_str());
      }
      https.end();
    } else {
      Serial.printf("[HTTPS] Unable to connect\n");
    }
  }
  Serial.println("Wait 5s before next round...");
```

b).Script koneksi WIFI

Script ini berfungsi menghubungkan alat dengan alat pemancar jaringan internet.

Dalam hal ini “hotspot” sebagai nama jaringan internet dan “master54321” sebagai password wifi

```
  WiFi.mode(WIFI_STA);
//WiFiMulti.addAP("Access Point", "999999999");
  WiFiMulti.addAP("hotspot", "master54321");
      Serial.println("konek ke ap");
}
```

Gambar 16. Script WiFi

c).Script Sensor, Led dan Buzzer

Script Sensor, Led dan Buzzer tidak terpisah dan di gabungkan bersamaan karena komponen sensor, led dan buzzer dihubungkan langsung ke ESP8266 melalui kabel sehingga pemrogramannya hanya memanggil variabel berupa pin mode

d).Script Notifikasi Telegram

Ditahap ini Script memerlukan Bot Token dan Id Telegram yang sudah di buat, kemudian Bot Token dan Id Telegram di masukan kedalam script serta diatur notifikasi yg akan masuk ke dalam aplikasi telegram.

```
int nilai_analog=0;
int batas=70;

void setup() {

  pinMode(D1, OUTPUT);
  pinMode(D2, OUTPUT);
  digitalWrite(D1, HIGH);
  digitalWrite(D2, HIGH);

  Serial.begin(115200);
  // Serial.setDebugOutput(true);

  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.println();

  for (uint8_t t = 4; t > 0; t--) {
    Serial.printf("[SETUP] WAIT %d...\n", t);
    Serial.flush();
    delay(1000);
  }
```

Gambar 16. Script Sensor, Led dan Buzzer

Pengujian

Pengujian pada sistem ini dilakukan meliputi: menguji keberhasilan notifikasi, sensitifatas dari sensor terhadap jarak sumber gas dan lama waktu respon menerima notifikasi. Pengujian Notifikasi ada dua macam yang telah di dilakukan : a).Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Aplikasi Telegram, b).Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Led dan Buzzer. Hal tersebut dapat diterangkan sebagai berikut.

a) **Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Aplikasi Telegram**

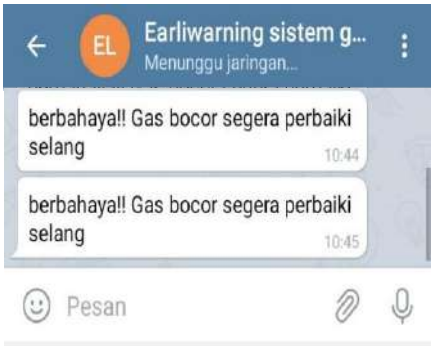
Uji coba notifikasi dari alat ke aplikasi telegram ini di lakukan pengujian dengan mengambil jarak dan waktu dari alat, saat alat dalam keadaan siap untuk menangkap konsentrasi gas di udara hingga terdapat notifikasi di dalam aplikasi telegram. Dalam pengujian ini berlokasi di desa Sendowo Blimbingsari Kab. Sleman Yogyakarta, menggunakan WiFI dari HP OPPO A5 2020 seri 4G.

Tabel.1. Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Aplikasi Telegram

No	Tahap Pengujian	Jarak (cm)	Waktu (Second)
1	Pengujian 1	1 cm	04,79 detik
2	Pengujian 2	5 cm	05,56 detik
3	Pengujian 3	10 cm	06,59 detik
4	Pengujian 4	15 cm	09,83 detik
5	Pengujian 5	16 cm	Ɵ
6	Pengujian 6	17 cm	Ɵ
7	Pengujian 7	18 cm	Ɵ
8	Pengujiam 8	19 cm	Ɵ

Dari data uji coba diatas menunjukan terdapat 8 kali melakukan pengujian dengan jarak 1 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 16 cm, 17 cm 18 xm dan 19 cm. Pada pengujian ke lima hingga ke delapan terdapat tanda void (null). Ini disebabkan pada pengujian ke lima hingga ke delapan, alat tidak mampu membaca konsentrasi gas yg terlepas ke udara atau alat sudah tidak sensitip lagi.

Apabila terjadi kebocoran gas,maka akan mengirimkan notifikasi dilukiskan pada gambar 17.

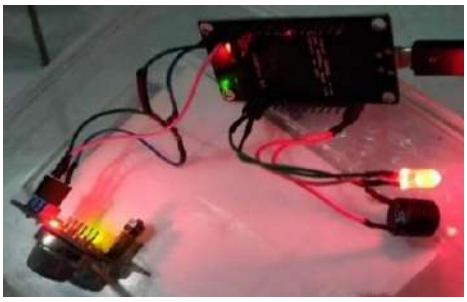


Gambar. 17 Notifikasi yang masuk dari alat ke aplikasi Telegram

b).Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Led dan Buzzer

Pada tahap pengujian notifikasi dari alat ke Led dan Buzzer ini, berbeda dengan tahap pertama saat melakukan uji coba notifikasi dari alat ke aplikasi telegram. Pada tahap ini, tidak perlu menggunakan jaringan internet untuk melakukan pengiriman notifikasi.

Dengan script Led dan Buzzer yang telah di buat, alat akan langsung mengirimkan notifikasi berupa nyala lampu dan bunyi ketika terdapat konsentrasi gas di udara. Dalam pengujiannya sama halnya dengan uji coba tahap pertama yaitu mengukur jarak dan waktu. Di mulai dari alat siap menerima gas hingga led dan buzzer aktif, rangkaian dilukiskan pada gambar 18



Gambar 18, pengujian notifikasi dari mikrokontrokler ke LED dan BUZZER

Pada tahap pengujian notifikasi dari alat ke Led dan Buzzer ini, berbeda dengan tahap pertama saat melakukan uji coba notifikasi dari alat ke aplikasi telegram. Pada tahap ini, tidak perlu menggunakan jaringan internet untuk melakukan pengiriman notifikasi. Hasil pengujian dilukiskan pada tabel 2.

Tabel 2. Uji Coba Notifikasi Dari Alat Ke Led dan Buzzer

No	Tahap Pengujian	Jarak (cm)	Waktu (Second)
1	Pengujian 1	1	02,29
2	Pengujian 2	5	03,06 S
3	Pengujian 3	10	06,43
4	Pengujian 4	15	08,54
5	Pengujian 5	16	Ɵ
6	Pengujian 6	17	Ɵ
7	Pengujian 7	18	Ɵ
8	Pengujiam 8	19	Ɵ

Data uji coba yang ke 2 dengan cara yang sama dengan pengujian yang pertama yang mana sama-sama dilakukan 8 kali pengambilan data yaitu dengan memvariasi jarak sensor terhadap tabubg gas.Variasai data jarak adalah 1 cm, 5 cm, 10 cm, 15 cm, 16 cm, 17 cm 18 cm dan 19 cm. Pada pengujian ke lima hingga ke delapan alat tidak mampu mendeteksi kebocoran gas Sehingga hasil yang di peroleh bernilai void (null), seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji notifikasi percobaan 2

No	Uji Notifikasi dari alat ke LED dan Buzzer	Jarak (cm)	Waktu (Second)
1	Pengujian 1	1	02,29
2	Pengujian 2	5	03,06
3	Pengujian 3	10	06,43
4	Pengujian 4	15	08,54
5	Pengujian 5	16	Ɵ
6	Pengujian 6	17	Ɵ
7	Pengujian 7	18	Ɵ
8	Pengujian 8	19	Ɵ

Pada tahap pengujian notifikasi dari alat ke Led dan Buzzer ini, berbeda dengan tahap pertama saat melakukan uji coba notifikasi dari alat ke aplikasi telegram. Pada tahap ini, tidak perlu menggunakan jaringan internet untuk melakukan pengiriman notifikasi, dari pengujian yang di lakukan diatas terdapat kemiripan waktu pada pengujian 3. Dimana dari notifikasi ke telegram maupun ke led dan buzzer menghasilkan waktu yang sama yakni 6 detik dengan jarak 10 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan, jarak terjauh alat masih dapat mendeteksi kebocoran gas adalah 15 cm.

KESIMPULAN

Alat dapat mendeteksi kebocoran gas LPG dengan kemampuan :

a. Mendeteksi kebocoran gas dengan jarak maksimum 15 cm dari sumber
b. Kecepatan pengiriman notifikasi tercepat dalam waktu 04,79 detik setelah terdeteksi kebocoran, Hal tersebut mendekati realtime.
c. Pengiriman notifikasi kebocoran tergantung koneksi internet. Semakin baik kualitas internet, semakin cepat pula notifikasi yang di terima di ponsel.
d. Catu daya yang digunakan dapat diambilkan dari PLN dan dapat pula digunakan power bank (catu daya tunggal) namun risikonya harus mencharge.

DAFTAR PUSTAKA

Apiek, D.P., (2010) “Hubungan Terpaan Pemberitaan Meledaknya Tabung Gas LPG di Media Masa Dengan Tingkat Kecemasan Ibu-Ibu Rumah Tangga di Surabaya”. Skripsi. Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik. Universitas UPN. Jawa Timur

Burhanuddin, A., (2016) Aplikasi Sistem Peringatan Dini Pada Kebocoran Gas Dan Asap Menggunakan Sensor Gas MQ-7 Dengan Program C. Jurnal Informatika UPGRIS, Vol.2, No.1. Juni 2016

Dian. A., (2012.) *Interaksi Arduino dan labVIEW*.Elex Media.Komputindo. Jakarta.

Hermawan Diki, Setyawan Eko(2017), Prototype of Gas Warning Monitoring Application Using Mobile Android Smartphone , International Journal of New Media Technology 4(1):17-24, DOI: 10.31937/ijnmt.v4i1.533,

Lowongan,T.R., Rahardjo, P., & Divayana, Y., (2015) “Detektor LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Mikrokontroler ATMega 328” Jurnal SPEKTRUM Vol 2, No 4)

Lukman Nul Hakim, Ahmad Taqwa, dan Ibnu Ziad, Rancang Bangun Pendeteksi Kebocoran Gas Konsentrasi Amonia (NH3) menggunakan Modul Wifi ESP8266, Jurnal SENIATI 2019, Februari 2019, ISSN 2085-4218,

Meutia, E.D., (2015) "Internet of Things Keamanan dan Privasi,"Seminar Nasional dan ExpoTeknik Elektro

Prihatmoko, D., (2016) "penerapan internet of things (iot) dalam pembelajaran di UNISNU JEPAPARA," Jurnal SIMETRIS,

Sulistyanto, M.P.T., & Nugraha, D.A., (2015) "Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang," SMARTICS Journal, Vol 1 No 1

T.R., Rahardjo, P., & Divayana, Y., (2015) “Detektor LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Mikrokontroler ATMega 328” Jurnal SPEKTRUM Vol 2, No 4

Widyanto., dan Deni E., (2014) Rancang Bangun Alat Deteksi Kebocoran Tabung Gas Elpiji Berbasis Arduino. Jurnal SEMANTIK,https://www.centerklik.com/apa-aplikasi-telegram-cara-menggunakan-telegram/ Diakses pada 23 April 2020

SEGMENTASI DESA BERDASARKAN INDIKATOR KESEHATAN MENGGUNAKAN METODE CLUSTERING DAN *SELF ORGANIZING MAPS* BERBASIS *WEB APPLICATION* DI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Noeryanti[1], Noviana Pratiwi[2] , Yaumi Itqi[3]
[1,2,3]Program Studi Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Jl. Kalisahak No.28, Yogyakarta
Email: noeryanti@akprind.ac.id[1], novianapratiwi@akprind.ac.id[2]

ABSTRACT

*Health indicators can be used to see the social conditions of village communities. One way to improve public health is by carrying out village development in terms of health. Development must be based on data in accordance with field conditions so as to achieve maximum development effectiveness. This study aims to determine the results of clusters or segmentations and the characteristics of villages in the Special Region of Yogyakarta based on health indicators. The methods that will be used to perform this segmentation are Clustering and Self Organizing Maps. This method is an implementation of a very powerful and popular neural network for many different purposes including clustering and data visualization.***.***

Results Village segmentation in the province of Yogyakarta Special Region resulted in two clusters where cluster 1 consists of 311 villages and cluster 2 consists of two villages. The results of the cluster show that almost all villages fall into the same cluster, this indicates that the villages in the province of Yogyakarta Special Region have almost the same characteristics in the health dimension of the Social Resilience Index indicator.Meanwhile, villages that have different characteristics are Kedungkeris *and* Dadapayu *which are located in* Gunung Kidul *district. The clustering process is designed interactively in the form of a web application created using the Shiny package in RStudio****.***
Keywords: *village segmentation, health, Self Organizing Maps, Web Applications, RShiny*

INTISARI

Indikator kesehatan dapat digunakan untuk melihat kondisi sosial masyarakat desa. Salah satu cara untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dengan melakukan pembangunan desa dari segi kesehatan. Pembangunan harus berdasarkan data yang sesuai dengan keadaan lapangan sehingga mencapai efektivitas pembangunan maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil *cluster* atau segmentasi serta karakteristik desa yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan indikator kesehatan. Metode yang akan digunakan untuk melakukan segmentasi ini adalah *Clustering* dan *Self Organizing Maps.* Metode ini merupakan implementasi dari jaringan syaraf tiruan yang sangat bagus dan populer untuk berbagai tujuan yang berbeda termasuk *clustering* dan visualisasi data.

Hasil Segmentasi desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta menghasilkan dua *cluster* dimana *cluster* 1 terdiri dari 311 desa dan klaster 2 terdiri dari dua desa. Hasil *cluster* menunjukan bahwa hampir semua desa masuk ke dalam *cluster* yang sama, hal ini menandakan bahwa desa-desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki karakteristik yang hampir sama pada dimensi kesehatan dari indikator Indeks Ketahanan Sosial. Sedangkan desa yang memiliki karakteristik berbeda adalah desa Kedungkeris dan Dadapayu yang terletak di kabupaten Gunung Kidul. Proses *clustering* dirancang secara interaktif dalam bentuk *web application* yang dibuat menggunakan *package Shiny* pada RStudio.
Kata kunci: segmentasi desa, kesehatan, *Self Organizing Maps, Web Application, RShiny*

PENDAHULUAN

Indeks Ketahanan Sosial merupakan salah satu indikator Indeks Desa Membangun yang sangat penting karena berhubungan dengan sumber daya manusia di desa. Indikator sosial (IKS) digunakan untuk melihat bagaimana kondisi sosial masyarakat desa yang terdiri dari modal sosial, kesehatan, pendidikan, dan permukiman. Salah satu sub indikator dari IKS yang sangat penting adalah kesehatan. (Nomaini F, 2018)

Indikator kesehatan dapat digunakan untuk melihat bagaimana kondisi sosial masyarakat desa. Pembangunan kesehatan pada hakekatnya adalah upaya yang dilaksanakan oleh semua komponen bangsa Indonesia yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran, kemauan, dan kemampuan hidup sehat bagi setiap orang agar terwujud derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya, sebagai investasi bagi pembangunan sumber daya manusia yang produktif secara sosial dan ekonomis. (Perwira I, 2014)

Permasalahan-permasalahan kesehatan di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta masih perlu ditindaklanjuti agar permasalahan-permasalahan tersebut dapat menurun. Permasalahan kesehatan di provinsi ini antara lain tingkat stunting, gizi buruk pada balita, angka kematian ibu dan bayi, demam berdarah, dan hipertensi. Permasalahan-permasalahan tersebut memiliki hubungan yang erat dengan indikator-indikator penyusun tingkat Indeks Ketahanan Sosial, yaitu pada dimensi kesehatan. Indikator-indikator tersebut antara lain akses sarana kesehatan, tingkat kepesertaan BPJS, akses terhadap poskesdes, serta aktivitas posyandu. (BPS, 2019)

Menurut Dipan R (2016) bahwa pembangunan desa merupakan langkah strategis yang perlu diarahkan dengan baik. Maksudnya pembangunan harus berdasarkan data yang sesuai dengan keadaan lapangan sehingga mencapai efektivitas pembangunan maksimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik desa yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan indikator kesehatan.

Diharapkan hasil segmentasi akan membagi desa ke dalam beberapa klaster dimana masing-masing klaster memiliki karakteristik desa yang hampir sama. Dengan adanya segmentasi ini, nantinya akan membantu pemerintah baik di tingkat desa maupun lebih tinggi lagi dalam meningkatkan status desa tersebut dari indikator kesehatan.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Arno NF dan Ahsan M (2015) menentukan strategi promosi di Universitas Kanjuruhan Malang menggunakan Metode *Self Organizing Maps* (SOM), Kusumah RD, Warsito B dan Mukid AM (2017) melakukan perbandingan antara metode K-Means dan Self Organizing Map (SOM), Hafiludien A dan Istiawan D (2018) mererapkan Algoritma *Self Organizing Maps* untuk pemetaan penyandang kesejahteraan sosial (PMKS) di Jawa Tengah, kemudian Hermawati R dan Sitanggang IS (2016) menerapkan Web-Based Clustering Application using Shiny Framework di Sumatra.

Dari uraian tersebut, penulis memandang perlunya untuk mengangkat topik tentang segmentasi desa berdasarkan indikator kesehatan di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan metode *Clustering* dan *Self Organizing Maps* agar hasil yang diperoleh lebih baik dan maksimal.

Menurut Ubaidilah (2020), uji Multikolinier dilakukan untuk mendeteksi adanya hubungan linier antara variabel sebelum proses *clustering* dilakukan. Dalam analisis *cluster* diharapkan tidak ada terjadi korelasi antar objek. Jika sampai terjadi multikolinearitas dianjurkan untuk menghilangkan salah satu variabel dari dua variabel yang mempunyai korelasi yang cukup besar. Gejala multikolinearitas dapat dideteksi dengan cara menghitung koefisien korelasi sederhana (*simple correlation)* antara sesama variabel bebas, menggunakan rumus korelasi Pearson sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^{n} X_{i1}X_2 - (\sum_{i=1}^{n} X_{i1})(\sum_{i=1}^{n} X_{i2})}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^{n} {X_{i1}}^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_{i1})^2)\,(n \sum_{i=1}^{n} {X_{i2}}^2 - (\sum_{i=1}^{n} X_{i2})^2)}}$$

Dimana : r = koefisien korelasi pearson antara dua variabel X_1 dan X_2. n = banyaknya pengamatan. X_{i1} = nilai pengamatan ke-*i* pada variabel X_1. Dan X_{i2} = nilai pengamatan ke-*i* pada variabel X_2

Analisis klaster merupakan salah satu teknik multivariat yang bertujuan untuk mengelompokkan sejumlah objek ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kemiripan karakteristik. Proses *clustering* dapat dipakai untuk memberikan label pada kelas data yang belum diketahui. *Clustering* termasuk ke dalam *descriptive methods*, dan juga termasuk *unsupervised learning*. Dimana tidak ada pendefinisian kelas objek sebelumnya. Sehingga *clustering* dapat digunakan untuk menentukan label kelas bagi data-data yang belum diketahui kelasnya. Konsep dasar *clustering* adalah pengelompokan sejumlah objek ke dalam *cluster*, dimana *cluster* yang baik adalah *cluster* yang memiliki tingkat kesamaan yang tinggi antar objek di dalam suatu *cluster* dan tingkat ketidaksamaan yang tinggi dengan objek *cluster* yang lainnya. Analisa *clustering* mengidentifikasi kumpulan objek yang memiliki kemiripan satu dengan yang lainnya. Metode *clustering* yang baik, yang dapat menghasilkan *cluster* berkualitas untuk memastikan kesamaan data-data yang ada pada sebuah *cluster*. (Witten, dkk, 2005).

Sedangkan kelemahan analisis klaster antara lain : 1. Pengelompokkan bersifat subjektifitas peneliti karena hanya melihat gambar dendogram. 2. Untuk data yang terlalu heterogen antara objek penelitian yang satu dengan yang lain akan sulit bagi peneliti untuk menentukan jumlah kelompok yang akan dibentuk. 3. Metode-metode yang dipakai memberikan perbedaan yang signifikan sehingga dalam perhitungan biasanya masing-masing metode dibandingkan. 4. Semakin besar observasi, biasanya tingkat kesalahan pengelompokkan akan semakin besar. (Rochmanto D, 2014)

Algoritma *Average Silhouette Method* dilqkukan untuk menentukan seberapa baik setiap objek terletak di dalam clusternya. *Silhouette Width* yang tinggi menunjukkan pengelompokan yang baik. *Average Silhouette Method* menghitung siluet rata-rata pengamatan untuk nilai k yang berbeda. Jumlah optimal cluster k merupakan nilai yang memaksimalkan *Average Silhouette* pada rentang untuk k (Kaufman dan Rousseeuw, 1990).

Algoritma *Self Organizing Maps* (SOM) merupakan suatu metode *Neural Network* yang diperkenalkan oleh Professor Teuvo Kohonen (1982). *Self Organizing Map* merupakan salah satu bentuk topologi dari *Unsupervised Artificial Neural Network* (*Unsupervised ANN*) dimana dalam proses pelatihannya tidak memerlukan pengawasan (target output). SOM digunakan untuk mengelompokkan (*clustering*) data berdasarkan karakteristik atau fitur-fitur data (Shieh S dan Liao I, 2012. *Clustering* dapat dilakukan pada node SOM untuk mengisolasi kelompok sampel dengan metrik yang sama. Identifikasi manual klaster diselesaikan dengan menentukan *heatmaps* untuk sejumlah variabel dan melihat perbedaan area pada map.

Self-Organizing Map (SOM) merupakan implementasi dari jaringan syaraf tiruan yang sangat bagus dan populer untuk berbagai tujuan yang berbeda termasuk clustering dan visualisasi data berdimensi tinggi (Luo dan Tang, 2010). Secara umum, algoritma ini mencoba untuk mengelompokkan data dengan memaksimalkan jarak antar cluster dan meminimalkan jarak intra-cluster, tetapi SOM akan melakukan pengelompokan dengan sifat yang sedikit berbeda. SOM dapat dianggap sebagai proyeksi yang mempertahankan hubungan ketetanggaan dalam data. Keuntungan menggunakan SOM adalah ketahanannya terhadap data noise, atau data outlier yang mengganggu hasil karena mempengaruhi variansi dari data (Silva B dan Marques N, 2010).

Pembuatan *Web application* dengan menggunakan *package Shiny* pada RStudio. *Web application* ini dirancang untuk memudahkan peneliti lain maupun pengguna awam untuk menganalisis berbagai data menggunakan aplikasi ini tanpa harus membuat *syntax* R atau memakai software statistika lain yang notabene tidak praktis. (Verzani,2011). *Web application* ini juga dirancang interaktif dan *user friendly* sehingga penggunaannya sangat mudah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari publikasi Indeks Desa Membangun pada *website* resmi Kemendesa di laman http://idm.kemendesa.go.id. Data yang diambil merupakan skor sub indikator penyusun Indeks Ketahanan Sosial dimensi kesehatan dari desa-desa yang berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Objekdari sampel penelitian ini adalah 313 desa tertinggal yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Variabel-variabel indikator Indeks Ketahanan Sosial dimensi kesehatan yang digunakan dalam penelitian adalah X_1= Jarak ke sarana kesehatan terdekat, X_2 = Akses ke poskesdes, polindes atau posyandu, X_3 = Tingkat aktivitas posyandu dan X_4 = Tingkat kepersertaan BPJS

Tahapan penelitian dilakukan untuk menpermudah pelaksanaan.

a. Membuat analisis deskriptif untuk mempermudah gambaran data penelitian munggunakan *software Microsoft Excel*, menggunakan fitur diagram lingkaran atau *pie charts.*
b. Melakukan uji asumsi. Yaitu mentranformasi data dari data berskala ordinal ke data berskala interval, dan melakukan standarisasi data menggunakan *Method of Successive Intervals*
c. Melakukan uji multikolinier untuk melihat apakah ada hubungan linier antara ke empat variabel.
d. Menentukan jumlah cluster menggunakan metode Clustering
e. Melakukan pengelompokan desa-desa dan visualisasi *cluster* yang terbentuk menggunakan metode *Self Organizing Maps* (SOM) dengan *software RStudio.*
f. Membuat *cluster profiling* dari setiap *cluster* yang terbentuk dan melihat karakteristiknya.

g. Membuat *web application* dengan metode *clustering Self Organizing Maps* (SOM) menggunakan *software RStudio.*

Hasil berdasarkan sub indikator Indeks Ketahanan Ekonomi, desa tertinggal yang berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki karakteristik antara lain akses masyarakat desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta untuk sampai ke sarana kesehatan terdekat dapat dikatakan sangat baik, yaitu rata-rata mebutuhkan waktu kurang dari 31 menit. Sebagian besar masyarakat desa di Daerah Istimewa Yogyakarta mudah untuk menjangkau atau mengakses pusat-pusat kesehatan desa, namun masih banyak juga masyarakat yang harus mengakses poskesdes lebih dari 3,5 kilometer. Tingkat aktivitas posyandu di desa-desa Daerah Istimewa Yogyakarta sangat tinggi. Sebagian besar desa di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki tingkat kepesertaan BPJS 26% hingga 50%.

Selanjutnya melakukan uji asumsi dan *clustering.* Yaitu dengan melakukan transformasi dari data berskala ordinal ke data berskala interval. Karena pada asumsi *clustering* harus menggunakan data dengan skala interval. Proses transformasi data dilakukan dengan menggunakan *Method of Successive Intervals* dan menghasilkan skor baru untuk masing-masing kategori pada setiap indikator.

Melakukan standarisasi data untuk menyamakan satuan dari variable yang di teliti menggunakan bantuan *software RStudio* dengan fungsi *scale().*

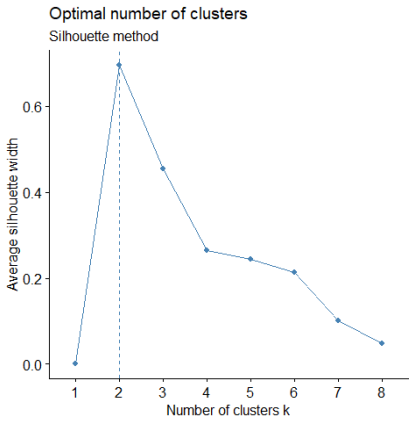
Uji multikolinier dilakukan untuk melihat apakah ada hubungan linier antara ke empat variabel X_1= Jarak ke sarana kesehatan terdekat, X_2 = Akses ke poskesdes, polindes atau posyandu, X_3 = Tingkat aktivitas posyandu dan X_4 = Tingkat kepersertaan BPJS. Untuk Nilai koefisien yang melebihi 0.95 menandakan bahwa terjadi multikolinieritas atau terdapat hubungan linier antar variabel. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software RStudio*, disajikan Tabel.1 mengenai nilai korelasi antar variabel.

Tabel 1 Nilai Korelasi Antar Variabel

Var	x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	-0.0457	-0.0457	-0.0457	-0.0457
x_2	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216
x_3	0.549	0.549	0.549	0.549
x_4	1	1	1	1

Data pada Tabel 1 menunjukan bahwa tidak ada nilai korelasi antar variabel yang melebihi 0.95. Hal ini menandakan bahwa tidak terdapat multikolinieritas pada ke empat variabel yang diteliti, sehingga proses selanjutnya dapat dilakukan.

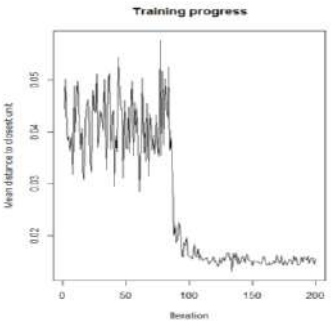
Menentukan jumlah *cluster* yang optimal dalam membuat pembentukan *cluster* menjadi baik perlu dilakukan penentuan jumlah *cluster* yang optimum. Penentuan jumlah *cluster* yang optimum pada penelitian ini menggunakan *Silhouette Width.* Pengambilan jumlah *cluster* yang optimum dapat dilihat dari nilai *Silhouette Width* yang paling tinggi. Berdasarkan Gambar 1, nilai *average silhouette width* yang tertinggi terdapat pada saat pembentukan 2 *cluster,* yaitu 0.7. Oleh karena itu, untuk pembentukan *cluster* menggunakan metode *Self Organizing Maps,* digunakan jumlah *cluster* sebanyak untuk hasil yang optimal.



Gambar 1 *Optimal Number of Cluster*

Hasil diperoleh jumlah 2 *cluster* yang optimal, maka dilanjutkan proses selanjutnya.

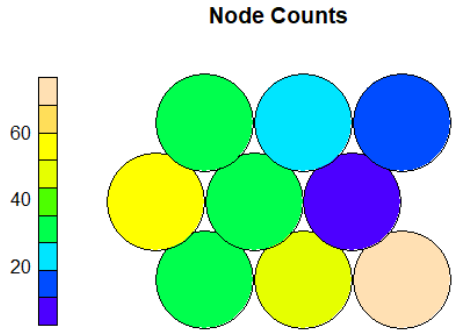
Pembentukan *maps* untuk visualisasi dalam proses *clustering* selanjutnya menggunakan *SOM* model dengan topologi *maps* berbentuk *hexagonal* dengan ukuran 3x3. Dengan parameter alpha sebesar 0.1 dan *error* 0.01. Diperoleh jarak terdekat ke unit terdekat pada *maps* adalah sebesar 0.014.



Gambar 2 Training progress

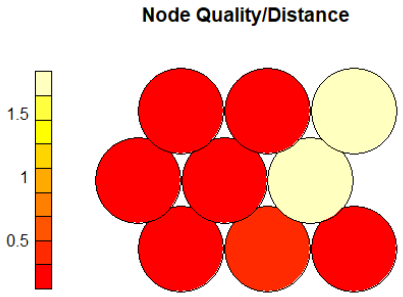
Berdasarkan Gambar 2, terjadi penurunan yang drastis dari iterasi ke-70. Hal

ini menunjukkan bahwa proses *training* telah mencapai konvergen atau mendekati nol saat iterasi ke-100. Sedangkan untuk rata-rata jarak ke *unit* terdekat adalah sebesar 0.014.



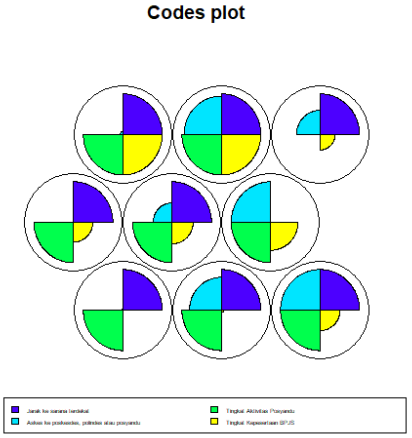
Gambar 3 Node Counts

Jumlah *Node* menunjukan banyak nya sampel yang berada pada setiap nodes. Pada Gambar 3 tampak bahwa banyaknya sampel terkecil pada node adalah di bawah 20 sampel yang ditandai dengan warna biru. Warna hijau menandakan jumlah sampel yang terletak di *node* tersebut berjumlah 40. Warna kuning menandakan sampel berjumlah 60. Sedangkan warna krem memiliki paling banyak sampel di dalamnya, yaitu di atas 60. Jumlah sampel pada node ini bisa dikatakan baik dan dapat digunakan karena tidak terdapat *node* yang kosong atau terdapat sampel di dalamnya.



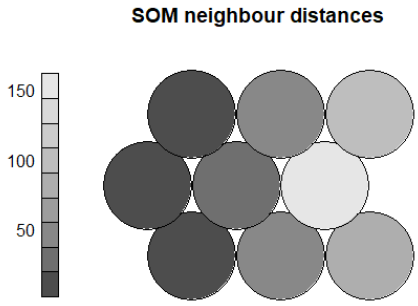
Gambar 4 Node Quality/Distance

Pada Gambar 4 menggambarkan *Node Quality/Distance* menunjukkan jarak *node* ke *node* yang lain. Warna yang sama atau hampir sama antar *node* menandakan jarak yang dekat.



Gambar 5 *Codes plot*

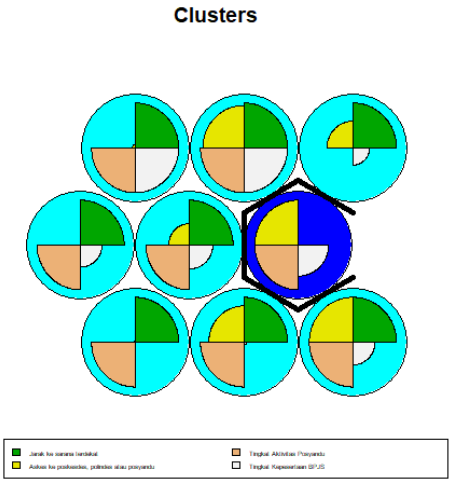
Plot *Code* pada gambar 5 menunjukkan *codebook* atau variabel-variabel pada masing-masing *node.* Variabel ditandai dengan diagram *venn* atau diagram kipas. Kipas dengan warna kuning menunjukkan variable tingkat kepesertaan BPJS (X_4), warna hijau menunjukkan variabel tingkat aktivitas posyandu (X_3), warna biru muda menunjukkan variabel akses ke poskesdes (X_2), dan warna biru tua jarak ke sarana kesehatan terdekat(X_1) dari masyarakat desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedangkan besar dari diagram kipas menunjukkan skor variabel yang semakin tinggi dan menandakan tingkat keberartian pada setiap indikator.



Gambar 6 *SOM Neighbour Distances*

Jarak *node* ke *node* yang lain ditunjukkan oleh *SOM Neighbour distances*. Warna abu-abu yang sama atau hampir sama antar *node* menandakan jarak yang dekat. *Maps* ini juga dapat digunakan untuk menentukan banyakanya *cluster* yang terbentuk. Pada Gambar 6 menunjukan bahwa banyaknya *cluster* yang dapat terbentuk adalah sebanyak 2. Hal ini ditandai dengan warna *nodes* yang terbentuk terdiri dari abu-abu tua dan abu-abu hampir putih. Jumlah ini

sesuai dengan metode *cluster* menggunakan *Average Silhoutte Width* sebelumnya.



Gambar 7 *Clusters Maps*

Proses *clustering* dilakukan menggunakan metode *Self Organizing Maps* dengan jumlah *cluster* sebanyak dua, nilai ini sesuai dengan penentuan sebelumnya. Gambar 7 menunjukan pembentukan *cluster* menghasilkan dua *cluster* yang ditandai dengan *nodes* berwarna biru muda dan *node* berwarna biru tua.

Berdasarkan hasil *clustering* menggunakan metode *Self Organizing Maps*, diperoleh dua *cluster* untuk desa-desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Cluster* 1 terdiri dari 311 desa dan *cluster* 2 hanya terdiri dari 2 desa.

Hasil *cluster* menunjukan bahwa hampir semua desa masuk ke dalam *cluster* yang sama, hal ini menandakan bahwa desa-desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki karakteristik yang hampir sama pada dimensi kesehatan untuk indikator Indeks Ketahanan Sosial. Sedangkan desa yang memiliki karakteristik berbeda adalah desa Kedungkeris dan Dadapayu yang terletak di kabupaten Gunung Kidul.

Cluster 1 ditandai dengan warna biru muda pada *nodes.* Variabel jarak ke sarana kesehatan terdekat pada *cluster* ini memiliki skor yang tinggi, artinya bahwa desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki akses ke sarana kesehatan yang baik untuk masyarakatnya. Sebagian besar desa di provinsi ini memiliki tingkat kesejahteraan BPJS yang rendah, artinya bahwa masyarakat desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta masih banyak yang tidak memiliki hak untuk subsidi kesehatan dari pemerintah dalam bentuk BPJS. Desa-desa pada *cluster* ini memiliki yang akses ke poskesedes dan tingkat aktivitas posyandu sangat baik.

Cluster 2 ditandai dengan warna biru tua pada *node. Cluster* ini memiliki skor tingkat kepesertaan BPJS, akses ke poskesdes, dan tingkat aktivitas posyandu yang cukup tinggi. Sedangkan untuk akses ke sarana kesehatan terdekat di desa-desa ini sangatlah rendah.

Pembuatan *Web Application* untuk proses *clustering* menggunakan metode *Self Organizing Maps* dibuat untuk memudahkan dalam penelitian selanjutnya. *Web application* ini dibuat dengan tampilan yang interaktif, sehingga pengguna dapat menggunakannya dengan bebas dan dapat memilih parameter-parameter yang diinginkannya sendiri. Hasil output juga akan divisualisasi dengan menarik. *SOM* for Cluster App memiliki beberapa menu utama, yaitu Home, Data, dan *Self Organizing Maps. Web application* ini dibuat dengan tampilan yang interaktif, sehingga pengguna dapat menggunakannya dengan bebas dan dapat memilih parameter-parameter yang diinginkannya sendiri. Hasil output juga akan divisualisasi dengan menarik. Pembuatan *web application* terbagi menjadi dua bagian, yaitu pembuatan *syntax user interface* dan *server*. *User interface* digunakan untuk membuat tampilan pada *web,* sedangkan *server* digunakan untuk membuat *input* dan *output*. Tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8 Tampilan *Self Organizing Maps* menu

KESIMPULAN

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh terhadap desa-desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1) Karakteristik desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan indikator dimensi kesehatan adalah
   a. Akses masyarakat desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta untuk sampai ke sarana kesehatan terdekat dapat dikatakan sangat baik, yaitu rata-rata mebutuhkan waktu kurang dari 31 menit.

b. Sebagian besar masyarakat desa di Daerah Istimewa Yogyakarta mudah untuk menjangkau atau mengakses pusat-pusat kesehatan desa, yaitu sebesar 42.81%. Namun masih banyak juga masyarakat yang harus mengakses poskesdes lebih dari 3,5 kilometer, yaitu sebesar 36.74%.
c. Tingkat aktivitas posyandu di desa-desa Daerah Istimewa Yogyakarta sangat tinggi, yaitu sebesar 95.21%. Sedangkan untuk desa yang tidak memiliki aktivitas posyandu hanya sebesar 0.96%.
d. Sebagian besar desa di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki tingkat kepesertaan BPJS 26% hingga 50%.

2) Segmentasi desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta menghasilkan dua klaster dimana klaster 1 terdiri dari 311 desa dan klaster 2 terdiri dari dua desa. Hasil *cluster* menunjukan bahwa hampir semua desa masuk ke dalam *cluster* yang sama, hal ini menandakan bahwa desa-desa di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki karakteristik yang hampir sama pada dimensi kesehatan untuk indikator Indeks Ketahanan Sosial. Sedangkan desa yang memiliki karakteristik berbeda adalah desa Kedungkeris dan Dadapayu yang terletak di kabupaten Gunung Kidul.

3) Kebijakan yang dapat disarankan dari peneliti terhadap pemerintah adalah perlu adanya pemerataan dalam pembangunan di bidang kesehatan di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemerintah dapat memberikan perhatian lebih untuk desa-desa di klaster 1 dalam hal akses masyarakat ke poskesdes, polindes, dan posyandu, tingkat aktivitas posyandu, serta tingkat kepesertaan BPJS. Sedangkan untuk desa di klaster 2 perlu dilakukan tinjauan dalam hal akses masyarakat ke sarana kesehatan terdekat.

DAFTAR PUSTAKA

Arno NF dan Ahsan M, 2015, Metode *Self Organizing Maps* Untuk Menentukan Strategi Promosi Universitas Kanjuruhan Malang, Bimasakti 1, edisi 5, Malang.

Arniva NS and Purhadi, 2014, Pemodelan dan Pemetaan Kasus Demam Berdarah Dengue di Provinsi Jawa Timur, *Jurnal Sains dan Seni ITS,* vol. 5, pp. 277-282, 2016, Surabaya

BPS, 2019b. *Statistik Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta 2019*. Badan Pusat Statistik Provinsi DI Yogyakarta. Yogyakarta:

Dipan R, 2016, Kualitas Pelayanan Pada Pos Kesehatan Desa (Poskesdes) Kecamatan Aertembaga Kota Bitung, Jurnal Ilmiah Society, vol 2 no 20, Unstrat, Yogyakarta

Hafiludien A dan Istiawan D, 2018, Penerapan Algoritma *Self Organizing Maps* untuk Pemetaan Penyandang Kesejahteraan Sosial (PMKS), University Research Colloqium 2018, Semarang.

Hermawati R dan Sitanggang IS, 2016, Web-Based clustering application using Shiny framework and DBSCAN Algorithm for hotspots data in peatland in Sumatra, *Procedia Environmental Sciences 33* , 317 – 323, Bogor.

Kaufman dan Rousseeuw, 1990, Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, Canada.

Kusumah RD, Warsito B dan Mukid AM, 2017, Perbandingan Metode K-Means dan Self Organizing Map (Studi Kasus: Pengelompokkan Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia 2015), JURNAL GAUSSIAN, Volume 6, Nomor 3, Tahun 2017, Halaman 429-437, Semarang.

Luo B, Tang X, 2010, Using Self-Organizing Map for Ideas Clustering of Group Argumentation, The 11th International Symposium on Knowledge and Systems Sciences, pp. 1-6, Tokyo.

Nomaini F, 2018, Evaluasi Indeks Ketahanan Sosial Dalam penerapan Indeks membangun, Jurnal UNSRI Vol 31 no 25 , Palembang.

Perwira I, 2014, Memahami kesehatan sebagai hak asasi manusia, Jurnal ELSAM, Jakarta

Rachmanto D, 2014, Aplikasi metode Agglomerative analisis cluster pada tingkat polusi udara, Jurnal Matematika vol 3 no 2, Sekolah tinggi keguruan dan ilmu pendidikan, Bandung

Shieh S, dan Liao I, 2012, A New Approach for Data Clsutering and Visualization Using Self-Organizing Map. International Journal of Expert System with Application, 39. United Kingdom.

Silva B, Marques N, 2010, Feature Clustering with Self-Organizing Maps and An Application to Financial Time-Series for Portfolio Selection, International Conference on Neural

Ubaidilah, 2020, Mengkaji hasil penelitian variabel deviden, Jurnal Multikolinieritas, Kabays Publisher, Banten

Verzani, John, 2011, *Getting Started With RStudio*, O'Reilly Media, United States of America.

Witten, Ian H, Eibe F, 2005, Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques, Morgan Kaufmann Elsevier, United States of America.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Bahasa
Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

Susunan Naskah
Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan afiliasi, serta alamat email.

ABSTRACT dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan Intisari memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

PENDAHULUAN berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

METODE dapat berupa metode penelitian kuantitatif, kualitatif, survei, model penelitian kombinasi atau menggunakan metode penelitian deskriptif.

PEMBAHASAN menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

KESIMPULAN berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

DAFTAR PUSTAKA hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad, menggunakan aplikasi Mendeley, EndNote atau aplikasi sejenisnya dengan menggunakan *American Psychological Association* (APA) style

Teknik Penulisan
Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna/*greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar,. Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

PENDAHULUAN, METODE, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA dibuat dengan 1 kolom

Pengiriman Naskah
Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek secara *online,* melakukan registrasi (atau login bagi yang sudah mempunyai akun) terlebih dahulu kemudian mengunggah artikel dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

eISSN: 2338-6711

pISSN: 1979-3405