

# Jurnal Teknologi

Volume 16 Nomor 2 Desember 2023

- **Pengembangan Media Pembelajaran Pengenalan Makanan Sehat Augmented Reality Bagi Anak Sekolah Dasar Kelas 1**  
*Sabrina Al Zahro, Ferdi Antoni, Dwi Ratnawati*
- **Pengukuran Beban Kerja Fisik Menggunakan Cardiovascular Load dan Evaluasi Postur Kerja untuk Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal**  
*Anak Agung Gede Dharma Putra, Kartinasari Ayuhikmatin Sekarjati\*, Risma Adelina Simanjuntak*
- **Rancang Bangun Sistem Informasi Inventarisasi dan Peminjaman Peralatan Laboratorium**  
*Solekhan, Muhammad Dahlan, Arief Susanto, Budi Cahyo Wibowo, Vikha Indira Asri*
- **Optimasi Proses Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa Melalui Response Surface Methodology (RSM)**  
*Siti Diyar Kholisoh, Zubaidi Achmad, Faizah Hadi*
- **Perencanaan Kebutuhan Baku dengan ARIMA dan EOQ**  
*Argaditia Mawadati, Agus Hindarto Wibowo, Melanisa Ade Prima*
- **Artificial Intelligence Tools in Higher Education Students Usage Analysis – Case Study: Sampoerna University**  
*Noorfi Azizah Rahim, Az Zahra Azizah Hanum, Muhammad Agni Catur Bhakti, Wandy Wandy*
- **Porositas Produk Olahan Jahe Merah terhadap Variasi Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu**  
*Valentinus Enrico Kurniyanto, Dessy Agustina Sari\**
- **Sistem Pembangkit Listrik Panel Surya Atap Model On-Grid Dengan Kapasitas 62,4 kWp**  
*Muhammad Suyanto, Prasetyono Eko Pambudi, Faisal Wildan Chotami*
- **A Study on the Usage of Learning Management Systems in Higher Education**  
*Dewi Arianti Wulandari, Tri Retnaningsih Soeprbowati, Dinar Mutiara K Nugraheni, Wandy Wandy*
- **Evaluasi Kinerja Mesin Bending Hidrolik Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Fault Tree Analysis (FTA)**  
*Rahayu Khasanah, Indri Susilawati, Imam Sodikin*
- **Komparasi Desain Alat Penukar Panas Tipe Air-Cooled**  
*Muhammad Ikhsan Kamil, Dessy Agustina Sari*
- **Evaluasi Kemampuan Fisik Pengangkatan Secara Manual Berdasarkan Pedoman NIOSH**  
*Muhammad Yusuf, Maria Regina Nansi, Muhammad Tirta Najwan, Aileen Maharani Putri Irfai'i*

Jurnal  
Teknologi

Volume 16

Nomor 2

Halaman  
92 - 192

Desember  
2023

**Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta**



# Jurnal Teknologi

## EDITORIAL BOARD

### Editor in Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

### Managing Editor

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

### Editor

Andreas Emaputra, S.T., M.Sc.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

### Guest Editor

Beni Tri Sasongko, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Denny Hardiyanto, S.T., M.Eng. (Universitas PGRI Madiun)

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T. (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

### Reviewer

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PEng (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. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

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)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D ( Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

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. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

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](mailto:jurtek@akprind.ac.id)

<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek>

---

# Jurnal Teknologi

Volume 16, Nomor 2, Desember 2023

- **Pengembangan Media Pembelajaran Pengenalan Makanan Sehat Augmented Reality Bagi Anak Sekolah Dasar Kelas 1**  
*Sabrina Al Zahro, Ferdi Antoni, Dwi Ratnawati, .....* 92-101
- **Pengukuran Beban Kerja Fisik Menggunakan Cardiovascular Load dan Evaluasi Postur Kerja untuk Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal**  
*Anak Agung Gede Dharma Putra, Kartinasari Ayuhikmatin Sekarjati\*, Risma Adelina Simanjuntak.....* 102-110
- **Rancang Bangun Sistem Informasi Inventarisasi dan Peminjaman Peralatan Laboratorium**  
*Solekhan, Muhammad Dahlan, Arief Susanto, Budi Cahyo Wibowo, Vikha Indra Asrii.....* 111-119
- **Optimasi Proses Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa Melalui Response Surface Methodology (RSM)**  
*Siti Diyar Kholisoh, Zubaidi Achmad, Faizah Hadi .....* 120-127
- **Perencanaan Kebutuhan Baku dengan ARIMA dan EOQ**  
*Argaditia Mawadati, Agus Hindarto Wibowo, Melanisa Ade Prima.....* 128-136
- **Artificial Intelligence Tools in Higher Education Students Usage Analysis – Case Study: Sampoerna University**  
*Noorfi Azizah Rahim, Az Zahra Azizah Hanum, Muhammad Agni Catur Bhakti, Wandy Wandy.....* 137-145
- **Porositas Produk Olahan Jahe Merah terhadap Variasi Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu**  
*Valentinus Enrico Kurniyanto, Dessy Agustina Sari\* .....* 146-152
- **Sistem Pembangkit Listrik Panel Surya Atap Model On-Grid Dengan Kapasitas 62,4 kWp**  
*Muhammad Suyanto, Prasetyono Eko Pambudi, Faisal Wildan Chotami.....* 153-161
- **A Study on the Usage of Learning Management Systems in Higher Education**  
*Dewi Arianti Wulandari, Tri Retnaningsih Soeprbowati, Dinar Mutiara K Nugraheni, Wandy Wandy.....* 162-168
- **Evaluasi Kinerja Mesin Bending Hidrolik Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Fault Tree Analysis (FTA)**  
*Rahayu Khasanah, Indri Susilawati, Imam Sodikin .....* 169-179
- **Komparasi Desain Alat Penukar Panas Tipe Air-Cooled**  
*Muhammad Ikhsan Kamil, Dessy Agustina Sari .....* 180-186
- **Evaluasi Kemampuan Fisik Pengangkatan Secara Manual Berdasarkan Pedoman NIOSH**  
*Muhammad Yusuf, Maria Regina Nansi, Muhammad Tirta Najwan, Aileen Maharani Putri Irfa'i.....* 187-192

---

## Pengembangan Media Pembelajaran Pengenalan Makanan Sehat *Augmented Reality* Bagi Anak Sekolah Dasar Kelas 1

Sabrina Al Zahro<sup>1</sup>, Ferdi Antoni<sup>2</sup>, Dwi Ratnawati<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Bisnis dan Humaniora,  
Universitas Teknologi Yogyakarta

[sabrina5201311012@student.uty.ac.id](mailto:sabrina5201311012@student.uty.ac.id)<sup>1</sup>, [antoniferdi696@yahoo.com](mailto:antoniferdi696@yahoo.com)<sup>2</sup>, [dwiratnawati@staff.uty.ac.id](mailto:dwiratnawati@staff.uty.ac.id)<sup>3</sup>

---

### ABSTRACT

*This research was developed to overcome the problem of young children who find it very difficult to understand learning about healthy food in a monotonous way. When playing alone when the teacher gives an explanation is a sign that the child is bored with the learning activity. Early childhood children tend to obey their teachers more than their parents. This research aims to develop Augmented Reality learning media for the introduction of healthy food for grade 1 elementary school children using the Research and Development (R&D) method. The result of this development and research is an Augmented Reality Learning Media Application for Introduction to Healthy Food for grade 1 Elementary School children. The development of learning media in this research has been tested with several experts consisting of media experts, material experts and respondents. The test results from this research reached 87%, which means this application can be categorized as very suitable for use. Based on the tests that have been carried out, it can be concluded that this research and development has produced a product in the form of a learning media application for the introduction of healthy food which is very suitable for use by grade 1 Elementary School children.*

**Keywords:** Elementary School, learning media, Research and Development.

### INTISARI

Penelitian ini dikembangkan untuk mengatasi masalah pada anak usia dini yang sangat sulit dalam memahami pembelajaran makanan sehat dengan cara monoton. Saat bermain sendiri ketika guru memberikan penjelasan merupakan pertanda bahwa anak tersebut bosan dengan kegiatan pembelajaran. Anak usia dini cenderung lebih nurut terhadap gurunya di banding orang tuannya, adanya penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran pengenalan makanan sehat *Augmented Reality* bagi anak Sekolah Dasar kelas 1 dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)*. Hasil dari pengembangan dan penelitian ini adalah aplikasi Media Pembelajaran Pengenalan Makanan Sehat *Augmented Reality* bagi anak sekolah dasar kelas 1. Pengembangan media pembelajaran pada penelitian ini telah dilakukan pengujian kepada beberapa ahli terdiri dari ahli media, ahli materi dan responden. Hasil uji coba dari penelitian ini mencapai 87% yang sehingga dapat dikategorikan aplikasi ini sangat layak untuk digunakan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk yang berupa aplikasi media pembelajaran pengenalan makanan sehat ini sangat layak digunakan oleh anak Sekolah Dasar kelas 1.

**Kata Kunci:** media pembelajaran, *Research and Development*, Sekolah Dasar.

---

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada zaman modern sangat pesat. Terutama pada siswa Sekolah Dasar saat ini sudah tidak asing lagi mengenai teknologi khususnya handphone. Perkembangan teknologi ini dapat mempermudah dalam menambah wawasan, terutama pada lingkup pendidikan. Teknologi sangat diperlukan untuk membantu memahami suatu pengetahuan yang terbaru dalam perkembangan zaman. Teknologi pendidikan merupakan sistem yang memberi manfaat dalam menunjang suatu pembelajaran, sehingga membantu siswa untuk memahami materi (Lestari, 2018).

Teknologi yang saat ini sedang berkembang yaitu *Augmented Reality* (Nistrina 2021).

Augmented reality merupakan teknologi yang dapat menggabungkan object 2 dimensi dan 3 dimensi dalam satu waktu. Teknologi augmented reality dapat membantu untuk memaksimalkan materi kepada peserta didik. Augmented Reality dapat memberikan informasi dengan tampilan yang menarik dan interaktif (Ginting and Agnia 2021). Penerapan teknologi Augmented Reality di bidang pendidikan memiliki keunggulan sebagai media pembelajaran. *Augmented Reality* dapat menampilkan objek kecil, besar, lambat, cepat dan dapat dilihat secara nyata tanpa membayangkan, sehingga siswa dapat lebih mudah dalam proses memahami (Burhanudin 2017)

Pembelajaran merupakan suatu proses belajar yang didalamnya terdapat metode, media strategi pembelajaran dan hasil pembelajaran. Pembelajaran terdapat sarana dalam pemberian materi kepada siswa berupa media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan suatu hal yang dapat membantu proses penyampaian pembelajaran. Media pembelajaran dapat dikemas semenarik mungkin guna untuk memberi semangat siswa agar lebih mudah dalam memahami dalam suatu pembelajaran. Media pembelajaran dalam prespektif pendidikan merupakan instrumen yang sangat mendukung kegiatan belajar mengajar. Perkembangan zaman yang semakin pesat terdapat macam-macam media pembelajaran yang didukung oleh teknologi. Salah satu teknologi yang dapat membantu memahamkan siswa adalah teknologi *Augmented Reality*.

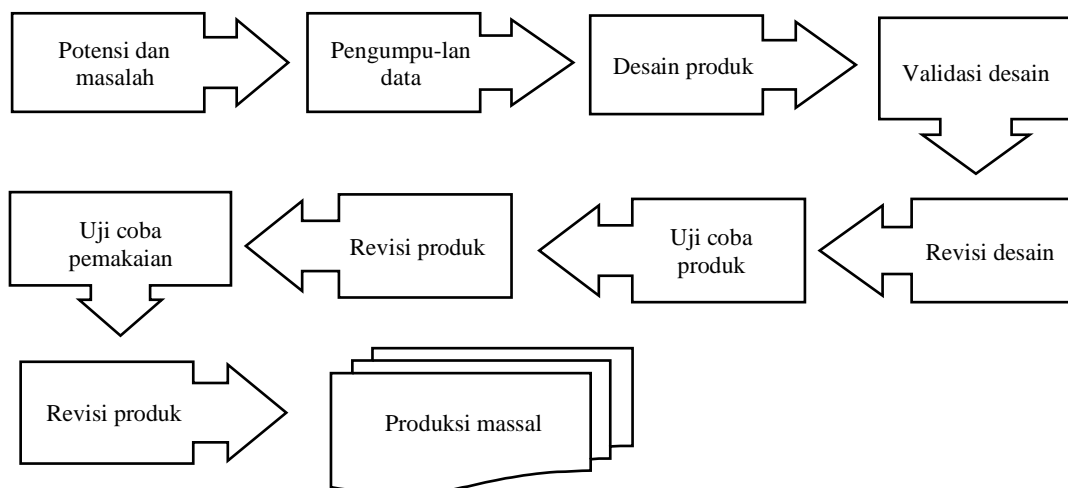
Materi makanan sehat merupakan bagian dari pembelajaran tematik. Pembelajaran tematik adalah pembelajaran yang dirancang berdasarkan tema tertentu, pembahasan yang di ambil dari berbagai mata pelajaran, salah satunya pembelajaran IPA dengan materi makanan sehat. Makanan sehat adalah makanan yang memenuhi kebutuhan gizi dalam tubuh (Wahyuni, Setyosari, and Kuswandi 2020).

Permasalahan saat ini anak usia dini sangat sulit untuk memahami pembelajaran dengan monoton. Bermain sendiri ketika guru memberikan penjelasan merupakan pertanda bahwa anak tersebut bosan dengan kegiatan pembelajaran. Anak usia dini cenderung lebih nurut terhadap gurunya di banding orang tuannya. Orang tua sulit untuk mengetahui kemampuan anaknya. Oleh itu, orang tua sangat membutuhkan media pembelajaran untuk mendampingi belajar anaknya atau berperan sebagai guru ketika dirumah.

Berdasarkan permasalahan di atas maka penulis bermaksud mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* akan bisa memudahkan siswa dalam pemahaman materi terbaru. Media pembelajaran ini dapat digunakan untuk mata pelajaran yang memiliki kompetensi inti makanan sehat.

## METODE

Berdasarkan permasalahan penelitian ini menggunakan metode R&D (*Reserch and Development*). (Soegiono 2020) *Research and Development* merupakan suatu metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan produk sampai pengesahan. Aplikasi Media Pembelajaran Pengenalan Makanan Sehat dengan live coloring *Augmented Reality* merupakan produk yang akan dikembangkan dengan menggunakan metode R&D (*Reserch and Development*). Pada gambar 1 merupakan tahap pada metode *Research and Development*.



**Gambar 1** Metode penelitian R&D



Adapun tahapan pengembangan yang digunakan yaitu analisis kebutuhan, identifikasi spesifikasi produk, pengembangan produk, validasi, revisi dan uji coba produk yaitu:

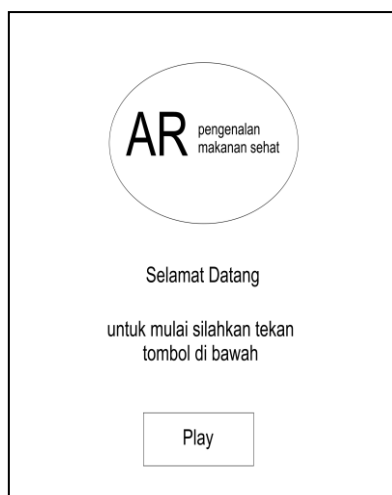
1. Analisis kebutuhan, pada tahapan ini peneliti melakukan observasi di suatu tempat penelitiannya. Observasi dilakukan untuk menggali informasi mengenai permasalahan dalam kegiatan pembelajaran.
2. Identifikasi Produk, tahapan mengidentifikasi produk dapat kami lakukan dengan pendidik dan wali murid. Melakukan wawancara yang berkaitan dengan pembelajaran yang selama ini dilakukan.
3. Mengembangkan produk, yaitu mulai merancang produk dengan mempersiapkan komponen dan data pendukung dalam pembuatan produk.
4. Validasi, dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari produk yang di kembangkan. Validasi ini dilakukan dengan bantuan ahli media dan ahli materi.
5. Revisi, dapat dilakukan setelah melakukan validasi kepada ahli media dan ahli materi. Revisi dilakukan sesuai saran yang diberikan oleh para ahli.

Uji coba produk telah dilakukan pada bulan Desember 2022 bertempat dilingkungan sekolah dengan sasaran anak kelas 1 Sekolah Dasar, menggunakan subjek berjumlah 8 responden terdiri dari ahli media, ahli materi dan 6 siswa. Adapun objek penelitian yaitu merupakan hasil pengembangan media pembelajaran pengenalan makanan sehat *Augmented Reality* bagi anak Sekolah Dasar kelas 1. Penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif. Identifikasi spesifikasi produk yang dikembangkan dilakukan dengan menyusun storyboard. Storyboard merupakan gambar sketsa yang diwujudkan dalam bentuk panel. Sketsa ini dibuat secara berurutan hingga berbentuk alur cerita yang telah dikembangkan (Lestari, Agustini, dan Sugihartini 2019).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan yang dilaksanakan dalam penelitian ini mencakup kajian pustaka, observasi serta identifikais permasalahan terkait kesulitan yang dialami orang tua dalam mendampingi belajar anaknya. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan analisis kebutuhan produk yang dikembangkan diantaranya yaitu *software* dan *hardware* yang mendukung pengembangan ini. Berikut merupakan storyboard media pembelajaran “Makanan Sehat” berbasis *Augmented Reality*,

### 1. Scene Awal

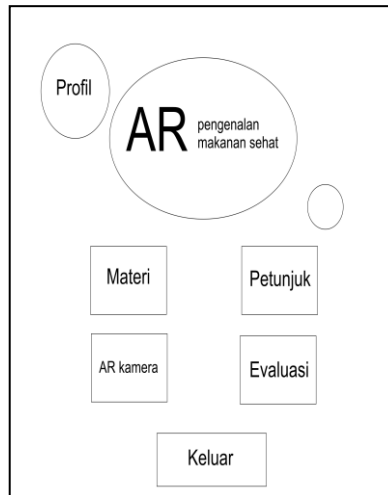


**Gambar 2 Scene awal**

Keterangan :

- a. Halaman ini adalah halaman awal pada saat membuka aplikasi
- b. Terdapat logo AR pengenalan makanan sehat
- c. Terdapat tombol play untuk ke menu utama

## 2. Scene menu utama

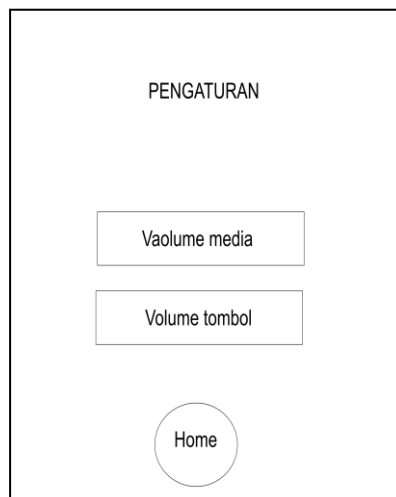


**Gambar 3** Scene menu utama

Keterangan:

- a. Halaman ini merupakan halaman menu utama
- b. Memiliki tombol:
  1. Tombol keluar
  2. Tombol profil
  3. Tombol pengaturan
  4. Tombol petunjuk
  5. Tombol evaluasi
  6. Tombol materi
  7. AR kamera

## 3. Scene pengaturan

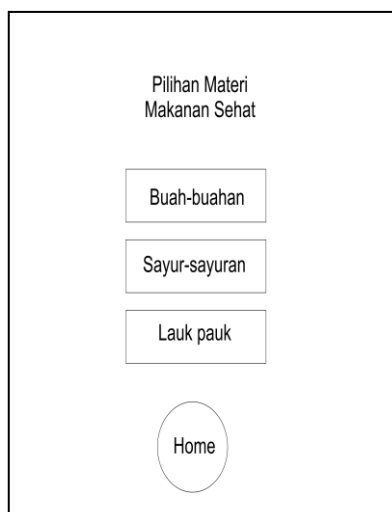


**Gambar 4** Scene Pengaturan

Keterangan

- a. Halaman ini adalah contoh tampilan halaman pengaturan
- b. Memiliki tombol volume:
  1. Tombol volume media
  2. Tombol volume
  3. Terdapat tombol home

#### 4. Scene Halaman materi

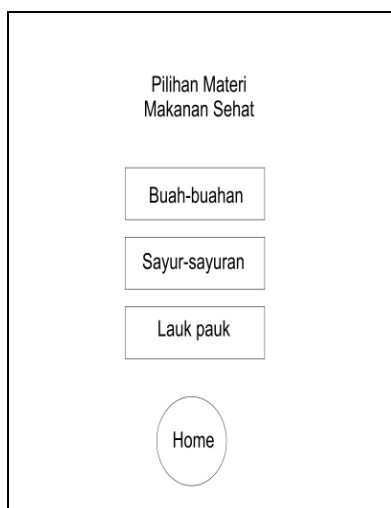


**Gambar 5** Scene Halaman Materi

Keterangan:

- a. Halaman ini adalah halaman materi
- b. Terdapat beberapa pilihan materi:
  1. Materi buah-buahan
  2. Materi sayur-sayuran
  3. Materi lauk pauk
  4. Memiliki tombol Home

#### 5. Scene Halaman AR



**Gambar 6** Halaman

Keterangan:

- a. Halaman ini adalah halaman AR kamera untuk menampilkan objek 3D
- b. Terdapat beberapa pilihan
  1. Belimbing
  2. Jeruk
  3. Kol
  4. Telur ceplok
  5. Ayam panggang
  6. Terdapat tombol home



### Pengembangan Produk

Produk utama dari pengembangan ini adalah Aplikasi Media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*. Media pembelajaran ini terdiri atas beberapa menu utama yaitu:

#### a. Halaman Awal

Halaman awal ini merupakan halaman yang akan muncul ketika aplikasi akan dijalankan. Pada halaman awal terdapat judul aplikasi yaitu “AR Pengenalan Makanan Sehat”. Terdapat kalimat petunjuk untuk menjalankan aplikasi yaitu “Untuk Memulai Silahkan Tekan Tombol dibawah”. Terdapat tombol Play yang dapat digunakan untuk memulai aplikasi.



Gambar 7. Halaman Awal

#### b. Halaman Kedua

Halaman kedua atau halaman menu ini terdapat beberapa tombol. Terdapat tombol profil, tombol ini akan mengarahkan ke halaman profil. Tombol materi yang akan mengarahkan ke beberapa pilihan materi. Tombol petunjuk, tombol yang akan mengarahkan ke petunjuk aplikasi..



Gambar 8. Halaman Kedua

Tombol AR Kamera , Tombol yang akan mengarahkan ke Scan Marker yang akan menampilkan objek 3 dimensi. Tombol evaluasi, tombol yang didalamnya terdapat beberapa latihan soal yang akan muncul nilainya setelah dikerjakan. Tombol keluar, tombol yang akan mengarahkan keluar dari aplikasi

### c. Halaman Petunjuk

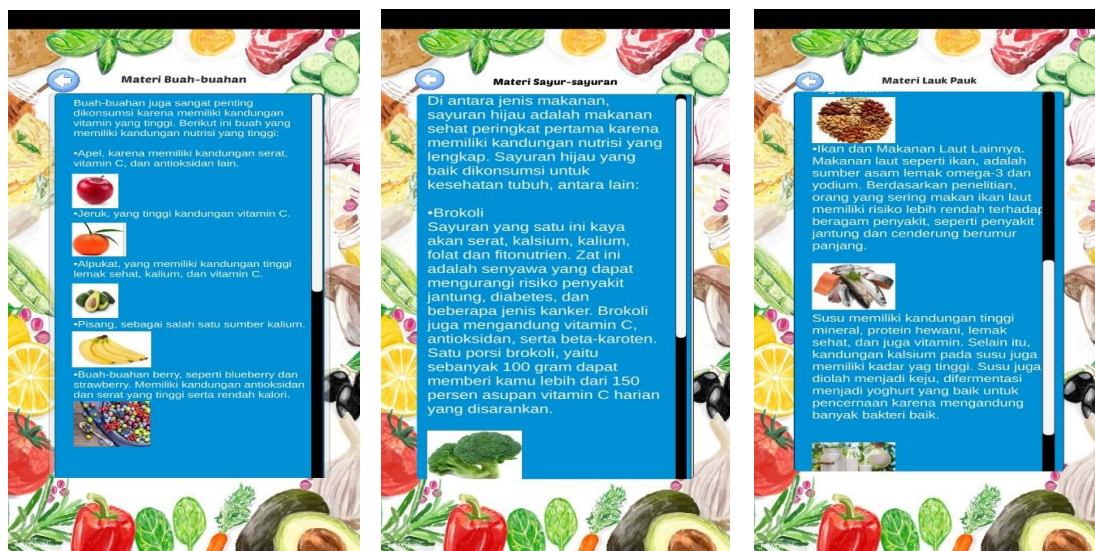
Halaman petunjuk berisi beberapa petunjuk untuk menggunakan aplikasi. Dengan adanya fitur petunjuk ini diharapkan pengguna aplikasi ini tidak kesulitan dalam menggunakan aplikasi ini. Petunjuk ini didesain menggunakan scroll bar. Halaman petunjuk seperti yang gambar berikut.



Gambar 9 Halaman Petunjuk

### d. Halaman materi

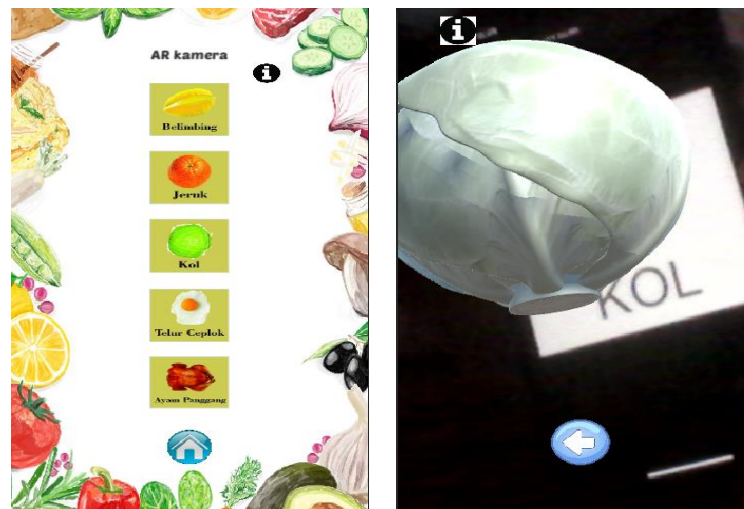
Halaman materi berisi pilihan materi yaitu ada materi buah-buahan, sayur-sayuran, lauk pauk. Dalam tombol pilihan itu akan ditunjukkan masing-masing materi yang di pilih. Tampilan halaman materi seperti gambar



Gambar 10. Halaman Materi

**e. Halaman AR Kamera**

Halaman ini dapat menampilkan objek materi yang telah di pelajari berbentuk 3 dimensi. Halaman ini yang menjadi keunggulan dalam aplikasi media pembelajaran ini.



**Gambar 11.** Halaman AR Kamera

**f. Halaman Evaluasi**

Halaman evaluasi terdapat latihan soal dengan materi yang telah di pelajari dihalaman materi. Latihan soal disini juga terdapat nilai setelah mengerjakan soal–soal tersebut.



**Gambar 12** Evaluasi

**Validasi Produk**

Tahap validasi ini dilakukan oleh ahli media, ahli teori, dan user. Validasi yang dilakukan oleh ahli media untuk mengetahui media pembelajaran yang dikembangkan layak digunakan ataupun tidak. Validasi dengan ahli materi untuk mengetahui bobot materi yang terdapat pada media pembelajaran ini sesuai atau tidak. Berdasarkan hasil validasi, terdapat beberapa revisi mengenai *background* yang digunakan belum sesuai dengan sasaran aplikasi ini sehingga perlu dilakukan perubahan *background* agar sesuai dengan sasaran pengguna aplikasi yaitu kelas 1 Sekolah Dasar.

**Hasil Uji Coba Produk**

Uji produk ini dilakukan dengan skala kecil dengan memberikan kuesioner dan meminta bantuan untuk menguji pengguna secara langsung kepada ahli teori, ahli media dan user . Uji coba lapangan dengan skala kecil dilakukan dengan membagikan kuesioner yang terdiri dari 20 butir

pernyataan. Pernyataan ini meliputi 4 butir aspek kemudahan, 4 butir aspek kegunaan, 4 aspek kemudahan belajar, 1 aspek keseruan, dan 7 aspek keseruan.. Uji coba ini dilakukan pada 8 responden. Respon masing-masing pernyataan terwujud dalam bobot berupa angka 1 hingga 4. Selanjutnya, bobot pada masing-masing aspek dijumlahkan dan dilakukan perhitungan persentase skor. Instrumen yang digunakan untuk melakukan pengujian produk dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1 . Instrumen penilaian**

No	Pertanyaan
<b>Kemudahan Penggunaan</b>	
1.	Aplikasi mudah digunakan dan dimainkan
2.	Aplikasi praktis digunakan
3.	Aplikasi mudah dipahami
4.	Aplikasi fleksibel
<b>Kegunaan</b>	
5.	Mendapat banyak pelajaran tentang membaca
6.	Membantu memberikan pengetahuan tentang bagaimana membaca yang benar
7.	Sangat informatif
8.	Aplikasi yang bagus untuk anak kelas 1 SD
<b>Kemudahan Belajar</b>	
9.	Anak bisa belajar menggunakan aplikasi ini dengan cepat.
10.	Anak mudah mengingat bagaimana menggunakan ini.
11.	Aplikasi ini mudah untuk dipelajari bagaimana cara penggunaannya
12.	Anak menjadi terampil menggunakan aplikasi ini dengan cepat.
<b>Keseruan</b>	
13.	Program yang dibuat sangat menyenangkan untuk dimainkan
<b>Kepuasan</b>	
14.	Saya sebagai orang tua puas dengan aplikasi ini.
15.	Saya sebagai orang tua akan merekomendasikan aplikasi ini ke teman.
16.	Aplikasi ini menyenangkan untuk digunakan
17.	Aplikasi ini bekerja seperti yang saya inginkan
18.	Aplikasi ini memiliki tampilan yang sangat bagus.
19.	Menurut saya, saya perlu memiliki aplikasi ini.
20.	Aplikasi ini nyaman untuk digunakan.

Berdasarkan instrumen yang telah diberikan oleh responden dapat menilai dengan 4 kategori. Angka 1 Sangat tidak setuju, 2 tidak setuju, 3 setuju, 4 sangat setuju. Jawaban yang responden berikan mendapatkan berbagai macam hasil. Kemudian dilakukan perhitungan agar dapat disimpulkan dan dapat difahami langsung. Hasil yang telah dilakukan oleh responden dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan**

Penilaian	Rata-rata	Kategori
Ahli Media	3,2	Baik
Ahli Teori	3,8	Baik
User	3,5	Baik
<b>Jumlah</b>	<b>10,5</b>	
<b>Rata-rata</b>	<b>3,5</b>	<b>Baik</b>

Rumus perhitungan persentase skor ditulis dengan  $p = \frac{f}{n} \times 100\%$  menurut Sugiyono (2012) dengan konversi data kuantitatif ke data kualitatif pada tabel 3.



**Tabel 3. Konversi Data Kuantitatif ke Data Kualitatif**

Skor	Kategori
0-25%	Sangat Tidak Layak
26-50%	Tidak Layak
51-75%	Cukup Layak
76-100%	Sangat Layak

Dengan perhitungan dan rumus yang telah di gunakan mendapatkan hasil sebesar 87% berdasarkan hasil dari perhitungan diatas, hal tersebut dapat dinyatakan bahwa media pembelajaran sudah memenuhi syarat dan dapat digunakan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian dan pengembangan ini menghasilkan produk yang berupa aplikasi media pembelajaran pegenalan makanan sehat mendapatkan hasil 87%. Aplikasi media pembelajaran terdiri dari halaman materi, halaman petunjuk, halaman evaluasi dan halaman AR kamera. Dari hasil pengujiannya aplikasi ini sangat layak digunakan untuk pembelajaran dengan tema kesehatan untuk anak kelas 1 Sekolah Dasar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, M. A., Maksum, A., Wardhani, P. A., Yuniar, S., & Setyowati, S. (2021). Pengembangan media pembelajaran PPKn SD berbasis Powtoon untuk mengembangkan karakter tanggung jawab. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(2), 129-145.
- Burhanudin, A. (2017). Pengembangan media pembelajaran augmented reality pada mata pelajaran dasar elektronika di smk hamong putera 2 pakem. *Jurnal Pendidikan Teknik Mekatronika*, 7(3).
- Ginting, N., Pradesyah, R., Amini, A., & Panggabean, H. S. (2021). Memperkuat Nalar Teologi Islam Moderat Dalam Menyikapi Pandemi Covid-19 Di Pimpinan Ranting Pemuda Muhammadiyah Bandar Pulau Pekan. *Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 30-40.
- Lestari, Sudarsri. 2018. "Peran Teknologi Dalam Pendidikan Di Era Globalisasi." *Edureligia; Jurnal Pendidikan Agama Islam*. doi: 10.33650/edureligia.v2i2.459.
- Muhson, Ali. 2010. "Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi." *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia* 8(2). doi: 10.21831/jpai.v8i2.949.
- Mustaqim, Ilmawan. 2016. "Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Pembelajaran." *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*. doi: 10.23887/jptk.v13i2.8525.
- Mustika, Mustika, Eka Prasetya Adhy Sugara, and Maissy Pratiwi. 2018. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Dengan Menggunakan Metode Multimedia Development Life Cycle." *Jurnal Online Informatika* 2(2):121. doi: 10.15575/join.v2i2.139.
- Nistrina, K., & Rahmania, A. (2021). Sistem Informasi Point of Sale Berbasis Website Studi Kasus: Pt Barokah Kreasi Solusindo (Artpedia). *J-SIKA| Jurnal Sistem Informasi Karya Anak Bangsa*, 3(02), 1-12.
- Sugiono, S. (2020). Industri Konten Digital Dalam Perspektif Society 5.0 (Digital Content Industry in Society 5.0 Perspective). *JURNAL IPTEKKOM (Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Informasi)*, 22(2), 175-191.
- Wahyuni, Hermin Tri, Punaji Setyosari, and Dedi Kuswandi. 2020. "Implementasi Pembelajaran Tematik Kelas 1 Sd." *Edcomtech* 1(2):129–36.

---

## Pengukuran Beban Kerja Fisik Menggunakan *Cardiovascular Load* dan Evaluasi Postur Kerja untuk Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal

Anak Agung Gede Dharma Putra<sup>1</sup>, Kartinasari Ayuhikmatin Sekarjati\*<sup>2</sup>, Risma Adelina Simanjuntak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: [sekar@akprind.ac.id](mailto:sekar@akprind.ac.id)

---

### ABSTRACT

*CV Dwi Jasa Logam is a company engaged in metal casting. This company places employees in jobs that are heavy on physical exertion in the production process, causing employees to get a high workload. In addition, many employees are elderly, causing them to feel tired more quickly. Employees who are placed on the job, need a longer rest time. When working, employees do not pay attention to work posture while working, so that poor work posture can cause musculoskeletal disorders. The purpose of this study was to analyze the physical workload of employees, analyze musculoskeletal disorders in employees and evaluate employees' poor work posture. The methods used are Cardiovascular Load (CVL), Nordic Body Map (NBM), Ovako Work Analysis System (OWAS). The CVL method is used to calculate physical workload, the NBM questionnaire is used to measure musculoskeletal disorders and identify musculoskeletal disorders and the OWAS method is a method used to assess body posture when working, which is related to body parts such as the back, arms, legs and heavy loads. Based on the results of data processing using the CVL method, there are 20 employees who have a moderate workload level and 10 employees who have a low workload level. Data processing using the NBM questionnaire shows that 8 employees have the highest score in the high risk category, while 22 employees other employees have moderate risk categories and data processing using the OWAS method for 8 employees gets category 2 and 3 results, namely improvements need to be made.*

**Keywords:** CVL, NBM, OWAS, physical workload, work posture.

### INTISARI

CV Dwi Jasa Logam merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran Logam. Perusahaan ini menempatkan karyawan pada pekerjaan yang memiliki titik berat tenaga fisik dalam proses produksi, sehingga menyebabkan karyawan memperoleh beban kerja yang tinggi. Selain itu, banyak karyawan yang sudah lanjut usia, sehingga menyebabkan timbulnya rasa lelah yang lebih cepat. Karyawan yang ditempatkan pada pekerjaan tersebut, membutuhkan waktu istirahat lebih lama. Saat bekerja, karyawan tidak memperhatikan postur kerja saat bekerja, sehingga postur kerja yang kurang baik dapat menyebabkan terjadinya gangguan muskuloskeletal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis beban kerja fisik karyawan, menganalisis gangguan muskuloskeletal pada karyawan dan mengevaluasi postur kerja karyawan yang kurang baik. Metode yang digunakan yaitu *Cardiovascular Load* (CVL), *Nordic Body Map* (NBM), *Ovako Work Analysis System* (OWAS). Metode CVL digunakan untuk menghitung beban kerja fisik, kuisioner NBM digunakan untuk mengukur gangguan muskuloskeletal dan mengidentifikasi gangguan muskuloskeletal dan metode OWAS merupakan metode yang digunakan untuk menilai postur tubuh saat bekerja, yang berkaitan dengan bagian tubuh seperti, punggung, lengan, kaki, dan beban berat yang diangkat Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode CVL terdapat 20 orang karyawan memiliki tingkat beban kerja sedang dan 10 orang karyawan memiliki tingkat beban kerja yang rendah, pengolahan data dengan kuisioner NBM terdapat 8 orang karyawan memiliki nilai skor tertinggi dengan kategori risiko tinggi sedangkan untuk 22 orang karyawan lainnya memiliki katategori risiko sedang dan pengolahan data menggunakan metode OWAS terhadap 8 orang karyawan mendapatkan hasil kategori 2 dan 3 yaitu perbaikan perlu dilakukan.

**Kata kunci:** Beban Kerja Fisik, CVL, NBM, OWAS, Postur Kerja.

---

### PENDAHULUAN

Karyawan menjadi salah satu komponen penting dalam melakukan proses industri, karena karyawan merupakan seorang pekerja yang bekerja dibawah perintah orang lain yang berhak

mendapatkan jaminan keselamatan dan kompensasi. Menurut Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang SMK3, K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Salah satu cara untuk mengurangi penyakit akibat kerja adalah penerapan sistem ergonomi di tempat kerja yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan. Menurut Suma'mur, (1989), ergonomi adalah ilmu yang penerapannya berusaha untuk menyetarakan pekerjaan dan lingkungan atau terhadap orang maupun sebaliknya dengan tujuan mencapai produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan faktor manusia seoptimal-optimalnya (Kee, D. 2022).

CV Dwi Jasa Logam merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran Logam yang terletak di daerah Klaten, Jawa Tengah yang telah berdiri dari tahun 2009. membuat produk seperti komponen-komponen dari mesin *Mollen* pengaduk semen. Jumlah karyawan pada proses produksi sebanyak 30 orang dan semua karyawan pada proses produksi berjenis kelamin laki-laki. CV Dwi Jasa Logam menempatkan karyawan pada titik berat tenaga fisik dalam proses produksi menyebabkan karyawan memperoleh beban kerja yang tinggi. Selain itu, banyak karyawan yang sudah lanjut usia menyebabkan turunnya kualitas kerja dan menyebabkan timbulnya rasa lelah yang lebih cepat. Berdasarkan sudut pandang ergonomi, setiap beban kerja yang diterima oleh seseorang harus seimbang dengan kemampuan kerja fisik dari orang tersebut (Tarwaka, 2015). Kerja fisik disebut juga '*manual operation*' dimana performans kerja sepenuhnya akan tergantung pada manusia yang berfungsi sebagai sumber tenaga (*power*) ataupun pengendali kerja (Andriyanto & Bariyah, 2012).

Selain beban kerja, postur kerja yang kurang baik dapat menyebabkan terjadinya gangguan muskuloskeletal yang terjadi karena posisi tubuh yang kurang baik saat bekerja seperti punggung yang terlalu membungkuk dengan sudut lebih dari batas aman yaitu lebih dari 20 derajat, posisi lengan yang kurang berada dibawah bahu dan menekuk, posisi kaki yang terlalu menekuk sehingga membentuk sudut kurang dari 150 derajat dari batas aman yaitu lebih dari 150 derajat, berdiri dengan menekuk satu kaki dan pekerjaan tersebut dilakukan secara berulang-ulang setiap harinya. Menurut Fahmi & Sari (2016), Postur kerja merupakan titik penentu dalam menganalisa keefektifan dari suatu pekerjaan. Apabila postur kerja yang dilakukan oleh operator sudah baik dan ergonomis maka dapat dipastikan hasil yang diperoleh operator tersebut akan baik.

*Cardiovascular Load (CVL)* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung beban kerja fisik, yaitu dengan cara membandingkan peningkatan denyut nadi dengan denyut nadi maksimum (Hakiim et al., 2018), perbandingan tersebut dinyatakan dalam persen kardiovaskular (%CVL). Menurut Tarwaka (2015), denyut nadi akan segera berubah seirama dengan perubahan pembebanan. *Nordic Body Map* merupakan salah satu metode pengukuran subjektif dalam bidang keilmuan Ergonomi dengan menggunakan kuesioner untuk mengukur rasa sakit otot para pekerja (Wijaya, 2019) selain itu, NBM juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi gangguan muskuloskeletal. *Ovako Working Postures Analisis System (OWAS)* merupakan satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi postur kerja yang tidak aman yang mengakibatkan cedera muskuloskeletal (Anshari, M. H., & Yuamita, F. 2022), khususnya *low back pain*, dan dikembangkan untuk menganalisa dan mengevaluasi postur kerja yang digunakan selama bekerja (Simanjuntak, 2021). Metode OWAS memiliki klasifikasi masing-masing dalam mengidentifikasi postur kerja yang menimbulkan keluhan pada otot atau *muskuloskeletal* (Firdaus, M., Ismiah, E., & Negro, Y. P. 2022).

## METODE

Penelitian ini dilakukan dibagian proses produksi CV Dwi Jasa Logam, sehingga objek penelitian ini yaitu karyawan proses produksi. Metode dalam pengambilan data dilakukan dengan observasi langsung, wawancara kepada pengawas perusahaan, dan melakukan pengamatan langsung kepada karyawan produksi dengan cara mengambil gambar dan video, serta melakukan wawancara dengan mengisi kuesioner *Nordic Body Map (NBM)*. Selanjutnya dengan cara *literature riview* dari beberapa jurnal terdahulu dan buku pendukung. Alat dan bahan yang digunakan sebagai pendukung dalam pengumpulan data yaitu *oximeter* yang digunakan untuk mengukur denyut nadi karyawan, dengan cara meletakkan *oximeter* pada ibu jari atau jari telunjuk ke sensor yang terdapat pada alat tersebut; alat tulis yang digunakan untuk mencatat hasil yang diperoleh dalam melakukan penelitian; *smartphone* yang digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan pengamatan.

Data yang telah diperoleh, akan diolah dengan metode *Cardiovascular Load (CVL)*, untuk mengetahui dan menganalisis tingkat beban kerja fisik yang dialami oleh karyawan selama bekerja, perhitungan *Cardiovascular Load (CVL)* sebagai berikut (Tarwaka, 2015):



$$\%CVL = \frac{100 \times (\text{Denyut Nadi Kerja} - \text{Denyut Nadi Istirahat})}{\text{Denyut Nadi Maksimum} - \text{Denyut Nadi Istirahat}} \dots \dots \dots (1)$$

Menurut Tarwaka et al. (2004), ukuran denyut nadi maksimum adalah (220-umur) untuk laki-laki dan (200-umur) untuk wanita (Mohamad, S., Fais, M. A., & Tjahjani, I. K. 2023). Dari hasil perhitungan %CVL kemudian dibandingkan dengan klasifikasi yang telah diterapkan. Klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi %CVL

%CVL	Klasifikasi CVL
<30%	Tidak terjadi kelelahan
30% - <60%	Diperlukan perbaikan
60% - <80%	Kerja dalam waktu singkat
80% - <100%	Diperlukan tindakan segera
>100%	Tidak diperbolehkan beraktivitas

Selain menghitung nilai persen CVL juga dilakukan perhitungan konsumsi energi untuk mengetahui jumlah energi untuk bekerja selama 1 jam. Perhitungan konsumsi energi dilakukan dengan mengan menggunakan rumus persamaan regresi sebagai berikut (Simanjuntak, 2021) :

$$E = 1,80411 - 0,0229038 X + 4,71711 \cdot 10^{-4} X^2 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: E : Energi (kkal/menit)  
X : Kecepatan Denyut Jantung (Denyut/menit)

Dengan kategori beban kerja berdasarkan kebutuhan kalori adalah sebagai berikut (Tarwaka, 2015),

- Beban kerja ringan (100-200 Kkal/jam)
- Beban kerja sedang (>200-350 Kkal/jam)
- Beban kerja berat (>350-500 Kkal/jam)

Kemudian mengolah dan menentukan skor dari kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengetahui keluhan *muskuloskeletal*, dan selanjutnya melakukan evaluasi terhadap postur kerja karyawan yang memiliki skor NBM tertinggi dengan menggunakan metode *Ovako Working Postures Analysis System* (OWAS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Perhitungan %CVL

Data yang digunakan untuk perhitungan persentase CVL adalah data hasil pengukuran denyut nadi kerja dan denyut nadi istirahat terhadap 30 orang karyawan pada proses produksi, dapat dilihat pada Tabel 2. Data tersebut dilakukan perhitungan %CVL dengan rumus persamaan (1) dan selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengklasifikasian %CVL

Karyawan	Nilai %CVL	Kategori %CVL	Keterangan
1	29.8	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
2	30.1	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
3	32.4	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
4	35.2	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
5	29	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
6	36.7	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
7	30.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
8	30.7	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
9	31.2	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
10	29.5	Sedang (30% - <60%)	Tidak terjadi kelelahan
11	32.8	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
12	31.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
13	31.9	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
14	29.7	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
15	31.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
16	31.4	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
17	32.6	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
18	31.7	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
19	20.8	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
20	22.8	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
21	29.8	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan

22	30.2	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
23	31.6	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
24	29.2	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
25	31	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
26	30.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
27	32.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
28	33.3	Sedang (30% - <60%)	Diperlukan perbaikan
29	26.2	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan
30	26	Rendah (<30%)	Tidak terjadi kelelahan

Berdasarkan Tabel 2 terdapat 20 orang karyawan atau 66.6% dari jumlah karyawan memiliki tingkat beban kerja sedang dengan keterangan diperlukan adanya perbaikan karena mengalami kelelahan dan 10 orang karyawan atau 33.3% dari total karyawan memiliki tingkat beban kerja yang rendah dan tidak perlu dilakukan perbaikan karena tidak mengalami kelelahan. Selanjutnya melakukan perhitungan terhadap konsumsi energi untuk mengetahui jumlah konsumsi kalori yang dikeluarkan oleh karyawan setiap menit atau setiap jam.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Konsumsi Energi Karyawan

Karyawan	DNK rata-rata	E (Kkal/menit)	E (Kkal/jam)	Kategori
1	109.6	4.960	297.6	Sedang
2	106.4	4.707	282.42	Sedang
3	98.4	4.117	247.02	Sedang
4	103.2	4.464	267.84	Sedang
5	112.2	5.172	310.32	Sedang
6	119	5.758	345.48	Sedang
7	121.2	5.957	357.42	Berat
8	121.6	5.993	359.58	Berat
9	119.2	5.776	346.56	Sedang
10	122	6.030	361.8	Berat
11	123	6.123	367.38	Berat
12	118.6	5.722	346.32	Sedang
13	112.4	5.189	311.34	Sedang
14	119.8	5.830	349.8	Sedang
15	117.6	5.643	338.58	Sedang
16	114.8	5.391	323.46	Sedang
17	103.8	4.509	270.54	Sedang
18	104.2	4.539	272.34	Sedang
19	106.4	4.707	282.42	Sedang
20	107.2	4.769	286.14	Sedang
21	98	4.089	245.34	Sedang
22	102.2	4.390	263.4	Sedang
23	115.4	5.442	266.52	Sedang
24	119	5.758	345.48	Sedang
25	101.8	4.360	261.6	Sedang
26	100.4	4.259	255.54	Sedang
27	104.6	4.569	274.14	Sedang
28	99.6	4.202	252.12	Sedang
29	116.6	5.546	332.76	Sedang
30	115	5.408	324.48	Sedang

## 2. Nordic Body Map (NBM)

Hasil rekapitulasi dari perhitungan kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM) dan tingkat risiko sistem *musculoskeletal* dari masing-masing karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Rekapitulasi Kuisisioner NBM dan Tingkat Risikonya

Karyawan	Skor	Kategori Risiko	Tindakan Perbaikan
1	23	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
2	35	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
3	42	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	44	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
5	31	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
6	44	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
7	32	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
8	31	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari

9	33	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
10	26	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
11	31	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
12	34	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
13	34	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
14	32	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
15	35	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
16	36	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
17	44	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
18	42	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
19	23	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
20	25	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
21	30	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
22	36	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
23	42	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
24	34	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
25	43	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
26	35	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
27	37	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
28	43	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
29	26	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari
30	24	Sedang	Mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari

Berdasarkan Tabel 4 terdapat 8 orang karyawan memiliki nilai skor tertinggi dan memiliki kategori risiko yang tinggi dengan jenis tindakan perbaikan “diperlukan perbaikan segera” yang artinya harus segera dilakukan perbaikan guna mengurangi risiko terjadinya cedera pada sistem muskuloskeletal. Sedangkan untuk 22 orang karyawan lainnya memiliki kategori risiko sedang dengan jenis tindakan “mungkin perlu dilakukan perbaikan dikemudian hari” yang artinya saat ini masih belum perlu untuk mengadakan perbaikan.


### 3. *Ovako Work Analysis System (OWAS)*

Metode OWAS digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap karyawan yang memiliki kategori risiko tinggi pada kuisioner NBM. Pada Tabel 4 terdapat 8 orang karyawan memiliki nilai skor tertinggi dan memiliki kategori risiko yang tinggi dengan jenis tindakan perbaikan “diperlukan perbaikan segera” yang artinya harus segera dilakukan perbaikan guna mengurangi risiko terjadinya cedera pada sistem *musculoskeletal*.

#### a. Aktivitas Pencetakan dan Pembongkaran

Pada aktivitas ini karyawan membuat cetakan dari pasir yang digunakan sebagai wadah untuk mengisi cairan logam yang sudah dilebur menggunakan tungku peleburan. Karyawan pada aktivitas pencetakan dan pembongkaran memerlukan analisa postur kerja karena pada kuisioner NBM disebutkan karyawan pada aktivitas ini mendapatkan skor kelelahan otot dengan risiko tinggi.

**Tabel 5.** Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Pencetakan dan Pembongkaran

Aktivitas kerja	Kegiatan	Postur Kerja	Kombinasi OWAS	Hasil/ Kategori
	Pembuatan cetakan produk dan pembongkaran cetakan setelah pengecoran	1. Sikap punggung membungkuk kedepan	2-1-4-1	3
		2. Kedua lengan berada dibawah bahu		
		3. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk		
		4. Berat beban kurang dari 10 kg ( $W < 10$ kg)		
<b>Kategori</b>		<b>Aksi kategori</b>		
1		Tidak perlu dilakukan perbaikan		
2		Perlu dilakukan perbaikan		
3		Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin		
4		Perbaikan perlu dilakukan sekarang juga		


Tabel 5 menunjukkan aktivitas pencetakan dan pembongkaran, dapat diketahui postur kerja pada karyawan untuk sikap punggung dalam keadaan membungkuk kedepan atau kebelakang

dengan nomor postur 2, kemudian untuk sikap lengan berada dibawah ketinggian bahu dengan nomor postur 1, berikutnya untuk sikap kaki dalam keadaan berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk dengan nomor postur 4 dan untuk berat beban adalah <10 kg ( $W = <10$  kg) dengan nomor postur 1. Kombinasi nomor postur OWAS yang didapatkan adalah 2-1-4-1, dengan hasil kategori dari kombinasi OWAS adalah kategori 3 yaitu perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin.

#### b. Aktivitas Penggerindaan

Aktivitas penggerindaan masuk kedalam rangkaian proses produksi dimana karyawan menggerinda produk-produk yang terdapat sisa cairan logam yang berlebihan dan memotong cairan logam yang berlebih pada lubang masuk cairan dan lubang hawa pada proses pemasukan cairan logam kedalam cetakan. Karyawan pada aktivitas penggerindaan memerlukan analisa postur kerja karena pada kuisioner NBM disebutkan karyawan pada aktivitas ini mendapatkan skor kelelahan otot dengan risiko tinggi.

**Tabel 6** Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Penggerindaan


Aktivitas kerja	Kegiatan	Postur Kerja	Kombinasi OWAS	Hasil/ Kategori
	Penggerindaan sisa-sisa cairan logam yang keluar dari cetakan dan dari proses pemasukan cairan logam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sikap punggung membungkuk kedepan</li> <li>2. Kedua lengan berada dibawah bahu</li> <li>3. Duduk</li> <li>4. Berat beban kurang dari 10 kg (<math>W = &lt;10</math> kg)</li> </ol>	2-1-1-1	2
Kategori		Aksi kategori		
1	Tidak perlu dilakukan perbaikan			
2	Perlu dilakukan perbaikan			
3	Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin			
4	Perbaikan perlu dilakukan sekarang juga			

Tabel 6. menunjukkan aktivitas penggerindaan, dapat diketahui postur kerja pada karyawan untuk sikap punggung dalam keadaan membungkuk kedepan atau kebelakang dengan nomor postur 2, kemudian untuk sikap lengan berada dibawah ketinggian bahu dengan nomor postur 1, berikutnya untuk sikap kaki dalam keadaan duduk dengan nomor postur 1 dan untuk berat beban adalah <10 kg ( $W = <10$  kg) dengan nomor postur 1. Kombinasi nomor postur OWAS yang didapatkan adalah 2-1-1-1, dengan hasil kategori dari kombinasi OWAS adalah kategori 2 yaitu perlu dilakukan perbaikan

#### c. Aktivitas pengelasan

Aktivitas pengelasan merupakan salah satu dari beberapa bagian proses produksi, pada proses ini karyawan melakukan pengelasan terhadap produk yang memiliki lubang-lubang berukuran sedang akibat pasir cetakan yang jatuh didalam cetakan atau cacat berupa cuil dan adanya retakan ringan pada bagian produk.

**Tabel 7.** Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Pengelasan

Aktivitas kerja	Kegiatan	Postur Kerja	Kombinasi OWAS	Hasil/ Kategori
	Pengelasan lubang-lubang dan retakan kecil yang berasal dari proses pengecoran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sikap punggung membungkuk kedepan</li> <li>2. Kedua lengan berada dibawah bahu</li> <li>3. Duduk</li> <li>4. Berat beban kurang dari 10 kg (<math>W = &lt;10</math> kg)</li> </ol>	2-1-1-1	2
Kategori		Aksi kategori		
1	Tidak perlu dilakukan perbaikan			
2	Perlu dilakukan perbaikan			

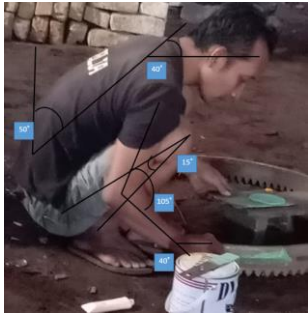
3	Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin
4	Perbaikan perlu dilakukan sekarang juga

Karyawan pada aktivitas pengelasan memerlukan analisa postur kerja karena pada kuisioner NBM disebutkan karyawan pada aktivitas ini mendapatkan skor kelelahan otot dengan risiko tinggi. Tabel 7 menunjukkan aktivitas pengelasan, dapat diketahui postur kerja pada karyawan untuk sikap punggung dalam keadaan membungkuk kedepan atau kebelakang dengan nomor postur 2, kemudian untuk sikap lengan berada dibawah ketinggian bahu dengan nomor postur 1, berikutnya untuk sikap kaki dalam keadaan duduk dengan nomor postur 1 dan untuk berat beban adalah <10 kg ( $W = <10$  kg) dengan nomor postur 1. Kombinasi nomor postur OWAS yang didapatkan adalah 2-1-1-1, dengan hasil kategori dari kombinasi OWAS adalah kategori 2 yaitu perlu dilakukan perbaikan.

#### d. Aktivitas Pendempulan

Aktivitas pendempulan merupakan salah satu dari beberapa proses produksi, pada proses ini karyawan mendempul produk yang memiliki lubang-lubang kecil pada permukaannya dan mendempul bagian-bagian produk yang tidak rata. Karyawan pada aktivitas pendempulan memerlukan analisa postur kerja karena pada kuisioner NBM disebutkan karyawan pada aktivitas ini mendapatkan skor kelelahan otot dengan risiko tinggi

**Tabel 8.** Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Pendempulan

Aktivitas kerja	Kegiatan	Postur Kerja	Kombinasi OWAS	Hasil/ Kategori
	Pendempulan pada lubang-lubang kecil dan permukaan yang tidak rata	1. Sikap punggung membungkuk kedepan	2-1-4-1	3
		2. Kedua lengan berada dibawah bahu		
3. Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk				
4. Berat beban kurang dari 10 kg ( $W = <10$ kg)				
<b>Kategori</b>	<b>Aksi kategori</b>			
1	Tidak perlu dilakukan perbaikan			
2	Perlu dilakukan perbaikan			
3	Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin			
4	Perbaikan perlu dilakukan sekarang juga			

Tabel 8 menunjukkan aktivitas pendempulan, dapat diketahui postur kerja pada karyawan untuk sikap punggung dalam keadaan membungkuk kedepan atau kebelakang dengan nomor postur 2, kemudian untuk sikap lengan berada dibawah ketinggian bahu dengan nomor postur 1, berikutnya untuk sikap kaki dalam keadaan berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk dengan nomor postur 4 dan untuk berat beban adalah <10 kg ( $W = <10$  kg) dengan nomor postur 1. Kombinasi nomor postur OWAS yang didapatkan adalah 2-1-4-1, dengan hasil kategori dari kombinasi OWAS adalah kategori 3 yaitu Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin.

#### e. Aktivitas Pengamplasan

Aktivitas pengamplasan merupakan salah satu dari beberapa proses produksi, pada proses ini karyawan mengamplas produk yang sudah melalui proses pengelasan dan pendempulan. Proses pengamplasan bertujuan untuk menghaluskan permukaan produk sebelum masuk ke dalam prose pengecatan. Karyawan pada aktivitas pengamplasan memerlukan analisa postur kerja karena pada kuisioner NBM disebutkan karyawan pada aktivitas ini mendapatkan skor kelelahan otot dengan risiko tinggi.

Tabel 9 menunjukkan aktivitas penggerindaan dapat diketahui postur kerja pada karyawan untuk sikap punggung dalam keadaan membungkuk kedepan atau kebelakang dengan nomor postur 2, kemudian untuk sikap lengan berada dibawah ketiggian bahu dengan nomor postur 1, berikutnya untuk sikap kaki dalam duduk dengan nomor postur 1 dan untuk berat beban adalah <10 kg ( $W = <10$  kg) dengan nomor postur 1. Kombinasi nomor postur OWAS yang didapatkan adalah 2-1-1-1, dengan hasil kategori dari kombinasi OWAS adalah kategori 2 yaitu perbaikan perlu dilakukan



**Tabel 9.** Analisis Postur Kerja pada Aktivitas Pengamplasan

Aktivitas kerja	Kegiatan	Postur Kerja	Kombinasi OWAS	Hasil/ Kategori
	Menghaluskan bagian-bagian produk yang sudah melewati proses pendempulan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sikap punggung membungkuk kedepan</li> <li>2. Kedua lengan berada dibawah bahu</li> <li>3. Duduk</li> <li>4. Berat beban kurang dari 10 kg (<math>W = &lt;10 \text{ kg}</math>)</li> </ol>	2-1-1-1	2
Kategori	Aksi kategori			
1	Tidak perlu dilakukan perbaikan			
2	Perlu dilakukan perbaikan			
3	Perbaikan perlu dilakukan secepatnya dan / atau sesegera mungkin			
4	Perbaikan perlu dilakukan sekarang juga			

## KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan beban kerja fisik karyawan dapat disimpulkan bahwa dari 30 orang karyawan terdapat 20 orang karyawan dengan kategori beban kerja sedang dan 10 orang dengan kategori beban kerja ringan. Melalui perhitungan skor kelelahan karyawan menggunakan metode Nordic Body Map (NBM) dapat disimpulkan bahwa keluhan yang paling besar dirasakan oleh karyawan 4, 5 dan 17 dengan skor keluhan 44 dan karyawan dengan skor terendah didapatkan oleh karyawan nomor 1 dengan skor keluhan 23, hal ini berdasarkan dari hasil pengisian kuisioner yang dilakukan oleh masing-masing karyawan. Selanjutnya, dari analisa postur kerja menggunakan metode *Ovako Work Analysis System* (OWAS) dari masing-masing aktivitas yang memiliki skor kelelahan otot dengan risiko tinggi pada aktivitas penggerindaan, aktivitas pengelasan dan aktivitas pengamplasan memperoleh kategori risiko 2 yang artinya perlu dilakukan perbaikan dan untuk aktivitas pencetakan dan pembongkaran dan aktivitas pendempulan memperoleh kategori risiko 3 yang artinya perlu diadakan perbaikan secepatnya untuk mencegah terjadinya *musculoskeletal disorder*, karena adanya keterlambatan dari proses perbaikan. Usulan perbaikan yang diberikan untuk memperbaiki postur kerja pada aktivitas pencetakan dan pembongkaran yaitu memberikan aktivitas usulan yang lebih baik dan untuk sedangkan untuk aktivitas penggerindaan, pengelasan pendempulan dan pengamplasan diberikan usulan perbaikan berupa perancangan alat bantu meja dan kursi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, & Bariyah, C. (2012). Analisis Beban Kerja Operator Mesin Pemotong Batu Besar (Sirkel 160 Cm) dengan Menggunakan Metode 10 Denyut. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 11(2), 136–143.
- Anshari, M. H., & Yuamita, F. (2022). Analisis Pengukuran Postur Kerja Menggunakan Metode *Ovako Work Posture Analysis System* (OWAS) Pada Workshop Reparasi Dan Perawatan Tabung Gas (Studi Kasus: PT Petrogas Prima Services). *Jurnal Teknik Industri*, 1(1).
- Fahmi, S., & Sari, Y. P. (2016). Analisis Postur Kerja Pekerja Proses Pengelasan Batu Akik dengan Metode REBA. *Jurnal Optimalisasi*, 1(1), 32–42.
- Firdaus, M., Ismiyah, E., & Negoro, Y. P. (2022). Analisis Postur Kerja Karyawan Bengkel Bubut Sinta Jaya Menggunakan Metode *Ovako Work Posture Analysis System* (OWAS). *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 20(1)
- Hakiim, A., Wahidin, S., & Sari, D. A. (2018). Analisis Beban Kerja Fisik dan Mental Menggunakan CVL dan NASA-TLX Pada Divisi Produksi PT X. *Jurnal Unsika*, 3(2), 1–5.
- Kee, D. (2022). Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1),
- Mohamad, S., Fais, M. A., & Tjahjani, I. K. (2023). Analysis of Improved Work Posture to Reduce Musculoskeletal Disorders using the Rapid Upper Limb Assessment and *Ovako Work Posture*

- Analysis System methods (Case Study: Employees in the Warehouse of PT. AFS Maros, South Sulawesi). *Tibuana*, 6(2),
- Simanjuntak, R. A. (2021). *Memahami Ergonomi*. AKPRIND PRESS.
- Suma'mur, P. K. (1989). *Ergonomi untuk produktivitas kerja*. Jakarta : CV Haji Masagung.
- Tarwaka. (2015). *Ergonomi Industri: Dasar-Dasar Ergonomi dan Implementasi di Tempat Kerja*. Harapan Press Surakarta.
- Wijaya, K. (2019). Identifikasi Risiko Ergonomi dengan Metode Nordic Body Map Terhadap Pekerja Konveksi Sablon Baju. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC 2019*.



---

## Rancang Bangun Sistem Informasi Inventarisasi dan Peminjaman Peralatan Laboratorium

Solekhan<sup>1</sup>, Muhammad Dahlan<sup>2</sup>, Arief Susanto<sup>3</sup>, Budi Cahyo Wibowo<sup>4</sup>, Vikha Indira Asri<sup>5</sup>

<sup>1,2,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

<sup>5</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Email: [solekhan@umk.ac.id](mailto:solekhan@umk.ac.id)

---

### ABSTRACT

*A laboratory is a building or a room where scientific experiments, analyses, and research are carried out. Muria Kudus University has several laboratories which are used by lecturers and students to carry out several activities including learning, practicums, trials, and other lecture activities. Apart from being a place for practical activities, the laboratory is also used as a place to store various practical equipment and materials that require inventory. The process of borrowing practicum tools and materials has become a routine activity for practitioners who will carry out practicum activities. In the process of borrowing tools and materials in the Muria Kudus University laboratory, conventional methods are still used, namely by writing in a borrowed book or on borrowed paper. Apart from that, the inventory of laboratory equipment and practical materials is also not well documented because conventional methods are still used in the inventory process of laboratory equipment and materials. The research focuses on designing and creating an information system for inventory and borrowing tools and materials in the Muria Kudus University laboratory. This research discusses how to provide facilities to laboratory assistants in managing laboratory assets digitally and make it easier for students or lecturers to carry out practical activities in the laboratory. This management system is web-based and created using the PHP, JavaScript and MySQL programming languages as the database.*

**Keywords:** *assets, information systems, inventory, laboratory.*

### INTISARI

Laboratorium adalah bangunan atau ruangan tempat eksperimen, analisis, dan penelitian ilmiah dilakukan. Universitas Muria Kudus memiliki beberapa laboratorium yang digunakan oleh dosen maupun mahasiswa untuk melakukan beberapa kegiatan diantaranya pembelajaran, praktikum, uji coba, maupun kegiatan perkuliahan lainnya. Laboratorium disamping sebagai tempat untuk kegiatan praktikum juga sekaligus digunakan sebagai tempat untuk menyimpan berbagai peralatan dan bahan praktikum yang memerlukan inventarisasi. Proses peminjaman alat dan bahan praktikum menjadi kegiatan rutin bagi para praktikan yang akan melaksanakan kegiatan praktikum. Dalam proses peminjaman alat dan bahan di laboratorium Universitas Muria Kudus masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan menulis di buku pinjam atau di kertas peminjaman. Disamping itu inventarisasi alat dan bahan praktikum laboratorium juga belum terdokumentasi dengan baik karena masih menggunakan cara konvensional dalam proses inventarisasi peralatan dan bahan laboratorium. Penelitian berfokus pada perancangan dan pembuatan sistem informasi inventarisasi dan peminjaman alat dan bahan di laboratorium Universitas Muria Kudus. Penelitian ini membahas tentang bagaimana cara memberikan fasilitas kepada laboran dalam mengelola aset laboratorium secara digital dan mempermudah mahasiswa ataupun dosen dalam melakukan kegiatan praktikum di laboratorium. Sistem pengelolaan ini berbasis web dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP, JavaScript serta MySQL sebagai databasenya.

**Kata kunci:** aset, inventarisasi, laboratorium, sistem informasi

---

### PENDAHULUAN

Perkembangan dunia teknologi informasi dan dunia digital menjadikan manusia menuju perubahan yang positif, kita dituntut untuk mengikuti perkembangan zaman contohnya penggunaan teknologi komputer. Teknologi komputer merupakan teknologi yang digunakan untuk mengolah data dengan menggunakan prosedur yang sudah dirumuskan. Dengan adanya teknologi komputer pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan efisien (Hakim, et al., 2019). Teknologi komputer yang dapat diterapkan dalam dunia pendidikan salah satunya dengan pembuatan sistem inventaris dan peminjaman peralatan untuk laboratorium di Universitas Muria Kudus. Laboratorium di Universitas Muria Kudus pada umumnya digunakan oleh dosen dan mahasiswa untuk kegiatan

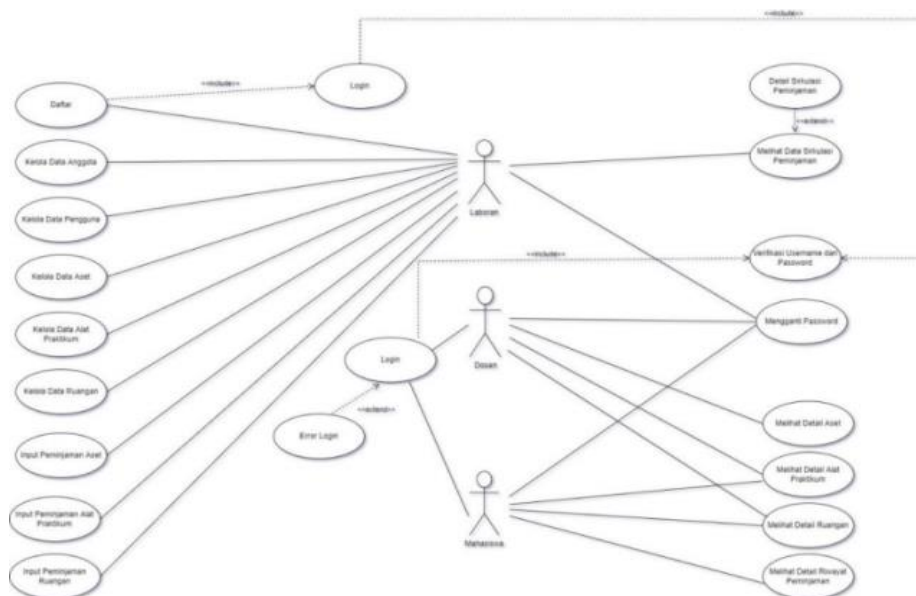
praktikum, uji coba alat, pembelajaran dan kegiatan perkuliahan lainnya. Selain itu di laboratorium merupakan tempat untuk menyimpan berbagai peralatan dan bahan praktikum (Munir, 2017)

Adanya perubahan ini karena aktivitas di laboratorium belum menggunakan sistem masih menggunakan cara manual, yaitu dengan menulis di buku atau kertas sehingga cara ini dapat menimbulkan beberapa masalah. Masalah tersebut diantaranya kertas hilang atau sobek atau nama peminjam tidak sesuai sehingga apabila terjadi kehilangan/kerusakan pada alat yang dipinjam akan susah pada saat menelusuri siapa yang menghilangkan ataupun yang merusak alat yang dipinjam. Rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini yaitu mengelola aset laboratorium seperti ruang laboratorium, peralatan praktikum atau bahan habis pakai, dan memberikan fasilitas kepada mahasiswa maupun dosen dalam mengakses informasi mengenai laboratorium (Armando, 2020)

Pada penelitian sebelumnya, (Sinaga, 2018) didalam pengolahan data pada laboratorium Politeknik Bisnis Indonesia masih dilakukan secara sederhana yaitu melalui media Microsoft Excel dan Pencatatan Buku, oleh karena itu dibutuhkan sistem yang mendukung pengolahan data. (Hakim, et al., 2019) Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi masih menggunakan cara manual, yaitu admin laboran merekap di buku tulis. Cara tersebut dapat dilakukan kalau admin laboran tidak lupa menaruh rekapan tersebut ditempat yang semestinya dan aman, akan tetapi jika rekapan tersebut hilang, maka membutuhkan waktu yang lama buat admin laboran merekap data lagi. Sistem ini berbasis web dengan menggunakan metode SDLC dan pengujiannya menggunakan metode blackbox tesing. (Pradana & Sudarmilah, 2020) pengelolaan data inventaris yang ada pada Kopendik Wonogiri masih dilakukan secara manual dengan menggunakan Microsoft Word ataupun Microsoft Excel, oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengelola data inventaris secara sistematis. Sehingga dibuatlah suatu sistem dengan menggunakan metode SDLC..

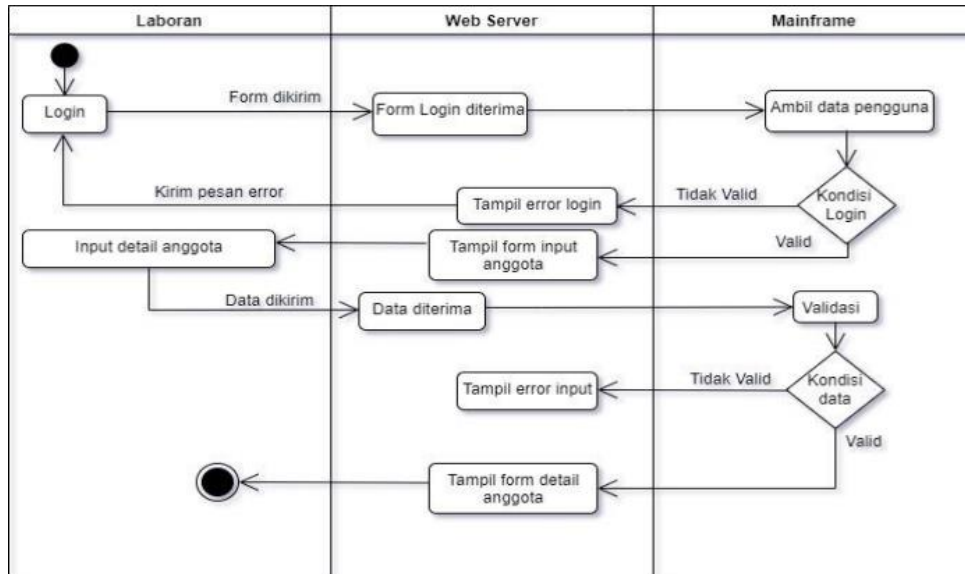
## METODE

Menurut Pressman (2015), Model *Waterfall* adalah model air terjun atau dinamakan siklus hidup klasik (*classic life cycle*), menyiratkan pendekatan yang sistematis dan berurutan (sekuensial) pada pengembangan perangkat lunak. Pengembangan perangkat lunak dimulai dari spesifikasi kebutuhan pengguna dan berlanjut melalui tahapan-tahapan perencanaan (*planning*), pemodelan (*modeling*), konstruksi (*construction*), serta penyerahan sistem perangkat lunak ke para pelanggan/pengguna (*deployment*), yang diakhiri dengan dukungan berkelanjutan pada perangkat lunak yang dihasilkan. Perancangan sistem dalam penelitian ini menggunakan Use case diagram. Use case diagram adalah suatu teknik perancangan sistem yang menggambarkan secara ringkas, siapa saja yang menggunakan sistem dan apa saja yang bisa dilakukannya (Irwandi & Irwandi, 2016). Berdasarkan data yang sudah dianalisa maka diperoleh use case diagram sistem informasi inventarisasi dan peminjaman peralatan laboratorium Universitas Muria Kudus. Gambar 1 merupakan gambar *use case diagram* sistem yang akan dibuat.



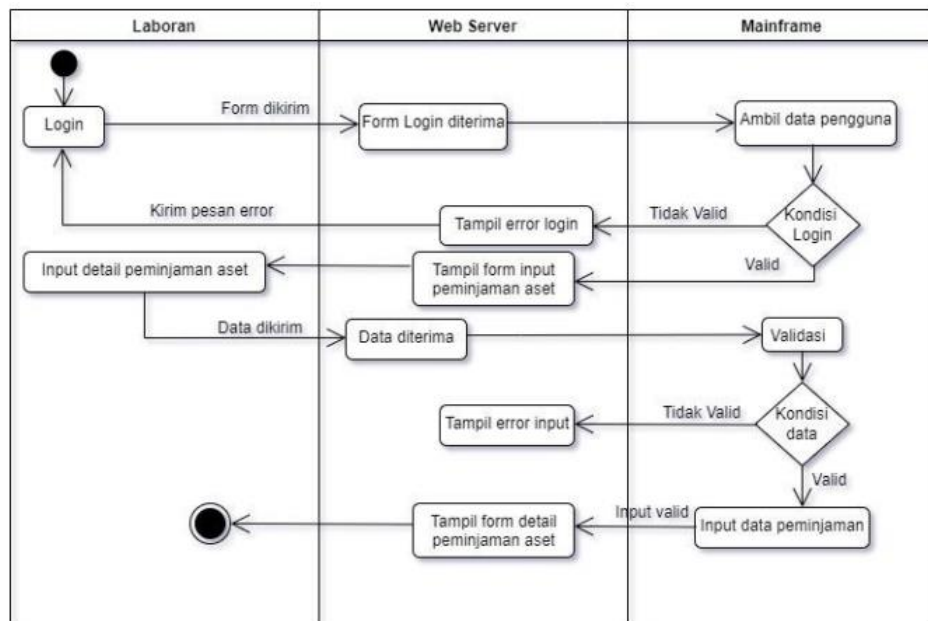
Gambar 1. Use case diagram

Alur kerja sistem pengelolaan aset pada laboratorium Universitas Muria Kudus digambarkan pada activity diagram. *Activity diagram* (diagram aktivitas) menggambarkan workflow (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem (Aryani et al., 2017). *Activity diagram* input anggota bertujuan agar anggota dapat mengakses sistem. Terdapat empat jenis anggota yaitu ketua laboran, data laboran, data dosen, dan data mahasiswa. Gambar 2 merupakan activity diagram dari input data anggota.



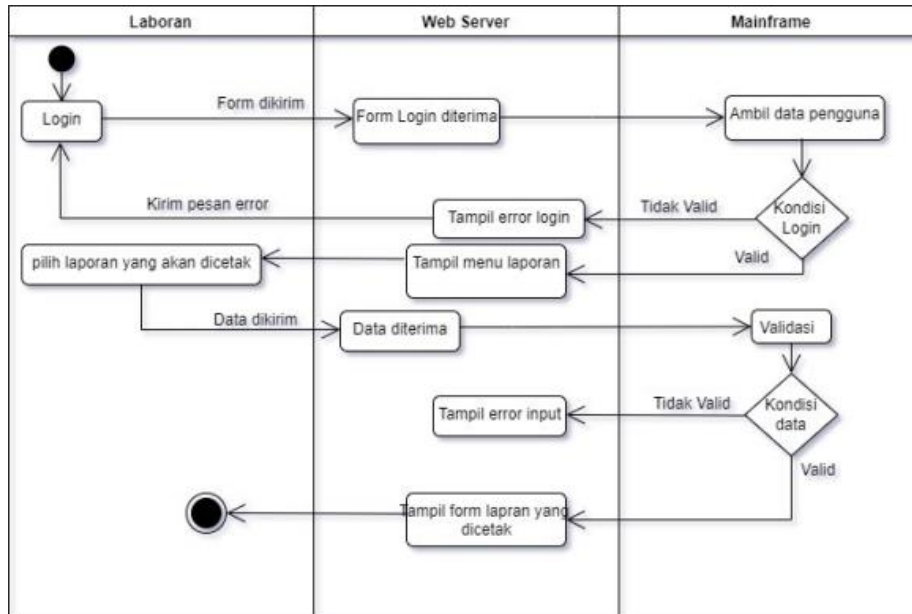
**Gambar 2.** Activity diagram input data anggota

Pada sistem ini terdapat tiga jenis pinjaman yaitu pinjaman aset, pinjaman alat praktikum dan pinjaman ruangan. *Activity diagram* sirkulasi pinjaman aset laboran dapat memasukkan data pinjaman aset pada sistem digital aset tersebut. Gambar 3 merupakan activity diagram dari pinjaman aset.



**Gambar 3.** Activity diagram sirkulasi pinjaman aset

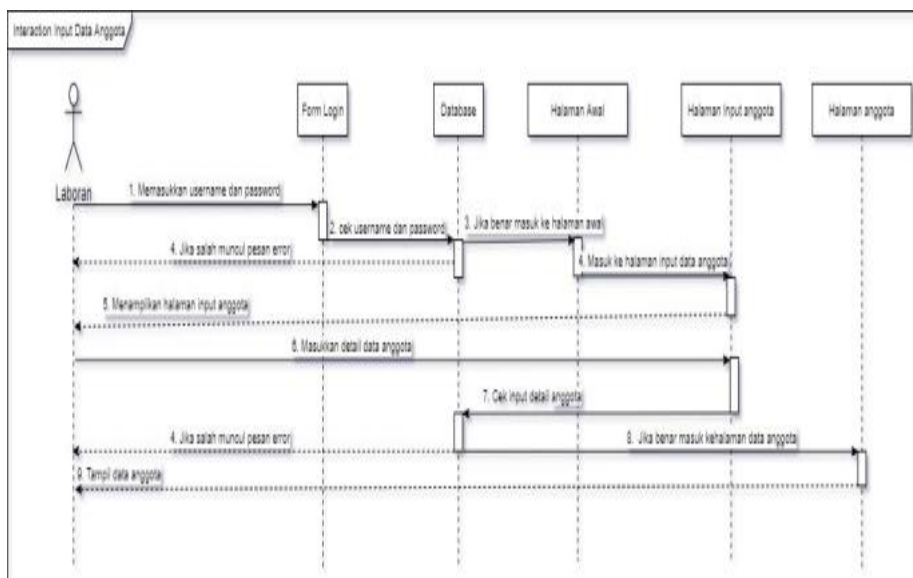
*Activity diagram* cetak laporan laboran dapat mencetak laporan yang ada pada sistem digital aset tersebut. Jenis laporan yang dapat dicetak yaitu laporan aset, laporan pengunjung, laporan pinjaman aset, laporan pengguna. Gambar 4 merupakan activity diagram dari cetak laporan



**Gambar 4.** Activity diagram cetak laporan

### Sequence Diagram

Menurut (Prasetya et al., 2022) *sequence diagram* adalah sebuah diagram untuk menjelaskan dan menampilkan interaksi antar objek-objek dalam sebuah sistem secara terperinci Berikut merupakan *sequence diagram* dari input anggota, alur input data anggota yaitu terlebih dahulu login kedalam sistem kemudian masuk kedalam menu data anggota dan menginputkan data anggota berdasarkan data mahasiswa dan data dosen, setelah menginputkan selanjutnya *username* dan *password* akan otomatis terbuat dengan menggunakan identitas dari data anggota tersebut. laboran melakukan input anggota agar pengguna dapat mengakses sistem. Gambar 5 merupakan *sequence diagram* input data anggota.



**Gambar 5.** Sequence diagram input data anggota

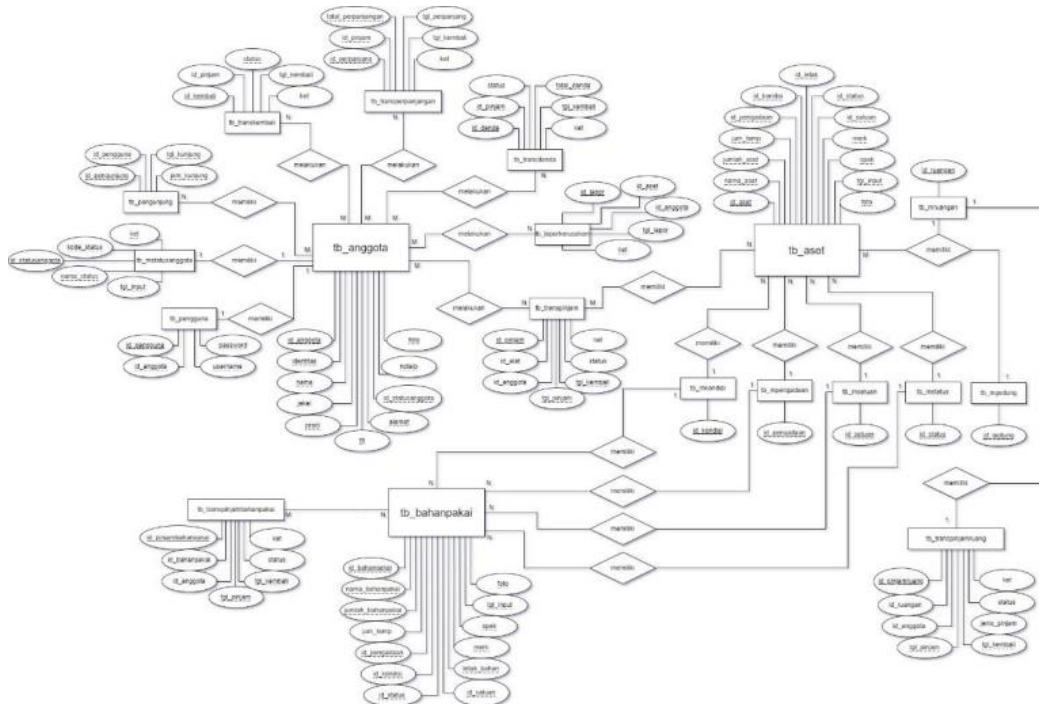
*Sequence diagram* peminjaman aset, laboran melakukan input peminjaman aset pada sistem digital aset. Terdapat beberapa kolom yang harus diisi yaitu mengisi nama aset, nama peminjam, tanggal pinjam, tanggal kembali, keterangan peminjam. Gambar 6 merupakan *Sequence diagram* dari peminjaman aset





## Perancangan Basis Data

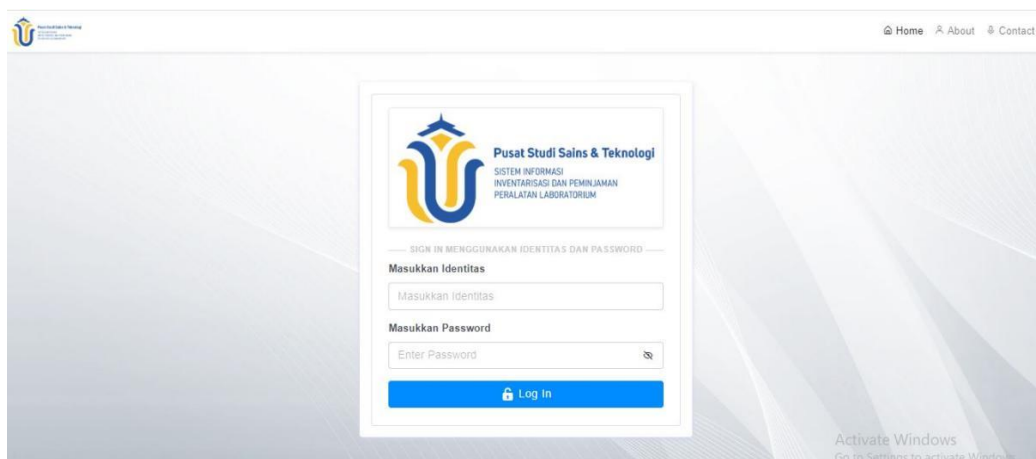
ERD (*Entity Relationship Diagram*) untuk digital aset Pada Laboratorium Universitas Muria Kudus memiliki 19 entitas yaitu, *tb\_aset*, *tb\_anggota*, *tb\_bahanpakai*, *tb\_mgedung*, *tb\_mkondisi*, *tb\_mpengadaan*, *tb\_mruangan*, *tb\_msatuan*, *tb\_mstatus*, *tb\_mstatusanggota*, *tb\_pengguna*, *tb\_pengunjung*, *tb\_transdenda*, *tb\_transkembali*, *tb\_transperpanjangan*, *tb\_transpinjam*, *tb\_transpinjambahanpakai*, *tb\_transpinjamruang*, *tb\_laporkerusakan*. Gambar 9 merupakan perancangan basis data.



**Gambar 9.** ERD pengelolaan digital aset pada laboratorium

## HASIL DAN PEMBAHASAN

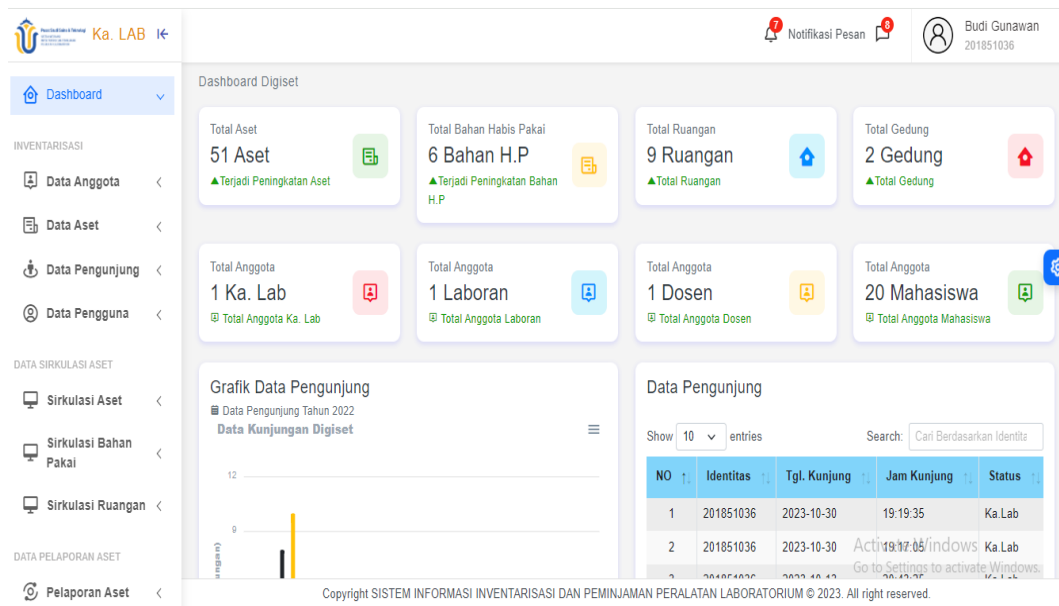
Hasil dari rancang bangun sistem informasi inventarisasi dan peminjaman peralatan laboratorium dapat dilihat pada gambar 10 sampai gambar 15. Untuk halaman masuk ke akun masing-masing pengguna dapat dilihat pada gambar 10. Pada halaman tersebut pengguna dapat memasukkan identitas dan password.



**Gambar 10.** Halaman *login*

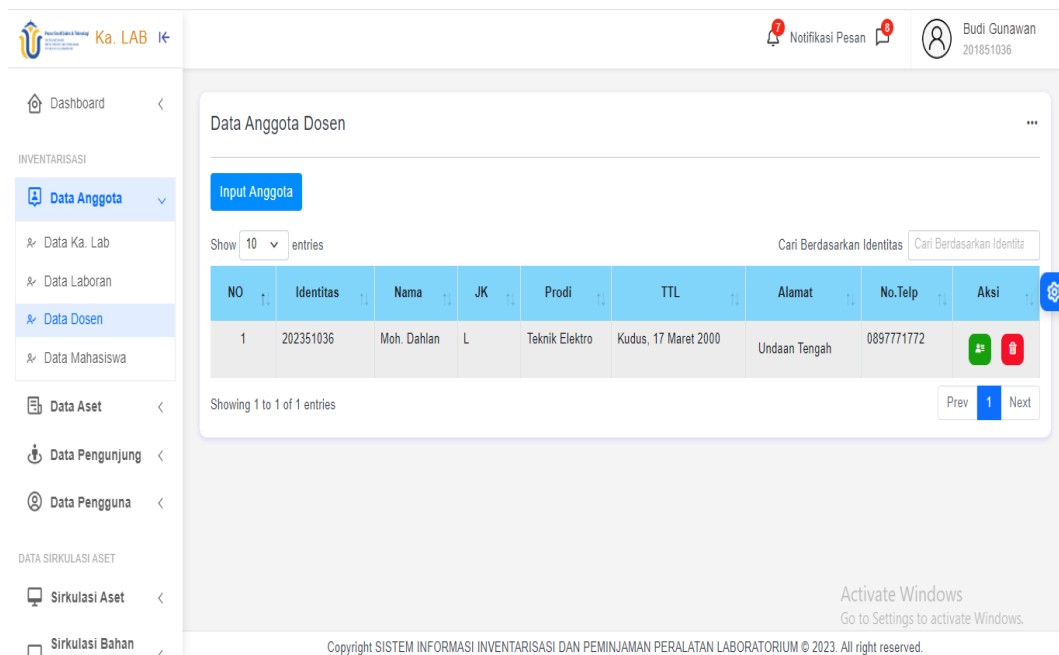
Untuk menu *dashboard* Kepala Laboratorium dapat dilihat pada gambar 11. Halaman ini digunakan untuk menambah data laboran, data mahasiswa, data dosen, data aset. Selain itu kepala

laboratorium juga memiliki akses untuk peminjaman aset, pelaporan aset, menampilkan informasi tentang grafik sistem.



**Gambar 11.** Halaman *dashboard* kepala laboratorium

Sedangkan halaman data dosen dapat dilihat pada Gambar 12. Halaman ini digunakan untuk mengelola data dosen seperti menambah data, melihat detail data dan menghapus data. Untuk menambah data dosen diperlukan beberapa data yaitu identitas, nama, jenis kelamin, prodi, tempat tanggal lahir, alamat, no telp, dan foto.



**Gambar 12.** Halaman data dosen

Untuk halaman data aset laboratorium dapat dilihat pada Gambar 13. Pada halaman data aset laboratorium berfungsi untuk mengelola data aset laboratorium seperti input aset, edit aset, dan hapus aset. Untuk menambah data aset diperlukan beberapa data yaitu nama aset, jumlah aset, pengadaan, kondisi, status, satuan, letak ruangan, merk, spesifikasi, tanggal input, dan foto.



Copyright SISTEM INFORMASI INVENTARISASI DAN PEMINJAMAN PERALATAN LABORATORIUM © 2023. All right reserved.

**Gambar 13.** Halaman data aset laboratorium

Tampilan halaman sirkulasi peminjaman aset dapat dilihat pada Gambar 14. Pada halaman sirkulasi peminjaman aset digunakan untuk mengelola data peminjaman aset laboratorium. Seperti menambah peminjam aset, melihat detail peminjam aset, hapus peminjam aset.

Showing 1 to 1 of 1 entries

Copyright SISTEM INFORMASI INVENTARISASI DAN PEMINJAMAN PERALATAN LABORATORIUM © 2023. All right reserved.

**Gambar 14.** Sirkulasi peminjaman aset

Sedangkan untuk halaman laporan peminjaman aset dapat dilihat pada Gambar 15. Untuk halaman laporan peminjaman aset digunakan untuk menampilkan informasi yang meminjam aset laboratorium. Laporan juga dapat dicetak dalam bentuk excel, pdf atau csv.

Laporan Peminjaman Aset

Copy CSV Excel PDF Print

Cari Berdasarkan Identitas Cari Berdasarkan Identitas

NO	Nama Aset	Identitas	Nama Peminjam	Tgl Pinjam	Tgl Kembali
1	Rak Ghavalis	202351036	Moh. Dahlan	2022-03-01	2022-03-08
2	kursi	202351036	Moh. Dahlan	2022-03-01	2022-03-15
3	Rak Ghavalis	202351036	Moh. Dahlan	2022-02-16	2022-02-22
4	Rak Ghavalis	202351036	Moh. Dahlan	2022-02-23	2022-03-09
5	Rak Ghavalis	202152036	IHGAM HAFANA	2022-02-21	2022-02-28
6	Rak Ghavalis	202152035	MUHAMMAD RIFQY FAHREZI PUTRA	2022-02-20	2022-03-06
7	kursi	202152036	IHGAM HAFANA	2022-02-15	2022-02-22

Showing 1 to 7 of 7 entries

Copyright SISTEM INFORMASI INVENTARISASI DAN PEMINJAMAN PERALATAN LABORATORIUM © 2023. All right reserved.

**Gambar 15.** Halaman laporan peminjaman aset

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan sistem informasi inventarisasi dan peminjaman peralatan laboratorium untuk memudahkan staf laboran dalam mengelola peralatan laboratorium yang memiliki beberapa varian. Adanya sistem ini laboran tidak perlu mengelola data secara manual. Sistem ini mencakup data yang ada pada laboratorium mulai dari data aset, bahan habis pakai, data ruangan, sirkulasi data aset, sirkulasi data bahan habis pakai, dan data laporan yang ada pada laboratorium yang dapat dicetak dan diakses kapanpun. Sistem ini juga memberikan fasilitas kepada mahasiswa dalam hal meminjam alat praktikum untuk kegiatan praktikum ataupun meminjam ruangan untuk kegiatan tugas kelompok, dengan sistem ini mahasiswa dapat melihat ketersediaan bahan habis pakai yang ada dan ketersediaan ruangan yang kosong pada laboratorium. Dosen juga dapat melihat aset yang dimiliki oleh laboratorium, bahan habis pakai dan ruangan yang ada pada laboratorium. Dari penjelasan tersebut sistem dapat berjalan sesuai dengan dengan rancangan dan berjalan seperti yang diharapkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armando, J., 2020. Perancangan Sistem Informasi Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Kuntan Singingi. *Jurnal Perencanaan Sains Teknologi dan Komputer JuPerSaTek*. Volume (3)2.
- Aryani, R., Khaira, U., Utomo, P. E. P., & Weni, I., 2020. Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*.
- Hakim, A. F., Kusumastutie, D. A. W. & Utomo, Y. B., 2019. Perancangan Sistem Informasi Inventaris Barang Di Laboratorium Fakultas Teknik. *Generation Journal*, Volume 3(1), p. 580–4952.
- Munir, 2017. *Pembelajaran Digital*. Bandung: Alfabeta.
- Pradana, A. D. & Sudarmilah, E., 2020. Sistem Informasi Manajemen Inventaris (Studi Kasus : Pengelolaan Aset dan Barang Kependik Wonogiri). *Proceeding of The 11th University Research Colloquium 2020: Bidang Sosial Humaniora dan Ekonomi*, p. 127–135.
- Prasetya, A. F., Sintia., & Putri, U. L. D., 2022. Perancangan Aplikasi Rental Mobil Menggunakan Diagram UML (Unified Modelling Language). *Jurnal Ilmiah Komputer Terapan dan Informasi*. Volume 1(1), p.14-18.
- Pressman, R., 2015. *Rekayasa Perangkat Lunak : Pendekatan Praktisi Buku 1*. Yogyakarta. Andi.
- Putra, D. W.T. & Andriani, R., 2019. Unified Modelling Language (UML) dalam Perancangan Sistem Informasi Permohonan Pembayaran Restitusi SPPD. *Jurnal TEKNOIF*. Volume 7(1).
- Rohayati & Irwandi, A., 2016. Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi. *Jurnal INTEKNA*, Volume 16 (2).
- Sinaga, N. A., 2018. Pengembangan Sistem Informasi Laboratorium Komputer Berbasis Web (Studi Kasus Politeknik Bisnis Indonesia). *Jurnal TEKINKOM*, Volume 1(2), p. 55–61.

## Optimasi Proses Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa Melalui *Response Surface Methodology* (RSM)

Siti Diyar Kholisoh<sup>1</sup>, Zubaidi Achmad<sup>2</sup>, Faizah Hadi<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Kimia, FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Email: [diyar.kholisoh@upnyk.ac.id](mailto:diyar.kholisoh@upnyk.ac.id)

### ABSTRACT

*Response Surface Methodology (RSM) is a collection of mathematical and statistical techniques that are useful for analyzing complex processes that are influenced by several variables. This research aimed to apply RSM in optimizing the process of making liquid smoke from coconut shell pyrolysis. Optimum process conditions were reviewed based on the content of several functional compounds in liquid smoke including carbonyl content, phenol content, and acid content. The process variables comprised pyrolysis temperature (within the temperature range of 350 °C as low level (-1) and 450 °C as high level (+1)), pyrolysis time (within the range of 45 minutes as low level (-1) and 75 minutes as high level (+1)), and the water content in the coconut shell (within the range of 10% water content as low level (-1) and 20% as high level (+1)). This study results showed that the best carbonyl content in liquid smoke was 3.58% at temperature of 395 °C, pyrolysis time of 60 minutes, and water content of 16%. The optimum phenol content of 5.55% was achieved with a combination of pyrolysis time of 65 minutes and water content of 15.5%. Based on the acid content, an optimum value of 19.55% was obtained at a combination of pyrolysis time of 62 minutes and water content of 15.5%. The hypothesis  $H_0$  could be accepted statistically for the carbonyl content.*

**Keywords:** carbonyl content, liquid smoke, optimization, RSM

### INTISARI

*Response Surface Methodology (RSM) merupakan kumpulan teknik matematika dan statistika yang bermanfaat untuk menganalisis sebuah proses kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan RSM dalam mengoptimasi proses pembuatan asap cair dari pirolisis tempurung kelapa. Kondisi proses optimum ditinjau berdasarkan kandungan beberapa senyawa fungsional dalam asap cair yang meliputi kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam. Variabel proses yang diteliti meliputi suhu pirolisis (yaitu dalam rentang suhu 350 °C sebagai level rendah (-1) dan 450 °C sebagai level tinggi (+1)), waktu pirolisis (yaitu dalam rentang waktu 45 menit sebagai level rendah (-1) dan 75 menit sebagai level tinggi (+1)), serta kadar air dalam bahan tempurung kelapa (yaitu dalam rentang kadar air 10% sebagai level rendah (-1) dan 20% sebagai level tinggi (+1)). Hasil penelitian memperlihatkan kadar karbonil dalam asap cair yang terbaik sebesar 3,58% pada suhu 395 °C, waktu 60 menit, dan kadar air 16%. Kadar fenol optimum sebesar 5,55% tercapai pada kombinasi waktu pirolisis selama 65 menit dan kadar air 15,5%. Ditinjau dari kadar asamnya, nilai optimum sebesar 19,55% diperoleh pada kombinasi waktu selama 62 menit dan kadar air 15,5%. Secara statistika, hipotesis  $H_0$  dapat diterima untuk hasil analisis berupa kadar karbonil dalam asap cair pada penelitian ini.*

**Kata kunci:** asap cair, kadar karbonil, optimasi, RSM

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa dengan jumlah besar di dunia. Namun demikian, sebagian dari kelapa (yaitu tempurungnya) saat ini belum banyak dimanfaatkan. Hanya sebagian kecil yang digunakan dalam kerajinan tangan, alat-alat rumah tangga, sedangkan sisanya banyak terbuang atau langsung digunakan sebagai bahan bakar. Produksi tempurung kelapa di Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai 54606,52 ton pada tahun 2016 (Anonim, 2017). Salah satu cara pemanfaatan tempurung kelapa adalah dengan melakukan pirolisis sehingga akan diperoleh rendemen berupa asap cair, arang, maupun tar.

Asap cair merupakan cairan hasil kondensasi dari pirolisis kayu. Menurut Pszczola (1995), asap cair (*liquid smoke*) mempunyai kandungan asam, fenol, dan alkohol, dengan profil *flavor* yang serupa dengan asap kayu alami. Asap cair memiliki kemampuan untuk mengawetkan, juga dapat digunakan sebagai pembentuk warna dan *flavor* produk asap (Diah, 2010). Penambahan asap cair dalam lateks sebagai koagulan dapat meningkatkan kualitas kekenyalan karet.

Proses pirolisis kayu dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) tahap (Ramakrishnan, 2002), yaitu: (1). Tahap pemanasan awal, terjadi penguapan air dalam kayu hingga suhu 170 °C; (2). Tahap penguraian hemiselulosa (pada suhu 170–260 °C), sebagian besar distilat yang dihasilkan mengandung metanol, asam asetat dan asam-asam lainnya terutama dihasilkan pada suhu 200–260 °C; (3). Tahap penguraian selulosa (pada suhu 260–310 °C), pada tahap ini banyak dihasilkan asap cair, gas, dan sedikit tar; asap cair yang dihasilkan berwarna kecoklatan dan sedikit mengandung senyawa-senyawa organik dengan titik didih rendah; serta (4). Tahap penguraian lignin (pada suhu 310–500 °C, dan menghasilkan banyak tar). Menurut Girard (1992), pirolisis dapat dilakukan pada rentang suhu 400–600 °C untuk memperoleh produk asap cair dengan kandungan senyawa fenol, karbonil, dan asam yang optimum.

Asap cair dapat dihasilkan melalui proses pirolisis dengan menggunakan beberapa jenis bahan baku, seperti kayu jati, lamtoro gung, mahoni, kamper, kruwing, glugu, maupun tempurung kelapa. (Tranggono, 1996; Ramakrishnan, 2002). Menurut Girard (1992), jenis kayu yang dipirolisis akan menentukan komposisi asap yang dihasilkan. Kayu keras pada umumnya mempunyai komposisi yang berbeda dengan kayu lunak. Kayu keras paling umum digunakan karena pirolisis terhadap kayu keras akan menghasilkan flavor atau aroma yang lebih unggul, serta mempunyai kandungan senyawa aromatik dan senyawa asam yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu lunak (atau kayu yang mengandung resin).

Komponen utama yang mendukung sifat-sifat fungsional dan cita rasa dari asap cair meliputi senyawa fenolat, senyawa karbonil, dan senyawa asam. Senyawa asam yang terkandung dalam distilat asap cair meliputi asam format, asetat, propionat, butirrat, valerat, dan isokaproat. Keberadaan senyawa asam ini dapat mempengaruhi aroma (*flavor*), pH, dan umur simpan makanan. Senyawa karbonil utama yang terkandung dalam asap cair meliputi: glikoaldehid, metilglioksal, formaldehid, dan aseton. Glikoaldehid dan metilglioksal merupakan bahan pencoklat yang aktif dengan gugus amino, sedangkan komponen seperti aseton mempunyai potensi pencoklatan yang lebih rendah. Senyawa fenol dalam asap cair sangat berperan dalam pembentukan aroma (*flavor*) pada produk pengasapan, mempunyai aktivitas antioksidan yang dapat mempengaruhi daya simpan makanan, serta memberikan kontribusi dalam pewarnaan produk pengasapan. (Pszczola, 1995; Ramakrishnan, 2002)

Studi ini dilakukan untuk memperoleh kondisi optimum proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa melalui *Response Surface Methodology* (RSM). Kondisi optimum proses ditinjau berdasarkan perolehan kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Variabel proses yang dioptimasi meliputi suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air dalam bahan tempurung kelapa. RSM merupakan kumpulan teknik matematika dan statistika yang bermanfaat untuk menganalisis sebuah proses kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa variabel. Dalam hal ini, pengaruh variabel terhadap respons percobaan tersebut dapat diamati secara individual maupun secara *interacting*. (Box, 2005; Montgomery, 2013)

## METODE

Studi ini dilakukan melalui pekerjaan laboratorium dan pengolahan data statistika menggunakan *response surface methodology* (RSM, dengan sebanyak 15 *run* percobaan). Kerja laboratorium berupa penyiapan bahan baku utama berupa tempurung kelapa sebanyak 2 kg (untuk masing-masing *run* percobaan) serta bahan-bahan kimia untuk melakukan analisis kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam total dalam asap cair yang dihasilkan. Alat utama untuk melakukan percobaan berupa seperangkat alat produksi asap cair (meliputi: tabung reaktor, dapur pemanas listrik, pipa penyalur asap, kondensor, dan penampung asap cair). Alat-alat pendukung berupa *laboratory glassware*, *waterbath*, timbangan, dan spektrofotometer.

Kerja laboratorium dilakukan melalui tahap-tahap berupa penyiapan bahan baku tempurung kelapa (termasuk: pengukuran kadar air, selulosa, hemiselulosa, dan lignin), pirolisis bahan dan kondensasi hingga diperoleh produk berupa asap cair, serta analisis kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair. Optimasi kondisi proses dilakukan melalui rancangan percobaan faktorial. Variasi percobaan diterapkan terhadap 3 (tiga) variabel proses, yaitu: suhu pirolisis (dalam rentang 350 °C untuk level rendah (-1) dan 450 °C untuk level tinggi (+1)), waktu pirolisis (dalam rentang 45 menit untuk level rendah (-1) dan 75 menit untuk level tinggi (+1)), dan kadar air pada bahan (dalam rentang 10% untuk level rendah (-1) dan 20% untuk level tinggi (+1)). Selanjutnya, kondisi optimum proses ditelaah melalui respons percobaan yang disajikan dalam bentuk grafik kontur dan/ atau grafik *surface*. (Box, 2005; Montgomery, 2013). Respons percobaan pada studi ini meliputi kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons percobaan berupa kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam dalam asap cair dari tempurung kelapa yang dihasilkan dalam studi ini disajikan pada Tabel 1.

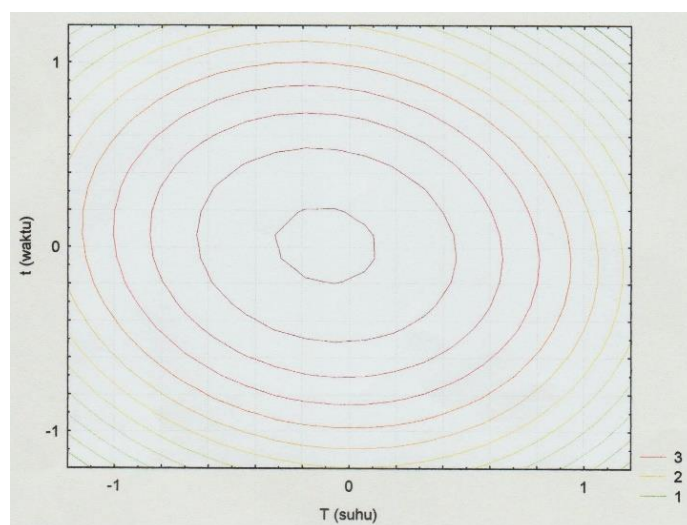
**Tabel 1.** Kadar karbonil, kadar fenol, dan kadar asam total dalam asap cair pada masing-masing tempuhan (*run*) percobaan

Percobaan	Variabel Percobaan			Respons Percobaan		
	Suhu, $x_1$ (°C)	Waktu, $x_2$ (menit)	Kadar air, $x_3$ (%)	Kadar karbonil (%)	Kadar fenol (%)	Kadar asam (%)
1	350 (-1)	45 (-1)	15 (0)	1,90	5,28	18,22
2	350 (-1)	75 (+1)	15 (0)	2,28	4,78	18,40
3	450 (+1)	45 (-1)	15 (0)	2,21	5,09	19,09
4	450 (+1)	75 (+1)	15 (0)	1,77	4,83	17,77
5	350 (-1)	60 (0)	10 (-1)	3,32	4,78	18,59
6	350 (-1)	60 (0)	20 (+1)	2,39	5,02	18,97
7	450 (+1)	60 (0)	10 (-1)	1,62	5,00	18,05
8	450 (+1)	60 (0)	20 (+1)	2,75	6,59	20,57
9	400 (0)	45 (-1)	10 (-1)	2,08	7,34	23,43
10	400 (0)	45 (-1)	20 (+1)	2,73	6,71	23,59
11	400 (0)	75 (+1)	10 (-1)	1,96	6,51	24,00
12	400 (0)	75 (+1)	20 (+1)	2,92	5,03	18,64
13	400 (0)	60 (0)	15 (0)	3,11	5,54	16,86
14	400 (0)	60 (0)	15 (0)	3,76	4,07	15,63
15	400 (0)	60 (0)	15 (0)	5,68	4,09	18,29

*Keterangan:* (-1), (0), dan (+1) masing-masing menunjukkan kode level rendah, tengah, dan tinggi.

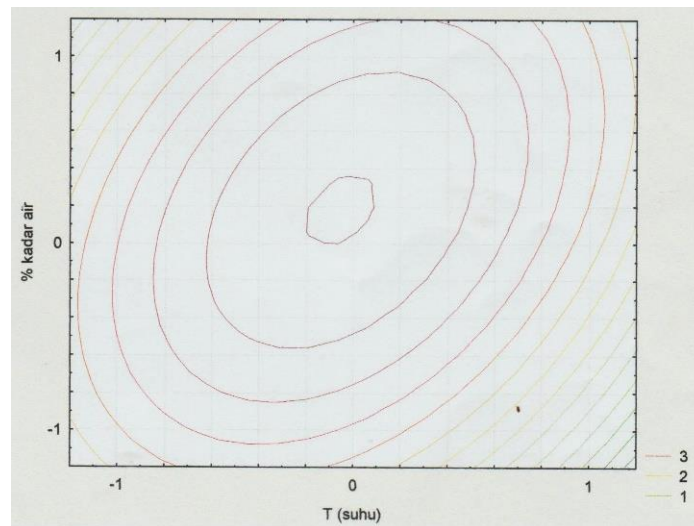
### Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar karbonil

Representasi grafis (berupa grafik kontur) yang memperlihatkan pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air bahan terhadap kadar karbonil dalam asap cair dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

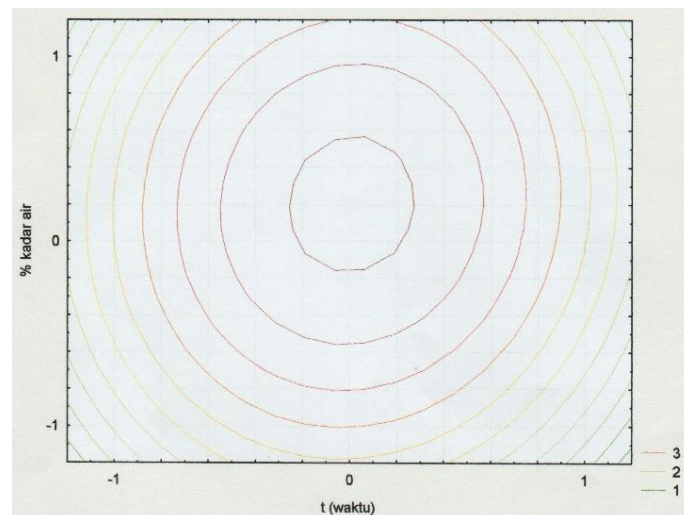


**Gambar 1.** Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur





**Gambar 2.** Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur

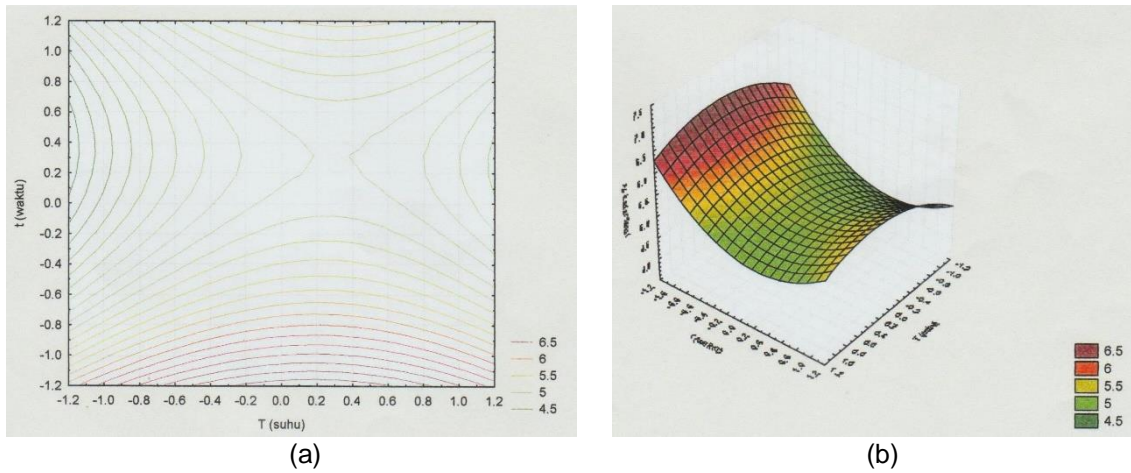


**Gambar 3.** Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar karbonil dalam grafik kontur

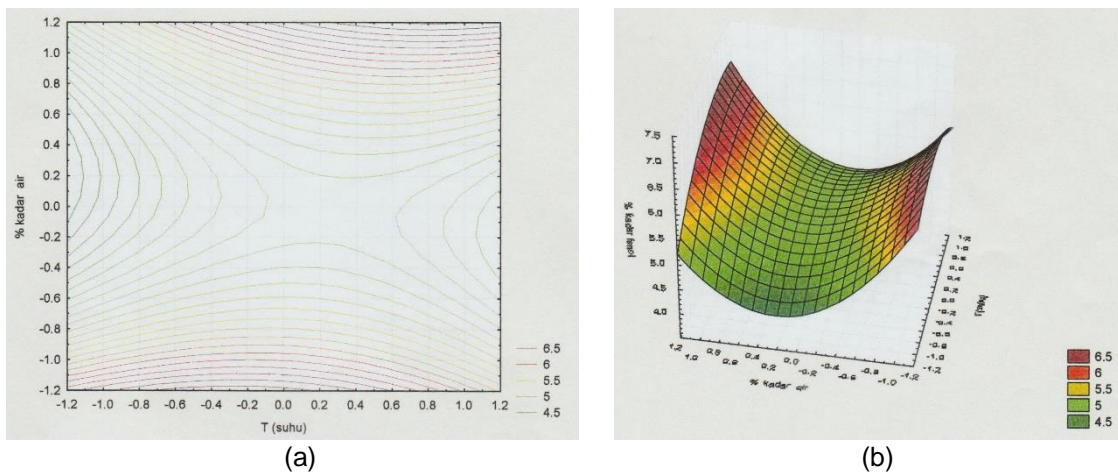
Berdasarkan hasil tersebut, secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum proses yang ditinjau dari kadar karbonil dalam asap cair teramati pada suhu 395 °C, waktu 60 menit, dan kadar air 16%. Pada kondisi ini diperoleh kadar karbonil sebesar 3,58%. Hasil ini bersesuaian dengan teori yang menyatakan bahwa kondisi optimum pirolisis berkisar pada suhu 400 °C. Waktu yang diperlukan dalam pembuatan asap cair sangat dipengaruhi oleh banyaknya air yang harus diuapkan dari tempurung kelapa sebagai bahan baku. Dalam hal ini, waktu proses dan kadar air dalam bahan optimum yang diperlukan untuk memproduksi asap cair dari tempurung kelapa sebanyak 2 kg masing-masing sebesar 60 menit dan 16%.

#### **Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar fenol**

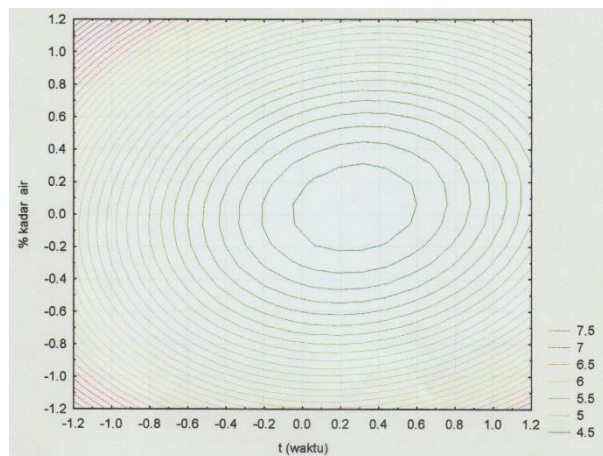
Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 menyajikan pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air bahan terhadap kadar fenol dalam asap cair yang dihasilkan.



**Gambar 4.** Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar fenol; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



**Gambar 5.** Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



**Gambar 6.** Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar fenol dalam grafik kontur

Berdasarkan Gambar 4, tidak teramati adanya kondisi optimum untuk pengaruh variabel suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar fenol dalam asap cair pada studi ini. Demikian juga dengan pengaruh variabel suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol (yang tidak memperlihatkan kondisi optimumnya), seperti tersaji pada Gambar 5. Namun demikian, kondisi optimum teramati pada pengaruh waktu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar fenol. Melalui Gambar 6, waktu optimum

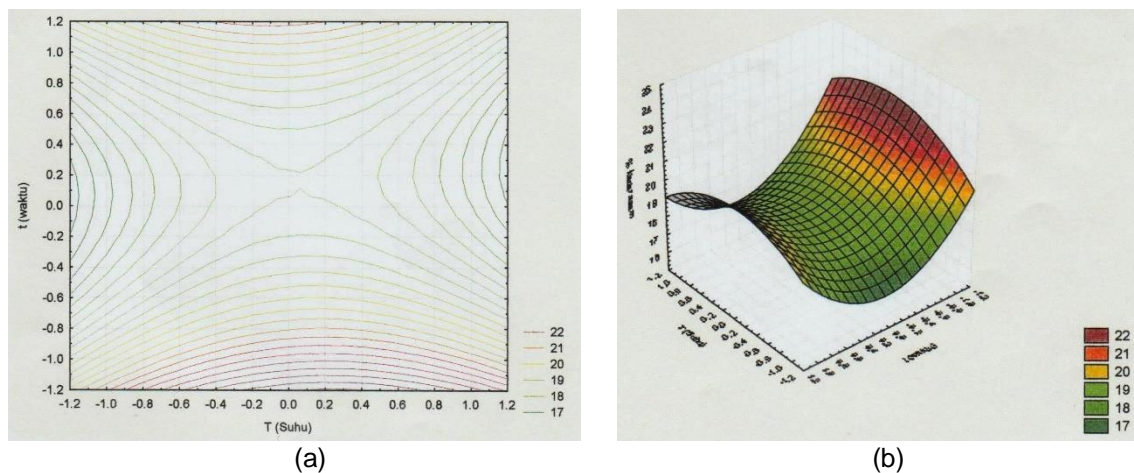


selama 65 menit dan kadar air optimum sebesar 15,5% menghasilkan kadar fenol dalam asap cair terbaik sebesar 5,55%.

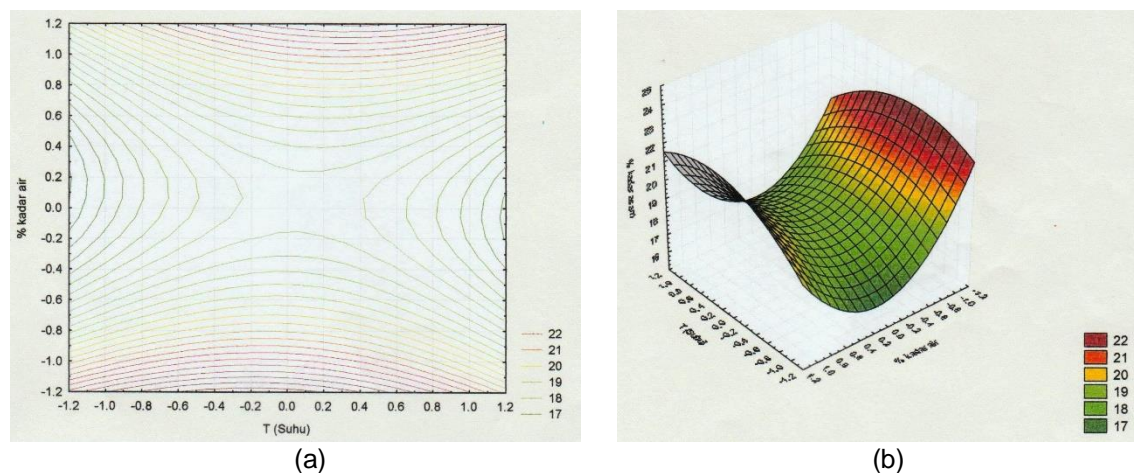
Menurut teori, senyawa fenol dalam asap cair semakin banyak terbentuk seiring dengan suhu pirolisis yang semakin meningkat. Namun demikian, kadar fenol dalam asap cair yang dihasilkan pada suhu tinggi relatif terlalu besar untuk dimanfaatkan sebagai *flavor enhancer* (dikarenakan oleh sifat atau rasanya yang terlalu keras). Selain itu, dengan semakin rendahnya kadar air dalam bahan baku, maka waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu optimumnya menjadi semakin singkat. Dengan demikian, penentuan kondisi optimum proses berdasarkan kadar senyawa fenol direkomendasikan untuk dilakukan pada kadar air bahan baku yang perlu diatur pada rentang yang lebih rendah.

### Pengaruh suhu, waktu, dan kadar air terhadap kadar asam total

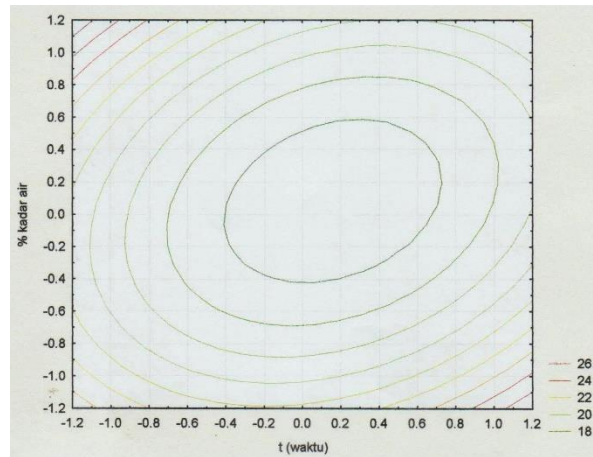
Pengaruh suhu pirolisis, waktu pirolisis, dan kadar air dalam bahan baku tempurung kelapa terhadap kadar asam total dalam asap cair yang dihasilkan disajikan melalui Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



**Gambar 7.** Pengaruh suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar asam; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



**Gambar 8.** Pengaruh suhu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar asam; dalam grafik: kontur (a) dan *surface* (b)



**Gambar 9.** Pengaruh waktu pirolisis dan kadar air terhadap kadar asam dalam grafik kontur

Berdasarkan Gambar 7, tidak teramati adanya kondisi optimum untuk pengaruh variabel suhu dan waktu pirolisis terhadap kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Fenomena yang serupa juga teramati pada studi tentang pengaruh variabel suhu pirolisis dan kadar air dalam tempurung kelapa terhadap kadar asam (yang tidak memperlihatkan kondisi optimumnya). Hal ini tersaji pada Gambar 8. Di sisi yang lain, kondisi optimum proses berhasil teramati pada pengaruh waktu pirolisis dan kadar air bahan terhadap kadar asam dalam produk. Teramati melalui Gambar 9, waktu optimum selama 62 menit dan kadar air optimum sebesar 15,5% menghasilkan kadar asam dalam asap cair yang relatif terbaik sebesar 19,55%.

Secara teoretis, peningkatan suhu pirolisis akan berakibat pada peningkatan kadar asam dalam asap cair yang dihasilkan. Pada umumnya, asam mulai banyak dihasilkan pada rentang suhu 200-260 °C. Hal ini diperlihatkan oleh tingkat keasaman dari asap cair yang cukup tinggi (seperti teramati pada Tabel 1). Dengan semakin rendahnya kadar air dalam bahan baku yang akan dipirolisis, maka semakin singkat waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu optimum proses. Dari grafik surface pada Gambar 8, dapat teramati bahwa kadar asam mengalami peningkatan pada suhu tinggi dan kadar air rendah. Dengan demikian, penentuan kondisi optimum proses berdasarkan kadar senyawa asam dalam asap cair direkomendasikan untuk dilakukan pada rentang suhu yang lebih tinggi (yaitu lebih dari 400 °C), sedangkan kadar air bahan baku yang perlu diatur pada rentang yang lebih rendah (dan pada rentang waktu yang sama atau diatur lebih lama; di mana hal ini bergantung pada banyaknya bahan baku yang digunakan).

## KESIMPULAN

*Response surface methodology* (RSM) yang diterapkan terhadap studi ini telah memberikan informasi tentang teramatinya kondisi optimum proses pembuatan asap cair dari tempurung kelapa pada suhu pirolisis sebesar 395 °C, waktu pirolisis selama 60 menit, dan kadar air dalam bahan baku sebesar 16% serta menghasilkan kadar karbonil terbaik sebesar 3,58%. Kondisi optimum ketiga variabel proses (secara simultan) yang ditinjau berdasarkan kadar fenol dan kadar asam dalam asap cair tidak teramati dalam studi ini. Namun demikian, kadar fenol terbaik sebesar 5,55% diperoleh pada kombinasi waktu pirolisis selama 65 menit dan kadar air bahan sebesar 15,5% serta kadar asam terbaik sebesar 19,55% diperoleh pada kombinasi waktu selama 62 menit dan kadar air sebesar 15,5%. Dengan kata lain, hipotesis  $H_0$  dapat diterima (secara statistika) untuk hasil analisis berupa kadar karbonil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada R. Dipo Bramantyo yang telah berkontribusi dalam kegiatan pengambilan data melalui pekerjaan laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. *Luas Tanam dan Produktivitas Beberapa Tanaman Perkebunan di DIY pada Tahun 2016*. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik DIY.
- Box, G.E.P., Hunter, J.S., dan Hunter, W.G. 2005. *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery* (2<sup>nd</sup> ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Diah L.A. dan Rodiah N.S. 2010. Liquid Smoke and Its Applications for Fisheries Products. *SQUALEN Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 5(3): 101.
- Girard. 1992. *Technology of Meat and Meat Product Smoking*. New York: Ellis Harwood, 162–201.
- Montgomery, D.C. 2013. *Design and Analysis of Experiments* (8<sup>th</sup> ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Pszczola. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke Based Flavors. *Food Technology* (1): 70–74.
- Ramakrishnan, S. dan Moeller, P. 2002. Liquid Smoke: Product of Hardwood Pyrolysis. *Chemistry, Environmental Science*.
- Tranggono, dkk. 1996. Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan I* (2): 15–24.

---

## Perencanaan Kebutuhan Baku dengan ARIMA dan EOQ

Argaditia Mawadati<sup>1</sup>, Agus Hindarto Wibowo<sup>2</sup>, Melanisa Ade Prima<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND  
Yogyakarta

Email: [mawadati@akprind.ac.id](mailto:mawadati@akprind.ac.id)<sup>1</sup>, [bagushind@akprind.ac.id](mailto:bagushind@akprind.ac.id)<sup>2</sup>, [primaadhe7@gmail.com](mailto:primaadhe7@gmail.com)<sup>3</sup>

---

### ABSTRACT

*A production plan will run well if it is supported by an adequate supply of raw materials. Raw material procurement at PT Pura Barutama is done by asking suppliers to send raw materials to the warehouse every day with an uncertain amount. As a result, there is a buildup of raw materials in the warehouse. This accumulation of raw materials poses a risk of loss because the raw materials used are materials that are prone to damage, if this happens, the company will experience a loss in purchasing costs. The purpose of this study is to determine the amount of raw material orders using the ARIMA method for forecasting raw material requirements and Economic Quantity Order (EOQ) to determine the point of reordering raw materials. The results showed that the use of EOQ can save the total cost of raw material inventory up to Rp 53,549,222. It is concluded that the optimal amount of raw material ordering is 19591.8 Kg / order, ordering is done 10 times a year and the company's raw material reorder point is when the amount of raw material is 668.71 Kg, thus the company does not experience excess raw materials.*

**Keywords:** ARIMA, EOQ, Raw Material Planning.

### INTISARI

Sebuah perencanaan produksi akan berjalan dengan baik jika ditunjang dengan adanya persediaan bahan baku yang memadai. Pengadaan bahan baku pada PT Pura Barutama dilakukan dengan meminta pada pemasok untuk mengirimkan setiap hari bahan baku ke gudang dengan jumlah yang tidak menentu. Akibatnya terdapat penumpukan bahan baku di gudang. Penumpukan bahan baku ini menimbulkan resiko kerugian karena bahan baku yang digunakan merupakan bahan yang rentan terhadap kerusakan, jika hal ini terjadi maka perusahaan akan mengalami kerugian biaya pembelian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah pemesanan bahan baku dengan menggunakan metode ARIMA untuk peramalan kebutuhan bahan baku dan *Economic Quantity Order* (EOQ) untuk menentukan titik pemesanan kembali bahan baku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan EOQ dapat menghemat total biaya persediaan bahan baku hingga Rp 53.549.222. Disimpulkan jumlah pemesanan bahan baku yang optimal adalah sebesar 19591,8 Kg/pemesanan, pemesanan dilakukan sebanyak 10 kali dalam setahun dan titik pemesanan kembali bahan baku perusahaan adalah ketika jumlah bahan baku sebanyak 668,71 Kg dengan demikian perusahaan tidak mengalami kelebihan bahan baku.

**Kata kunci:** ARIMA, EOQ, Pemesanan Bahan Baku.

---

### PENDAHULUAN

Perencanaan serta pengendalian material dan produksi memegang salah satu peranan yang sangat penting dalam kelangsungan hidup perusahaan. Perusahaan tidak saja dituntut untuk memenuhi demand pasar namun juga bagaimana menghasilkan produk secara efisien dengan kualitas yang memenuhi harapan konsumen. Penentuan jumlah optimal produk yang akan diproduksi menjadi kunci bagi perencanaan produksi yang tepat. Tentunya, perusahaan mengaharapkan tidak terjadi kekurangan produk yang berakibat kehilangan kesempatan untuk menjual produk (*lost sale*), namun juga tidak berharap terjadi kelebihan produk yang menyebabkan *inventory* meningkat sehingga meningkat pula *holding cost* nya.

Sebuah perencanaan produksi akan berjalan dengan baik jika ditunjang dengan adanya persediaan bahan baku yang memadai. Di lain pihak persediaan bahan baku juga memberikan kontribusi biaya yang cukup besar sehingga komponen biaya ini juga perlu dikendalikan.

PT Pura Barutama adalah salah satu perusahaan yang memproduksi kertas dengan produk yang bermacam-macam. Namun dari studi yang telah dilakukan, didapat informasi bahwa perencanaan produksi didasarkan atas jumlah *outstanding* yang harus dipenuhi oleh perusahaan. Yang dimaksud *outstanding* ini adalah jumlah total order dari customer yang belum dipenuhi. Jadi order dari customer biasanya pemenuhannya akan dibuat setengah terlebih dahulu atau dalam



jumlah tertentu sesuai permintaan *customer*. Jika bulan ini perusahaan telah memenuhi sebagian order tersebut, maka untuk rencana produksi bulan berikutnya adalah berdasarkan jumlah order yang belum terpenuhi sebelumnya tersebut. Untuk pengadaan bahan bakunya, perusahaan akan meminta pada pemasok untuk mengirimkan setiap hari bahan baku ke gudang, dengan jumlah yang tidak menentu. Akibatnya terdapat penumpukan bahan baku di gudang. Penumpukan bahan baku ini menimbulkan resiko kerugian karena bahan baku yang digunakan merupakan bahan yang rentan terhadap kerusakan, jika hal ini terjadi maka perusahaan akan mengalami kerugian biaya pembelian. Selain itu penumpukan bahan baku ini juga dapat mengakibatkan naiknya biaya simpan dan perawatan. Untuk itu perlu dilakukan perencanaan pemesanan bahan baku. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan pemesanan bahan baku yang optimal dengan metode EOQ, namun sebelumnya dilakukan perhitungan forecasting dengan metode ARIMA.

Penelitian mengenai perencanaan bahan baku telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Penelitian tersebut dilakukan pada berbagai bidang dengan berbagai metode yang digunakan, seperti penggunaan Metode EOQ (Hastari et al., n.d.; Hidayat et al., 2019; Sulaiman et al., 2015; Unsulangi et al., 2019; Wahid<sup>1</sup> et al., n.d.), POQ (Pranata, 2019), dan MRP (Kurnia et al., n.d.; Zahra et al., 2020). Metode-metode tersebut banyak digunakan karena kemudahannya untuk diaplikasikan dalam berbagai industri, seperti pada industri besar (Bora & Nugroho, 2019; Indah & Risasti, 2017; Muhammad Ainul Yaqin & Misbach Munir, 2023), industri rumahan atau UKM (Azmi et al., 2023; Wulansari et al., 2023), dan industri lain seperti rumah makan (Bora & Nugroho, 2019) dan rumah sakit (Prastyorini, 2021).

Berdasarkan uraian sebelumnya sehingga tujuan dari penelitian adalah memperkirakan kebutuhan bahan baku pembuatan kertas dengan peramalan, kemudian membuat rencana pemesanan bahan baku yang ekonomis dengan EOQ agar biaya yang dikeluarkan lebih efisien.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian untuk menentukan perkiraan jumlah bahan baku pembuatan kertas di PT Pura Barutama Divisi Paper Mill 5,6,9 Kudus. Fokus penelitian ini adalah pada perencanaan bahan baku *pulp*, karena bahan baku ini merupakan bahan baku yang paling rutin digunakan dalam proses produksi. Data penggunaan bahan baku *pulp* yang digunakan merupakan data selama dua tahun atau 24 periode.

Data yang terkumpul kemudian akan diolah dengan Software Eviews untuk menghitung peramalan dengan metode ARIMA. Untuk peramalan dengan metode ini yang pertama harus dilakukan adalah menguji data dengan uji stasioner, jika data yang digunakan telah dinyatakan stasioner maka pengolahan data akan dapat dilanjutkan. Setelah melakukan uji stasioner, langkah berikutnya yang harus dilakukan adalah menentukan ordo AR dan MA. Penentuan ordo ini dilakukan dengan melihat correlogram data. Setelah menentukan ordo, langkah selanjutnya adalah mengestimasi parameter dari model ordo yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah didapat hasil estimasi kemudian dilakukan penentuan model terbaik. Jika terdapat dua atau lebih model yang lolos uji signifikan maka pemilihan dilakukan dengan membandingkan nilai *Akaike Info Criterion* dan *Schwarz Info*, nilai terkecil yang nantinya akan terpilih. Langkah berikutnya adalah melakukan uji residual terhadap model. Setelah rangkaian uji tadi dilakukan maka kemudian akan dapat dilakukan proses peramalan. Hasil yang didapat kemudian akan divalidasi untuk menunjukkan hasil peramalan tersebut valid atau tidak, adapun desain penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain Penelitian

Setelah dilakukan proses peramalan, maka dilakukan perhitungan jumlah pemesanan yang ekonomis dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ). Perhitungan ini dimulai dengan menghitung rata-rata kebutuhan bahan baku perbulan, dimana data kebutuhan bahan baku ini adalah hasil peramalan yang telah dilakukan sebelumnya. Kemudian dihitung pula pemakaian bahan



baku selama masa lead time. Perhitungan berikutnya adalah jumlah pemesanan ekonomis (Q) yakni jumlah material datang dalam setiap kedatangannya. Kemudian dilakukan perhitungan frekuensi pemesanan dan titik pemesanan kembali (ROP). Kemudian terakhir akan dilakukan perhitungan total biaya yang dikeluarkan yang mencakup biaya pemesanan dan biaya simpan barang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

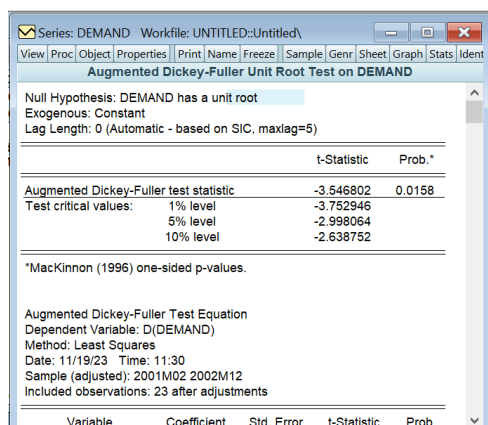
### Peramalan Kebutuhan Bahan Baku

Untuk melakukan peramalan kebutuhan bahan baku maka diperlukan data historis penggunaan bahan baku. Data historis penggunaan bahan baku yang digunakan adalah data penggunaan bahan baku pulp selama 2 tahun atau 24 periode yang dapat dilihat pada Tabel 1.

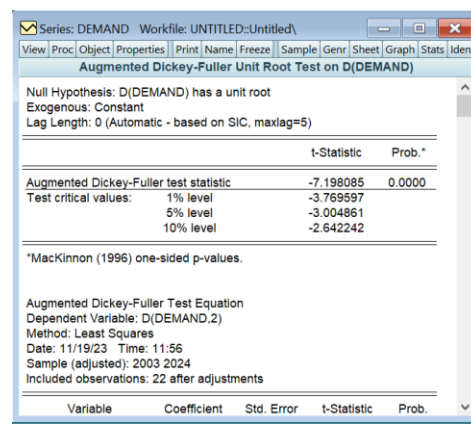
**Tabel 1.** Data Historis Penggunaan Bahan Baku Pulp

Periode	Data Penggunaan (Kg)	Periode	Data Penggunaan (Kg)
1	13976	13	13493
2	14622	14	13251
3	14025	15	14311
4	15177	16	13082
5	13391	17	12951
6	14047	18	11654
7	15715	19	16440
8	14768	20	14916
9	14112	21	17268
10	13087	22	16906
11	15823	23	14359
12	15227	24	16328

Setelah didapatkan data penggunaan bahan baku, langkah berikutnya adalah melakukan peramalan dengan metode ARIMA. Sebelum data diolah untuk dicari peramalan kebutuhan bahan baku periode yang akan datang, maka perlu dilakukan uji stasioneritas terlebih dahulu. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Software Eviews seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar 2 (a) menunjukkan hasil uji rooted test pada Level 0 yang menunjukkan data tidak stasioner karena nilai  $|t \text{ stat}| < |\text{nilai kritis Mac Kinnon}| = |-3.546802| < |-3.752946|$ , walaupun p value sudah  $< \alpha$ . Sedangkan gambar 2(b) menunjukkan data stasioner karena nilai  $|t \text{ stat}| > |\text{nilai kritis Mac Kinnon}| = |-7.198985| > |\text{nilai kritis Mac Kinnon}|$  dan p value  $< \alpha = 0.0000 < 0.05$ . Artinya data stasioner pada 1<sup>st</sup> difference.



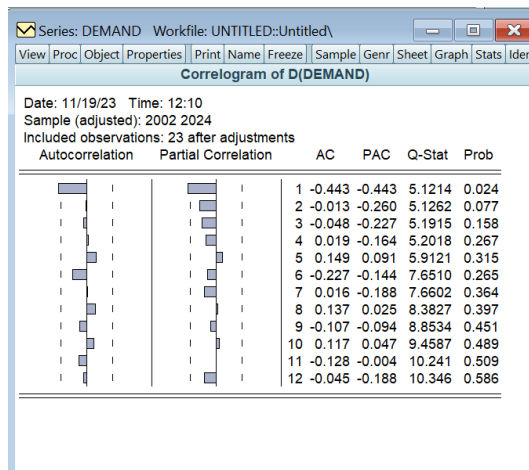
(a) Level 0



(b) 1<sup>st</sup> Difference

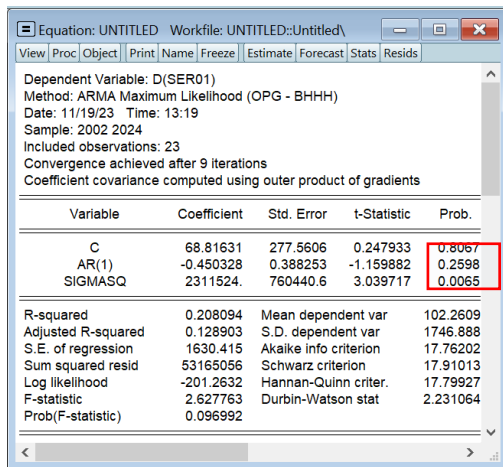
**Gambar 2** Output Eviews Uji Rooted Test

Setelah melakukan uji rooted test untuk mengetahui data stasioner, berikutnya dilakukan uji correlogram untuk melakukan identifikasi ACF dan PACF. Hasil uji corelogram dapat dilihat pada gambar 3, yang menunjukkan grafik mengalami cutoff pada baris pertama. Sehingga dapat kita buat model arima (p, d, q) dari hasil tersebut. Nilai d menunjukkan nilai difference hasil uji sebelumnya, yakni 1. Nilai p dan q dari uji correlogram menunjukkan hasil  $p = 1$  dan  $q = 1$ . Sehingga model yang mungkin dibentuk adalah ARIMA (1,1,0), ARIMA (0,1,1), dan ARIMA (1,1,1).

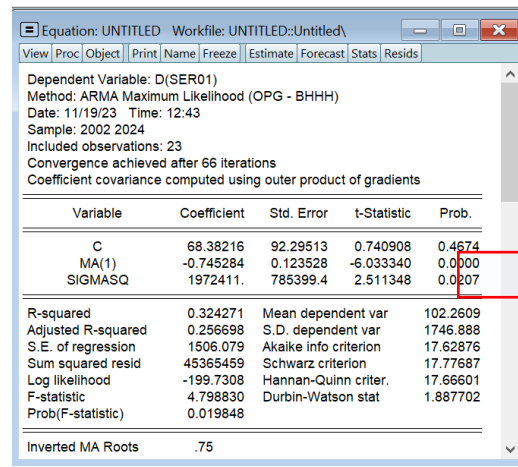


Gambar 3. Output Views Uji Correlogram

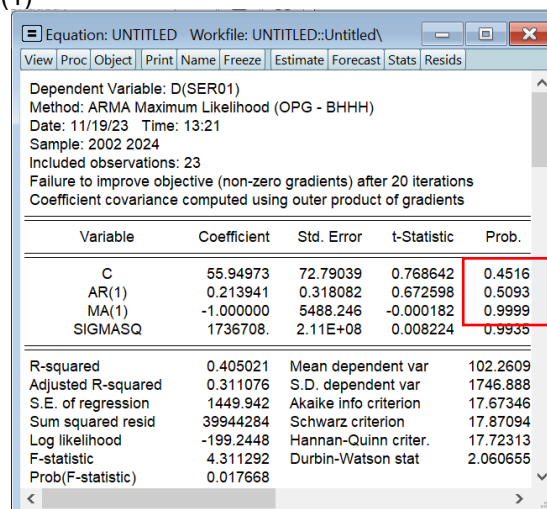
Setelah didapatkan kandidat model, maka berikutnya dilakukan pengujian untuk mencari model terbaik yang kemudian akan dipilih. Pengujian dilakukan dengan melihat parameter signifikan. Output pengujian dapat dilihat pada gambar 4. Pemilihan model dilakukan dengan melihat nilai Probabilitasnya, yakni yang nilainya < 0.05 maka model dikatakan parameter signifikan. Pada Gambar 4 maka kita simpulkan model yang memenuhi syarat signifikan hanya MA(1).



AR (1)



MA (1)



ARIMA (1,1,1)

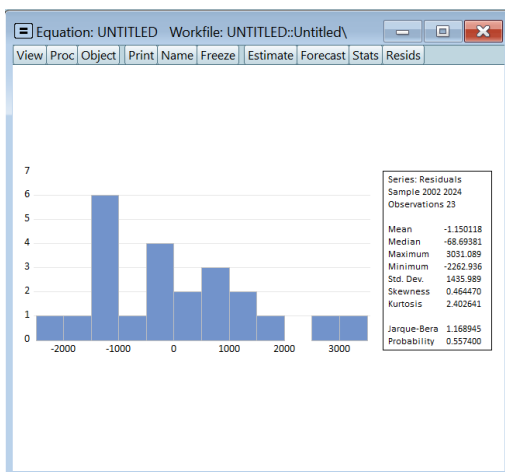
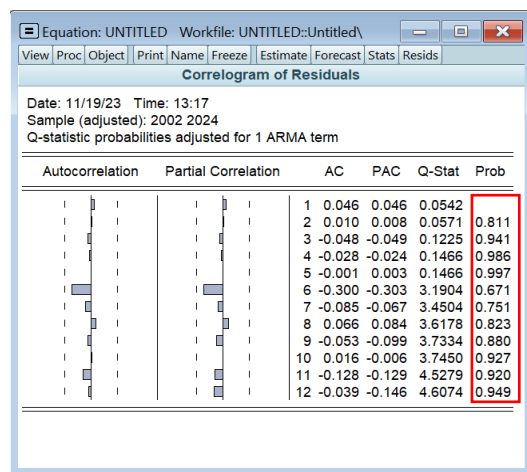
Gambar 4. Pemilihan Model ARIMA Output Views

**Tabel 2.** Pemilihan Model Terbaik

Model	Akaike IC	SSE	Adj R Squared	Schwarz criterion	Var Signifikan
AR(1)	17.76	53165056	0.128903	17.91013	Tidak ada
MA(1)	17.63	45365459	0.256698	17.77647	MA(1)
ARIMA(1,1,1)	17.67	39944284	0.311076	17.87094	Tidak ada

Berikutnya pemilihan model terbaik dilakukan dengan melihat beberapa kriteria, yakni nilai AIC dan SSE yang kecil, nilai *Schwarz Criterion* yang kecil, nilai Adjusted R Squares yang besar, serta pemenuhan variabel yang signifikan. Perbandingan model dapat dilihat pada Tabel 2, yang dapat dilihat hanya model MA(1) yang memenuhi ketentuan tersebut.

Setelah didapatkan model terpilih, berikutnya dilakukan Uji Kenormalan dan *White Noise*. Penentuan uji kenormalan dapat dilihat melalui gambar 5 yang menunjukkan bahwa nilai probability dan jarque-bera semuanya  $> 0.05$ , sehingga dapat dikatakan bahwa data berdistribusi normal. Sedangkan untuk pemenuhan white noise dilakukan dengan uji correlogram seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6. Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa tidak terjadi pelanggaran garis (tidak terdapat lag signifikan) dan seluruh nilai probabilitasnya  $> 0.05$ , sehingga dapat dikatakan model memenuhi *White Noise*. Secara keseluruhan model MA (1) telah memenuhi kriteria yang dibutuhkan sehingga model dapat digunakan.

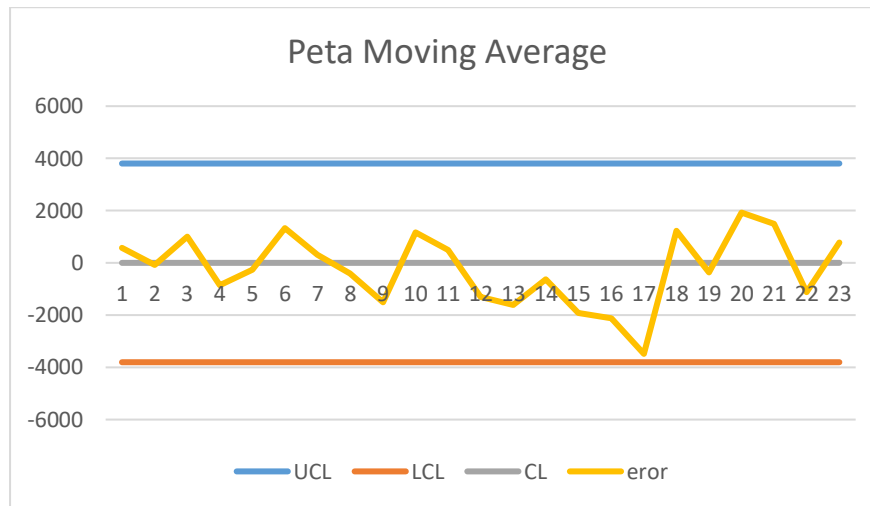
**Gambar 5.** Uji kenormalan**Gambar 6.** Uji correlogram

Setelah dilakukan pemilihan dan pengujian model maka selanjutnya bisa dilakukan peramalan dengan ARIMA. Hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Peramalan dengan Metode ARIMA

No	Demand	Forecast	No	Demand	Forecast
1	13976	NA	19	16440	15206.88
2	14622	14044.38	20	14916	15275.26
3	14025	14112.76	21	17268	15343.64
4	15177	14181.15	22	16906	15412.03
5	13391	14249.53	23	14359	15480.41
6	14047	14317.91	24	16328	15548.79
7	15715	14386.29	25	13820	15617.17
8	14768	14454.68	26		15685.55
9	14112	14523.06	27		15753.94
10	13087	14591.44	28		15822.32
11	15823	14659.82	29		15890.70
12	15227	14728.20	30		15959.08
13	13493	14796.59	31		16027.46
14	13251	14864.97	32		16095.85
15	14311	14933.35	33		16164.23
16	13082	15001.73	34		16232.61
17	12951	15070.11	35		16300.99
18	11654	15138.50	36		16369.38

Hasil peramalan perlu dilakukan uji validasi untuk mengetahui apakah hasil peramalan menghasilkan data yang valid atau tidak. Uji validasi hasil peramalan menggunakan peta moving range yang dapat dilihat pada Gambar 7, menunjukkan hasil plot data eror tidak ada yang melewati batas UCL dan LCL, maka dapat disimpulkan data telah lolos uji validasi.



**Gambar 7.** Peta Moving Average

#### **Economic Order Quantity**

Setelah hasil peramalan didapatkan maka kemudian dapat dilakukan perencanaan pemesanan bahan baku dengan Metode EOQ. Data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan EOQ disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Perhitungan EOQ

Keterangan	Jumlah
Demand (D)	191.919,28 Kg
Biaya Simpan (h)	Rp 200/Kg
Biaya Pesan (S)	Rp 200.000
Lead Time (L)	1 hari

Sebelum melakukan perhitungan perencanaan dengan EOQ, dilakukan perhitungan terlebih dahulu perencanaan menggunakan kebijakan perusahaan yang selama ini diterapkan, yakni pembelian bahan baku setiap hari. Adapun perhitungan sebagai berikut:

$$1. \text{ Rata-rata pembelian per hari (Q)} = \frac{\text{demand setahun}}{\text{hari dalam setahun}} = \frac{191.919,28}{287} = 668,7 \text{ Kg}$$

$$2. \text{ Frekuensi Pembelian} = 287 \text{ kali dalam setahun}$$

$$3. \text{ Total Biaya Pembelian Bahan Baku}$$

$$TC = \frac{Q}{2} h + \frac{D}{Q} s = \frac{668,7}{2} 200 + \frac{191.919,28}{668,7} 200.000 = \text{Rp } 57.467.581,8$$

Sedangkan perhitungan EOQ adalah:

$$4. \text{ Rata – rata kebutuhan bahan baku perbulan}$$

$$d = \frac{D}{12} = \frac{191.919,28}{12} = 15.993,27 \text{ kg /bulan.}$$

$$5. \text{ Pemakaian bahan baku selama lead time}$$

$$dxL = 15.993,27 \times 1 = 15.993,27 \text{ Kg}$$

$$6. \text{ Jumlah pemesanan ekonomis (Q)}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{h}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 191.919,28 \times 200.000}{200}} = 19591,8 \text{ Kg}$$

$$7. \text{ Frekuensi pemesanan (f)}$$

$$f = \frac{D}{Q}$$

$$= \frac{191.919,28}{19591,8} = 9,8 \approx 10 \text{ kali pemesanan selama 1 tahun (12 bulan)}$$

## 8. Titik pemesanan kembali (ROP)

$$\text{Demand/day} = \frac{191.919,28}{287} = 668,71 \text{ Kg}$$

$$\text{ROP} = d \times L = 668,71 \times 1 = 668,71 \text{ Kg}$$

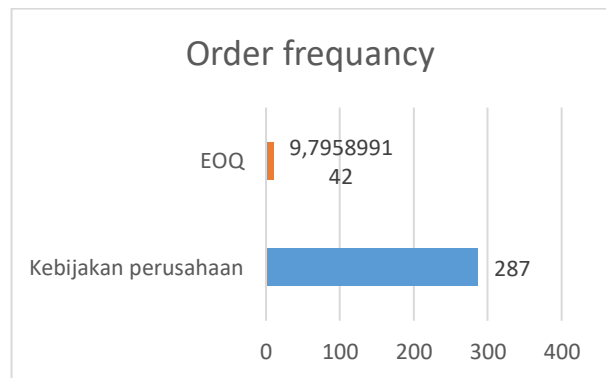
## 9. Total biaya pembelian bahan baku

$$\text{TC} = \frac{Q}{2} h + \frac{D}{Q} s = \frac{19591,8}{2} 200 + \frac{191.919,28}{19591,8} 200.000 = \text{Rp } 3.918.359,657$$

Kemudian dapat dibandingkan hasil yang didapatkan dari perhitungan menggunakan metode EOQ dengan kebijakan yang diterapkan oleh perusahaan selama ini. Dari Gambar 8 dapat kita lihat bahwa pemesanan menggunakan metode EOQ lebih besar atau banyak dibandingkan kebijakan yang selama ini dilakukan perusahaan. Hal ini dapat terjadi karena dengan metode EOQ mempertimbangkan jumlah pemesanan optimal yang dapat dilakukan untuk setiap pemesanan dengan mempertimbangkan kebutuhan bahan baku dalam setahun. Tujuannya agar perusahaan dapat meminimalisir biaya pemesanan, dengan metode EOQ perusahaan tidak perlu membuang waktu dan biaya untuk pemesanan setiap hari yang seharusnya dapat dilakukan sekaligus untuk kebutuhan beberapa periode.

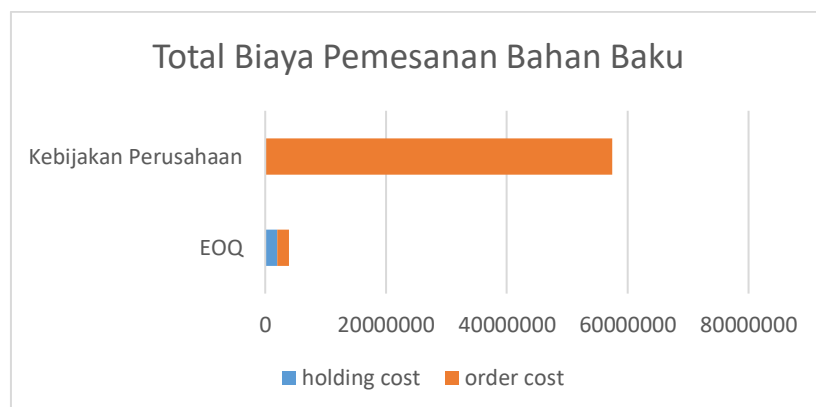


**Gambar 8.** Perbandingan jumlah pemesanan



**Gambar 9.** Perbandingan frekuensi pemesanan

Frekuensi pemesanan menggunakan metode EOQ lebih sedikit dibandingkan kebijakan perusahaan selama ini, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9. Dengan metode EOQ, perusahaan hanya perlu melakukan pemesanan bahan baku sebanyak 10 kali dalam setahun, sedangkan berdasarkan data historis perusahaan menunjukkan bahwa perusahaan melakukan pemesanan sebanyak 28 kali, seperti terlihat pada Gambar 9. Tentu saja perbedaan tersebut frekuensi pemesanan akan sangat mempengaruhi biaya persediaan. Pemesanan berulang menyebabkan biaya pemesanan lebih tinggi. Dengan metode EOQ cukup melakukan pemesanan sebanyak 10 kali namun sudah dapat memenuhi kebutuhan bahan baku perusahaan.



**Gambar 10.** Perbandingan total biaya



Perbandingan total biaya pemesanan bahan baku dapat dilihat pada Gambar 10. Seperti terlihat bahwa metode EOQ menghasilkan total biaya persediaan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan kebijakan perusahaan saat ini. Biaya pemesanan dalam kebijakan perusahaan saat ini sangat tinggi karena pemesanan dilakukan hingga 287 kali dalam setahun. Hal ini sangat tidak efektif. Dengan menggunakan metode EOQ, biaya pemesanan dapat ditekan sehingga biaya persediaan secara keseluruhan dapat diminimalkan hingga Rp 53.549.222.

## KESIMPULAN

Penggunaan metode ARIMA untuk peramalan kebutuhan bahan baku dapat dilakukan dengan memilih model MA(1). Dengan menggunakan Metode EOQ pemesanan ekonomis dapat dilakukan sebesar 19591,8 Kg/pemesanan, yang dapat dilakukan sebanyak 10 kali dalam setahun. Reorder point perusahaan adalah 668,71 Kg, artinya perusahaan harus melakukan pemesanan ketika jumlah stok pada gudang telah menyentuh angka tersebut. Menggunakan metode EOQ perusahaan dapat menghemat total biaya pengadaan bahan baku hingga Rp 53.549.222 jika dibandingkan dengan metode pengadaan bahan baku yang selama ini dilakukan perusahaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, M. F., Yudisha, N., & Rezeki, R. (2023). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Sepatu Kulit dengan Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP). *VISA: Journal of Vision and Ideas*, 3(3), 743–752. <https://doi.org/10.47467/visa.v3i3.4967>
- Bora, M. A., & Nugroho, V. (2019). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Makanan di Restoran Hotel XXX. *JURNAL INDUSTRI KREATIF (JIK)*, 3(1), 53. <https://doi.org/10.36352/jik.v3i1.171>
- Hastari, S., ... A. P.-J. M. D., & 2020, undefined. (n.d.). Penerapan Metode EOQ dalam Pengendalian Bahan Baku Guna Efisiensi Total Biaya Persediaan Bahan Baku. *Scholar.Archive.Org*. Retrieved June 16, 2022, from <https://scholar.archive.org/work/exifrhkuyfg6veufgno3a6ktpu/access/wayback/http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jmdk/article/download/4030/pdf>
- Hidayat, K., Efendi, J., Teknik, R. F.-P. M. I., & 2020, undefined. (2019). Analisis pengendalian persediaan bahan baku kerupuk mentah potato dan kentang keriting menggunakan metode economic order quantity (EOQ). *Jurnal.Uns.Ac.Id*, 18(2), 125–134. <https://doi.org/10.20961/performa.18.2.35418>
- Indah, D. R., & Risasti, E. Y. (2017). Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku pada PT.Tri Agro Palma Tamiang. *Jurnal Samudra Ekonomi Dan Bisnis*, 8(2), 710–724. <https://doi.org/10.33059/jseb.v8i2.429>
- Kurnia, D., ... S. B.-J. (Jurnal I., & 2018, undefined. (n.d.). Analisis Pengendalian Bahan Baku Pada Produk Tas Dengan Menggunakan Metode Material Requirements Planning (Mrp) Untuk Meminimalkan Biaya. *Openjournal.Unpam.Ac.Id*. Retrieved June 16, 2022, from <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITM/article/view/1402>
- Muhammad Ainul Yaqin, & Misbach Munir. (2023). Analisis Pengendalian Bahan Baku Shopping Bag Menggunakan Metode EOQ pada PT SBP Guna Meminimalisasi Biaya Pembelian Bahan Baku. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12), 4649–4664. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i12.6396>
- Pranata, T. (2019). *Analisis Perbandingan Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Metode EOQ dan Metode POQ pada Home Industri Dompot Anugrah Promotion Semarang*. <http://repository.unika.ac.id/id/eprint/20700>
- Prastyorini, J. (2021). Analisis Pengendalian Persediaan Obat Dengan Metode Abc, Eoq, Dan Rop Pada Instalasi Farmasi Rumah Sakit Al-Irsyad Surabaya. *Jurnal MEBIS (Manajemen Dan Bisnis)*, 5(2), 140–150. <https://doi.org/10.33005/mebis.v5i2.145>
- Sulaiman, F., ... N. N.-: J. T. dan I. M. O., & 2018, undefined. (2015). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode EOQ Pada UD. Adi Mabel. *Ejurnal.Plm.Ac.Id*, 02(1), 1–11. <http://ejurnal.plm.ac.id/index.php/Teknovasi/article/view/39>
- Unsulangi, H., ... A. J.-J. E. J. R., & 2019, undefined. (2019). Analisis economic order quantity (eoq) pengendalian persediaan bahan baku kopi pada pt. fortuna inti alam. *Ejournal.Unsrat.Ac.Id*, 7(Januari), 51–60. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/emba/article/view/22263>
- Wahid<sup>1</sup>, A., Munir<sup>2</sup>, M., Jurusan, <sup>1</sup>, Industri, T., Yudharta, U., Jurusan, P. <sup>2</sup>, Pasuruan, Y., & Penulis, K. (n.d.). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Metode EOQ (Economic Order Quantity) Pada Industri Krupuk “Istimewa” Bangil. *Jurnal.Unmer.Ac.Id*. Retrieved June 16, 2022, from <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jiv/article/view/4098>

DOI: <https://doi.org/10.34151/jurtek.v16i2.2554>

- Wulansari, A., Tarman, T., & Gumelar, I. (2023). Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Material Requirement Planning (MRP) Pada Umkm Le Khari Official Shop Purwakarta. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(04), 129–140. <https://doi.org/10.56127/jukim.v2i04.814>
- Zahra, Z., IDEC, F. F.-S. dan K. N., & 2020, undefined. (2020). Implementasi Metode MRP untuk Pengendalian Bahan Baku Produk ABC Pada PT XYZ. *Idec.Ft.Uns.Ac.Id.* <https://idec.ft.uns.ac.id/wp-content/uploads/IDEC2020/PROSIDING/ID044.pdf>

---

## Artificial Intelligence Tools in Higher Education Students Usage Analysis – Case Study: Sampoerna University

Noorfi Azizah Rahim<sup>1</sup>, Az Zahra Azizah Hanum<sup>2</sup>, Muhammad Agni Catur Bhakti<sup>3</sup>,  
Wandy Wandy<sup>4</sup>

<sup>1,4</sup>Information Systems, Faculty of Engineering and Technology, Sampoerna University

<sup>2</sup>Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Sampoerna University

<sup>3</sup>Computer Science, Faculty of Engineering and Technology, Sampoerna University

Email: [noorfi.rahim@my.sampoernauniversity.ac.id](mailto:noorfi.rahim@my.sampoernauniversity.ac.id)<sup>1</sup>, [az.hanum@my.sampoernauniversity.ac.id](mailto:az.hanum@my.sampoernauniversity.ac.id)<sup>2</sup>,  
[muhhammad.bhakti@sampoernauniversity.ac.id](mailto:muhhammad.bhakti@sampoernauniversity.ac.id)<sup>3</sup>, [wandy.wandy@sampoernauniversity.ac.id](mailto:wandy.wandy@sampoernauniversity.ac.id)<sup>4</sup>

---

### ABSTRACT

*The potential application of AI in education has become an area captivating the younger generation. Among higher education students, AI tools support academic activities by providing students with personalized learning experiences that digitize each student's needs and abilities. This research aims to determine the adoption of AI tools in academic areas, specifically at Sampoerna University. This research contributes to the socialization of the use of AI tools to support academics in a good and correct way. This research used a combination of quantitative and qualitative surveys as primary data. Results show that using AI tools has become common among Sampoerna University students and has gained importance in supporting their academic needs. 50% of respondents used the AI tools in less than six months, and the most used AI tool was for grammar checking. Tablet device was the least used by the students to use the AI tools, with only 6.09%.*

**Keywords:** artificial intelligence, higher education, tools, usage analysis.

### INTISARI

Potensi penerapan Kecerdasan Buatan (AI) dalam pendidikan telah menjadi bidang yang menarik perhatian generasi muda. Di kalangan mahasiswa, perangkat AI mendukung aktivitas akademik dengan memberikan pengalaman belajar terpersonalisasi yang mendigitalkan kebutuhan dan kemampuan setiap mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adopsi perangkat AI di bidang akademik, khususnya di Sampoerna University. Penelitian ini berkontribusi pada sosialisasi penggunaan alat AI untuk mendukung akademisi dengan baik dan benar. Penelitian ini menggunakan kombinasi survei kuantitatif dan kualitatif sebagai data primer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan perangkat AI sudah menjadi hal yang lumrah di kalangan mahasiswa Universitas Sampoerna dan semakin penting dalam mendukung kebutuhan akademis. Terdapat 50% responden menggunakan perangkat AI dalam waktu kurang dari 6 bulan, dan alat AI yang paling banyak digunakan adalah untuk pemeriksaan tata bahasa. Perangkat tablet merupakan perangkat paling sedikit digunakan mahasiswa dalam menggunakan AI dengan hanya 6,09%.

**Kata kunci:** analisis penggunaan, kecerdasan buatan, pendidikan tinggi, perangkat.

---

### INTRODUCTION

Artificial Intelligence (AI) generally refers to a set of computer programs and technologies that simulate the intelligence and function of the human brain (Jaiswal & Arun, 2021). AI applications are increasingly prominent and have gained much attention over the past few years. The most recent McKinsey Global Survey article affirms the massive growth of generative AI technologies. Less than a year after several of these technologies launched, AI has gone from a topic reserved for tech employees to a focus on company leaders (*The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year* | McKinsey, 2023).

AI has brought a new era of innovation and revolution in various fields, including education. The development of AI may have the most significant impact on educational institutions that are expected to keep adjusting to digitalization and incorporating the newest technological skills into their curricula. The potential application of AI in education has become an area that is captivating the younger generation, and this case means the school has no other choice but to provide space for them (Karsenti, 2019).

In recent years, various tools have emerged that change users' lives by providing convenience in AI. Among higher education students, these AI tools support academic activities by providing students with personalized learning experiences that digitize each student's needs and abilities

(Priyahita, 2020). This personalized and adaptive learning experience helps students better understand and grasp complex concepts. For instance, in higher education, students are expected to produce academic writing. Students typically require academic papers, such as essays, research papers, and critical reviews, which require writing skills. However, these writing skills are "difficult to acquire" (Syahnaz & Fithriani, 2023). Students should achieve communicative goals in academic writing by having the ability to problem-solving and strategy application. Therefore, Writers frequently seek out tools and resources to help them improve their writing, ensuring it is clear, concise, and error-free. One of the most used grammar-checking tools in education is Grammarly, which can improve users' writing abilities if used regularly (Arisandi & Sudarajat, 2023).

Besides grammar error-free, students must also paraphrase their writing to lessen plagiarism when they cite someone else's work. Many students struggle with rephrasing their academic writing, and failure to paraphrase appropriately will result in plagiarism accusations. Implementation of sophisticated technology, such as AI in paraphrasing, is needed to address this issue. Students can improve their paraphrasing skills by using online paraphrasing tools. Online paraphrasing tools can help with various tasks, including plagiarism detection and rewriting text. One of the paraphrasing tools most widely used by writers is Quillbot (Syahnaz & Fithriani, 2023).

Using online grammar checkers and paraphrase tools can help writers detect passive sentence writing, change passive sentences to active sentences, find errors in article usage, provide suggestions for using verb alignment correctly, and provide plagiarism detection features in writing. In terms of writing, AI assists students by quickly fixing frequent grammar errors and improving their confidence in writing (Novianti, 2020). Implementing artificial intelligence is beneficial for students who must write in English by utilizing grammar-checking and paraphrasing tools to assist their writing process.

In addition, other AI tools like Chatbots have also attracted students' attention recently. Chatbot development can enhance learning, communication, and productivity while providing practical teaching assistance and reducing ambiguity (Sandu & Gide, 2019). The systems can handle many questions about subjects and placements (Dehankar et al., 2022). With full internet access, this tool allows students to create content by composing essay paragraphs, discussions, questions, and even programming code (Boschee, 2023). In other words, Chat AI serves as a Virtual Assistant (VA) to provide quick, comprehensive information to students (Dehankar et al., 2022).

In addition to writing grammatically and well-spelled, AI also offers benefits for students who have difficulty expressing their thoughts and ideas without the constraints of spelling and handwriting taking notes accurately and independently. Class notes are an essential thing for students' understanding. For some students with difficulty, particularly non-native English speakers and students with disabilities, speech recognition tools are available to help students face that difficulty (Ranchal et al., 2013).

Over the past few years, there have been significant improvements in image creation and processing. Research shows that using AI-generated images for educational purposes is common because most resultant images are satisfied and align with the text input (Aktay, 2022). With the potential for further development of AI tools, more benefits are gained to enhance student's learning experience in higher education.

Nonetheless, since AI Tools have become increasingly common, academics must be aware of the possibility of people exploiting this technology irresponsibly and adopting AI ethically, especially in the academic area (DuBose & Marshall, 2023). The research examines the existence of mixed perceptions among teachers regarding the benefits of AI technology for students, which shows that some teachers recognize its benefits. In contrast, others are concerned about the impact of AI technology on academic integrity (Mohammadkarimi, 2023). Thus, it is critical to emphasize ethical concerns and provide guidelines for the appropriate application of AI in education.

This research aims to determine the proper guidelines for AI tool adoption in academic areas, specifically at Sampoerna University. This research contributes to the socialization of AI tools to support academics properly and ethically.

## RESEARCH METHODOLOGY

This research used a combination of quantitative and qualitative surveys as primary data. The survey was carried out using a questionnaire containing a mix of open-ended and closed-ended questions, employing multiple choice and a Likert scale. This combination was used to measure responses and capture qualitative insights from respondents. Careful consideration was given to question wording to ensure clarity and neutrality to prevent bias.

As the survey was aimed at the students of Sampoerna University, the sampling method used was non-probability sampling, expressly voluntary response sampling due to its convenience, practicality, and cost-effectiveness, allowing the selection of participants who were easily accessible or willing to participate. Although this method may introduce some sampling bias, efforts have been made to ensure diversity in the sample to increase the generalization of the study.

This survey used a standard sample size formula to determine an appropriate sample size for this research. Following manual calculations as available on the (*Sample Size Calculator: Understanding Sample Sizes | SurveyMonkey, 2023*), which can be seen in Equation (1):

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)} \dots\dots\dots (1)$$

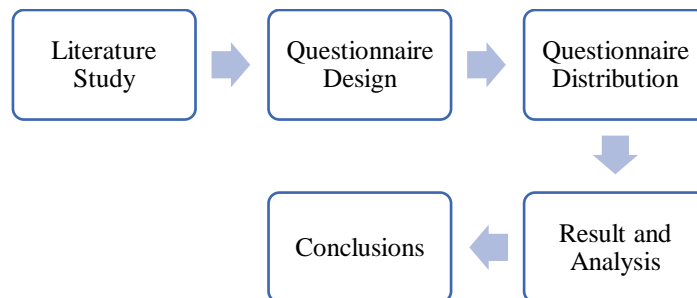
Formula description:

- n = sample size
- z = z-score
- p = standard of deviation
- e = margin of error (in decimal)
- N = population size

The population for this research was 574, with the desired confidence level of 90% to ensure high confidence in the estimates. The z-score value is 1.65 for a standard normal distribution. The margin of error was set at a maximum of 10% to ensure estimates remained reasonable and close to actual population parameters. Based on this survey's sample size estimation formula, this survey needs approximately 83 respondents.

### Research Preparations

The research flow activities are shown in the following Figure 1:



**Figure 1.** Research Flow

This research started with a literature study on using AI in higher education, focusing on Indonesia. This literature study aims to identify gaps and refine research questions. Subsequently, based on the result of the literature study, a structured questionnaire was designed, incorporating closed-ended and open-ended questions.

The questionnaire was input into a software survey form in the second week of September. The questionnaire was distributed online in the next two weeks of September, and the results were collected. Upon data collection, both quantitative and qualitative data were analyzed. The research concludes with formulated conclusions. All the details will be in the following sections.

### Literature Study

The literature study was conducted from August to September 2023. This phase used national Indonesia and international proceedings and journals from 2018-2023 through Google Scholar. The selection time frame allowed for including the most recent advancements and trends in AI integration within higher education.

### Questionnaire Design

Primary data was gathered using Microsoft Forms, which the institution subscribes to for academic purposes. The survey consisted of 7 instruments, six multiple-choice and one instrument



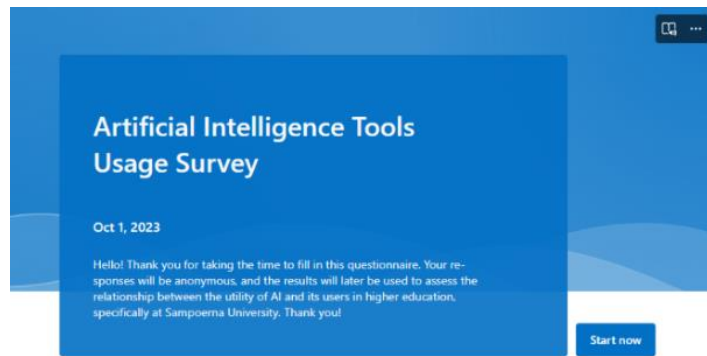
with a 5-point Likert scale format. The following Table 1 shows the instruments used in this research questionnaire:

**Table 1.** Survey Form Instruments

Question	Type	Value
What is your gender?	Option	Male, Female
What year are you in?	Option	First Year, Second year, Third year, Final Year
What is your Faculty?	Option	Faculty of Arts and Science, Faculty of Business, Faculty of Education, Faculty of Engineering and Technology
How long have you been using AI tools in your education?	Option	< 6 months, 1-2 years, 2-3 years, > 3 years
What AI tools do you use?	Option	Grammar Checking, Paraphrasing, Chat, Image Creation, Code Generator, Speech Recognition
What devices do you use for AI tools?	Option	Mobile Phone, Tablet, Desktop/Laptop
You often use AI tools.	Likert	Strongly Agree, Agree, Neutral, Disagree, Strongly Disagree
AI has a positive impact on your academics.	Likert	Strongly Agree, Agree, Neutral, Disagree, Strongly Disagree
AI is common among SU students.	Likert	Strongly Agree, Agree, Neutral, Disagree, Strongly Disagree
You are satisfied with the AI tools you use for your academics.	Likert	Strongly Agree, Agree, Neutral, Disagree, Strongly Disagree

The first to third instruments contain the respondent's demographic information, categorizing them based on their respective cohort and field of study. The demographic details give valuable contextual information for the study. Instruments four to six highlight AI tools as one of the main focuses of the research; this shows specific AI tools Sampoerna University students use, providing insights into the tools' prevalence and relevance in their academic activities.

The final instrument used a Likert scale to attain respondents' opinions regarding the usefulness of AI tools in their academic activities to gain a comprehensive understanding of the subject. This Likert is used to identify and interpret usage patterns and user perspectives related to AI tools in higher education. The questionnaire screenshot is shown on the following Figure 2:



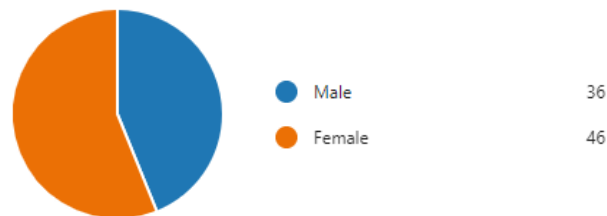
**Figure 2.** Questionnaire Screenshot

### Questionnaire Distributions

An electronically generated and published questionnaire was distributed to the students through WhatsApp, the most used chat application among respondents. The questionnaire was distributed to chat groups, and each student from a different cohort shared the questionnaire in their cohort chat group to reach the aim of survey respondents of 82 students at Sampoerna University.

Students were defined as people who had used one or more AI tools for academic purposes. They filled in the survey voluntarily. The survey was distributed from 18 September to 1 October 2023. The average time for the respondents to complete the questionnaire anonymously was around 4 minutes. As a result, 14.33% of the total respondents exceeded the target survey of 10%.

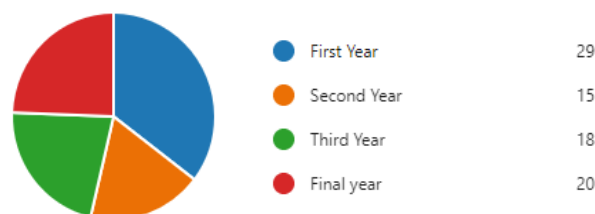
The respondents include male and female students from all cohorts in each Faculty. As given in Figure 3 shows the demographic of the respondents according to gender.



**Figure 3.** Respondent's Distribution by Gender

There were 36 male students and 46 female students who participated in this survey. The difference in respondents based on gender is slight. This result shows that the survey has reached both genders equally, which can provide potential variations in preferences between male and female students.

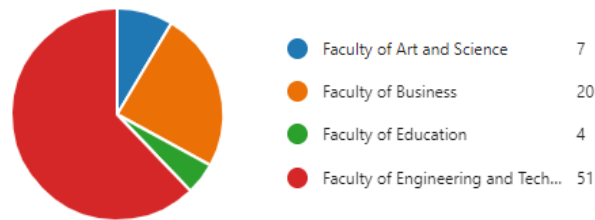
Next, about the respondents based on year, this distribution provided balanced participation information across grade levels. Figure 4 shows the distribution of respondents based on students' cohort:



**Figure 4.** Respondent's Distribution by Year

As shown in Figure 4, the questionnaire was completed by 29 (35.36%) first-year students as a majority of the respondents, followed by 15 (18.29%) second-year students, 18 (21.95%) third-year students, and 20 (24.39%) final-year students participating in this survey. This result concluded that respondents were distributed in all cohorts and represented the survey.

The last respondent's demographic information contained the student's Faculty. Figure 5 shows the distribution of respondents based on Faculty:



**Figure 5.** Respondents Distribution by Faculty

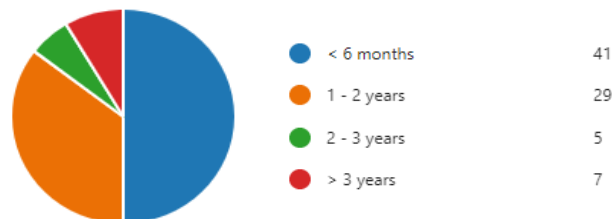
As shown in Figure 5, 51 (62.19%) students from the Faculty of Engineering and Technology were the majority of the respondents. Followed by 20 (24.39%) students from the Faculty of Business, then 7 (8.54%) students from the Faculty of Art and Science, and the last 4 (4.87%) students from the Faculty of Education. This result shows that there was diverse distribution across the Faculty, reflecting a broad range of perspectives and backgrounds among the students who participated in the survey—interpreting the survey results and drawing insights that cater to the interests and expertise of their various groups.

Information from respondents' demographics provided a diverse and reasonably widespread representation of various genders, cohorts, and faculties. This respondent demographic information influenced responses and increased the overall validity of survey results. Additionally, the results provided valuable insights into the research objectives.

## RESULTS AND ANALYSIS

The results collected from the questionnaire provide a snapshot of the student's experience with AI Tools in education. The data indicates that the respondents used various AI tools for varying periods in their education.

As in the first instrument in this section, respondents asked how long they used AI tools in their academic activities. Data shown in Figure 6 focuses on the duration of respondents engaged in AI tools.

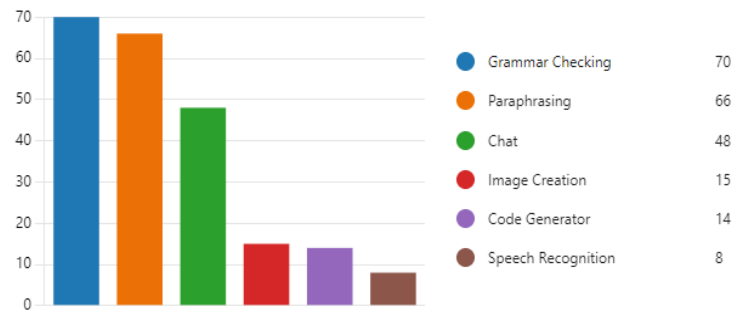


**Figure 6.** Responses to How Long Have AI Tools Used in Education

Forty-one respondents (50%) stated their engagement period in AI tools is less than six months. Their adoption of AI tools in a relatively short period indicated the possibility of new recognition or awareness of the benefits offered by AI tools in an educational context, thereby raising interest in them. Meanwhile, 29 respondents (35.36%) admitted using AI tools in 1-2 years. It indicated a higher level of familiarity due to the more extended period of use for exploring the benefits offered by AI tools.

The difference in the number of respondents using AI tools between 2-3 years and three years and above was slight. Five respondents (6.09%) who used AI tools for 2-3 years showed more engagement with using AI in their academics. Meanwhile, seven respondents (8.53%) have used it for over three years, indicating further and more profound experience.

The following instrument gives information regarding AI tools used by the respondents. A wide variety of AI tools are available for academic purposes. Figure 7 shows respondents' preferences for the AI tools used.



**Figure 7.** AI Tools Used by the Respondents

Of the six types of AI tools mentioned in the questionnaire, 70 respondents (85%) used grammar-checking tools. A large percentage indicated an excellent need for grammar-checking tools among Sampoerna University students. Significantly regarding writing skills, grammar-checking tools can improve student writing and be a real-time-saver. A study related to the use of Grammarly, one of the popular grammar-checking tools, found results that prove the benefits of Grammarly with the discovery that 82% of students passed a passing grade when Grammarly was used in descriptive teaching (Karyuatry et al., 2018). Thus, the result of the questionnaire that the majority of respondents use grammar-checking tools confirms the existence of this tool, which is valuable for higher education students.

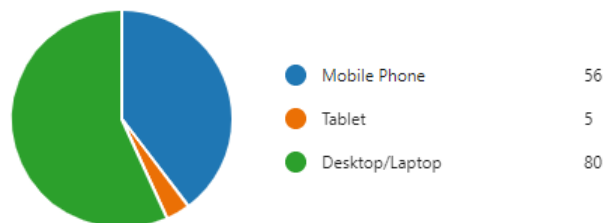
The second most-used tool was paraphrasing tools, with 66 respondents (80%). In the case of Academic Integrity, when plagiarism was restricted, paraphrasing tools provided restructured and rephrased sentences, thereby reducing the percentage of plagiarism in writing.

Chat AI tools also held a significant presence in the AI landscape, as 48 respondents (58%) used this AI tool. This result addressed that students found value in Chatbot AI and utilized it for interactive and real-time communication, where they quickly got information about their studies. It served as their VA.

Meanwhile, fewer respondents used image-creation tools for their academics. Only 15 respondents (18.29%) used this tool, indicating that only a few students used it for their creative work. Students' creative work was independent of AI tools, and there was still room to develop their creative minds.

The utilization of Code Generator had a slight gap with the image creation tool. Although this tool benefited students, only 14 respondents (17%) used it for academic activities. The small percentage indicated the possibility of low recognition of the code generator tool among students in the institution.

Lastly, with eight respondents (9.7%), the speech recognition tool was the least used AI tool. Only a few students used this tool, showing less need and role in speech recognition for academic purposes. Figure 8 shows the results of respondents' preferences regarding the devices they used for AI tools.

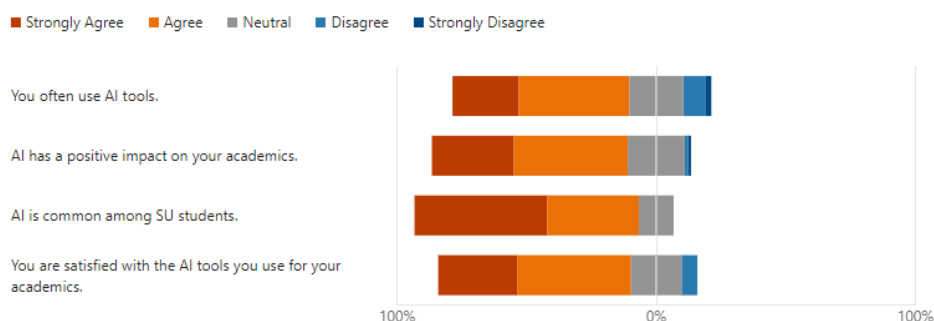


**Figure 8.** Devices Used by the Respondents

With 80 (97.56%) respondents, a laptop or desktop became the most used device to access AI tools among Sampoerna University students. Students who used laptops were in the condition when they were on static movements. They were in places where they could stay for a long time, such as classrooms and home. Followed by mobile phones, there were 56 (68.29%) numbers of respondents who used this device to connect to AI tools. This mobile phone can ease students' access to AI tools in dynamic movements. They use mobile phones in places where they can move around freely. Lastly, only 5 (6.09%) respondents used tablets for using AI tools. This device can be used

both in dynamic and static movements. However, tablets were more likely to be categorized as a luxury device. Therefore, the number of respondents who used this device was less than the other two.

The final questionnaire instrument was a Likert scale. This instrument asked respondents' opinions regarding the listed statements regarding using AI tools in higher education. The scale consists of five levels: strongly agree, agree, neutral, disagree, and strongly disagree, as shown in Figure 9.



**Figure 9.** Likert Questions

Eighty-two respondents answered four statements listed on a Likert scale instrument. As for the first statement, 25.6% of respondents strongly agreed with the frequency of using AI tools. It indicated that students were substantially engaged with the AI tools utilization in their daily lives. 42.7% of respondents agreed that they use AI often for their academic activities. There was a tendency for them to use AI tools, but not daily. As much as 20.7% of respondents stated that they were neutral, indicating that there were possibilities that they used AI tools frequently or rarely.

Additionally, 8.5% of respondents disagreed with the statement, 'You often use AI tools.' This means they did not use AI tools as often as the others who agreed and strongly agreed. They do not tend to use AI tools for their academic activities. Lastly, a small percentage, 2.4%, strongly disagreed with the statement. They indicated that there was a possibility of unfamiliarity with the AI tools. Thus, AI tools were not significantly involved in their academic activities.

The second statement resulted in 75.6% of respondents who stated that AI has positively impacted their academics. Expressly, 31.7% of respondents strongly agreed, and 43.9% agreed. An enormous number of respondents who agreed proved that AI benefits students in the context of academic activities. 22% of respondents were neutral and indicated they could not see whether the AI tools positively impacted their academic activities. Furthermore, only 1.2% of respondents disagreed and strongly disagreed respectively with the statement, indicating that these 2.4% were skeptical of the positive impacts of AI tools in their academics—a generally positive perception of AI's impact on academic activities.

The results of the third statement show that the respondents agreed that AI tools are prevalent among Sampoerna University students. Expressly, 51.2% of respondents strongly agreed, 35.4% agreed, and 13.4% were neutral. None of the respondents answered disagree nor strongly disagree, signified that students have accepted AI tools and were open to their utilization. Therefore, this AI tool has been integrated into the student community.

The final statement on the Likert scale concludes the questionnaire, asking respondents' opinions on whether AI tools are satisfactory for their academic activities. The results show that 74.6% of respondents agreed with this statement, with 43.9% agreeing and 30.5% strongly agreeing, showing that most Sampoerna University students have high approval and satisfaction with using AI. However, it is shown that 19.5% of respondents chose to be neutral, implying a level of uncertainty regarding respondents' satisfaction with the use of AI. Meanwhile, 5% of respondents disagreed with the statement and expressed dissatisfaction with AI tools.

## CONCLUSION

In conclusion, using AI tools has become common among Sampoerna University students and has gained importance in supporting their academic needs. 50% of respondents used the AI tools in less than six months, and the most used AI tool was for grammar checking. Tablet device was the least used by the students in the AI tools, with only 6.09%.



## ACKNOWLEDGMENT

This research activity collaborated with the Information Systems, Industrial Engineering, and Computer Science study programs - Faculty of Engineering and Technology, Sampoerna University. The authors were grateful for the support from the Center for Research and Community Service, Sampoerna University.

## REFERENCES

- Aktay, S. (2022). *The usability of Images Generated by Artificial Intelligence (AI) in Education*. 6(2).
- Arisandi, V., & Sudarajat, A. (2023). REVISITING "GRAMMARLY" IN HIGHER EDUCATION (A LITERATURE REVIEW). *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(8), Article 8. <https://doi.org/10.53625/jirk.v2i8.5461>
- Boschee, P. (2023). Comments: AI Language Tools Hit the Books . . . and Technical Content? *Journal of Petroleum Technology*, 75(04), 8–9. <https://doi.org/10.2118/0423-0008-JPT>
- Dehankar, D. (Mrs). A., Kirpan, S., Jha, A., Thosare, G., Bhaisare, A., & Mankar, S. (2022). AI Chatbot Using Dialog Flow. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, 7(9), 7–11. <https://doi.org/10.46335/IJIES.2022.7.9.2>
- DuBose, J., & Marshall, D. (2023). AI in academic writing: Tool or invader. *Public Services Quarterly*, 19(2), 125–130. <https://doi.org/10.1080/15228959.2023.2185338>
- Jaiswal, A., & Arun, C. (2021). Potential of Artificial Intelligence for transformation of the education system in India. *The International Journal of Education and Development Using Information and Communication Technology*, 17, 142–158.
- Karsenti, T. (2019). Artificial intelligence in education: The urgent need to prepare teachers for tomorrow's schools. *Formation et profession*, 27(1), 105. <https://doi.org/10.18162/fp.2019.a166>
- Karyuatry, L., Rizqan, M. D., & Darayani, N. A. (2018, March). *Grammarly as a Tool to Improve Students' Writing Quality: Free Online-Proofreader across the Boundaries | Karyuatry | JSSH (Jurnal Sains Sosial dan Humaniora)*. <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JSSH/article/view/2297/1986>
- Mohammadkarimi, E. (2023). Teachers' reflections on academic dishonesty in EFL students' writings in the era of artificial intelligence. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.10>
- Novianti, E. (2020, June 12). *EFL Students' Perceptions on the Use of Grammarly in Writing Thesis*. Tarbiyah dan Keguruan. <https://idr.uin-antasari.ac.id/14414/>
- Priyahita, R. (2020, January 1). *The Utilization of E-Learning and Artificial Intelligence in the Development of Education System in Indonesia*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200818.061>
- Ranchal, R., Taber-Doughty, T., Guo, Y., Bain, K., Martin, H., Paul Robinson, J., & Duerstock, B. S. (2013). Using speech recognition for real-time captioning and lecture transcription in the classroom. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(4), 299–311. <https://doi.org/10.1109/TLT.2013.21>
- Sample Size Calculator: Understanding Sample Sizes | SurveyMonkey*. (2023). <https://www.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- Sandu, N., & Gide, E. (2019). Adoption of AI-Chatbots to Enhance Student Learning Experience in Higher Education in India. *2019 18th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITHET46829.2019.8937382>
- Syahnaz, M., & Fithriani, R. (2023). Utilizing Artificial Intelligence-based Paraphrasing Tool in EFL Writing Class: A Focus on Indonesian University Students' Perceptions. *Scope : Journal of English Language Teaching*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.30998/scope.v7i2.14882>
- The state of AI in 2023: Generative AI's breakout year | McKinsey*. (2023). McKinsey. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2023-generative-ais-breakout-year>

## Porositas Produk Olahan Jahe Merah terhadap Variasi Suhu Evaporasi-Kristalisasi dan Persentase Gula Batu

Valentinus Enrico Kurniyanto<sup>1</sup>, Dessy Agustina Sari<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: [dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id](mailto:dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id)

### ABSTRACT

*Red ginger (Zingiber officinale var. Rubrum) is one of the most popular plants in Indonesia. Generally, the processed product is distributed in the community in the form of red ginger extract powder. This study examines the production of processed red ginger products in the form of red ginger powder with variations in temperature treatment (80 and 90°C) and the percentage of sugar cubes (60 and 100%). The purpose of this study was to determine the effect of temperature variations and crystallization agent levels on the porosity value of red ginger powder products, both research results and commercial products that have been circulating in the market. Analysis of test results obtained from scanning electron microscope (SEM) surface morphology images with prior conversion to matrix data. The analysis step utilized the Origin program version 2019b. The results of the study with four treatments gave a positive value for porosity. The best treatment obtained was at 90°C and 100% sugar content for residual red ginger raw material (pulp). The highest porosity value for red ginger powder was 76.48%. Meanwhile, the highest commercial product was 77.00%. Indirectly, the research product has a porosity value that is close to the commercial product. The surface area of the product can significantly influence the porosity value between powder and granule products from ginger processing in an effort to increase post-harvest shelf life.*

**Keywords:** crystallization, crystallization agent, ginger extract, ginger powder, evaporation.

### INTISARI

Jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) merupakan salah satu tanaman yang diminati masyarakat Indonesia. Umumnya produk olahannya tersebar di masyarakat dalam bentuk serbuk ekstrak jahe merah. Penelitian ini mengkaji produksi produk olahan jahe merah berupa serbuk jahe merah dengan variasi perlakuan suhu (80, dan 90°C) serta persentase gula batu (60, dan 100%). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan kadar agen kristalisasi terhadap nilai porositas produk serbuk jahe merah baik hasil penelitian maupun produk komersial (yang telah beredar di pasar). Analisis hasil uji didapatkan dari gambar morfologi permukaan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perubahan terlebih dahulu menjadi data matriks. Langkah analisis memanfaatkan program Origin versi 2019b. Hasil penelitian dengan empat perlakuan tersebut memberikan nilai positif pada porositas. Perlakuan terbaik yang didapatkan berada pada suhu 90°C dan kadar gula batu 100% untuk bahan baku jahe merah residu (ampas). Lalu, nilai porositas tertinggi untuk produk serbuk jahe merah adalah 76,48%. Sedangkan, produk komersial tertinggi sebesar 77,00%. Secara tidak langsung, produk penelitian memiliki nilai porositas yang mendekati produk komersial. Luas permukaan produk mampu memberikan pengaruh signifikan atas nilai porositas antara produk serbuk maupun granul dari pengolahan jahe sebagai upaya peningkatan umur simpan pasca panen.

**Kata kunci:** agen kristalisasi, ekstrak jahe, evaporasi, kristalisasi, serbuk jahe.

### PENDAHULUAN

Jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) merupakan bagian rimpang dari tanaman jahe merah yang berwarna merah sebagai ciri khasnya dengan ukuran rimpangnya lebih kecil. Selain itu, jahe merah memiliki rasa yang lebih pedas. Pemanenan jahe pada usia 6 hingga 10 bulan (Wagiono et al., 2020). Dari penelitian (Rostiana et al., 2016) diketahui bahwa pemanenan varietas unggul Cimanggu-1 atas jahe merah mampu memberikan rimpang segar sebesar 22 ton/ha.

Jahe merah termasuk ke dalam salah satu tanaman biofarmaka yang diminati karena kandungannya mampu memberikan banyak manfaat bagi kesehatan. Peningkatan minat konsumen seiring wabah pandemi Covid-19 sebelumnya hingga mencapai 17.490 ton sebagai penawaran tertinggi jahe (Lestari et al., 2022). Provinsi Jawa Barat turut berkontribusi dalam peningkatan produksi tanaman jahe dari tahun 2020 hingga 2022 sebesar 34.910 menjadi 54.741 ton (BPS, 2023).

Jahe merah telah dimanfaatkan sebagai rempah-rempah, bumbu dapur, dan juga produk minuman kesehatan. Jahe merah dikonsumsi dalam bentuk minuman disebabkan adanya kandungan yang baik bagi tubuh manusia. Perannya berupa sebagai antioksidan, antiinflamasi, karsinogenik, antitumor, dan antibakteri (Silalahi, 2021) serta sebagai immunomodulator yang berasal dari senyawa fenolik gingerol dan shogaol (Ayun et al., 2023; Meirista et al., 2022; Naulina et al., 2023; D. A. Sari, Martin, et al., 2021).

Minuman jahe merah menjadi bagian dalam kategori serbuk minuman tradisional karena berasal dari bahan rempah-rempah dengan bahan tambahan campuran gula (Badan Standarisasi Nasional, 1996). Minuman jahe merah dihasilkan dari ekstraksi rimpang jahe menjadi bubuk instan yang siap dikonsumsi. Pembuatan atas minuman ini juga dilakukan oleh (Edy & Ajo, 2020) dengan bahan berupa jahe, gula, air, dan bahan pendukung lainnya. Proses pembuatannya dapat melibatkan metode proses berupa kristalisasi, *foam mat drying*, *spray drying*, dan *freeze drying* (Asiah et al., 2023; Aslamiyah et al., 2022). Metode kristalisasi menjadi salah satu langkah proses terbaik dari sisi biaya operasional, konvensional peralatan, dan juga mampu menghasilkan serbuk yang memenuhi persyaratan yang berlaku.

Penelitian ini akan mengkaji produksi serbuk jahe merah yang melibatkan proses evaporasi dan kristalisasi. Kedua proses berlangsung dengan pengaturan variabel penelitian berupa suhu (80, dan 90°C) dan persentase agen kristalisasi – gula batu (60, dan 100%). Produk serbuk jahe merah yang dihasilkan akan ditinjau porositasnya. Selama ini, nilai porositas belum dilakukan oleh peneliti lainnya. Hasil morfologi dari penggunaan peralatan *Scanning electron Microscopy* (SEM) akan memberikan gambaran tentang ruang masuknya cairan sehingga sampel mudah terbasahi (Sulastri et al., 2017). Hal yang sama juga didapatkan oleh (Pertiwi, 2020). Hasil penelitiannya menyatakan bahwa semakin banyak ruang kosong atau porositas dalam sampel maka semakin banyak jumlah air yang dapat masuk ke dalam produk serbuk tersebut. Tinjauan aspek porositas bertujuan untuk mengetahui kelarutan serbuk jahe merah terhadap zat pelarut atas morfologi serbuk yang dihasilkan. Capaian ini selanjutnya akan mengarahkan ke kualitas produk minuman siap konsumsi.

Kelarutan menjadi salah satu sifat produk minuman bubuk yang dipengaruhi oleh porositas partikel. Produk minuman akan menjadi cepat larut ketika partikel serbuk yang dihasilkan memiliki porositas (Yohana, 2016). Untuk produk yang mengandung gula, tingkat kecepatan kelarutan produk serbuk juga disampaikan serupa yaitu ditentukan dari porositas produk (Zuliana et al., 2016). Porositas juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi waktu alir partikel granul minuman serbuk (Utami et al., 2022). Dengan demikian, kajian porositas produk serbuk jahe merah akan diimbangi oleh variabel proses berupa suhu dan kadar gula batu. Selain itu, sampel produk juga dikaji secara berulang dengan produk serbuk jahe merah yang telah beredar di pasar (produk komersial).

## METODE

Penelitian ini menggunakan peralatan evaporator-kristalisasi untuk melangsungkan proses evaporasi dan dilanjutkan proses kristalisasi. Sebelumnya, bahan baku jahe merah dan bahan pendukung mendapatkan perlakuan awal sebelum memasuki proses pelarutan bersama aquades (Sari et al., 2021). Ekstrak jahe merah akan diproses pada suhu operasi 80-90°C dan juga memvariasikan persentase gula batu (60 dan 100%) untuk mendapatkan produk bubuk jahe merah. Penyeragaman ukuran produk turut diberikan untuk membantu proses pengujian di laboratorium. Produk serbuk jahe merah disimpan dalam wadah tertutup rapat (disajikan pada Tabel 1) untuk selanjutnya dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Selain produk komersial (label E dan F) juga dilibatkan sebagai pembanding terhadap produk serbuk hasil penelitian.

**Tabel 1.** Penamaan produk serbuk jahe merah

Kode Produk dan Variabel Proses			
Bahan baku segar		Bahan baku residu	
A1	80°C, 60%	A2	80°C, 60%
B1	80°C, 100%	B2	80°C, 100%
C1	90°C, 60%	C2	90°C, 60%
D1	90°C, 100%	D2	90°C, 100%

Langkah perolehan nilai porositas dimulai dengan mengubah gambar morfologi ke dalam bentuk matriks. Cara ini menghasilkan nilai  $H_{maks}$ ,  $H_{min}$ , X, Y, dan volume integral. Nilai  $H_{maks}$  dan  $H_{min}$  terlihat dari pembacaan skala dengan warna keabuan pada penampilan morfologinya. Sedangkan, nilai X dan Y berasal dari dimensi kolom dan baris matriks yang terbaca. Nilai porositas,

$\phi$  , dinyatakan dalam bentuk persentase dan nilai ini untuk produk serbuk jahe merah terestimasi dengan menggunakan persamaan (1) hingga (5) berikut.

$$\phi = \frac{\text{Volume pori}}{\text{Volume total}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{\text{pori}} = V_{\text{total}} - V_{\text{solid}} \dots\dots\dots (2)$$

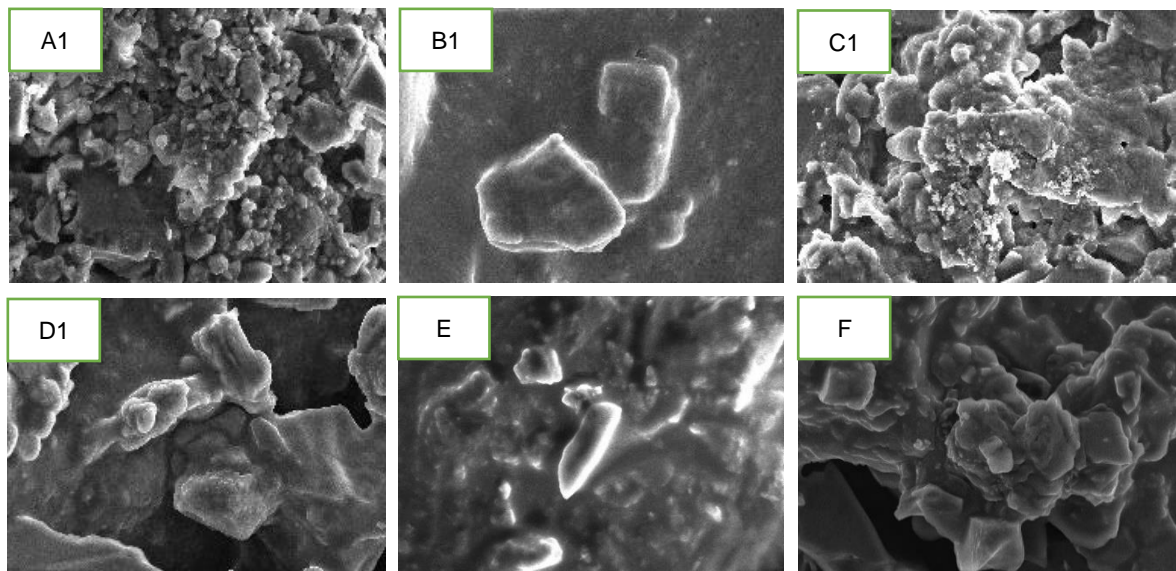
$$V_{\text{total}} = X Y (H_{\text{maks}} - H_{\text{min}}) \dots\dots\dots (3)$$

$$V_{\text{solid}} = V_{\text{integral}} - V_{\text{di bawah kurva}} \dots\dots\dots (4)$$

$$V_{\text{di bawah kurva}} = X Y \times H_{\text{min}} \dots\dots\dots (5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil morfologi permukaan serbuk jahe merah ditunjukkan pada Gambar 1 dengan penyajian nilai porositas produk diberikan pada Gambar 2 berikut. Penggunaan persamaan (1) hingga (5) memberikan hasil untuk nilai  $H_{\text{maks}}$ . dan  $H_{\text{min}}$  dari skala keabuan. Warna gelap merupakan posisi serbuk jauh dari detektor pantulan elektron ( $H_{\text{min}}$ ). Sedangkan warna terang pada kedua gambar menandakan posisi serbuk yang dekat ( $H_{\text{maks}}$ ). Keterlibatan program Origin versi 2019b membantu penafsiran morfologi untuk terlihat lebih akurat terhadap pembacaan nilai porositas.



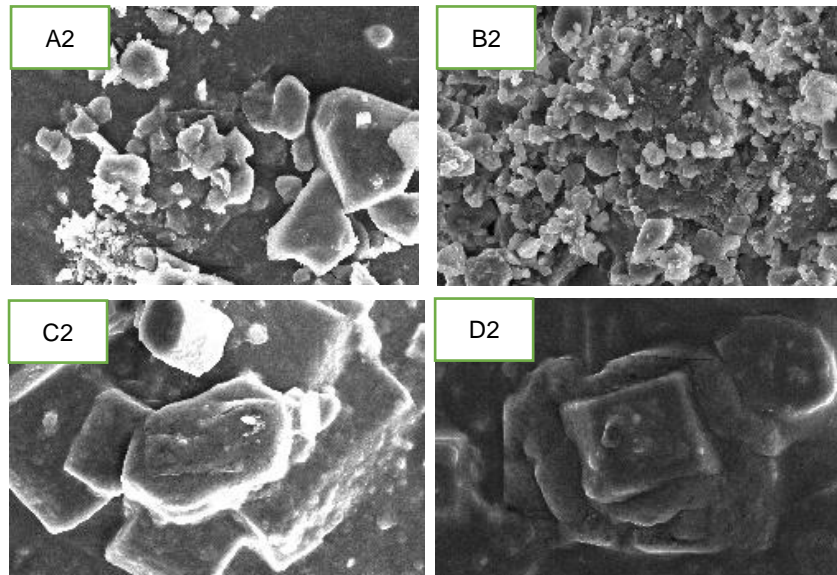
**Gambar 1.** Morfologi permukaan produk serbuk jahe merah berbahan baku segar dan komersial dengan perbesaran 3000x skala 5  $\mu\text{m}$

Serbuk jahe merah yang terproduksi memiliki variasi suhu (80, dan 90°C) serta kadar agen kristalisasi – gula batu (60, dan 100%). Sampel A1, B1, C1, dan D1 merupakan ekstrak jahe merah berbahan baku segar. Pasca proses evaporasi-kristalisasi memberikan nilai porositas beragam, yaitu kisaran 53,48 hingga 68,03%. Dalam suhu yang sama, nilai porositas produk serbuk jahe merah pada 100% kadar gula batu lebih tinggi dibandingkan pemberian 60% kadar agen kristalisasinya. Kuantitas ekstrak jahe merah yang diumpangkan setiap *running* penelitian adalah sama. Secara tidak langsung, peran kadar gula yang dibutuhkan dalam menghasilkan peningkatan nilai porositas juga sebaiknya lebih tinggi. Semakin tinggi kadar gula batu yang diberikan akan mendukung kemampuan agen kristalisasi dalam menghasilkan serbuk jahe merah yang berpori. Kuantitas porositas yang dimiliki produk serbuk menyatakan banyaknya pori-pori yang ada di dalam sediaan serbuk (Tomagola et al., 2014).

Penurunan nilai porositas terjadi seiring dengan peningkatan suhu proses evaporasi-kristalisasi yaitu 64,87 menjadi 53,48% (hanya pada 60% kadar gula batu). Hal ini diduga keterlibatan suhu proses evaporasi yang lebih tinggi. Kondisi tersebut dengan kadar gula batu 60% menghasilkan serbuk yang kurang berpori (nilai porositas turun). Capaian ini berbeda dengan peningkatan suhu dan juga pada maksimal pemberian kadar gula. Hasil untuk nilai porositasnya meningkat dari 64,87 menjadi 68,03%. Selain itu, faktor penambahan kadar gula meningkatkan waktu proses produksi serbuk jahe merah secara signifikan (1,667 – 2 kali) dari 60 menjadi 100% seiring dengan peningkatan suhu. Namun, capaian lain terjadi untuk peningkatan suhu (80 ke 90°C) pada 60% kadar gula batu



yang sama memberikan penurunan waktu produksi sebesar 2 jam lebih cepat. Secara tidak langsung, nilai porositas tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum berada di suhu 90°C dan 100% kadar gula batu yang ditunjukkan D1 pada Gambar 1 tersebut. Pemberian maksimal kadar agen kristalisasi dan suhu operasi evaporasi-kristalisasi mampu memberikan semakin besar nilai porositas. Penelitian (Matanari & Gusriani, 2019) turut menyatakan bahwa peningkatan nilai porositas disertai kenaikan suhu untuk melangsung proses evaporasi. Akibatnya, semakin besarnya rongga-rongga partikel mampu mempercepat kelarutan bubuk kopi instan ke dalam media air seduh.



**Gambar 2.** Morfologi permukaan produk serbuk jahe merah berbahan baku residu dengan perbesaran 3000x skala 5  $\mu\text{m}$

Pemanfaatan bahan baku residu atas jahe merah dan pendukung juga dilakukan. Kualitas produk serbuk jahe merah turut memberikan kontribusi, khususnya tentang porositas terhadap kelarutan sebagai produk minuman siap konsumsi. Gambar 2 menunjukkan hasil kegiatan penelitian atas ampas bahan baku. Peningkatan kadar gula batu (dari 60 menjadi 100%) baik pada suhu 80 maupun 90°C mampu memberikan peningkatan nilai porositas dari 54,96 menjadi 57,88% dan 51,06 menuju 76,48%, secara berturut-turut. Ketiga capaian di atas angka 51% untuk nilai porositas menunjukkan bahwa bahan baku residu mampu bersaing dengan bahan baku segar pada kondisi suhu 90°C dengan 60% kadar agen kristalisasi. Lalu, waktu proses produksi serbuk jahe merah dalam melalui proses evaporasi-kristalisasi tidak signifikan antara bahan baku segar maupun residu. Secara sederhana, pemanfaatan bahan baku residu memiliki sisi positif bagi UMKM jahe merah dalam menekan biaya operasional untuk biaya pembelian bahan baku.

Gambar 2 juga menampilkan kondisi operasi optimum berada pada suhu 90°C dengan maksimalnya pemberian kadar gula batu (100%) atau dilabeli D2 pada gambar tersebut. Penggunaan bahan baku segar maupun bahan baku residu turut memberikan capaian hasil yang sama untuk kondisi operasi optimum. Sisi lanjutan bagi pihak UMKM dan lainnya dapat memanfaatkan capaian dalam memangkas waktu produksi serbuk jahe dan meningkatkan kapasitas produksi serbuk jahe merah. Sisi nilai porositas mendukung keberhasilan tinjauan produksi serbuk jahe merah pada kegiatan penelitian ini, yaitu 76,48%. Sisi lainnya, ampas jahe merah juga memiliki potensi bioenergi dengan tambahan proses yang ramah lingkungan (Gao et al., 2021; D. A. Sari & Hadiyanto, 2013).

Kajian serupa juga turut menyatakan bahwa semakin tinggi nilai porositas mengindikasikan partikel produk semakin berporous. Semakin berpori atau berongga akan menjadikan partikel tersebut semakin mudah melarut (Haryanto, 2016). Kemudian, peneliti lainnya turut menyuarakan bahwa semakin besar penambahan agen kristalisasi (yaitu gula, salah satunya) mampu memberikan kecenderungan peningkatan kelarutan produk serbuk instan (Koswara & Diniari, 2016). Sisi lain, (B. P. Lestari, 2019) turut menyatakan bahwa produk serbuk instan membutuhkan perlakuan suhu yang sesuai selama melangsungkan proses pengeringan. Pemberian kondisi suhu tersebut bertujuan untuk mencegahnya adanya sifat rehidrasi atas nilai dan sifat porositas yang dimiliki. Hasil penelitian (Siagian et al., 2017) turut memberikan kontribusi bahwa peningkatan kadar agen kristalisasi pada



produksi serbuk jahe merah akan mengakibatkan peningkatan kuantitas total baik berupa padatan (serbuk), padatan terlarut, dan juga mampu memberikan dampak penurunan kadar air.

Produk komersial berbahan baku jahe merah juga turut dilibatkan yang dilabeli huruf E dan F pada Gambar 1 sebelumnya. Keduanya memiliki nilai porositas sebesar 68,29 dan 77,00%, secara berturut-turut. Tingginya nilai porositas ini jika dilihat secara mata telanjang dapat diketahui melalui permukaan padatan yang halus (tinggi *mesh*-nya). Produk penelitian yang dihasilkan baik berbahan baku segar maupun residu melewati penyaringan dengan tingkat kehalusan 100 mesh. Kemudian, ragamnya nilai porositas baik produk serbuk jahe merah berbahan baku segar maupun residu mampu menunjukkan besarnya potensi pemanfaatan jahe merah bagi UMKM (D. A. Sari & Sukanta, 2020) maupun industri berbahan rempah sejenisnya dengan kondisi suhu (80, dan 90°C) serta pemberian kadar agen kristalisasi (60, dan 100%).

Produk komersial yang ditemui tidak hanyalah memanfaatkan jahe merah semata sebagai bahan baku utama. Produk serbuk jahe merah pada (Nurhayati et al., 2022) menggunakan campuran rempah lainnya, yaitu kapulaga, dan secang, serta (Listiana & Herlina, 2015) berupa temulawak dan kunyit putih. Nilai porositas yang jauh berbeda ditunjukkan oleh (Lubis et al., 2016) yaitu 36,17%. Produk pemanfaatan jahenya berupa granul *effervescent*. Luas permukaan produk jahe antara granul dan serbuk (*mesh*) turut memberikan pengaruh secara signifikan atas nilai porositas. Pihak UMKM juga membutuhkan perhatian ini yaitu peralatan *size reduction* setelah produk serbuk jahe merah dihasilkan (Sari et al., 2020, 2023; Sari & Hadiyanto, 2013) maupun lanjutan label kemasan (Fardiansyah et al., 2023; Ulfa et al., 2022) untuk menghadapi kompetisi global terhadap produk komersial lainnya (Fauzia et al., 2023).

## KESIMPULAN

Penelitian mengenai porositas produk serbuk jahe merah berbahan baku segar dan residu dengan kondisi operasi suhu proses evaporasi-kristalisasi (80, dan 90°C), serta kadar agen kristalisasi (60, dan 100%) telah dilaksanakan. Kondisi optimum untuk nilai porositas dari kedua bahan baku dimiliki pada suhu 90°C dan 100% kadar gula batu dengan capaian 68,03 dan 76,48%, secara berturut-turut. Produk komersial yang telah beredar (berbahan baku jahe) memiliki nilai porositas berupa 68,29 dan 77,00%. Pemberian kondisi operasi berupa suhu dan kadar gula batu baik berbahan baku jahe merah segar maupun ampas memiliki ruang untuk bersaing bagi UMKM maupun rencana penerapan skala *pilot plant* lebih lanjut. Capaian nilai porositas memiliki kaitan atas tingkat kehalusan dan bentuk produk (baik granul maupun serbuk) baik kontribusi peneliti sebelumnya yang tidak hanya menjadikan jahe sebagai bahan baku utama, tetapi melibatkan rempah lain seperti kapulaga, secang, temulawak, maupun kunyit putih sebagai produk serbuk dan produk minuman siap konsumsi sebagai lanjutan dari produk serbuk tersebut bagi kesehatan tubuh manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asiah, N., Sari, D. A., Triyastuti, M. S., & Djaeni, M. (2023). *Peralatan pengering pangan*. Bintang Semestar Media Yogyakarta. [https://www.researchgate.net/publication/375379987\\_Peralatan\\_Pengering\\_Pangan](https://www.researchgate.net/publication/375379987_Peralatan_Pengering_Pangan)
- Aslamiyah, N. A., Anastasia, D. S., & Luliana, S. (2022). Metode-metode pembuatan minuman serbuk instan. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran Univeritas Tanjung Pura*, 6(1), 1–11.
- Ayun, Q., Rosmawati, A., Sari, D. A., Gurning, K., Lestari, Y. P. I., Khurniyati, M. I., Nendissa, S. J., Novitriani, K., Aryasa, I. W. T., Fahmi, A., Naulina, R. Y., Nendissa, D. M., Sr, M. Z., Hati, R. P., Fauziah, S., & Hasibuan, A. K. H. (2023). *Kimia organik*. Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung. <https://repository.penerbitwidina.com/media/publications/559158-kimia-organik-894999a4.pdf>
- Badan Standarisasi Nasional, B. (1996). *SNI 01-4320-1996 tentang serbuk minuman tradisional*. Badan Standarisasi Nasional.
- BPS, B. (2023). *Statistik Indonesia 2023* (pp. 1–830) [Katalog 1101001]. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2023/02/28/18018f9896f09f03580a614b/statistik-indonesia-2023.html>
- Edy, S., & Ajo, A. (2020). Pengolahan jahe instan sebagai minuman herbal di masa pandemik Covid—19. *Intelektiva: Jurnal Ekonomi, Sosial, dan Humaniora*, 2(3), 177–183.
- Fardiansyah, M. I., Sari, D. A., Firdaus, M. A., & Ulfa, V. S. (2023). Pengembangan label kemasan botol pada produk bubuk jahe merah. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3033–3038. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3033-3038>

- Fauzia, F., Kamil, M. I., Savitri, M. D., Dhiya, S., Suherman, M., Ratnasari, Y., Malik, L. A., Marendra, A. G., Wibowo, L. K., Sinabutar, K. V., Sari, D. A., Hasyim, M., & Sukanta, S. (2023). Strategi Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Kuliner Lokal Dalam Menghadapi Kompetisi Global. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(8), 2977–2985. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i8.2977-2985>
- Gao, Y., Ozel, M. Z., Dugmore, T., Sulaeman, A., & Matharu, A. S. (2021). A Biorefinery Strategy for Spent Industrial Ginger Waste. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123400>
- Haryanto, B. (2016). Pengaruh Konsentrasi Putih Telur Terhadap Sifat Fisik, Kadar Antioksidan Dan Aktivitas Antioksidan Bubuk Instan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Dengan Metode Foam Mat Drying. *Jurnal Kesehatan*, 7(1), 1–8.
- Koswara, S., & Diniari, A. (2016). Peningkatan Mutu Dan Cara Produksi Pada Industri Minuman Jahe Merah Instan di Desa Benteng, Ciampea, Bogor. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(2), 149–161. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.1.2.149-161>
- Lestari, B. P. (2019). Karakteristik Fisik Dan Sensoris Cendol Instan Dengan Penambahan Cincou Hijau (*Cyclea barbata* L.). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 3(1), 65–80.
- Lestari, R. D., Hanifah, U., Resky, D., Ayu, & Risma, R. (2022). Kajian Permintaan Dan Penawaran Jahe Di Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 6(3), 1098–1108. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.03.29>
- Listiana, A., & Herlina, H. (2015). Karakterisasi Minuman Herbal Celup Dengan Perlakuan Komposisi Jahe Merah: Kunyit Putih, Dan Jahe Merah: Temulawak. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, 2(1), 171–181. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v2i1.105>
- Lubis, N., Prasetiawati, R., & Rahmat, G. (2016). Formulation, Evaluation, And Comparison Of The Spiciness Intensity Of Ginger Effervescent Granules. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(1), 9–16. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i1.7911>
- Matanari, F., & Gusriani, I. (2019). Pengaruh Penambahan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Mutu Kopi Instan Dari Bubuk Kopi Robusta (*Coffea canephora*) dengan menggunakan vacuum dryer. 922–941. <https://repository.unja.ac.id/11634/1/02%20MALTODEKSTRIN%20DAN%20MUTU%20KOP1%20INSTAN.pdf>
- Meirista, I., Hadriyati, A., Aptiarmi, H., & Jannah, M. (2022). Pemanfaatan Rimpang Jahe Merah Dalam Usaha Pengobatan Dan Pemeliharaan Kesehatan. *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 912–917.
- Naulina, R. Y., Stiawan, E., Nendissa, S. J., Nendissa, D. M., Sari, D. A. S., Ariyanti, D., Sulisty, A. B., Siahaya, A. N., Fatmah, N., Rahim, H., Rosmawati, A., Khurniyati, M. I., & Fahmi, A. (2023). *Kimia industri*. Penerbit Widina Media Utama.
- Nurhayati, A. P. D., Ersandy, A. R. D., Sa'adah, N. N., Setiawan, E., Ashuri, N. M., Indiani, A. M., Wahyudi, A., Rintaningrum, R., & Wayan, N. (2022). Diversifikasi produk herbal serbuk instan jahe merah dalam upaya peningkatan produktivitas masyarakat Desa Oro-Oro Ombo, Kota Batu. *Sewagati*, 6(4), 1–8. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i4.88>
- Pertiwi, F. G. P. (2020). Karakteristik Fisik, Kimia, Dan Sensoris Beras Instan Dengan Penambahan Ekstrak Wortel (*Daucus carota* L.) (pp. 1–92). Universitas Jember. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/100861>
- Rostiana, O., Bermawie, N., & Rahardjo, M. (2016). *Standar Prosedur Operasional Budidaya Jahe* (pp. 1–12). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Sari, D. A., & Hadiyanto, H. (2013). Proses Produksi Bioenergi Berbasis Bioteknologi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(3), 108–113.
- Sari, D. A., Hakiim, A., Irawan, R., & Dewi, R. (2020). Penataan Ulang Area Produksi Industri Rumah Tangga Kabupaten Bekasi. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 4(1), 53–62. <https://doi.org/10.29407/ja.v4i1.14602>
- Sari, D. A., Martin, M. R., Azzhara, M., Firdaus, M. A., Ulfa, V. S., Ikhtiari, T., & Sumarsih, S. (2021). *Top 33 Chemical Engineering Essay Competition (part 1)*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia. [https://www.researchgate.net/publication/358356753\\_Top\\_33\\_Chemical\\_engineering\\_essay\\_competition\\_part\\_1](https://www.researchgate.net/publication/358356753_Top_33_Chemical_engineering_essay_competition_part_1)
- Sari, D. A., & Sukanta, S. (2020). Pendampingan Peningkatan Ekonomi Warga Kabupaten Karawang Melalui Budidaya Tanaman Jahe Merah. *Prosiding Seminar Nasional Rekarta 2020*, 91–97.

- Sari, D. A., Sukanta, S., Saputro, N. W., Hasyim, M., & Fitriah, F. (2023). Ekstensifikasi Tahap Akhir Bagi UMKM Jahe Merah (Size Reduction Pasca Proses Kristalisasi). *Martabe: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(9), 3139–3146. <https://doi.org/10.31604/jpm.v6i9.3139-3144>
- Sari, D. A., Sukanta, S., Wagiono, W., & Irawan, A. (2021). Peningkatan Produksi Bubuk Jahe Merah Melalui Introduksi Sistem Penghalusan. *Jurnal Masyarrakat Mandiri*, 5(2), 615–623.
- Sari, D., & Hadiyanto, H. (2013). Teknologi Dan Metode Penyimpanan Makanan Sebagai Upaya Memperpanjang Shelf Life. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(2), 52–59.
- Siagian, H., Rusmarilin, H., & Julianti, E. (2017). Pengaruh Perbandingan Jumlah Gula Aren Dengan Krimer Dan Persentase Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Bubuk Minuman Jahe Instan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 5(4), 693–700.
- Silalahi, P. E. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale Var. Rubrum*) Terhadap Bakteri *Bacillus Cereus* Dan *Salmonella Thypi* (pp. 1–50). Universitas Negeri Medan. <http://digilib.unimed.ac.id/45204/>
- Sulastri, L., Fariz, R. M., & Rizikiyan, Y. (2017). Formulasi Granul Effervescent Ekstrak Etanol Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* Linn). *The Medical Science Journal*, 2(1), 25–33.
- Tomagola, M. I., Hasyim, N., & Rahman, F. (2014). Formulasi Suspensi Kering Kombinasi Ekstrak Etanol Kunyit (*Curcuma Longa* L.) Dan Serbuk Daging Buah Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla.) dengan variasi bahan pensuspensi. *Jurnal As-Syifaa*, 6(2), 166–177.
- Ulfa, V. S., Fardiansyah, M. I., Firdaus, M. A., & Sari, D. A. (2022). Peran Transformasi Kemasan Pada Produk Bubuk Jahe Merah (botol ke standing pouch). *Jurnal Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 1–7.
- Utami, S. M., Ismaya, N. A., Ratnaningtyas, T. O., & Yunarto, N. (2022). Formulasi Sediaan Minuman Serbuk Fungsional Kombinasi Biji Jagung (*Zea mays* L.) dan madu. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 12(2), 109–117. <https://doi.org/10.22435/jki.v0i0.5536>
- Wagiono, W., Sari, D. A., Miledhiya, S. A., Fitria, I. A., Sidabutar, K. V., Kamiil, M. I., & Fadzrin, A. G. M. (2020). Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Keragaan Pertumbuhan Dan Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale rubrum*) di Kecamatan Majalaya Kabupaten Karawang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(5), 41–46.
- Yohana, R. (2016). Karakteristik Fisiko Kimia Dan Organoleptik Minuman Serbuk Instan Dari Campuran Sari Buah Pepino (*Solanum muricatum*, Aiton.) dan Sari Buah Terung Pirus (*Cyphomandra Betacea*, Sent.) (pp. 1–64). Universitas Andalas. <http://scholar.unand.ac.id/4141/>
- Zuliana, C., Widyastuti, E., & Susanto, W. H. (2016). Pembuatan Gula Semut Kelapa (Kajian Ph Gula Kelapa Dan Konsentrasi Natrium Bikarbonat). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1), 109–119.

---

## Sistem Pembangkit Listrik Panel Surya Atap Model *On-Grid* Dengan Kapasitas 62.4 kWp

Muhammad Suyanto<sup>1\*</sup>, Prasetyono Eko Pambudi<sup>2</sup>, Faisal Wildan Chotami<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: [myanto@akprind.ac.id](mailto:myanto@akprind.ac.id)<sup>1</sup>

---

### ABSTRACT

*Solar panels are one of the renewable alternative energies that can be used as primary energy in generating electrical energy through the Solar Power Plant (PLTS) system. The main ingredient of PLTS is the radiation produced by the sun every day. On the roof of the Smart and Green Learning Center (SGLC) Building, Faculty of Engineering UGM, an on-grid solar power plant with a capacity of 62.4 kWp is installed with a total of 156 solar panel modules. The power generated by PLTS can reach 205.627 kW or 183 kWh in sunny conditions in cloudy the power generated by PLTS is 73.781 kW or 66 kWh with the amount of light intensity absorbed reach 110,966 Lux and the lowest value to be reaching 3,407 Lux. The amount of solar irradiation received is directly proportional to the amount of solar light intensity produced with the largest radiation reaching 877 W/m<sup>2</sup> while the lowest radiation is 27 W/m<sup>2</sup>. The aims to know the value of the power generated by PLTS through the inverter and to determine the value of economic savings from the installed PLTS.*

**Keywords:** inverter, solar radiation, solar panel

### INTISARI

Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui yang dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Pada atap Gedung Smart and Green Learning Center (SGLC) Fakultas Teknik UGM terpasang PLTS *on-grid* dengan kapasitas sebesar 62.4 kWp dengan jumlah modul panel surya yang terpasang sejumlah 156 buah. Daya yang dihasilkan PLTS dapat mencapai 205,627 kW atau sebesar 183 kWh pada kondisi cerah sedangkan pada kondisi mendung daya yang dihasilkan PLTS sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh dengan besar intensitas cahaya yang diserap mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah mencapai 3.407 Lux. Besar iradiasi matahari yang diterima berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang dihasilkan dengan besar radiasi terbesar mencapai 877 W/m<sup>2</sup> sedangkan radiasi terendah sebesar 27 W/m<sup>2</sup>. Untuk mengetahui besar nilai daya yang dibangkitkan PLTS melalui inverter serta untuk mengetahui nilai penghematan ekonomi dari PLTS yang terpasang.

**Kata kunci:** inverter, panel surya, radiasi matahari,

---

### PENDAHULUAN

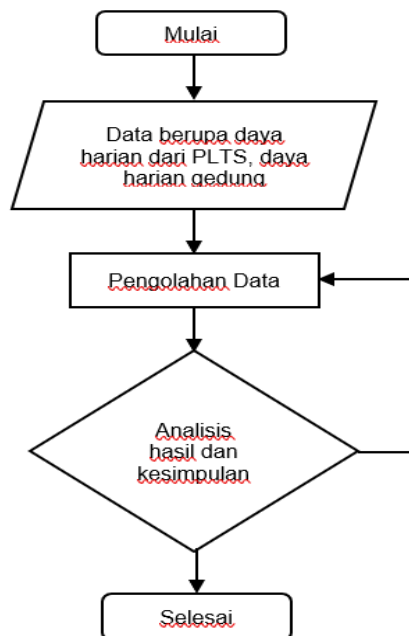
Perkembangan teknologi pada saat ini menuntut penggunaan energi listrik yang semakin besar. Penambahan pasokan energi listrik disebabkan inovasi dari berbagai peralatan modern yang semakin canggih namun sering tidak memperhatikan penggunaan energi listrik yang dibutuhkan. Pada saat ini sumber energi listrik yang digunakan masih mengandalkan energi fosil yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi fosil yang digunakan tentu merupakan energi primer yang tidak dapat diperbarui sehingga energi fosil yang digunakan saat ini akan memiliki masa habis penggunaan. Dengan mengetahui hal tersebut pada saat ini banyak peneliti dan ilmuwan yang mulai mempelajari penggunaan energi baru terbarukan, (Nurjaman and Purnama (2022)). Energi baru terbarukan merupakan sumber energi yang tersedia oleh alam dan bisa dimanfaatkan secara terus-menerus dan tidak akan habis yang dapat digunakan sebagai energi primer dalam membangkitkan energi listrik. Terdapat banyak energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi utama dalam membangkitkan listrik salah satunya adalah panel surya. Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui dan dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Purwoto et al. (2018). Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Pada saat ini Pemerintah khususnya di Indonesia melalui Kementrian Energi dan Sumber Daya Manusia (ESDM) mulai bergerak dalam pemanfaatan energi baru terbarukan dalam hal ini penggunaan panel surya atap untuk PLTS, Salim, Sardi (2022).

Pemanfaatan PLTS pada saat ini sudah banyak digunakan baik pada kalangan industri komersil hingga pada penggunaan rumah tangga. Pemasangan PLTS relatif tidak membutuhkan kebutuhan khusus dalam pemasangannya. Pada saat ini pemasangan PLTS banyak dilakukan pada bangunan yang tinggi dengan harapan untuk mendapatkan output daya yang maksimal dan dapat dipasang pada area tertentu seperti area taman bangunan dan atap bangunan, Hidayat and Sutrisno (2021). Pada pemasangan atap bangunan sudah banyak diterapkan pada berbagai bangunan tinggi seperti yang dilakukan pada Gedung Smart and Green Learning Center (SGLC) Fakultas Teknik UGM yang terpasang PLTS dengan kapasitas sebesar 62.4 kWp dengan jumlah modul panel surya sejumlah 156 buah.

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian teknis untuk mengetahui besar konsumsi daya listrik gedung, mengetahui daya yang dibangkitkan PLTS, menghitung jumlah panel surya dan Inverter yang digunakan, mengukur intensitas cahaya matahari, menghitung iradiasi matahari yang diterima modul panel surya yang terpasang pada atap Gedung. Pada penelitian yang dilakukan juga akan memperhitungkan aspek analisa penghematan daya yang terjadi dengan membandingkan konsumsi daya gedung dengan daya PLTS yang dibangkitkan.

## METODE

Diagram alir penelitian merupakan teknis analisis untuk menerjemahkan rangkaian penelitian yang diangkat secara ringkas, jelas dan teratur. Secara fungsi, diagram alir menggambarkan urutan proses untuk membantu pembaca memahami dengan baik hubungan antara objek satu dengan yang lain. Dalam penelitian ini diagram alir digunakan supaya memperoleh hasil penelitian yang terstruktur dan terarah. Adapun diagram alir penelitian tdiperlihatkan seperti pada Gambar 1.

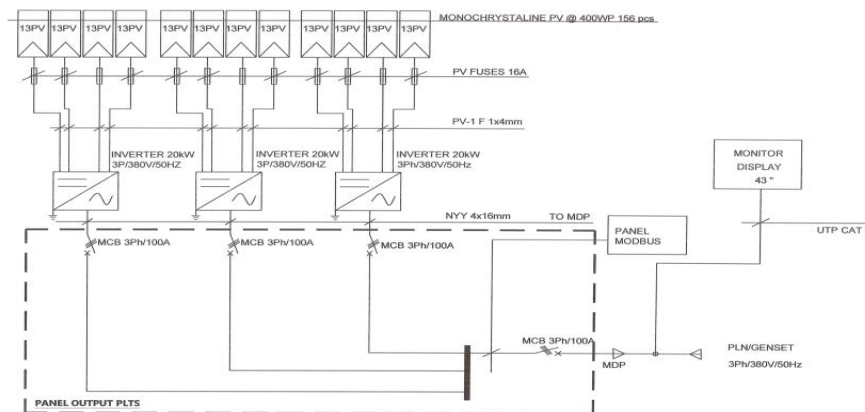


**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem PLTS yang diterapkan pada Gedung SGLC merupakan sistem dengan jenis inverter string, keunggulan dari sistem tersebut adalah pada saat terjadi perbaikan pada salah satu instalasi PLTS maka tidak perlu melakukan pemadaman total pada sistem PLTS, namun daya yang dihasilkan akan mengecil. Desain teknis PLTS gedung SGLC menggunakan konfigurasi sistem PLTS *on-grid* di atap Gedung. Sistem tersebut merupakan sistem yang menghubungkan daya keluaran PLTS melalui inverter terhubung secara langsung dengan jaringan listrik utama gedung dari gardu SGLC melalui Main Distribusi Panel (MDP) sebagai panel utama gedung SGLC yang diperlihatkan seperti pada Gambar 2.

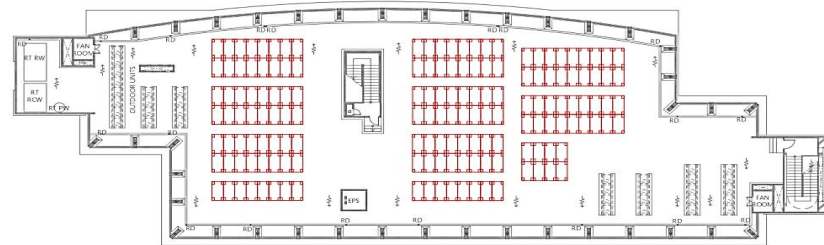




**Gambar 2.** Sistem PLTS *On-Grid* Gedung SGLC

Panel MDP merupakan panel utama gedung dalam mendistribusikan jaringan listrik ke seluruh beban gedung melalui panel PHB yang tersebar pada setiap lantai gedung. Pada sistem PLTS *on-grid* yang diterapkan di gedung SGLC tidak menggunakan baterai sebagai penyimpanan daya yang dihasilkan dari panel surya. Inverter PLTS bertugas mengubah sistem DC dari PLTS menjadi keluaran sistem AC jaringan gedung. Proses sinkronus listrik gedung SGLC dengan PLTS dilakukan melalui panel distribusi inverter yang tergabung dengan MDP sebelum didistribusikan MDP ke beban listrik gedung.

**DENAH LOKASI SOLAR PANEL**  
Lantai Atap Tower



Keterangan:  
Solar Panel

**Gambar 3.** Penempatan Modul Panel Surya

Modul panel surya gedung SGLC diletakan padaudukan yang telah dipersiapkan dan dikunci dengan posisi yang disesuaikan dengan kondisi pergerakan matahari untuk mendapatkan hasil yang optimal dan agar panel surya, sebagai pembangkit listrik tidak mengalami pergeseran yang dapat menyebabkan kerusakan pada panel atau daya yang dihasilkan menjadi rendah, Kristiawan, Kumara, and Giriantari (2019). Pemasangan modul panel surya diletakan pada area atap Gedung SGLC dengan memperhatikan *shading* yang akan muncul di area atap. *Shading* yang dimaksud adalah meliputi tiang penyalur petir, *water roof tank*, *outdoor AC* dan ruang panel listrik atap yang dapat mengganggu modul panel surya mendapatkan sinar matahari. Dalam penempatan modul panel surya juga diberikan ruang yang mudah diakses bagi teknisi untuk melakukan pemeliharaan agar panel surya dapat tetap bekerja secara optimal. Penempatan panel surya Gedung SGLC ditunjukkan pada gambar 3.

Pada pengukuran panel surya yang terpasang dilapangan, terhubung secara seri dikarenakan arus keluarannya merupakan penjumlahan dari arus keluaran tiap modul, dan tegangan keluarannya sama dengan tegangan keluaran dari tiap modul. Luas area yang digunakan untuk pemasangan modul panel surya atap adalah sebesar 306,9 m<sup>2</sup> atau sebesar 26% dari luasan total atap gedung SGLC sebesar 1.177,97 m<sup>2</sup>.

Luasan PLTS: Dimensi Panel x jumlah panel (m<sup>2</sup>)

Luasan PLTS: (1.973 x 997) mm x 156 = 306,9 m<sup>2</sup>

Selanjutnya, data yang diperoleh di lapangan dapat diketahui bukti total daya PLTS yang terpasang pada gedung SGLC adalah sebesar:

$W_p$  = jumlah panel surya x nominal power panel surya

$$W_p = 156 \times 400 \text{ Wp} = 62.400 \text{ Wp} = 62.4 \text{ kWp}$$

Setelah mengetahui besar daya yang terpasang, dilanjutkan dengan mengetahui jumlah inverter yang digunakan pada PLTS gedung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{n_{\text{panel}} \times \text{MaxPower Panel}}{\text{Kapasitas Inverter}} = \frac{156 \times 400 \text{ Wp}}{24.000} = 2.6 \text{ unit} \approx 3 \text{ unit}$$

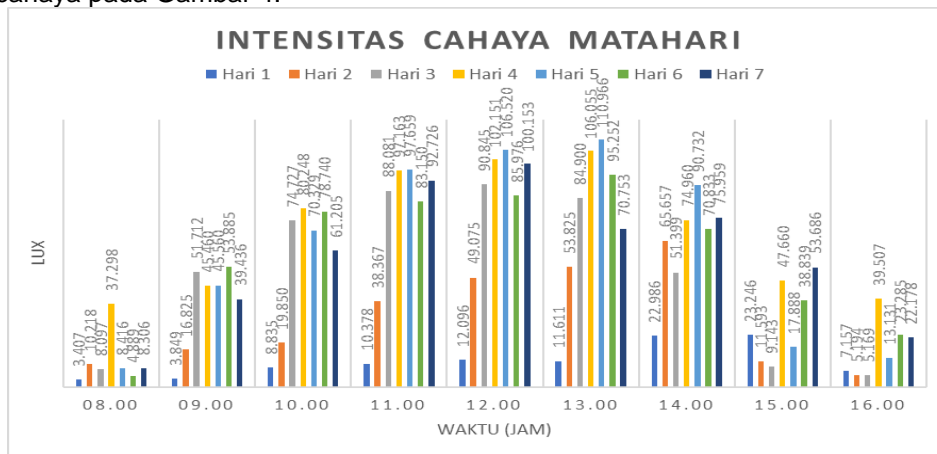
#### a. Analisis PLTS Gedung SGLC

Data Intensitas Cahaya Matahari dan Radiasi Matahari, pengukuran besar cahaya matahari dilakukan dengan cara menggunakan aplikasi Lux Light Meter kemudian dilakukan konversi dengan cara  $1 \text{ lux} = 0.0079 \text{ W/m}^2$  nilai tersebut diperoleh berdasarkan penelitian, Muin, Wijayanto, and Widiastuti (2020). pada penelitiannya yang berjudul "*Prototyping of Environmental Kit for Georeferenced Transient Outdoor Comfort Assessment*" mengatakan ada nilai perkiraan non-standar untuk konversi pencahayaan ke irradiance di dengan spektrum. Nilai ( $0.0079 \text{ W/m}^2$  per lux) dapat digunakan untuk menemukan irradiance sekitar dengan menggunakan dengan sensor fotometrik. Pada penelitian yang dilakukan pengambilan data dilakukan pada pukul 08.00 - 16.00 bulan Juli 2023 sehingga didapatkan data seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Besar Intensitas Cahaya Matahari

Waktu (Jam)	Intensitas Cahaya (Lux)							Rata-rata
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	
08.00	3.407	10.218	8.097	37.298	8.416	4.889	8.306	11.552
09.00	3.849	16.825	51.712	45.460	45.560	53.885	39.436	38.959
10.00	8.835	19.850	74.727	80.248	70.329	78.740	61.205	53.602
11.00	10.378	38.367	88.081	97.163	97.659	83.150	92.726	72.503
12.00	12.096	49.075	90.845	102.151	106.520	85.976	100.153	69.631
13.00	11.611	53.826	84.900	106.055	110.966	95.252	70.753	73.966
14.00	22.986	65.657	51.399	74.960	90.732	70.833	75.959	47.504
15.00	23.246	11.593	9.143	47.660	17.888	38.839	53.686	31.722
16.00	7.157	5.194	5.169	39.507	13.131	23.285	22.178	16.517

Berdasarkan data yang diperoleh terlihat bahwa tingkat intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya berubah-ubah berdasarkan kondisi cuaca pada setiap hari dan jamnya. Kondisi cuaca mendung, berawan, dan cerah mempengaruhi hasil intensitas cahaya yang dipancarkan matahari, Usman (2020). Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa rata-rata tingkat intensitas cahaya terbesar yang diperoleh mengalami kenaikan mulai pukul 11.00 dengan puncak cahaya matahari diperoleh pada pukul 13.00 yang kemudian mulai mengalami penurunan pada pukul 14.00. Dengan pengukuran yang dilakukan pada Tabel 1. diatas diperoleh grafik intensitas cahaya pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Intensitas Cahaya Matahari

Nilai puncak intensitas cahaya matahari terbesar didapatkan pada hari ke 5 dikarenakan pada hari tersebut kondisi cuaca sangat cerah tanpa awan dan nilai terendah didapatkan pada hari

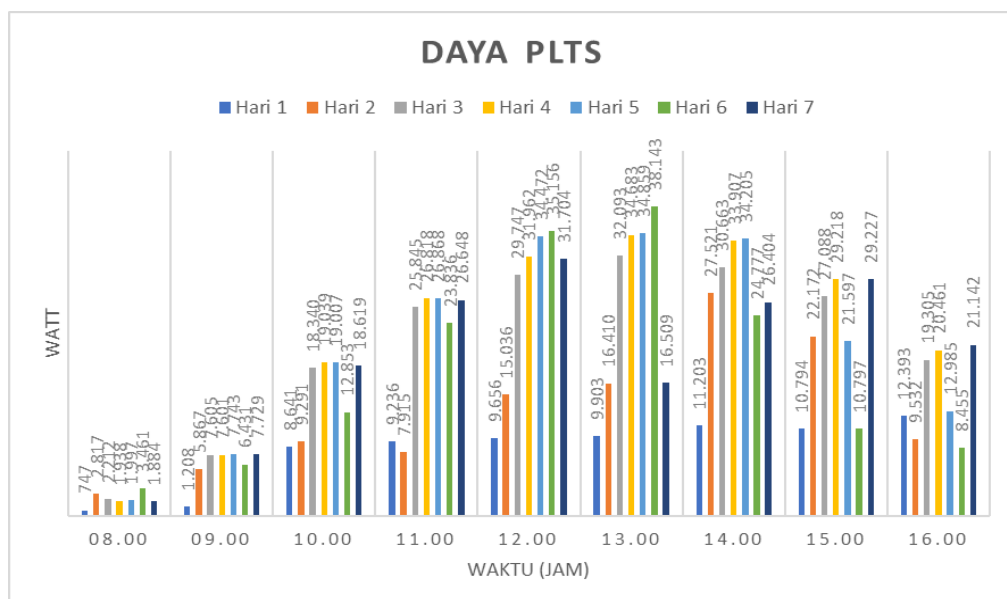
1 dikarenakan kondisi cuaca hujan kecil. Pada hari ke 5 pukul 13.00 diketahui besar intensitas terbesar yaitu mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah diperoleh pada hari 1 pukul 08.00 dengan intensitas cahaya matahari mencapai 3.407 Lux (lihat pada tabel 2).

**Tabel 2.** Daya PLTS Pukul 08.00 – 16.00

Hari	Daya (Watt)	Waktu (Jam)								
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Hari 1	DC	759	1.228	8.790	9.376	9.825	10.072	11.368	10.960	12.600
	AC	747	1.208	8.641	9.236	9.656	9.903	11.203	10.794	12.393
Hari 2	DC	2.867	5.956	9.451	8.053	15.315	16.664	27.963	22.497	9.702
	AC	2.867	5.867	9.291	7.915	15.036	16.410	27.521	22.172	9.532
Hari 3	DC	2.250	7.712	18.591	26.215	30.171	32.515	31.057	27.428	19.605
	AC	2.122	7.605	18.340	25.845	29.747	32.093	30.663	27.088	19.305
Hari 4	DC	1.964	7.726	19.372	27.227	32.398	35.104	34.335	29.689	20.818
	AC	1.938	7.601	19.039	26.818	31.962	34.683	33.907	29.218	20.461
Hari 5	DC	2.035	7.858	19.282	27.238	34.968	35.326	34.681	21.929	13.247
	AC	1.997	7.743	19.007	26.868	34.472	34.859	34.205	21.597	12.985
Hari 6	DC	3.504	6.520	13.047	24.220	35.672	38.693	25.131	10.949	8.592
	AC	3.461	6.431	12.853	23.836	35.156	38.143	24.777	10.797	8.455
Hari 7	DC	1.911	7.875	18.922	27.057	32.076	16.731	26.723	29.689	21.456
	AC	1.884	7.729	18.619	26.648	31.704	16.509	26.404	29.227	21.142
Rata-rata	DC	2.184	6.411	15.351	21.341	27.204	26.444	27.323	21.877	15.146
	AC	2.151	6.312	15.113	21.024	26.819	26.086	26.954	21.556	14.896
Total	DC	15.290	44.875	107.455	149.386	190.425	185.105	191.258	153.141	106.020
	AC	15.056	44.184	105.790	147.166	187.733	182.600	188.680	150.893	104.273

#### a. Analisis Daya PLTS

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran, dapat terlihat bahwa besar iradiasi matahari yang diterima panel surya berpengaruh pada daya yang dihasilkan PLTS. Iradiasi matahari menjadi sumber energi PLTS dalam menghasilkan daya listrik. Dari data diatas dapat diketahui pada pengamatan yang dilakukan daya yang dihasilkan PLTS berbeda-beda dikarenakan besar iradasi matahari yang diterima berbeda-beda. Dalam kondisi mendung dan hujan kecil yang terjadi pada pengamatan pertama menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan PLTS Gedung SGLC rendah total daya sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh dalam kurun waktu satu hari. Daya yang dihasilkan PLTS terbesar terjadi pada hari ke empat dimana PLTS Gedung SGLC menghasilkan daya sebesar 205,627 kW atau sebesar 183 kWh disebabkan pada kondisi cuaca sangat cerah. Dari Tabel 2. diperoleh grafik daya PLTS pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Daya PLTS

Penurunan daya yang dihasilkan PLTS mulai terjadi pada pukul 14.00, hal ini disebabkan karena pada pukul 14.00 terdapat shading yang menghalangi modul panel surya dan pada pukul 15.00 shading sudah banyak menutupi modul serta panel surya yang kotor seperti diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Shading PLTS



Gambar 7. Bekas Cat pada Modul

Dari pengamatan yang dilakukan daya puncak yang dihasilkan dari solar panel pada PLTS sering terjadi pada pukul 13.00 dan mulai mengalami penurunan pada pukul 14.00 hingga pukul 16.00, (Suyanto, Rusianto, and Subandi 2020). Pada daya puncak yang dihasilkan PLTS terjadi di hari ke enam dengan daya yang dihasilkan mencapai 38.143 Watt atau 38 kW dan daya terendah yang dihasilkan terjadi pada hari pagi hari pertama dikarenakan pada hari pertama cuaca dalam keadaan mendung dan hujan kecil sehingga daya yang dihasilkan sebesar 747 Watt atau 0,747 kW. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan PLTS dapat diketahui dengan cara memonitor 3 Inverter yang terpasang dilapangan sesuai dengan periode waktu yaitu pukul 08.00 – 16.00 WIB.

### Perhitungan Daya PLTS

Data yang diperoleh dilakukan perhitungan daya rata rata dan total, dari PLTS pada waktu pengukuran pukul 08.00 – 16.00 dengan perhitungan dari persamaan 1 dan 2 berikut:

$$P_{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah daya}}{\text{jumlah data}} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{Total} = Wh \times \text{lama penyinaran} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Hari 1: } P_{Rata-rata} = \frac{73781}{9} = 8.189 \text{ Wh}, P_{Total} = 8.189 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 65.583 \text{ Wh/hari} = 66 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 2: } P_{Rata-rata} = \frac{116.561}{9} = 12.951 \text{ Wh}, P_{Total} = 12.951 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 103.610 \text{ Wh/hari} = 104 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 3: } P_{Rata-rata} = \frac{192.898}{9} = 21.433 \text{ Wh}, P_{Total} = 21.433 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 171.465 \text{ Wh/hari} = 171 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 4: } P_{Rata-rata} = \frac{205.627}{9} = 22.847 \text{ Wh}, P_{Total} = 22.847 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 182.780 \text{ Wh/hari} = 183 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 5: } P_{Rata-rata} = \frac{193.564}{9} = 21.526 \text{ Wh}, P_{Total} = 21.526 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 172.207 \text{ Wh/hari} = 172 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 6: } P_{Rata-rata} = \frac{163.909}{9} = 18.212 \text{ Wh}, P_{Total} = 18.212 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 145.697 \text{ Wh/hari} = 146 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 7: } P_{Rata-rata} = \frac{179.866}{9} = 19.985 \text{ Wh}, P_{Total} = 19.985 \text{ Wh} \times 8 \text{ jam} = 159.881 \text{ Wh/hari} = 160 \text{ kWh/hari}$$

### b. Perhitungan Kabel

Dari data yang diperoleh maka dapat diketahui ukuran kabel yang digunakan pada sistem PLTS yang terpasang dengan persamaan 3.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta, \quad I_{Nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \theta} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan pengambilan sampel daya yang dihasilkan PLTS pada hari ke 4, diperoleh pada pukul 13.00 daya yang dihasilkan PLTS sebesar 34.683 W. Data sampel tersebut diperoleh dari data daya tertinggi yang dihasilkan PLTS. Berdasarkan hasil tersebut selanjutnya dapat dimasukkan ke dalam persamaan 2. hasil arus nominal sebagai berikut:

$$I_{Nominal} = \frac{36.683}{\sqrt{3} \times 380 \times 1}, \quad I_{Nominal} = 50,059$$

Dari hasil persamaan yang dilakukan, maka dapat diketahui arus nominal dari daya PLTS yang dihasilkan. Kemudian hasil dari arus nominal yang diperoleh digunakan untuk mengetahui nilai Kuat Hantar Arus (KHA) dari instalasi yang terpasang. Nilai instalasi yang dimaksud adalah instalasi kabel yang digunakan untuk menghubungkan panel inverter dengan panel MDP gedung. KHA merupakan batas maksimal aliran arus listrik yang diperbolehkan untuk mengalir pada suatu kabel penghantar. Nilai KHA berfungsi untuk menentukan diameter ukuran kabel yang tepat dengan disesuaikan standar instalasi listrik yang digunakan di Indonesia yaitu Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Untuk mengetahui nilai KHA dapat dilakukan dengan persamaan 3.

$$KHA = I_{Nominal} \times 125\% = 50,059 \times 125\% = 62,574 A$$

Hasil KHA kabel yang diperoleh harus disesuaikan dengan tabel standar dari PUIL 2011 halaman 304. Standar tersebut merupakan dasar dari KHA yang diizinkan untuk menentukan diameter ukuran kabel dari suatu instalasi. Perhitungan daya yang digunakan dalam gedung, diambil dari data harian dan bulanan dengan cara melakukan pencatatan daya gedung melalui sistem BMS gedung SGLC. Sistem BMS merupakan sistem *Building Monitoring System*, yang digunakan untuk monitoring pencatatan konservasi energi yang ada pada gedung SGLC. Konservasi energi yang dimaksud meliputi energi listrik dan air yang digunakan baik, harian bulanan hingga tahunan serta suhu dan pencahayaan pada ruang gedung. Sistem terletak pada lantai 1 gedung SGLC. Dengan pengambilan data melalui BMS kemudian diperoleh data daya gedung SGLC seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Daya Gedung SGLC

Waktu (Jam)	Daya Gedung (kW)						
	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
08.00	61.09	29.35	41.02	12.99	35.32	36.82	31.30
09.00	38.47	24.43	53.00	27.15	46.87	94.13	40.87
10.00	36.42	35.39	84.65	33.69	43.96	81.35	70.92
11.00	45.71	20.24	85.47	47.68	64.03	61.74	65.73
12.00	46.59	38.32	86.90	46.20	61.73	56.06	67.08
13.00	40.34	30.34	52.25	51.03	95.85	102.42	43.98
14.00	44.56	60.98	83.11	52.36	102.86	92.82	40.90
15.00	56.18	47.09	56.55	48.61	80.94	61.40	52.34
16.00	44.77	39.76	77.52	47.40	84.82	47.45	54.21
Rata-Rata	46.015	36.210	68.940	40.790	68.485	70.464	51.926
Total	414.13	325.89	620.46	367.11	616.36	634.18	467.34

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa penggunaan daya pada Gedung SGLC pada setiap waktu berbeda hal ini disebabkan karena beban yang terpasang pada gedung SGLC tidak semua bekerja secara serempak sehingga penggunaan daya listrik pada setiap harinya berbeda-beda. Berdasarkan data yang diperoleh maka konsumsi daya gedung SGLC pada pukul 08.00 – 16.00 dapat diketahui berikut:

$$\text{Hari 1: } P_{Rata-rata} = \frac{414.131}{9} = 46.015 \text{ kW}, P_{Total} = 46.015 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 368.116 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 2: } P_{Rata-rata} = \frac{325.891}{9} = 36.210 \text{ kW}, P_{Total} = 36.210 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 289.681 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 3: } P_{Rata-rata} = \frac{620.458}{9} = 68.940 \text{ kW}, P_{Total} = 68.940 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 551.518 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 4: } P_{Rata-rata} = \frac{367.107}{9} = 40.790 \text{ kW}, P_{Total} = 40.790 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 326.317 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 5: } P_{Rata-rata} = \frac{616.363}{9} = 68.485 \text{ kW}, P_{Total} = 68.485 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 547.878 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 6: } P_{Rata-rata} = \frac{634.179}{9} = 70.464 \text{ kW}, P_{Total} = 70.464 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 563.715 \text{ kWh/hari}$$

$$\text{Hari 7: } P_{Rata-rata} = \frac{467.336}{9} = 51.926 \text{ kW}, P_{Total} = 51.926 \text{ kW} \times 8 \text{ jam} = 415.410 \text{ kWh/hari}$$

Dengan mengetahui besar konsumsi daya listrik gedung maka dapat dilakukan perbandingan antara daya listrik gedung dengan daya yang dihasilkan PLTS yang selanjutnya dapat diketahui penghematan yang terjadi.

### c. Perbandingan dan Penghematan Penggunaan PLTS



Nilai penghematan penggunaan PLTS dapat dilihat berdasarkan daya yang dihasilkan PLTS berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama 7 hari pengamatan yang dimulai pada pukul 08.00–16.00. Besar penghematan dapat diketahui dengan membandingkan daya yang dikonsumsi gedung dikurangi dengan daya yang dihasilkan PLTS. Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui penghematan PLTS pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perbandingan Daya Gedung dan Daya PLTS

No	Hari	Daya yang dikonsumsi Gedung (kWh)	Daya yang dihasilkan PLTS (kWh)	Besar Penghematan (kWh)
1	Hari 1	368.116	65.58	302.53
2	Hari 2	289.681	103.610	186.07
3	Hari 3	551.518	171.465	380.05
4	Hari 4	326.317	182.780	143.54
5	Hari 5	547.878	172.207	375.67
6	Hari 6	563.715	145.697	418.02
7	Hari 7	415.410	159.881	255.53

Berdasarkan analisis biaya yang dijelaskan dapat diketahui dengan pemasangan PLTS yang dilakukan gedung mampu menghemat keluaran biaya yang harus dikeluarkan gedung. Dari hasil yang didapatkan, penggunaan PLTS pada gedung SGLC sangat bermanfaat dalam menekan biaya pengeluaran gedung dan merupakan pembangkit energi yang ramah lingkungan yang tidak menimbulkan polusi serta tidak menghasilkan limbah B3 dikarenakan PLTS pada Gedung SGLC menggunakan jenis PLTS *on-grid*.

## KESIMPULAN

Hasil analisis pelimpahan sebagian beban guna mencari solusi alternatif penyulang dapat disimpulkan daya yang dihasilkan PLTS dipengaruhi faktor cuaca, pada cuaca cerah akan menghasilkan daya yang baik dapat mencapai 205,627 kW atau sebesar 183 kWh pada kondisi cerah sedangkan pada kondisi mendung sebesar 73,781 kW atau sebesar 66 kWh. Intensitas cahaya puncak matahari terjadi pukul 13.00 WIB dikarenakan posisi matahari berada diatas panel surya dengan kondisi cuaca cerah intensitas cahaya matahari mencapai 110.966 Lux dan nilai terendah mencapai 3.407 Lux. Sedangkan iradiasi matahari berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang dihasilkan dengan besar radiasi terbesar mencapai 877 W/m<sup>2</sup> sedangkan radiasi terendah sebesar 27 W/m<sup>2</sup>. Daya yang dikonsumsi gedung bernilai fluktuatif, dikarenakan penggunaan beban gedung berbeda-beda pada setiap jamnya, antara pukul 08.00 hingga 16.00. pemakaian daya gedung terbesar terjadi pada hari ke tiga mencapai total daya 620,460 kW atau sebesar 551.518 kWh. PLTS model *on-grid* yang terpasang secara langsung dalam Gedung, tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Peningkatan daya kerja PLTS Gedung SGLC, dilakukan pemeliharaan dan perawatan secara rutin, pada komponen panel surya dan inverter dari kotoran yang menempel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, Ta'lim Nur, and Sutrisno Rohmat.S. 2021. Analisis Output Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 10Wp, 20Wp, Dan 30Wp. *Jurnal Crankshaft* 4(2):9–18. doi: 10.24176/crankshaft.v4i2.6013.
- Kristiawan, H., I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah Di Kota Denpasar. *Jurnal SPEKTRUM* 6(4):66. doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p10.
- Muin, Haziz, Danar Susilo Wijayanto, and Indah Widiastuti. 2020. Studi Perbandingan Penggunaan Panel Surya Dengan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Di Kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta. *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 2(1):27. doi: 10.20961/nozel.v1i3.34503.
- Nurjaman, Hendi Bagja, and Trisna Purnama. 2022. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro* 6(2): 136–42.
- Purwoto, Bambang Hari, Jatmiko Jatmiko, Muhamad Alimul Fadilah, and Ilham Fahmi Huda. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18(1): 10–14.

- Salim, Sardi. 2022. *Perencanaan Dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG, Gorontalo*. 4.
- Suyanto, M., T. Rusianto, and Subandi. 2020. Development of a Household Solar Power Plant: System Using Solar Panels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 807(1). doi: 10.1088/1757-899X/807/1/012007.
- Usman, Mukhamad. 2020. Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro* 9(2):52–57. doi: 10.30591/polektro.v9i2.2047.

---

## A Study on the Usage of Learning Management Systems in Higher Education

Dewi Arianti Wulandari<sup>1</sup>, Tri Retnaningsih Soeprbowati<sup>2</sup>, Dinar Mutiara K Nugraheni<sup>3</sup>, Wandy Wandy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departement of Informatics Engineering, Faculty of Telematics Energy, IT PLN

<sup>2</sup>Departement of Biology, Faculty of Science of Mathematics, Diponegoro University

<sup>3</sup>Departement of Informatics, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University

<sup>4</sup>Doctoral Program of Information Systems, School of Postgraduate Studies, Diponegoro University

Email: [dewiarianti@itpln.ac.id](mailto:dewiarianti@itpln.ac.id)<sup>1</sup>, [trsoeprbowati@live.undip.ac.id](mailto:trsoeprbowati@live.undip.ac.id)<sup>2</sup>,

[dinar.mutiara@live.undip.ac.id](mailto:dinar.mutiara@live.undip.ac.id)<sup>3</sup>, [wandy@students.undip.ac.id](mailto:wandy@students.undip.ac.id)<sup>4</sup>

---

### ABSTRACT

*This research aimed to determine the extent to which the learning management system helps in online teaching and learning activities makes learning administration and management more accessible, and makes learning activities more effective. The research used primary data from a survey from universities in West Jakarta that 69% of most respondents used a learning management system, whether they are using the existing learning management or building their own, and 44% are using Moodle application as their learning management system media. Student readiness was 69%, meaning that most were familiar with using media devices in online learning, and 92% of teaching staff, both lecturers/mentors and instructors, have experience using and evaluating online learning. Universities in West Jakarta have used learning management systems to assist the process of learning activities so that they can be used as a reference for developing online learning models.*

**Keywords:** device, e-learning, learning management system, moodle.

### INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana learning management system membantu dalam proses kegiatan belajar mengajar secara online atau daring, mempermudah dalam administrasi dan manajemen pembelajaran serta mengefektifkan kegiatan pembelajaran. Penelitian menggunakan data primer hasil survei dari perguruan tinggi di Jakarta Barat bahwa 69% mayoritas responden sudah menggunakan learning management system baik itu dengan menggunakan learning management yang sudah ada maupun membangun sendiri dan 44% menggunakan aplikasi Moodle sebagai media learning management systemnya. Kesiapan mahasiswa sebesar 69% artinya sebagian besar sudah terbiasa menggunakan media device dalam pembelajaran daring dan 92% tenaga pengajar baik dosen/mentor maupun instruktur mempunyai pengalaman dalam menggunakan dan mengevaluasi pembelajaran secara online. Perguruan tinggi di Jakarta Barat sudah menggunakan learning management system dalam membantu proses kegiatan pembelajaran sehingga dapat dijadikan acuan untuk pengembangan model pembelajaran secara daring atau online.

**Kata kunci:** device, e-learning, learning management system, moodle.

---

### INTRODUCTION

The development of information technology has penetrated various fields, including the world of education, one of which is the emergence of e-learning (Saintika et al., 2021; Al-Fraihat et al., 2020). In recent years, learning management systems (LMS) have played a fundamental role in higher education teaching models (Cantabella et al., 2019; Mariani et al., 2022). The LMS is designed for students, so they have lots of time to study and parents who will help them learn (Intal et al., 2023). Blended learning can be chosen by combining online teaching with classroom teaching to overcome the weaknesses and threats of online teaching and take advantage of its strengths and opportunities (Gupta & Sharma, 2020). As an LMS, Canvas has video conferencing, online sessions, and online-based assessments in a strategically organized way (Owolabi & Bekele, 2021). The successful implementation and use of an LMS have become a critical challenge for many higher education institutions during the COVID-19 pandemic (Mohammadi et al., 2021). Students' desire to use the LMS has had a beneficial effect during the pandemic (Alturki & Aldraiweesh, 2021; Al-Qora'n et al., 2022).

Utilizing Moodle as an LMS for each assessment of students' knowledge improves the quality of the learning process (Usov et al., 2020). Microsoft Teams and Zoom help students access information and learning resources and positively impact knowledge construction (Sobaih et al., 2021).

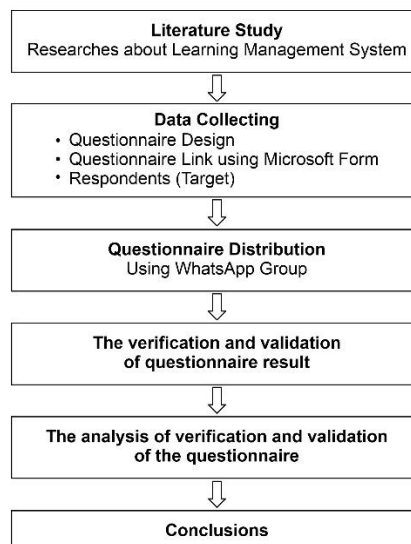
---

A solid global trend exists to utilize LMS in academic institutions as part of their education management system to improve higher education's teaching and learning experience. LMS strengthens the learning process through an online classroom environment. In current developments, students depend on digital content or ICT (Rabiman et al., 2020). In the future, the concept of e-learning, prioritizing quality models, must address different technical aspects of the e-learning system that can guarantee the continuous development of the system due to rapid changes in information and communication technology (Nikolić et al., 2018).

This research aimed to determine how many educational institutions have used an LMS as an alternative learning method and the readiness of students and lecturers or teaching staff to use media devices in online learning. The results of this research were expected to reveal the development of the LMS used in universities to enter the 5.0 revolution.

## METHODOLOGY

This research used quantitative methods with primary observation data, probability sampling, and descriptive analysis. Simple statistics were used to analyze data collected and then processed into information.



**Figure 1.** Research Methodology

### Research Questions

1. R1: What are students' skills in using media devices in online learning?
2. R2: What are the lecturer's skills using the LMS in the lecture process?
3. R3: What is the aim of universities in using LMS?

An electronic form was prepared to obtain data from the public through respondents. The electronic form technology used in this research is Microsoft Form with the link because this platform is currently subscribed to and used by the researchers. Apart from that, this platform can also accommodate ongoing research needs.

The instrument on this electronic form was then discussed internally to obtain a straightforward, concise, easy-to-understand order of questions that respondents could fill out easily from their desktop computers, laptops, or mobile phones in responsive mode.

The questionnaire's list of questions designed at this stage was organized into three groups, i.e., university origin, users, and their knowledge of the goals and benefits of the LMS. The following questionnaire questions have been created:

- I. Origin of University: [fill in]
- II. User: (Presented on a Likert scale: All [5], Most [4], Half [3], Somewhat [2], None [1])
  1. How many lecturers experienced in managing and evaluating online-based learning?
  2. Are there lecturers/mentors/instructors/models in online learning at your institution?
  3. Are most students at your institution able to use various online learning media?
  4. Are most lecturers at your institution able to use various online learning media?

5. Are the menus/features offered by professional e-learning service providers from outside the institution adequate for implementing e-learning at your institution?

### III. Benefits/Objectives and Types of Learning Management Systems

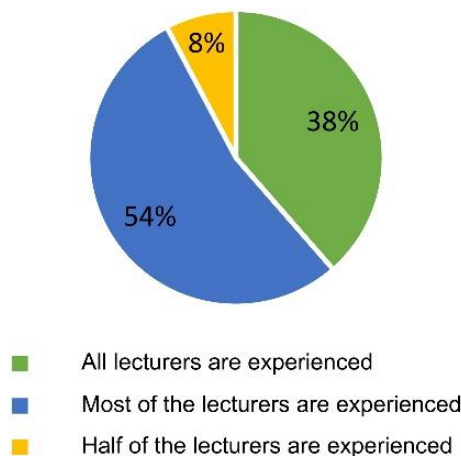
1. Does your institution already use a learning management system? [Yes/No]
2. What learning management system (LMS) is used? [Moodle/canvas/Google Classroom/others (can be filled in according to what is used by the college)]
3. What are the aims and benefits of using a higher education learning management system? [fill in]

The survey form was distributed through an instant messaging platform (WhatsApp) using individual and group features available (Wulandari, Dewi; Wandy, 2023). This form's distribution period lasts one month, in February 2023. The target respondents are private universities located in West Jakarta.

## RESULT AND DISCUSSION

In this section, we discussed the results of a survey conducted for one month in February 2023. Of the target private universities located in West Jakarta, i.e., 30 universities, 17 respondents filled in, but out of the 17 respondents who filled in, only 13 gave complete and valid data. So, we decided to analyze those valid data (13 respondents), where the respondents filled in all the questions correctly.

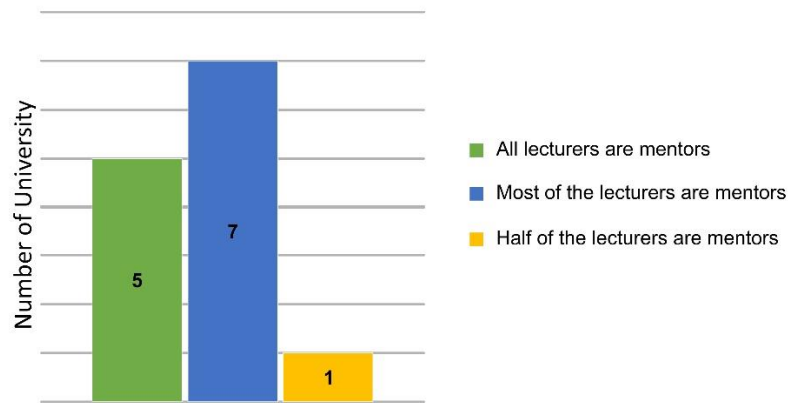
Here, we will discuss one by one based on the survey results we received. The first question concerns the number of experienced lecturers managing and evaluating online-based learning. The survey results are shown as a pie graph, which can be seen in Figure 2. Here it can be seen that 92% of lecturers have experience in managing and evaluating online-based learning, with a composition of 54% answered that most lecturers were experienced and 38% answered that all lecturers were experienced.



**Figure 2.** Respondents' answers based on lecturers' skills and experience.

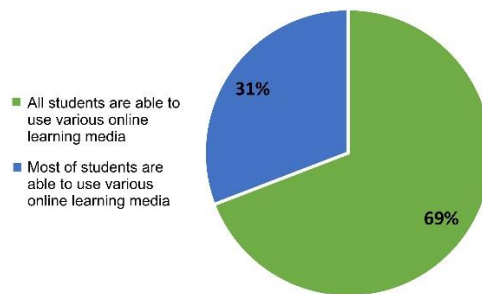
The following survey results are regarding the existence of a lecturer/mentor/instructor/ model in online learning—the survey results were presented as a bar chart, as shown in Figure 3. In the diagram, there were 7 respondents chose the answer that most of the lecturers were mentors, 5 respondents chose the answer that all lecturers were mentors, and 1 respondent chose the answer that there were no lecturers who were mentors.





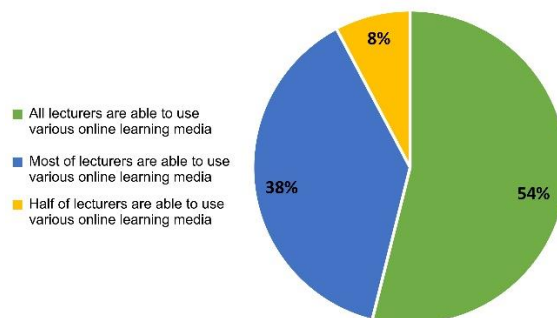
**Figure 3.** Respondents' answers based on lecturer's function and duty

In graph no.4 it can be seen that students' ability to use various types of media during online lectures was very good, and this can be seen from the results of the questionnaire, i.e., more than 69% or close to 70% chose the answer that most of the students were able to use various online learning media, this has been done in previous research which stated that 70% of respondents were ready to choose online classes (Muthuprasad et al., 2021).



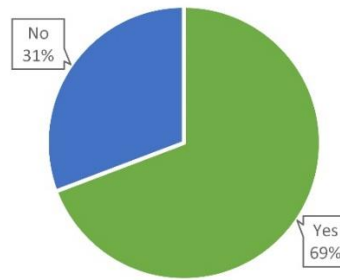
**Figure 4.** Respondent's answers based on students' ability to use device(s)

The following survey results show lecturers' ability to use various online learning media. The survey results can conclude that almost 100% of lecturers can use various online learning media; this can be seen in Figure 5, which explains the composition of respondents who chose the answer for all lecturers: 54%, 38% chose the answer for most lecturers, and 8% chose the answer for half of the lecturers at each university.



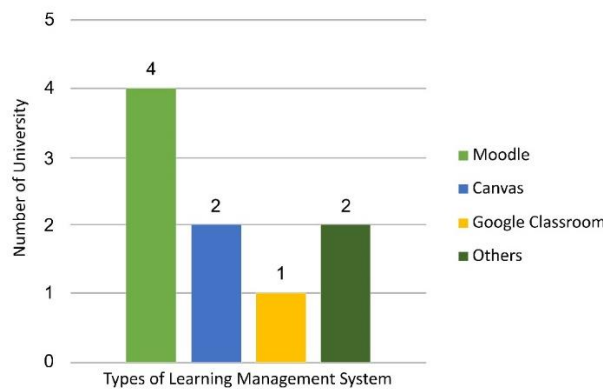
**Figure 5.** Respondent's answer based on lecturers' ability to use device(s)

Figure 6 shows the results of questions regarding universities that have used LMS at their institutions. Based on the survey results, it turns out that of the 13 respondents, 9 or 69%, whose campus uses the LMS. In comparison, 4 respondents or 31%, have not used the LMS in online learning.



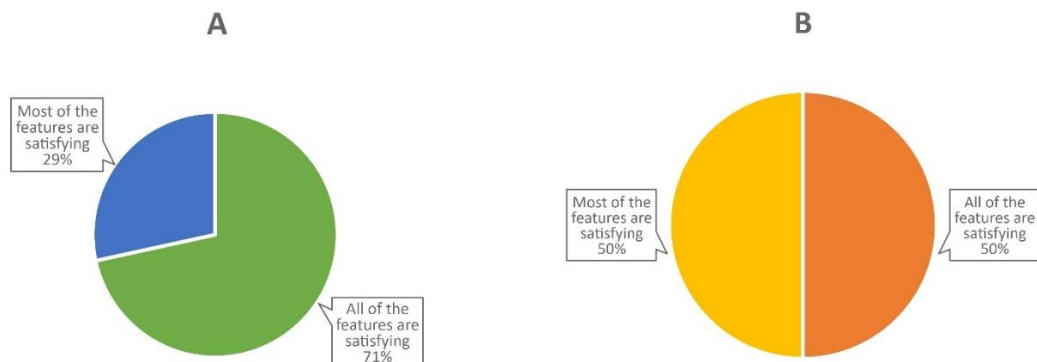
**Figure 6.** Respondent's answer based on the LMS usage.

The following survey results regarding the type of LMS chosen or used by universities were depicted as a bar chart in Figure 7. The survey results show that most respondents use Moodle to learn online, followed by those who use Canvas and Google Classroom. Meanwhile, 2 respondents chose the other answer, meaning they used an LMS created by their campus.



**Figure 7.** Respondent's answer based on the type of LMS

In Figure 8, presented as a pie graph, are the survey results related to using features or menus in the LMS, whether using existing LMS platforms or those created by universities. In Figure A, 71% of respondents stated that all existing features were adequate, and 29% stated that most were adequate. Meanwhile, in Figure B, of the 2 respondents who created their LMS, one stated that all the features created were adequate, and the other stated that most were adequate.



**Figure 8.** Respondents' answers based on the LMS features.

In this survey, researchers also received feedback regarding the benefits and objectives of using the learning management system in higher education, including the following:

1. Makes administration easier.
2. Technology-based learning makes things easier for lecturers.
3. Makes the online learning process easier.
4. Only to deliver learning delivery to students during the pandemic because they cannot attend face-to-face.

5. For learning and all information for students.
6. Make learning effective.
7. Make it easier for learning and teaching activities in campus.

## CONCLUSIONS

This research found that 69% of most respondents had used a learning management system, either by using existing learning management or building their own. Moreover, 44% use the Moodle application as their LMS media. Student readiness was 69%, most of whom were used to using media devices in online learning, and 92% of teaching staff, both lecturers/mentors and instructors, have experience using and evaluating online learning. The aim of higher education institutions in using a learning management system is that, based on the survey results, it can be concluded that the LMS helps in the process of online teaching activities, makes learning administration and management more accessible, and makes learning activities more effective. So, it can be concluded that the results of this research are that universities, especially those in West Jakarta, have used a learning management system to assist the process of learning activities. This can be seen from the ability of users, namely students and teaching staff (lecturers) to use various online learning media. The research results were expected to be a reference in developing LMS models in online learning.

## REFERENCES

- Al-Fraihat, D., Joy, M., Masa'deh, R., & Sinclair, J. (2020). Evaluating E-learning systems success: An empirical study. In *Computers in Human Behavior* (Vol. 102, pp. 67–86). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>
- Al-Qora'n, L., Salem, O. A. S., & Gordon, N. (2022). Heuristic Evaluation of Microsoft Teams as an Online Teaching Platform: An Educators' Perspective. *Computers*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/computers11120175>
- Alturki, U., & Aldraiweesh, A. (2021). Application of learning management system (Lms) during the covid-19 pandemic: A sustainable acceptance model of the expansion technology approach. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910991>
- Cantabella, M., Martínez-España, R., Ayuso, B., Yáñez, J. A., & Muñoz, A. (2019). Analysis of student behavior in learning management systems through a Big Data framework. *Future Generation Computer Systems*, 90, 262–272. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.003>
- Gupta, R. M., & Sharma, P. (2020). SWOT Analysis of Online Teaching During Lock Down : Blended Teaching The Way Forward. In *Indian Journal of Extension Education* (Vol. 56, Issue October, pp. 19–25).
- Intal, G. L., Gonzales, A. L. S., Pono, L. A. R., & Pastrana, J. R. M. (2023). A Study on the Assessment of the Proposed Alitaptap Learning Management System Using SWOT Analysis. In *International Journal of Information and Education Technology* (Vol. 13, Issue 5, pp. 801–805). <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.5.1870>
- Mariani, A. S., Widodo, J., Handayani, S. S. D., & Rodiyah. (2022). Evaluating the Online Learning System in Accounting Major Using SWOT Analysis. In *Journal of Educational and Social Research* (Vol. 12, Issue 6, pp. 206–217). <https://doi.org/10.36941/jesr-2022-0156>
- Mohammadi, M. K., Mohibbi, A. A., & Hedayati, M. H. (2021). Investigating the challenges and factors influencing the use of the learning management system during the Covid-19 pandemic in Afghanistan. In *Education and Information Technologies* (Vol. 26, Issue 5). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10517-z>
- Nikolić, V., Kaljevic, J., Jović, S., Petković, D., Milovančević, M., Dimitrov, L., & Dachkinov, P. (2018). Survey of quality models of e-learning systems. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 511, 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.07.058>
- Owolabi, J., & Bekele, A. (2021). Implementation of innovative educational technologies in teaching of anatomy and basic medical sciences during the covid-19 pandemic in a developing country: The covid-19 silver lining? In *Advances in Medical Education and Practice* (Vol. 12, pp. 619–625). <https://doi.org/10.2147/AMEP.S295239>
- Rabiman, R., Nurtanto, M., & Kholifah, N. (2020). Design and development E-learning system by learning management system (Lms) in vocational education. In *International Journal of Scientific and Technology Research* (Vol. 9, Issue 1, pp. 1059–1063).
- Saintika, Y., Astiti, S., Kusuma, D. J. A., & Muhammad, A. W. (2021). Analysis of E-learning readiness level of public and private universities in central Java, Indonesia. In *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi* (Vol. 7, Issue 1, pp. 15–30).

- <https://doi.org/10.26594/register.v7i1.2042>
- Sobaih, A. E. E., Salem, A. E., Hasanein, A. M., & Abu Elnasr, A. E. (2021). Responses to covid-19 in higher education: Students' learning experience using microsoft teams versus social network sites. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810036>
- Usov, S., Safonov, M., Akbilek, E., & Sorokona, L. (2020). SWOT analysis of moodle platform application in the assessment of foreign language knowledge. In *ACM International Conference Proceeding Series* (pp. 31–34). <https://doi.org/10.1145/3416797.3416835>
- Wulandari, Dewi ; Wandy, W. (2023). *Analisa Sosialisasi Netiket Dalam berkomunikasi di Aplikasi Pesan Instan dan Media Sosial.pdf* (p. 14).

---

## Evaluasi Kinerja Mesin Bending Hidrolik Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, dan *Fault Tree Analysis (FTA)*

Rahayu Khasanah<sup>1</sup>, Indri Susilawati<sup>2</sup>, Imam Sodikin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: [rahayu.khasanah@akprind.ac.id](mailto:rahayu.khasanah@akprind.ac.id)<sup>1</sup>, [indrisusilawati05@gmail.com](mailto:indrisusilawati05@gmail.com)<sup>2</sup>, [imam@akprind.ac.id](mailto:imam@akprind.ac.id)<sup>3</sup>

---

### ABSTRACT

*PT Hari Mukti Teknik is a company engaged in the Manufacturing Industry that produces laundry machines and other mechanical engineering. The problem that occurs in the production process at PT Hari Mukti Teknik is the performance of the bending machine which has a high downtime value of an average of 994 minutes per month. The purpose of this study is to evaluate the performance of the bending machine by knowing the level of effectiveness of the performance of the bending machine using the OEE method, knowing the causes of losses that affect the level of effectiveness of machine performance, using the six big losses method and analyzing losses using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) methods to propose improvement efforts. Based on the results of data processing, the average Overall Equipment Effectiveness (OEE) value of bending machines in one year is 84.21%, with the largest losses being equipment failure losses of 7.34%. Proposed improvements based on FMEA and FTA analysis are to carry out periodic maintenance, make a predictive maintenance list, carry out periodic re-checks, carry out periodic lubrication, check environmental cleanliness, and replace damaged components.*

**Keywords:** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses.*

### INTISARI

PT. Hari Mukti Teknik adalah perusahaan yang bergerak di bidang Industri Manufaktur yang memproduksi mesin laundry dan rekayasa mesin lainnya. Masalah yang terjadi pada proses produksi di PT Hari Mukti Teknik adalah pada kinerja mesin bending yang memiliki nilai downtime yang tinggi yaitu rata-rata 974 menit setiap bulannya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja mesin bending dengan mengetahui tingkat efektivitas kinerja mesin bending menggunakan metode OEE, mengetahui penyebab losses yang mempengaruhi tingkat efektivitas kinerja mesin, menggunakan metode six big losses dan menganalisis losses menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fault Tree Analysis (FTA)* guna untuk mengusulkan upaya perbaikan. Berdasarkan hasil pengolahan data rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* mesin bending dalam satu tahun adalah 84.21%, dengan losses terbesar adalah equipment failure losses sebesar 7.34%. usulan perbaikan yang diberikan berdasarkan analisis FMEA dan FTA adalah melakukan periodic maintenance, membuat list predictive maintenance, melakukan pengecekan ulang secara berkala, melakukan pelumasan secara berkala, mengecek kebersihan lingkungan, dan mengganti komponen yang rusak

**Kata kunci:** *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FTA), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses.*

---

### PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu industri yang berkembang secara pesat dengan ditunjukkannya berbagai aspek teknologi. Sistem manufaktur dalam dunia indstri dapat didukung dengan pengoperasian mesin-mesin dan peralatan yang optimal, untuk mengoptimalkannya sebuah perusahaan perlu peralatan yang memadai dan tenaga kerja yang terampil dalam mendukung proses produksi yang efektif dan efisien. Stamatis (2017) menyatakan bahwa salah satu faktor yang menunjang keberhasilan suatu industri manufaktur ditentukan oleh kelancaran proses produksi. Proses produksi yang efektif dan efisien dari sebuah mesin dapat dilihat dari kemampuan produksi mesin selama jangka waktu tertentu tanpa mengalami gangguan, bekerja sesuai dengan kecepatan yang ditentukan, dan tidak terjadi *breakdown* pada mesin serta menghasilkan produk-produk dan



*output* yang baik. Salah satu faktor terpenting dalam proses produksi adalah kinerja mesin (Hasrul, Shofa, & Winarno, 2017; Rahman & Perdana, 2019).

PT Hari Mukti Teknik merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi mesin *laundry* dan rekayasa mesin teknik lainnya yang dalam proses produksinya terdapat beberapa proses produksi dengan menggunakan mesin yang berbeda-beda sesuai dengan *part* yang dibutuhkan, namun pada penelitian ini akan berfokus pada proses produksi pada mesin *bending* yaitu mesin yang menghasilkan produk *case* dari mesin *laundry*.

Mesin *bending* merupakan salah satu mesin produksi penekuk di PT Hari Mukti Teknik yang pada prinsipnya mesin ini digunakan untuk menekuk atau membengkokkan lembaran plat baja yang akan membentuk suatu tikungan dengan bantuan penggerak hidrolik dan kontrol listrik. Mesin *bending* ini bertugas memproduksi bagian dari *case* produk mesin *laundry* dan produk rekayasa mesin lainnya. Menurut Bapak Amin kepala produksi PT Hari Mukti Teknik, pada pertengahan tahun 2021 perusahaan mengalami peningkatan kegiatan produksi mencapai 30% dari tahun sebelumnya, sehingga sangat berpengaruh terhadap kinerja mesin. Hal ini ditunjukkannya dengan tingginya *downtime* yang cukup tinggi yaitu rata-rata 974 menit setiap bulannya, yang diakibatkan oleh sering terjadinya kerusakan yang tidak terdeteksi selama proses produksi berlangsung, menurunnya kecepatan produksi, dan mesin mati secara mendadak. Produk *case* ini akan mengalami penurunan produksi rata-rata 57 unit/menit dalam 1 tahun akibat dari kerusakan mesin tersebut tiap kalinya. Permasalahan tersebut merupakan salah satu bentuk kerugian yang termasuk ke dalam *six big losses*. Salah satu cara untuk mengatasi dan mengurangi masalah tersebut adalah dengan melakukan kegiatan perawatan terhadap mesin maupun peralatan yang dilakukan secara rutin dengan metode *Total Productive Maintenance (TPM)* (Pradaka & Aidil SZS, 2021).

Namun perlu diingat bahwa hal yang lebih utama adalah evaluasi kinerja mesin terhadap jumlah produk yang diproduksi dalam jangka waktu tertentu yang menjadi penting (Kurniawan, Yusuf, & Parwati, 2017). Evaluasi kinerja ini dapat menunjukkan produktivitas dari mesin tersebut. Peningkatan efektivitas dan kualitas kinerja mesin akan mengurangi *downtime* mesin. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya analisis kinerja mesin *hydraulic bending* untuk mengurangi *downtime*, mengetahui *losses* yang diakibatkan mesin, dan mengetahui penyebab terjadinya kerusakan mesin sehingga mesin dapat bekerja lebih efektif.

Berdasarkan masalah ini, salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan metode *overall equipment effectiveness (OEE)* dalam mengukur tingkat efektivitas mesin, dengan mengetahui nilai *six big losses* (enam kerugian besar) yang berarti terdapat penurunan tingkat efektivitas yang dihasilkan oleh mesin-mesin dan peralatan karena kinerja mesin yang tidak optimal, serta melakukan analisis kerusakan dan mengidentifikasi penyebab kerusakan menggunakan metode *failure mode and effect analysis (FMEA)* dan *fault tree analysis (FTA)* untuk mengetahui akar penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin, sehingga dapat memberikan usulan perbaikan untuk menjadi bahan evaluasi di waktu yang akan datang dan meminimalisir kerusakan.

## METODE

### **Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

OEE adalah metode yang digunakan sebagai tolak ukur dalam penerapan TPM guna menjaga peralatan pada kondisi performa terbaik dengan menghapuskan *six big losses* (Stamatis, 2017). OEE merupakan besarnya efektivitas yang dimiliki peralatan/mesin. Berdasarkan perhitungan OEE, dapat diketahui 3 komponen penting yang mempengaruhi efektivitas mesin antara lain adalah Ketersediaan mesin (*availability*), efisiensi produksi (*performance rate*), dan kualitas output mesin (*quality rate*) dengan masing-masing variable memiliki persentase standar dunia (lihat Tabel 1).

**Tabel 1. World Class OEE**

<i>Availability</i>	90%
<i>Performance Rate</i>	95%
<i>Quality Rate</i>	99%
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	85%

Berdasarkan standar persentase dunia, OEE dapat dikatakan baik jika memiliki nilai persentase 85%, dengan persamaan sebagai berikut (Caswito & Hidayat Sutawijaya, 2019; Suliantoro, Susanto, Prastawa, Sihombing, & Mustikasari, 2017):

$$OEE = Availability \times Performance Rate \times Quality Rate \dots\dots\dots (1)$$

*Availability* didefinisikan sebagai rasio yang menggambarkan penggunaan waktu yang tersedia untuk aktivitas dalam operasi mesin dan peralatan.

$$Availability = \frac{operation\ time}{loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

*Performance Rate* merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang.

$$Performance = \frac{Jumlah\ produksi\ x\ waktu\ siklus\ ideal}{operation\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

*Quality rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standard.

$$Quality = \frac{Jumlah\ produksi - jumlah\ defect}{jumlah\ produksi} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

### **Six Big Losses**

*Six big losses* dihitung untuk mengidentifikasi tingkat kerugian berdasarkan OEE dari suatu fasilitas/peralatan pada saat proses produksi, sehingga dapat mengambil langkah- langkah perbaikan fasilitas/peralatan secara efektif (Singh, Khamba, & Singh, 2021). Secara umum terdapat enam jenis kerugian yang dapat mempengaruhi efektivitas fasilitas/peralatan. Adapun pengertian dari masing-masing *losses* adalah sebagai berikut (Alfatiyah & Bastuti, 2020; Marfinov & Pratama, 2020; Sayuti, Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah, 2019):

*Breakdown losses* merupakan kerugian yang berhubungan dengan kegagalan dalam suatu fasilitas/peralatan pada saat proses produksi, artinya fungsi fasilitas/peralatan turun dibawah normal sehingga membutuhkan perbaikan.

$$Breakdown\ Losses = \frac{Breakdown\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

*Set up and adjustment losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh *set up* fasilitas/peralatan sebelum digunakan, serta disebabkan oleh adanya perubahan pada saat proses produksi berjalan, sehingga membutuhkan waktu pemberhentian untuk pergantian fasilitas/peralatan.

$$Set\ up\ and\ adjustment\ Losses = \frac{Set\ up\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

*Reduced speed losses* merupakan kerugian yang berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah dibawah kecepatan operasi ideal.

$$Reduced\ speed\ Losses = \frac{(Actual\ cycle\ time - ideal\ cycle\ time) \times total\ produksi}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

*Idling and minor stoppage losses* merupakan kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiadakan fasilitas/peralatan karena adanya penataan ulang.

$$Idling\ and\ minor\ stoppage\ Losses = \frac{Non\ productive\ time}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

*Defect and rework losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya produk cacat, sehingga terjadi penurunan kualitas produk yang dihasilkan serta penambahan waktu untuk memperbaiki produk cacat tersebut.

$$Defect\ and\ rework\ Losses = \frac{Ideal\ cycle\ time \times total\ product\ defect}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

*Yield losses* merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya ketidakstabilan fasilitas/peralatan di awal proses operasi.

$$Yield\ Losses = \frac{Ideal\ cycle\ time \times total\ scrap}{Loading\ Time} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

### **Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure mode and effect analysis* merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan jenis kegagalan dari sistem yang terdiri

dari komponen-komponen, sehingga dapat menganalisa pengaruh-pengaruh terhadap kehandalan system (Muthalib, Rusman, & Griseldis, 2020). Analisis FMEA berfokus pada penyebab dan mekanisme terjadinya kerusakan dengan memberikan gambaran kritis suatu sistem dengan mengukur skala prioritas atau nilai *risk priority number* (RPN). Pengukuran RPN yang dilakukan berdasarkan hasil perkalian dari 3 parameter yang bersifat kualitatif dengan persamaan, diantaranya adalah sebagai berikut:

$$RPN = \text{Severity} \times \text{occurrence} \times \text{detection} \dots\dots\dots (11)$$

*Severity* merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan dalam suatu peralatan/fasilitas dan sistem yang mempengaruhi proses (Tabel 2). *Occurrence* seringkali didefinisikan sebagai tingkat keseringan terjadi kemungkinan penyebab kegagalan pada suatu peralatan/ fasilitas dan system (Tabel 3). *Detection* merupakan pengukuran terhadap kemampuan dalam mengontrol kemungkinan kegagalan yang terjadi, dan sebagai upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses produksi (Tabel 4) (Nurwulan & Veronica, 2020).

**Tabel 2. Severity**

Nilai	Kriteria
1	Terdapat pengaruh buruk yang dapat diabaikan
2	Terdapat pengaruh buruk yang ringan
3	Terdapat pengaruh buruk yang ringan
4	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa perubahan fungsi penggunaan mesin
5	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa berkurangnya kenyamanan fungsi penggunaan mesin
6	Terdapat pengaruh buruk yang moderat berupa hilangnya kenyamanan fungsi penggunaan
7	Terdapat pengaruh buruk yang tinggi berupa berkurangnya fungsi utama
8	Terdapat pengaruh buruk yang tinggi berupa hilangnya fungsi utama
9	Terdapat masalah yang berpotensi bahaya, yaitu berupa hilangnya fungsi utamasehingga terdapat peringatan
10	Terdapat maslaah yang berpotensi berbahaya sehingga mesin tidak dapat berfungsi

**Tabel 3. Occurrence**

Nilai	Probabilitas Kegagalan
1	Tidak terjadi kegagalan
2	< 5 per 142080 menit operasi
3	10 per 142080 menit operasi
4	15 per 142080 menit operasi
5	20 per 142080 menit operasi
6	25 per 142080 menit operasi
7	30 per 142080 menit operasi
8	35 per 142080 menit operasi
9	36-40 142080 menit operasi
10	> 50 142080 menit operasi

**Tabel 4. Detection**

Nilai	Probabilitas Kegagalan
1	Tidak terdapat kesempatan penyebab muncul terjadi
2	Kesempatan muncul terjadi penyebab sangat rendah
3	Kesempatan muncul terjadi penyebab rendah
4	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
5	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
6	Kesempatan kemungkinan muncul terjadi penyebab bersifat moderat
7	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi
8	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi

9	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi
10	Kesempatan kemungkinan munculnya terjadi penyebab tinggi dan penyebab selalu berulang kembali

### Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault tree analysis* merupakan sebuah diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya suatu gejala kegagalan, sehingga akan mengetahui akar penyebab suatu masalah mulai dari puncak masalah. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (Kurniawan et al., 2017; Suliantoro et al., 2017). Adapun langkah-langkah utama FTA adalah sebagai berikut (Nurwulan & Veronica, 2020):

- Mendefinisikan masalah berdasarkan *TOP event*, dan batasan masalah
- Pembuatan gambaran diagram *fault tree*
- Mencari minimal *cut set* dari analisa *fault tree* menggunakan aljabar *booleen*
- Menganalisa secara kuantitatif dengan perhitungan peluang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

Data produksi merupakan jumlah hasil produksi yang dihasilkan mesin bending yaitu didapat dari hasil input dari proses awal hingga akhir produksi, sedangkan data defect merupakan jumlah hasil produksi yang gagal dan tidak memenuhi standar kualitas yang ada. Adapun data total produksi dan total reject pada mesin bending pada Data produksi dan produk *defect* diambil dari bulan Agustus 2021 sampai Juli 2022 (satu tahun), yang ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Produksi dan Produk *Defect*

Bulan	Total Produksi (unit)	Spring Back (unit)	Jenis Reject Product			Total Reject Product (Unit)
			Retak (unit)	Patah (Unit)	Miring (Unit)	
Agustus 2021	126	-	1	-	2	3
September 2021	105	-	-	1	-	1
Oktober 2021	63	-	-	-	-	0
November 2021	63	-	-	-	-	0
Desember 2021	63	1	-	-	-	1
Januari 2022	131	2	1	-	2	5
Febuari 2022	173	2	-	-	3	5
Maret 2022	215	3	2	1	4	10
April 2022	194	1	-	-	-	1
Mei 2022	152	-	-	-	-	0
Juni 2022	194	2	1	1	-	4
Juli 2022	193	-	-	-	2	2
<b>Total</b>	<b>1672</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>32</b>

Pengumpulan data dalam pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan melalui pengambilan data sekunder, laporan harian operator, dan wawancara. Pengumpulan melalui wawancara ini dilakukan untuk menganalisis menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *fault tree analysis* (FTA).

Data yang digunakan adalah data historis dari mesin bending selama satu tahun yaitu bulan Juli 2021-Juli 2022. Data sekunder yang digunakan adalah berupa kerusakan mesin, *available time*, *downtime*, *planned downtime*, *loading time*, *operation time*, *breakdown time*, *setup & adjustment time* seperti pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data *Maintenance*

Bulan	Available Time (menit)	Planned Down time (menit)	Breakdown Time (menit)	Down time (menit)	Loading Time (menit)	Operation Time (menit)	Ideal Cycle Time (min/unit)	Actual Cycle Time (min/unit)
Agu-21	11520	3846	870	1544	7674	6130	45.56	48.05
Sept-21	12480	3947	821	1192	8533	7341	68.07	69.91
Okt-21	12000	0	0	0	12000	12000	190.48	190.48

Nov-21	12480	0	0	0	12480	12480	198.10	198.10
Des-21	12480	5762	480	798	6718	5920	92.26	93.73
Jan-22	12000	5719	570	1057	6281	5224	38.25	39.88
Feb-22	10560	4431	764	1288	6129	4841	25.91	27.98
Mar-22	12480	3246	985	1531	9234	7703	34.41	35.83
Apr-22	12000	2996	616	1061	9004	7943	40.21	40.94
Mei 22	10560	0	572	924	10560	9636	62.81	63.39
Jun-22	12000	0	892	1364	12000	10636	53.92	54.82
Juli-22	11520	4808	542	922	6712	5790	29.24	30
<b>Total</b>	<b>142080</b>	<b>34775</b>	<b>7115</b>	<b>11691</b>	<b>107325</b>	<b>95634</b>	<b>73.27</b>	<b>74.49</b>

### Perhitungan dan Analisis Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Analisis ini digunakan untuk membantu proses pengukuran nilai efektivitas kinerja mesin terdapat pada pengolahan data menggunakan pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) berdsarkan data yang ada. Sehingga untuk penjelasannya adalah sebagai berikut:

#### a. *Availability*

Rata-rata nilai *availability* mesin *bending* periode Agustus 2021-Juli 2022 sebesar 87.59% yang berarti nilai *availability* berada dibawah standar nilai pada *world class*. Hal ini disebabkan karena 9 dari 12 periode ini memiliki *downtime* yang cukup tinggi. *Loading time* dipengaruhi oleh *breakdown* dan *set-up & adjustment*, *breakdown* dipengaruhi oleh *machine break*, *power cut off*, dan *material shortage*.

#### b. *Performance Rate*

Hasil *performance rate* 10 periode lainnya menunjukkan bahwa nilai *performance rate* lebih dari *world class* sehingga rata-rata yang dihasilkan pada satu tahun adalah 97.25% yang berarti berada pada *standar world class*. Hal ini terjadi karena terdapat *idle time* sehingga *actual cycle time* lebih besar dibandingkan dengan *ideal cycle time*.

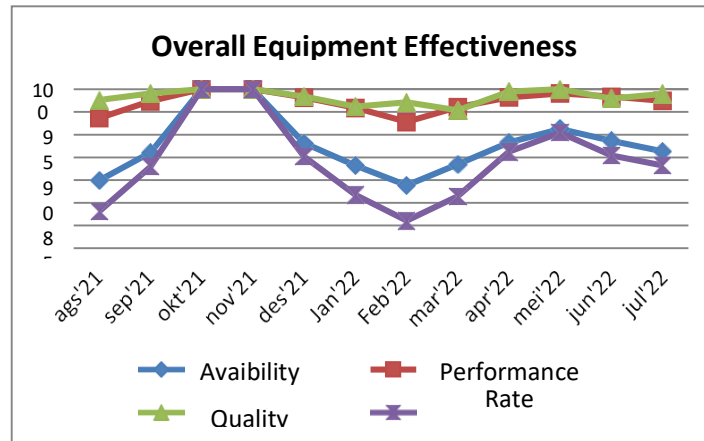
#### c. *Quality Rate*

Hasil rata-rata nilai *quality rate* dalam satu tahun adalah 98.34 %, hal ini dapat diketahui bahwa nilai *quality rate* berada pada standar *world class* sehingga perusahaan harus mampu mempertahankan dan meningkatkan nilai *quality rate* ini dengan tidak menghasilkan *product reject*. Perhitungan nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) merupakan hasil perkalian dari data nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate*. Adapun hasil perhitungan nilai OEE periode Agustus 2021-Juli 2022 dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 1. Adapun hasil rata-rata OEE pada mesin *bending* dalam satu tahun sebesar 84.21%, yang menunjukkan nilai OEE berada di bawah standar *world class*. Hal ini disebabkan karena dari 12 periode terdapat 6 periode mempunyai nilai OEE yang relatif rendah yang disebabkan rendahnya nilai *availability* Setelah diketahui nilai OEE rendah, kemudian dilakukan identifikasi faktor yang paling penting yang mempengaruhi tingkat kinerja mesin dengan menggunakan metode *six big losses* untuk menganalisis *losses* yang sangat berpengaruh terhadap nilai OEE, sehingga dapat menentukan tindakan atau usulan terhadap *losses* yang terjadi

**Tabel 7.** Hasil Perhitungan OEE

Bulan	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance</i> <i>Rate</i> (%)	<i>Quality</i> <i>Rate</i> (%)	OEE (%)
Agustus 2021	79.88	93.66	97.62	73.03
September 2021	86.03	97.36	99.05	82.96
Oktober 2021	100	100	100	100
November 2021	100	100	100	100
Desember 2021	88.12	98.18	98.41	85.15
Januari 2022	83.17	95.91	96.18	76.72
Februari 2022	78.82	92.78	97.11	71.02
Maret 2022	83.42	96.05	95.35	76.40
April 2022	88.22	98.22	99.48	86.20
Mei 2022	91.25	99.08	100	90.41
Juni 2022	88.63	98.36	97.94	85.38
Juli 2022	86.26	97.46	98.96	83.20
<b>Rata-Rata</b>	<b>87.82%</b>	<b>97.25</b>	<b>98.34</b>	<b>84.21</b>





Gambar 1. Grafik Overall Equipment Effectiveness (OEE)

### Analisis Six Big Losses

*Six big losses* merupakan enam kerugian besar yang mengakibatkan rendahnya kinerja mesin berupa kerugian waktu, sehingga dapat menimbulkan kerugian lainnya yang diakibatkan rendahnya kinerja mesin. Berdasarkan nilai *six big losses* ini kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui kerugian terbesar yang menjadi faktor penting dalam rendahnya nilai OEE pada mesin *bending*. Gambar 2 merupakan grafik yang menunjukkan hasil dari *six big losses* mesin *bending*.



Gambar 2. Grafik Six Big Losses Mesin Bending

Berdasarkan Gambar 2 grafik *six big losses* pada mesin *bending*, dengan hasil rata-rata perhitungan *equipment failure losses* sebesar 7.34%, *set-up & adjustment losses* sebesar 4.84 %, *reduced speed losses* sebesar 2.28%, *idling and minor stoppages losses* sebesar 0.02%, *defect and rework losses* sebesar 1.31 %, dan *yield/scrap losses* sebesar 0%. Tabel 8 adalah usulan perbaikan terhadap losses yang terjadi pada mesin *bending*.

Tabel 8. Usulan Perbaikan Terhadap Losses

Losses	Nilai Losses (%)	Usulan perbaikan
Equipment Failure Losses	7.4%	Melakukan analisis kerusakan menggunakan metode FTA dan FMEA

<i>Set-up&amp;adjustment Losses</i>	4.84%	Melakukan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kemampuan dalam mempersiapkan mesin lebih cepat, sehingga mengurangi waktu <i>set up and adjustment</i> tanpa mengurangi kualitas operasi mesin.
<i>Reduced Speed Losses</i>	2.28%	Ketebalan Plat yang berbeda-beda, dan hasil sudut yang diinginkan berbeda-beda membuat operator harus mengubah pengaturan R pada control mesin, operator harus lebih cekatan dalam menentukan pengaturan R dan memproduksi dengan memisahkan ukuran R yang sama
<i>Defect and Rework Losses</i>	1.31%	Operator harus lebih teliti dalam penggunaan <i>blade</i> , dan menentukan tekanan hidrolik harus sesuai dengan ketebalan plat.
<i>Idling and minor stoppage Losses</i>	0.02%	Melakukan pelatihan kepada operator untuk meningkatkan kemampuan dan kecekatan dalam beroperasi, sehingga tidak terdapat kegiatan yang tidak produktif.

*Equipment failure losses* tinggi disebabkan oleh tingginya *breakdown time*, salah satu pengaruh dalam tingginya *breakdown time* adalah *machine break time* yaitu dimana waktu yang terbuang akibat dari kegagalan mesin. *Set-up & adjustment losses* disebabkan oleh besarnya waktu yang dibutuhkan dalam mempersiapkan mesin. *Reduced speed losses* disebabkan oleh terjadinya *idle* pada saat proses produksi berupa perbedaan ketebalan plat, dan tekanan yang diberikan sehingga operator harus mengubah pengaturan (*setting*) mesin secara berkala sesuai dengan ketebalan plat.

#### Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode yang bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis penyebab terjadinya kegagalan dalam suatu sistem dengan mengukur skala prioritas/risk priority number (RPN). Pada penelitian ini FMEA digunakan untuk menganalisis penyebab terjadinya kerusakan pada mesin bending untuk memberikan upaya perbaikan, sehingga dapat meminimalisir kerusakan dan tidak mengganggu jalannya produksi case.

Berdasarkan Tabel 9, yang merupakan tabel FMEA dari kerusakan yang terjadi pada mesin *bending*, diperoleh hasil nilai risk priority number (RPN) pada mesin bending dari terbesar sampai terkecil, yaitu *overheat motor* memiliki nilai RPN 480, *seal pump* memiliki nilai RPN 350, *bearing motor* memiliki nilai RPN 315, *seal ram stroke* memiliki nilai RPN 210, *gear pump* memiliki nilai RPN 200, *penyangga dies* memiliki nilai RPN 147, *blade* memiliki nilai RPN 140, *dies* memiliki nilai RPN 120, *cooler* memiliki nilai RPN 75, *bearing pump* memiliki nilai RPN 72, *housing valve* memiliki nilai RPN 72, *overheat oli* memiliki nilai RPN 36, *korsleting listrik* memiliki nilai RPN 18, dan *spool valve* memiliki nilai RPN 16. Nilai RPN ini digunakan untuk menentukan kegagalan/kerusakan yang harus diprioritaskan untuk dilakukan tindakan perbaikan. Langkah selanjutnya untuk mengurangi downtime dan meminimalisir *breakdown time*, penulis mengusulkan upaya perbaikan pada item-item mesin yang rusak.

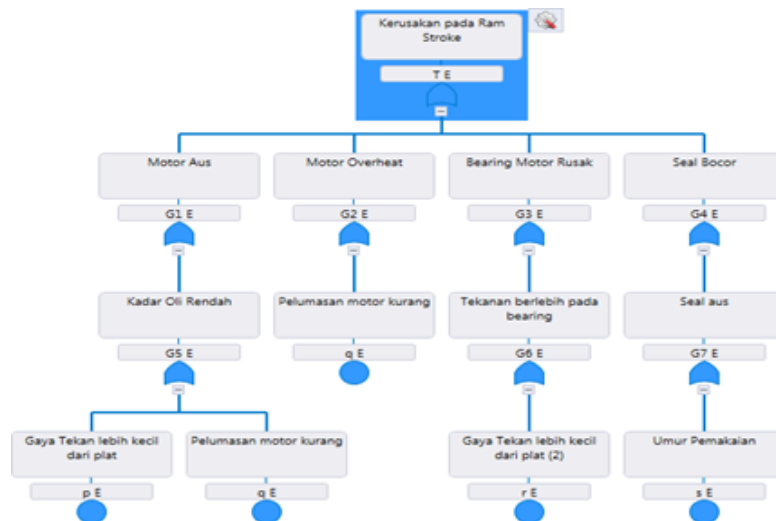
Tabel 9. Tabel FMEA Mesin *Bending*

Item	Potensi Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Akibat dari Kerusakan	Tindakan terhadap Kerusakan	S	O	D	RPN
<i>Electrical Control</i>	Korsleting listrik	Isolator tidak berfungsi	Mesin tidak dapat beroperasi	Pengecekan dan perbaikan kabel dan panel	3	2	3	18
<i>Hydraulic oil</i>	Pencemaran oli, <i>overheating</i> oli	Tangki kemasukan angin, tingkat oli dalam tangki rendah	Komponen lain aus	Ganti oli, tambah oli	6	2	3	36
<i>Hydraulic pump</i>	<i>Seal</i> bocor	<i>Seal</i> aus	Tekanan hidrolik berkurang	Pembongkaran, mengganti seal	10	5	7	350
	<i>Gear</i> aus	Pelumasan pada <i>gear</i> kurang,	Putaran gear lambat, tekanan hidrolik berkurang	Pelumasan pada gear	8	5	5	200
	<i>Bearing pump</i>	Beban hidrolik yang berlebih	Oli mengalami <i>overheat</i>	Pelumasan pada bearing pump	8	3	3	72
<i>Hydraulic valve</i>	Sirkulasi pendingin tidak berfungsi	Penyumbatan kotoran pada saluran	Oli mengalami <i>overheat</i>	Membersihkan saluran pada sirkulasi pendingin	5	5	3	75
	Diameter <i>spool valve</i> rusak	Penyumbatan pada <i>spool valve</i>	Kadar oli yang mengalir rendah	Ganti Oli	4	2	2	16

	Housing valves rusak	Pelumas pada housing valves kurang	Kadar oli yang mengalir rendah	Penambahan Oli, Ganti housing valve	4	3	6	72
Ram Stroke	Overheating pada motor hidrolik, motoraus, motor rusak	Kadar oli rendah	Peningkatan gesekan antar komponen, aus	Dinginkan motor, Pelumas pada motor, ganti motor	10	8	6	480
	Bearing motor rusak	Tekanan berlebih, kurangpelumas	Motor hidrolikaus	Mengganti bearing motor	9	5	7	315
	Seal bocor	Seal aus	Tekanan hidrolik berkurang	Pembongkaran, mengganti seal	7	6	5	210
Mold	Blade rusak	Kedudukan antara blade dan dies tidak tepat	Hasil sudutteuk lebihbesar	Mengganti blade	7	4	5	140
	Penyangga dies rusak	Dies bergeser	Kedudukan dies dan blade tidak akurat	Ganti dies, pengecekan berkalamur dan baut dies	7	7	3	147
	Dies rusak	Plat lebih tebal daripada gaya yang diberikan	Hasil sudutteuk lebihbesar	Ganti dies, pengecekan berkalamur dan baut dies	8	3	5	120

### Analisis Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault tree analysis* berfungsi untuk mengetahui akar penyebab kerusakan pada mesin *bending* dengan membuat pohon kesalahan (*fault tree*) yaitu suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik analisis mulai dari *top event* sampai dengan *basic event*. Berdasarkan kerusakan yang terjadi pada mesin *bending*, kerusakan-kerusakan tersebut diklasifikasikan berdasarkan komponen utama mesin *bending* yaitu kerusakan pada komponen *electrical control*, *hydraulic oil*, *hydraulic pump*, *hydraulic valve*, *ram stroke*, dan *mold*.



Gambar 3. Diagram Fault Tree Ram Stroke

Kerusakan pada keenam komponen utama tersebut kemudian dibuat diagram *fault tree* dan dilanjutkan dengan analisis kualitatif dengan mencari minimal cut set dan analisis kuantitatif dengan pendekatan peluang. Gambar 3 adalah gambar diagram *fault tree* dari komponen *ram stroke* yang merupakan persentase peluang kerusakan tertinggi pada *bending* hidrolis. Adapun hasil analisis kualitatif dan kuantitatif mesin *bending* menggunakan FTA dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis FTA

No	Komponen item	Minimal CutSet	P(T)	Ranking
1	Electrical control	$T = pUq$	0.00108	6
2	Hydraulic Oil	$T = pUq$	0.00228	4
3	Hydraulic Pump	$T = pUqUrUsUt$	0.01130	2
4	Hydraulic Valve	$T = pUqUr$	0.00212	5
5	Ram Stroke	$T = pUqUrUs$	0.01154	1
6	Mold	$T = pUqUr$	0.00416	3

### Usulan Perbaikan pada Mesin *Bending*

Berdasarkan analisis FMEA dan FTA dapat dibuat usulan perbaikan guna menjadi bahan evaluasi di waktu mendatang sehingga dapat mengurangi *downtime* dan meminimalisir *breakdown time*. Usulan perbaikan pada mesin *bending* dapat dilihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Usulan Perbaikan pada Mesin *Bending*

Item	Kerusakan yang Terjadi	Usulan Perbaikan
<i>Electrical control</i>	Korsleting Listrik	Melakukan <i>periodic maintenance</i> untuk melakukan pengecekan pada panel dan kabel.
<i>Hydraulic Oil</i>	Oli Tercemar, Overheat oli	Melakukan <i>periodic maintenance</i> untuk melakukan pengecekan, menambah atau mengganti oli hidrolik
<i>Hydraulic Pump</i>	<i>Seal</i> bocor, <i>gear</i> aus, <i>bearing pump</i> rusak, <i>cooler</i> tidak berfungsi	Melakukan perawatan prediktif ( <i>predictive maintenance</i> ) dan melakukan <i>repair</i> / mengganti komponen yang rusak, mengecek kebersihan komponen
<i>Hydraulic Valve</i>	Diameter <i>spool valve</i> rusak, <i>housing valve</i> rusak	Menambahkan sensor berupa <i>control valve</i> otomatis yang bsrfungsi untuk penyesuaian ketika terjadi kelebihan atau penyumbatan oli, mengecek kebersihan komponen
<i>Ram Stroke</i>	<i>Overheat</i> motor, motor aus, <i>bearing</i> motor rusak, <i>seal</i> bocor	Melakukan pengecekan mingguan untuk pelumasan pada semua komponen yang bergerak, mengganti seal yang bocor yang membuat tekanan hidrolik berkurang
<i>Mold</i>	<i>Blade</i> rusak, penyangga <i>dies</i> rusak, <i>dies</i> rusak	Melakukan perawatan prediktif ( <i>predictive maintenance</i> ) dan melakukan <i>repair</i> / mengganti komponen yang rusak.

Berdasarkan tabel 11 usulan perbaikan yang diberikan terhadap mesin *bending* hidrolik pada PT Hari Mukti Teknik adalah melakukan *periodic maintenance* pada *electrical control*, dan *hydraulic oil* karena berdasarkan fungsi komponennya keduanya merupakan komponen utama mesin dalam beroperasi, jika terjadi korsleting listrik, maka mesin tidak dapat beroperasi, jika terjadi kekurangan atau kelebihan oli, oli tercemar maka komponen lain akan cepat rusak. Usulan perbaikan selanjutnya adalah melakukan *predictive maintenance* pada komponen *hydraulic pump* dan *mold* karena kedua komponen tersebut merupakan komponen penggerak pada mesin *bending*, keduanya dapat dilihat secara visual sehingga dapat melakukan *predictive maintenance* baik berdasarkan umur pemakaian atau berdasarkan seberapa banyak produksi yang telah dilakukan. Usulan perbaikan pada komponen *ram stroke* adalah dengan cara inspeksi mingguan terhadap komponen yang bergerak sehingga tidak akan terjadinya kekurangan oli pada *ram stroke*.

### KESIMPULAN

Hasil Pengukuran kinerja mesin *bending* pada satu tahun periode menggunakan metode OEE adalah sebesar 84.21 % yang berarti tidak baik karena berada dibawah standar nilai *world class*, hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai *availability* rendah. Berdasarkan analisis *six big losses* faktor yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE dalam pengukuran kinerja mesin *bending* adalah *equipment failure losses* yaitu sebesar 7.34% yang diakibatkan tingginya *machine break time* dalam melakukan tindakan terhadap kerusakan mesin *bending*. Berdasarkan analisis FTA dan FMEA terdapat 6 komponen utama yang sering mengalami kerusakan, upaya perbaikan yang dapat diberikan pada mesin *bending* adalah melakukan *periodic maintenance*, membuat list *predictive maintenance*, melakukan pengecekan ulang, melakukan pelumasan secara berkala pada komponen yang bergerak, mengecek kebersihan lingkungan dan mengganti komponen yang rusak

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfatiyah, R., & Bastuti, S. (2020). Improving the Effectiveness of Primary Rolling Machine With Oee and Six Big Losses Method. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 14(2), 85. <https://doi.org/10.24853/sintek.14.2.85-93>
- Caswito, A., & Hidayat Sutawijaya, A. (2019). Analysis of Total Maintenance Productivity on Ships/Fleet To Increase Performance Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Analysis of Six Big Losses (Case Study of PT. XYZ). *American International Journal of Business Management (AIJBM)*, 2(9), 23–37.
- Hasrul, H., Shofa, M. J., & Winarno, H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Roughing Stand dengan

- Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 3(2), 55. <https://doi.org/10.30656/intech.v3i2.879>
- Kurniawan, B. H., Yusuf, M., & Parwati, C. I. (2017). Evaluasi Perawatan Mesin Dengan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Pada Cv. Julang Marching. *Jurnal REKAVASI*, 5(2), 80–86. Retrieved from <https://journal.akprind.ac.id/index.php/rekavasi/article/view/267>
- Marfinov, B. F. P. A., & Pratama, A. J. (2020). Overall Equipment Effectiveness (OEE) Analysis to Minimize Six Big Losses in Continuous Blanking Machine. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(1), 25. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v1i1.8037>
- Muthalib, I. S., Rusman, M., & Griseldis, G. L. (2020). Overall Equipment Effectiveness (OEE) analysis and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) on Packer Machines for minimizing the Six Big Losses-A cement industry case. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 885(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012061>
- Nurwulan, N. R., & Veronica, W. A. (2020). Implementation of Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis in Paper Mill: A Case Study. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 171–176. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4059.171-176>
- Pradaka, M. A., & Aidil SZS, J. (2021). Analisis Total Productive Maintenance Menggunakan Metode OEE dan FMEA pada Pabrik Phosporic Acid PT Petrokimia Gresik. *Jurnal Teknik Industri*, 11(3), 280–289. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i3.13087>
- Rahman, A., & Perdana, S. (2019). Analisis Produktivitas Mesin Percetakan Perfect Binding Dengan Metode Oee Dan Fmea. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 34–42. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i1.5034>
- Sayuti, M., Juliananda, Syarifuddin, & Fatimah. (2019). Analysis of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Minimize Six Big Losses of Pulp Machine: A Case Study in Pulp and Paper Industries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012061>
- Singh, S., Khamba, J. S., & Singh, D. (2021). Analyzing the Role of Six Big Losses in OEE to Enhance the Performance: Literature Review and Directions (pp. 411–421). [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4320-7\\_37](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4320-7_37)
- Stamatis, D. H. (2017). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. CRC Press.
- Suliantoro, H., Susanto, N., Prastawa, H., Sihombing, I., & Mustikasari, A. (2017). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dan Fault Tree Analysis (Fta) Untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 105. <https://doi.org/10.14710/jati.12.2.105-118>



---

## Komparasi Desain Alat Penukar Panas Tipe Air-Cooled

Muhammad Ikhsan Kamil<sup>1</sup>, Dessy Agustina Sari\*<sup>2</sup>

<sup>12</sup>Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: [dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id](mailto:dessy.agustina8@staff.unsika.ac.id)

---

### ABSTRACT

The discussion regarding detailed comparisons of air-cooled heat exchanger designs using mathematical equation calculations was carried out based on several literature sources related to heat exchanger design using simulation model calculations in the Aspen EDR V10 software. This ACHE-type heat exchanger is designed to carry out processes with hot fluid in the form of saturated water vapor at a pressure of 2 bar and cold fluid in the form of air at a pressure of 1,101 bar. The saturated water vapor used has a temperature of 251,2°F, and the air used has a temperature of 84,2°F. The variables used for comparison are the performance parameters of the heat exchanger, which include the log mean temperature difference, pressure drop ( $\Delta P$ ), fouling factor ( $R_D$ ), heat transfer rate ( $Q$ ), and overall heat transfer coefficient ( $U$ ). The calculation results show that the mathematical model calculations and the simulation model in the software have differences, but that does not change the fact that the two calculation models produce tool performance parameter values that are in accordance with operating standards when viewed from the pressure drop value, fouling factor value, and heat transfer coefficient value. Overall, if you look at the type of fluid used in the process,

**Keywords:** air-cooled heat exchanger, fin, fouling factor, heat transfer, tube bundle.

### INTISARI

Pembahasan tentang perbandingan detail desain alat penukar panas berpendingin udara dengan menggunakan perhitungan persamaan matematis, dilakukan berdasarkan beberapa sumber literatur terkait perancangan alat penukar panas dengan perhitungan model simulasi pada *software* Aspen EDR V10. *Heat exchanger* tipe *air-cooled* ini dirancang untuk melakukan proses dengan fluida panas berupa uap air jenuh pada tekanan 2 bar dan fluida dingin berupa udara pada tekanan 1,101 bar. Uap air jenuh yang digunakan bersuhu 251,2°F, dan udara yang digunakan bersuhu 84,2°F. Variabel yang digunakan sebagai pembanding adalah parameter unjuk kerja *heat exchanger* yang meliputi *log mean perbedaan temperatur*, *pressure drop* ( $\Delta P$ ), *fouling factor* ( $R_D$ ), laju perpindahan panas ( $Q$ ), dan koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan persamaan matematis dan simulasi pada perangkat lunak terdapat perbedaan. Akan tetapi, capaian tersebut tidak mengubah kenyataan bahwa kedua cara perhitungan kinerja ACHE tersebut menghasilkan nilai parameter kinerja alat yang sesuai dengan standar pengoperasian jika dilihat dari nilai *pressure drop*, faktor pengotor, dan nilai koefisien perpindahan panas atas fluida yang dilibatkan (uap air dan udara).

**Kata kunci:** faktor pengotor, *fin*, penukar panas *air-cooled*, perpindahan panas, *tube bundle*.

---

### PENDAHULUAN

Perpindahan panas adalah peristiwa yang terjadi ketika energi panas bergerak dari suatu bahan ke bahan lain yang berbeda suhu. Peristiwa ini berperan penting dalam berbagai aplikasi industri dan kehidupan sehari-hari, seperti dalam proses produksi, pemanasan rumah, dan pendinginan mesin. Salah satu alat yang digunakan untuk mengatur perpindahan panas adalah alat penukar panas atau *heat exchanger*. Alat ini dirancang khusus untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas antara dua fluida yang berbeda, seperti antara udara dan air, gas dan cairan, atau bahkan cairan yang berbeda.

Alat penukar panas digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pendinginan mesin kendaraan hingga pemrosesan produk industri dan pengolahan minyak dan gas. Unit peralatan ini bekerja dengan prinsip dasar memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya tanpa mencampur keduanya. Di dunia industri terdapat beberapa alat penukar panas yang umum digunakan seperti *shell and tube heat exchanger*, *air-cooled heat exchanger*, *double pipe heat exchanger* dan lainnya. Dilihat dari keunggulannya dari sisi ketahanan terhadap korosi, Kendala-kendala lingkungan seperti minimnya persediaan air dan polusi termal umumnya lebih mendukung penggunaan penukar panas tipe *Air-Cooled Heat Exchanger* (ACHE). Walaupun biaya modal pembuatan ACHE biasanya tinggi, biaya operasionalnya biasanya jauh lebih rendah dibandingkan dengan penukar panas tipe pendingin

air. ACHE terdiri dari satu atau lebih kelompok tube ber-*fin* (yang juga disebut sebagai *tube bundle*) dengan udara ditiupkan oleh satu atau lebih kipas. Kipas bisa lebih dari satu buah untuk menghembuskan udara untuk bertukar panas dengan pipa atau *tubes* pada *bundle* yang di dalamnya mengalir fluida bersuhu lebih tinggi.

Desain ACHE harus memperhitungkan berbagai faktor seperti kapasitas perpindahan panas, karakteristik penurunan tekanan, dimensi fisik, pengaturan, daya pompa yang dibutuhkan oleh fluida proses, laju aliran udara, dan pola aliran yang berbeda seperti aliran berlawanan, searah, dan silang. Proses desain ACHE ini mirip dengan desain penukar panas tipe shell and tube dan dimulai dengan mencari desain awal menggunakan koefisien perpindahan panas keseluruhan yang diperkirakan. Selanjutnya, desain awal tersebut mengalami modifikasi berulang-ulang dengan metode uji coba hingga mendapatkan desain yang memenuhi kriteria toleransi tertentu, sehingga merupakan metode efektif dalam mengevaluasi unit yang ada dan menciptakan desain baru melalui simulasi.

Sejumlah artikel yang membahas mengenai simulasi dan optimalisasi *air-cooled heat exchanger* telah diterbitkan (Doodman et al., 2009; Evenko, 2002; Lez et al., 2001; Manassaldi et al., 2014; Park et al., 2022; Pieve & Salvadori, 2011; Salimpour & Bahrami, 2011). Kajian dari (Manassaldi et al., 2014) menjabarkan suatu model matematika inovatif yang mengadopsi pendekatan disjungtif dalam upaya merancang ACHE secara efisien. Model ini mencakup tujuh keputusan diskrit yang terkait dengan berbagai aspek seperti jenis *tube ber-fin*, jumlah *tube rows*, jumlah *tube per rows*, jumlah *passes*, *fin* per unit panjang, ketebalan *fin* rata-rata, dan tipe aliran. Selain itu, model ini juga mempertimbangkan aspek-aspek kontinyu seperti diameter kipas, lebar *bundle*, panjang *tube*, *pressure drop*, kecepatan di kedua sisi, luas perpindahan panas, serta konsumsi daya kipas.

Desain alat penukar panas tidak hanya dilakukan secara matematis, tetapi dapat dilakukan menggunakan simulasi pada perangkat komputer. Salah satu *software* yang biasa digunakan dalam simulasi yang mencakup proses desain ialah *software Aspen Exchanger Design and Rating* disingkat Aspen EDR. Aspen tipe ini adalah rangkaian program yang sangat lengkap dalam industri untuk merancang penukar panas, yang menyederhanakan proses rekayasa melalui satu kerangka kerja terintegrasi (AspenTech, 2023). Sejumlah artikel yang membahas mengenai penggunaan Aspen EDR untuk melakukan simulasi desain untuk alat penukar panas telah diterbitkan (Bi & Ju, 2021; Janaun et al., 2016). Peneliti (Bi & Ju, 2021) menjelaskan studi perbandingan evaluasi dan validasi pada parameter alat penukar panas seperti Joshi & Webb, Manglik & Bergles, dan Maiti & Sarangi pada alat penukar panas tipe plat *fin*.

Artikel ini menyajikan perbandingan desain model alat penukar panas tipe ACHE dengan menggunakan model matematis dan program simulasi pada perangkat Aspen EDR, serta meninjau performa rancangan alat penukar panas tersebut berdasarkan beberapa parameter. Parameter tersebut mencakup *pressure drop* ( $\Delta P$ ), *fouling factor* ( $R_D$ ), laju perpindahan panas ( $Q$ ), dan koefisien perpindahan panas *overall* ( $U$ ). Keempat tinjauan tersebut merupakan sama halnya dengan perancangan tipe alat penukar panas lainnya (Bizzy & Setiadi, 2013; Kharisma, 2020).

## METODE

### Pengambilan data

Data yang digunakan merupakan data dari salah satu pabrik pengolahan kelapa sawit di Indonesia. Data tersebut berupa:

- Properti fisika rata-rata untuk uap air dan udara
- Laju alir massa, suhu masuk, dan keluar dari kedua aliran fluida, *fouling factor*, dan *pressure drop* maksimum yang diizinkan.
- Tube* dengan diameter 1 in, *tube pitch* 2,25 in, dan *tube layout*-nya *triangular pitch*
- Memiliki satu buah kipas dengan satu buah *tube bundle*.

### Pengolahan data

Berdasarkan data di lapangan, sebuah persamaan matematis didapatkan dengan menggunakan korelasi persamaan matematika yang diadopsi dari buku tentang peralatan perpindahan panas (Coker, 2015; Foust et al., 1962; Kern, 1950; Serth & Lestina, 2014). Laju dan luas perpindahan panas ( $Q$ ;  $A$ ) dihitung menggunakan persamaan (1) berikut.

$$Q = \Delta T_{lm} \times U_D \times F_t \times A_{tot} \quad (1)$$

Nilai  $U_D$  mengacu pada koefisien perpindahan panas keseluruhan yang merupakan nilai asumsi awal berdasarkan jenis fluida pada sisi *tube*. Sedangkan  $\Delta T_{lm}$  adalah  $T_{LMTD}$  (perbedaan suhu rata-rata logaritma) yang dikoreksi oleh faktor koreksi ( $F_t$ ) yang mana bergantung pada jumlah lintasan ( $N_p$ ) dan jumlah *rows* ( $N_r$ ). Kedua nilai dari ( $N_p$ ) dan ( $N_r$ ) diperoleh atas perhitungan rasio antara luas

perpindahan total ( $A_{tot}$ ) dengan luas perpindahan panas *face* ( $A_{face}$ ) yang didasari persamaan (2) dan mengarahkan ke penggunaan persamaan (3) berikut ini.

$$A_{face} = \frac{m_{udara}}{\rho_{udara\ std} \times V_{face}} \quad (2)$$

$$A_{face} = WL = 3W^2$$

Keterangan:  $m_{udara}$ ;  $\rho_{udara\ std}$ ;  $V_{face}$  adalah laju alir massa udara, densitas udara pada suhu standar, dan kecepatan rata-rata udara yang digunakan dengan kisaran umumnya sebesar 300-800 ft/menit, secara berturut-turut. Kemudian,  $W$ ;  $L$  merupakan lebar dari *tube bundle*, dan panjang *tube*.

$$N_t = \frac{A_{tot}}{(A_{tot}/L) \times L} \quad (3)$$

Rasio luas perpindahan panas total terhadap panjang *tube* didapatkan dengan didasari nilai diameter *tube* dan tinggi fin yang disajikan oleh (Serth & Lestina, 2014) melalui pada *characteristics of typical high-fin tube array*.

Koefisien perpindahan panas clean secara keseluruhan,  $U_c$  diestimasi dengan menggunakan persamaan (4) hingga (6) sebagai berikut.

$$U_c = \left[ \frac{(A_{tot}/A_i)}{h_i} + \frac{(A_{tot}/L) \ln\left(\frac{D_o}{D_i}\right)}{2\pi k_{tube}} + \frac{1}{\eta_w \times h_o} \right]^{-1} \quad (4)$$

$$h_i = \left(\frac{k_i}{D_i}\right) \times 0.023Re^{0.8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} \quad (5)$$

$$h_o = \left(\frac{k_o}{D_o}\right) 0.38Re^{0.6} \times Pr^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{A_{tot}}{A_o}\right)^{-0.15} \quad (6)$$

Diketahui  $h_i$ ;  $h_o$  merupakan koefisien perpindahan panas pada sisi dalam dan sisi luar alat penukar panas. Kemudian, nilai  $(A_{tot}/A_i)$  dan  $(A_{tot}/L)$  berasal dari rujukan data *characteristics of typical high-fin tube array*. Supaya desain dapat berjalan atau dapat digunakan, keberadaan batasan dan faktor pengotor perlu diperhatikan melalui penggunaan persamaan (7) dan (8) yaitu:

$$R_D = R_{Di} \left(\frac{A_{tot}}{A_i}\right) + \frac{R_{Do}}{\eta_w} \quad (7)$$

$$U_c > U_D \quad (8)$$

**Pressure drop** pada sisi *tube* ( $\Delta P_{tube}$ ) dan pada sisi udara ( $\Delta P_{udara}$ ) udara dikalkulasi dengan menggunakan persamaan matematis dengan melibatkan persamaan (9) dan (10) berikut.

$$\Delta P_{tube} = \frac{f_{tube} \times N_p \times L \times G_{tube}^2}{7.50 \times 10^{12} \times D_i \times s \times \Phi} + 1.334 \times 10^{-13} D + E \quad (9)$$

$$D = (2N_p - 1.5) \times \left(\frac{G_{tube}^2}{s}\right); E = 2 \times 10^{-13} \left(\frac{G_n^2}{s}\right)$$

$$\Delta P_{udara} = 1.1 \left(\frac{9.22 \times 10^{-10} f_{udara} \times N_r \times G_{udara}^2}{\rho_{udara}}\right) \quad (10)$$

Dengan nilai  $f$ ;  $G$ ;  $s$  adalah faktor friksi, *mass flux*, dan *specific gravity* dari masing-masing fluida.

*Fan and motor sizing*, konsumsi daya *fan* ( $W_{motor}$ ) diestimasi dengan menggunakan persamaan (11) berikut.

$$W_{motor} = \frac{\Delta P_{fan} \times v_{fan}}{\eta_{fan} \times \eta_{sr} \times \eta_{motor}} \quad (11)$$

Keterangan: nilai  $\Delta P_{fan}$ ;  $v_{fan}$  mengacu pada penurunan tekanan total pada *fan* dan laju aliran volumetrik udara melalui *fan*. Kemudian,  $\eta_{fan}$ ;  $\eta_{sr}$ ;  $\eta_{motor}$  merupakan efisiensi pada *fan*, peredam kecepatan, dan motor. Selanjutnya, penurunan tekanan total pada kipas ( $\Delta P_{fan}$ ) menerapkan persamaan (12) yaitu:

$$\Delta P_{fan} = \Delta P_{udara} + \left( \frac{1 + 0.13}{2} \right) H \quad (12)$$

$$H = \rho_{udara} \left( \frac{W_{udara}}{N_{fan} \times \rho_{udara}} \right)^2 \left( \frac{1}{\pi \times D_{fan}^2} \right)^2$$

Dengan  $N_{fan}$ ;  $D_{fan}$ ;  $W_{udara}$  merupakan jumlah fan, diameter fan, dan laju aliran massa udara, secara berturut-turut. Berdasarkan ketentuan pada persamaan (13) dan (14) diketahui bahwa luas yang dibutuhkan oleh fan minimal 40% dari luas *face bundle* dan diameter fan harus 6 in lebih kecil dari lebar *bundle*.

$$N_{fan} \times \frac{\pi}{4} D_{fan}^2 \geq 0,4 WL \quad (13)$$

$$D_{fan} \leq W - 6 \text{ in} \quad (14)$$

### Simulasi *air-cooled heat exchanger*

Model simulasi dilakukan pada perangkat computer dengan melakukan input data berdasarkan data yang didapatkan di lapangan industri kelapa sawit, dan selebihnya melalui pelibatan persamaan matematis. *Software* yang digunakan pada artikel ini adalah *Aspen Exchanger Design and Rating* versi 10 (*Aspen EDR V10*) dengan urutan langkah berupa geometri ACHE, pemrosesan data, dan penginputan properti fisika (Harydary, 2019).

Langkah pertama – geometri ACHE diawali oleh pendataan geometri untuk diameter *outside* dan *inside tube*, *tube pitch*, tinggi *fin*, tipe *tubing*, *tube layout*, panjang *tube*, jumlah aliran, jumlah baik *tube*, *bundle*, dan *fan*. Selanjutnya, selain data geometri awal yang dimasukkan, data proses mencakup laju alir massa udara dan uap air juga diinputkan. Data lainnya disusulkan yaitu suhu dan tekanan (inlet maupun outlet) dari kedua fluida, serta faktor pengotor dan *pressure drop* maksimum.

Langkah ketiga berupa simulasi ACHE. Data properti fisika yang dimasukkan hanya ditujukan untuk fluida pada sisi *tube* karena untuk udara telah diestimasi melalui penggunaan *software* keteknikkimiaan. Sehingga, penginputan pada sisi udara berupa suhu masuk dan keluar. Sedangkan, untuk sisi *tube* pada data properti fisika bagi fluida yang digunakan berupa densitas, viskositas, panas spesifik, konduktivitas termal. Data lapangan untuk kebutuhan properti fisika disajikan Tabel 1 untuk membantu proses pengolahan melalui simulasi *Aspen EDR V10* maupun penerapan persamaan matematis (1) hingga (14).

**Tabel 1.** Data lapangan untuk desain geometri *air-cooled heater exchanger*

Data properti			Geometri <i>tube bundle</i>		
Udara			Panjang <i>tube</i> , L	ft	9,75
Suhu masuk	°F	84,2	Lebar <i>tube</i> , W	ft	2,8
Suhu keluar	°F	203,0	Ukuran <i>pitch</i> , $P_T$	in	2,25
Laju alir	lbm/jam	81.640	Jumlah aliran, $N_p$		3
Uap air			Jumlah <i>rows</i> , $N_r$		6
Suhu masuk	°F	251,2	Jumlah <i>tube</i> , $N_t$		83
Suhu keluar	°F	249,4	<i>Fin</i> /panjang, $N_f$	<i>fin</i> /in	9
Laju alir	lbm/jam	2.457	Tinggi <i>fin</i> , b	in	0,5
ID <i>tube</i>	in	1	Ketebalan <i>fin</i> , $\tau$	in	0,013
OD <i>tube</i>	In	0,81	Jumlah kipas		1
			Diameter kipas, $D_{fan}$	ft	3
			Daya kipas, $W_{motor}$	HP	5
			Panjang <i>tube</i> , L	ft	9,75

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterlibatan suhu masuk dan keluar udara akan mengarah ke kuantitas laju perpindahan panas dan persamaan matematis lainnya (Yaws, 1999) hingga didapatkan tinjauan kinerja alat penukar panas tipe *air-cooled*. Berdasarkan spesifikasi geometri alat penukar panas pada Tabel 1 didapatkan hasil yang disajikan oleh Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Perbandingan hasil desain ACHE

Parameter	PM	Simulasi
$T_{LMTD}$ , °F	92,4	92,7
Q, Btu/jam	2.347.177	2.415.202
A, ft <sup>2</sup>	3.821	3.918
$U_C$ , Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	8,36	9,29
$U_D$ , Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F	8,33	9,20
$\Delta P_{tube}$ , psi	0,36	0,38
$\Delta P_{udara}$ , psi	0,029	0,029
$R_D$ , jam.ft <sup>2</sup> .°F/Btu	0,00045	0,0006

Keterangan: PM adalah persamaan matematis

Fluida panas yang digunakan adalah uap air dalam kondisi jenuh dengan kondisi tekanan sebesar 2 bar. Dari penggunaan persamaan matematis didapatkan nilai koefisien perpindahan panas desain keseluruhan ( $U_D$ ) yang didasari oleh (Serth & Lestina, 2014). Capaian ini mengindikasikan bahwa fluida panas yang digunakan berupa *pure steam* yang bertekanan di bawah 2,4 bar dan mampu menghasilkan nilai  $U_D$  dengan kisaran 6,3–9,4. Capaian ini mengarahkan aktivitas *trial and error* bagi  $U_D$  untuk mendapatkan rentang tersebut.

Nilai estimasi atas  $T_{LMTD}$  pada Tabel 2 tersebut mampu mengarahkan pengambilan nilai  $U_D$  yang berdasarkan literatur sebesar 8,33. Nilai  $U_C$  yang diperoleh adalah lebih besar dari nilai  $U_D$  maka desain geometri dan perhitungan sebelumnya dapat diterima serta dapat diterapkan bagi perhitungan selanjutnya. Kemudian, capaian atas *pressure drop* baik di sisi *tube* maupun udara memberikan dampak lanjutan bagi nilai faktor pengotor (*fouling factor*) yang tertera pada Tabel 2 tersebut. Hasilnya apabila disesuaikan dengan ketentuan tergolong masih dalam kisaran atau batas standar, yaitu proses perpindahan panas yang melibatkan kedua fluida dengan batas *pressure drop* dan *fouling factor* masing-masing adalah 5 psi dan 0,0005 jam.ft<sup>2</sup>.°F (Coker, 2015). Kedua fluida yang berlangsung di dalam ACHE memiliki fasa gas dan mampu berperan sebagai memicu *pressure drop*. Akibatnya, *fouling* atau kerak di dalam unit peralatan penukar panas menjadi lebih sedikit. Kemudian, umumnya kecepatan dari fluida gas umumnya akan terbilang tinggi dan memberikan dampak faktor pengotor menjadi lebih kecil

Sama halnya dengan desain alat penukar panas yang menggunakan pemrosesan simulasi melalui *software* Aspen EDR V10 telah dilakukan. Hasil yang didapatkan adalah nilai laju perpindahan panas (Q) dari penggunaan *software* tersebut terhadap penerapan persamaan matematis dengan deviasi sebesar 2,89% dan tergolong dapat diabaikan. Capaian ini juga dialami untuk hasil luas perpindahan panas dan seterusnya seperti yang tertera di Tabel 2. Nilai penyimpangan pada  $U_C$  dan  $U_D$  mampu mencapai 10,44-11,124%. Perbedaan hasil antara penerapan persamaan matematis dan simulasi keteknikkimiaan ini diduga penyesuaian data yang berada dari properti fisika dari ragam studi literature terhadap *source software*.

Kondisi operasi pada alat *air-cooled heat exchanger* tersebut dapat ditelusuri melalui nilai *pressure drop* yang terjadi unit kerja terkadang menghasilkan tekanan pada aliran outlet fluida yang tidak stabil (data rata-rata yang menjadi rujukan) dan tentu berdampak bagi data properti fisika terutama bagi *steam*. Perbedaan hasil antara penerapan persamaan matematis dan simulasi Aspen EDR juga diungkapkan di beberapa kajian (Amir & Syuhada, 2013; Bizzy & Setiadi, 2013; Galih Putra Baskara, 2023; Kiswoyo & Ramadhan, 2017; Lestari & Sari, 2018; Taufiq, 2015; Widiawaty et al., 2017). Lalu, pada tipe penukar panas lainnya yaitu *shell and tube* juga ditemukan demikian melalui penggunaan *software* HTRI – *Heat Transfer Research Inc* (Bizzy & Setiadi, 2013; Fitria et al., 2022). Bahkan perbedaan pemrosesan data lapangan diawali dari perolehan laju perpindahan panas dengan disinyalir perbedaan data properti fisika pada literatur buku terhadap data properti yang dimiliki *software* keteknikkimiaan. Namun, aspek keakuratan dapat ditelusuri melalui penyajian hasil simulasi pada perangkat komputer sebagai pihak praktisi industri (Sutardi et al., 2020; Ulfa et al., 2020) bagi pabrik pengolahan pabrik kelapa sawit maupun pabrik kimia lainnya (Sari et al., 2016) yang mensinergikan antara persamaan matematis terhadap *software* keteknikkimiaan.

## KESIMPULAN

Tinjauan kinerja alat penukar panas untuk tipe *air-cooled* telah dilakukan dengan melibatkan persamaan matematis dan penerapan simulasi proses melalui penggunaan *Aspen Exchanger Design and Rating* versi 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua tinjauan menghasilkan parameter kinerja penukar panas yang mencakup laju perpindahan panas (Q), *log mean temperature difference*,



koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ), *pressure drop* ( $\Delta P$ ), dan *fouling factor* ( $R_D$ ). Kedua penerapan memberikan hasil yang berada di ambang batas baik parameter koefisien perpindahan panas keseluruhan maupun *pressure drop* yaitu di bawah 5 psi dan kisaran 6,3-9,4 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F. Sedangkan, nilai faktor pengotor yang maksimal berada di angka 0,00050 jam.ft<sup>2</sup>.°F/Btu menjadikan penggunaan persamaan matematis dan simulasi proses melalui *software* dapat tertengahi oleh pihak ketiga dari industri kelapa sawit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amir, F., & Syuhada, A. (2013). Pemodelan dan simulasi perpindahan panas padak olektor surya pelat datar. *Jurnal Ilmu Hukum Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 1(4), 32–38.
- AspenTech, A. (2023). *Aspen Exchanger Design and Rating*. <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-exchanger-design-and-rating>
- Bi, Y., & Ju, Y. (2021). Design and analysis of CO<sub>2</sub> cryogenic separation process for the new LNG purification cold box. *International Journal of Refrigeration*, 130, 67–75.
- Bizzy, I., & Setiadi, R. (2013). Studi perhitungan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan program heat transfer research inc (HTRI). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(1), 67–77.
- Coker, A. K. (2015). *Ludwig's applied process design for chemical and petrochemical plants* (4th ed.). Elsevier Inc.
- Doodman, A. R., Fesanghary, M., & Hosseini, R. (2009). A robust stochastic approach for design optimization of air-cooled heat exchangers. *Applied Energy*, 86, 1240–1245.
- Evenko, V. I. (2002). Optimizing air-cooled heat exchanger tube bundle parameters. *Chemical and Petroleum Engineering*, 38(1–2), 41–47.
- Fitria, I. A., Sari, D. A., Fahriani, V. P., & Djaeni, M. (2022). Shell and tube heat exchanger fouling factor via Heat Transfer Research Inc (HTRI) software. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 7(2), 104–113.
- Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W., Maus, L., & Andersen, L. B. (1962). *Principles of unit operations*. John Wiley & Sons Inc.
- Galih Putra Baskara. (2023). Perancangan alat penukar panas (APK) tipe U dengan memanfaatkan panas gas buang menggunakan simulasi CFD. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(2), 197–206.
- Harydary, J. (2019). *Chemical process design and Aspen Plus and Aspen Hysys application*. John Wiley & Sons Inc.
- Janaun, J., Kamin, N. H., Wong, K. H., Tham, H. J., Kong, V. V., & Farajpourlar, M. (2016). Design and simulation of heat exchangers using Aspen HYSYS, and Aspen exchanger design and rating for paddy drying application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 36, 1–8.
- Kern, D. Q. (1950). *Process heat transfer*.
- Kharisma, A. A. (2020). Perancangan heat exchanger tipe shell dan tube secara metode matematis dan simulasi software. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(2), 27–34.
- Kiswoyo, E., & Ramadhan, A. I. (2017). Perancangan dan validasi desain alat penukar kalor tipe shell and tube menggunakan computational fluid dynamics. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 39–46.
- Lestari, R. S. D., & Sari, D. K. (2018). Pemodelan matematis dan simulasi perpindahan panas pada fin heat exchanger. *Jurnal Teknika*, 14(1), 29–38.
- Lez, M. T. G., Petracci, N. C., & Urbicain, M. J. (2001). Air-cooled heat exchanger design using successive quadratic programming (SQP). *Heat Transfer Engineering*, 22, 11–16.
- Manassaldi, J. I., Scenna, N. J., & Mussati, S. F. (2014). Optimization mathematical model for the detailed design of air-cooled heat exchangers. *Energy*, 64, 734–746.
- Park, H., Roh, J., Oh, K. C., Cho, H., & Kim, J. (2022). Modeling and optimization of water mist system for effective air-cooled heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 184, 1–14.
- Pieve, M., & Salvadori, G. (2011). Performance of an air-cooled steam condenser for a waste-to-energy plant over its whole operating range. *Energy Conversion and Management*, 52(4), 1908–1913.
- Salimpour, M. R., & Bahrami, Z. (2011). Thermodynamic analysis and optimization of air-cooled heat exchangers. *Heat and Mass Transfer*, 47(1), 35–44.
- Sari, D. A., Soepryanto, A., & Burhanuddin, S. (2016). Re-design electric submersible pump pada PT Chevron Pacific Indonesia – Minas Pekanbaru. *Barometer*, 1(1), 25–33.

- Serth, R. W., & Lestina, T. G. (2014). *Process heat transfer: Principles, applications and rules of thumb* (2nd ed). Elsevier.
- Sutardi, M. P., Fardiansyah, M. I., Fauzia, F., & Sari, D. A. (2020). Program simulasi Aspen Hysis bagi mahasiswa teknik kimia di semester awal. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Islam Syekh Yusuf*, 1, 1370–1373.
- Taufiq, T. (2015). Kajian eksperimental unjuk kerja heat exchanger double pipe. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 3(2), 17–21.
- Ulfa, V. S., Kharisma, H. D., & Sari, D. A. (2020). Optimasi akademisi dan mata kuliah teknik kimia melalui peran praktisi industri. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Islam Syekh Yusuf*, 1, 1379–1383.
- Widiawaty, C. D., Gunadi, G. G. R., & Syuriadi, A. (2017). Pemodelan dan analisis kinerja shell and tube heat exchanger dengan metode CFD. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(3), 239–244.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical properties handbook: Physical, thermodynamics, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*. McGraw-Hill Companies.

---

## Evaluasi Kemampuan Fisik Pengangkatan Secara Manual Berdasarkan Pedoman NIOSH

Muhammad Yusuf<sup>1</sup>, Maria Regina Nansi<sup>2</sup>, Muhammad Tirta Najwan<sup>3</sup>, Aileen Maharani Putri<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: yusuf@akprind.ac.id

---

### ABSTRACT

*Manual lifting activities are still often used in the industrial world, both small and large industries. Occupational safety and health need to be considered because things caused by errors in material handling and excessive loads can cause injuries. This research was carried out in roof tile making activities in Godean, the activities carried out still use human power in flowing materials with the process flow. If this activity is carried out continuously, it is feared that it will cause accidents. Therefore, there is a need for evaluation, namely energy consumption by measuring heart rate, determining optimal rest time, Recommended Weight Limit (RWL) is a recommendation for the limit of weight that can be lifted by humans without causing injury even if done repetitively and over a long period of time. This RWL is determined by NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) and the Job Severity Index (JSI). This research is useful for providing information and input about the importance of health and safety as well as providing information and insight for workers to pay more attention to occupational health and safety.*

**Keywords:** Energy consumption, JSI, NIOSH, RWL.

### INTISARI

Kegiatan pengangkatan secara manual masih sering digunakan dalam dunia industri, baik industri kecil maupun besar. Keselamatan dan kesehatan kerja perlu diperhatikan karena hal-hal yang diakibatkan oleh kesalahan dalam penanganan material dan beban yang berlebihan dapat menimbulkan cedera. Penelitian ini dilakukan pada kegiatan pembuatan genteng di Godean, kegiatan yang dilakukan masih menggunakan tenaga manusia dalam mengalirkan material dengan alur prosesnya. Jika kegiatan ini dilakukan terus menerus dikhawatirkan akan menimbulkan kecelakaan. Oleh karena itu perlu adanya evaluasi yaitu konsumsi energi dengan mengukur detak jantung, menentukan waktu istirahat yang optimal, Recommended Weight Limit (RWL) merupakan anjuran batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera walaupun dilakukan secara berulang-ulang dan dalam jangka waktu yang lama. RWL ini ditentukan oleh NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) dan Job Severity Index (JSI). Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi dan masukan tentang pentingnya kesehatan dan keselamatan kerja serta memberikan informasi dan wawasan bagi para pekerja agar lebih memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja.

**Kata kunci:** JSI, konsumsi energi, NIOSH, RWL.

---

### PENDAHULUAN

Aktivitas *manual material handling* (MMH) yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian bahkan kecelakaan pada karyawan. Akibat yang ditimbulkan dari aktivitas MMH yang tidak benar salah satunya adalah keluhan muskuloskeletal. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam jangka waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Pekerjaan penanganan material secara manual (yang terdiri dari mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa) merupakan sumber utama keluhan karyawan di industri (Ayoub & Dempsey, 1999), keluhan inilah yang biasanya disebut sebagai muskuloskeletal disorder (MSDs) atau cedera pada sistem muskuloskeletal (Fahmi, M. F., & Widyaningrum, D. (2022).

Tingginya tingkat cedera atau kecelakaan kerja selain merugikan secara langsung yaitu sakit yang diderita oleh pekerja Putri, D. N., & Lestari, F. (2023), kecelakaan tersebut juga akan berdampak buruk terhadap kinerja perusahaan yaitu berupa penurunan produktivitas perusahaan, baik melalui beban biaya pengobatan yang cukup tinggi dan juga ketidakhadiran pekerja serta penurunan dalam kualitas kerja (Alfiyaf et al., 2023). Pindahkan bahan secara manual apabila tidak dilakukan secara ergonomis akan menimbulkan kecelakaan dalam industri. Kecelakaan industri

(industrial accident) yang disebut sebagai *over exertion-lifting and carrying* yaitu kerusakan jaringan tubuh yang diakibatkan oleh beban angkat yang berlebih. (Schott, K. D. 2022).

Secara umum yang dimaksud dengan kerja fisik (*physical work*) adalah kerja yang memerlukan energi atau manusia sebagai sumber tenaganya. Maka konsumsi merupakan faktor utama dan tolak ukur yang dipakai sebagai penentu berat/keras dan ringannya pekerjaan tersebut. Dalam literatur ergonomi besarnya energi yang dihasilkan akan dinyatakan dalam unit satuan "kilo kalori atau kkal" atau "kilo joule" bila mana akan dinyatakan dalam satuan standard internasional (SI) dimana 1 kilokalori (kkal) = 4,2 kilojoules (KJ). Dimana 5,2 kkal / menit merupakan maksimum energi yang dikosumsikan untuk melaksanakan kerja fisik berat / kasar (Azzahra, R., & Arin Supriyadi, S. S. T., 2022). Keluhan otot skeletal pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang apabila kontraksi otot melebihi 20% maka peredaran darah keotot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen keotot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan rasa nyeri otot (Sumigar, et al., 2023)

## METODE

Pengukuran denyut jantung selama kerja dan sesudah bekerja dilakukan untuk menilai *cardiovascular strain* (Senjawati, M. I., & Wijaya, K. 2023). Untuk mengukur berat ringannya beban kerja dengan menggunakan nadi kerja mempunyai beberapa keuntungan. Selain mudah, cepat dan murah juga tidak diperlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliabel disamping itu tidak mengganggu proses kerja dan menyakiti orang yang diperiksa. Kepekaan denyut nadi terhadap perubahan pembebanan yang diterima tubuh cukup tinggi. Denyut nadi akan segera berubah seiring dengan perubahan pembebanan baik yang berasal dari pembebanan mekanik, fisik maupun kimiawi (Jevon, F. 2023). Beban kerja fisik tidak hanya ditentukan oleh jumlah kalori yang dikonsumsi, tetapi juga ditentukan oleh jumlah otot yang terlibat dan beban statis yang diterima serta tekanan panas dari lingkungan kerjanya yang dapat meningkatkan denyut nadi. Berdasarkan hal tersebut maka denyut nadi lebih mudah dan dapat digunakan untuk menghitung indek beban kerja. Salah satu cara yang sederhana untuk menghitung denyut nadi adalah dengan merasakan denyutan pada arteri radialis pada pergelangan tangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas ini merupakan tugas pengangkatan genteng untuk dibawa menuju ke truk. Aktivitas ini dilakukan oleh 4 operator, setiap operator mengangkat rata-rata 10 genteng dengan ketinggian 10 cm yang disusun secara vertikal, jadi genteng yang akan diangkat tersebut berukuran 30 cm x 20 cm x 30 cm dari atas tanah (gambar 4.9). Berat rata-rata genteng yang diangkat adalah 12 kg. Genteng diangkat dari atas tanah menuju truk dengan tinggi vertikal 95 cm. Jarak tumpukan genteng dari atas tanah ke truk 350 cm. Sudut asimetri asal dan tujuan 90°, jarak horizontal asal 10 cm kemudian genteng diletakkan ke truk. Setiap operator mengangkat 1200 tumpukan genteng selama 5 jam (jadi frekuensi pengangkatan 1200 angkatan / 300 menit = 4 angkatan permenit).

Masing-masing aktivitas diambil beberapa orang operator yang dapat mewakili dari setiap aktivitas yang diteliti, dengan pertimbangan bahwa operator berkemampuan normal dan dapat bekerja sama. Operator berkemampuan normal adalah operator yang dapat bekerja secara wajar tanpa canggung walaupun dirinya sedang diukur dan pengukuran berada didekatnya, sedangkan operator yang dapat diajak bekerja sama adalah penjelasan tentang maksud baik pengukuran, serta tentang bagaimana operator sebaiknya bersikap perlu diberikan dahulu, dan operatorpun harus mengerti dan menyadari sepenuhnya (Arfan, M. M., & Sonia, N. 2023).). Data antropometri operator diperoleh dari pengukuran bagian tubuh manusia dengan melakukan pengukuran langsung ke operator pada tabel 1 .

**Tabel 1** Data antropometri operator

Data	Operator			
	Supriono	Darmoko	Wandi	Eryanto
Tinggi badan (cm)	176	172	167	165
Berat badan (kg)	68	62	59	55
Tinggi bahu (cm)	152	149	138	135
Tinggi siku (cm)	113	111	103	99
Panjang lengan (cm)	59	58	57	57
Tinggi pinggang (cm)	103	101	97	95

Data denyut jantung pada tabel 2 diambil dari sebelum dan sesudah bekerja dan dalam satu kali pengamatan terhadap satu orang operator, operator bekerja pada masing-masing aktivitas yang telah diukur denyut nadinya pada saat mulai jam kerja kemudian dilakukan pengukuran kembali setelah bekerja.

**Tabel 2** Data denyut jantung operator

Nama operator	Denyut Jantung Sebelum Bekerja (Pulse/Menit)	Denyut Jantung Setelah Bekerja (Pulse/Menit)
Supriono	73	139
Darmoko	71	136
Wandi	68	132
Eryanto	69	133

Pengukuran konsumsi energi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara langsung dengan mengetahui konsumsi oksigen serta cara tidak langsung dengan mengetahui kecepatan denyut jantung. Konsumsi oksigen merupakan faktor dari proses metabolisme yang berhubungan langsung dengan konsumsi energi. Konsumsi oksigen akan terus berlangsung walaupun seseorang tidak melakukan pekerjaan sekalipun. Untuk itu dalam perhitungan konsumsi energi dibagi dalam beberapa keadaan yaitu konsumsi energi saat bekerja dan pada saat istirahat (*metabolisme basal*) merupakan jumlah minimal energi yang dibutuhkan untuk melakukan berbagai proses vital ketika tubuh dalam keadaan beristirahat. serta dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya : luas permukaan tubuh, jenis kelamin, usia, keaktifan kelenjar penghasil hormon, dan massa tubuh tak berlemak (Luthfiyah, S.et al., 2022).

**Tabel 3** Rekapitulasi konsumsi energi (Kkal)

Energi (kcal)	Operator			
	Supriono	Darmoko	Wandi	Eryanto
Energi expenditure awal	2,64599	2,56045	2,42794	2,46967
Energi expenditure akhir	7,73483	7,41436	7,00028	7,10239
Konsumsi energi	5,08884	4,85391	4,57234	4,63272

Perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara *repetitive* dan dalam jangka waktu yang cukup lama untuk hasil perhitungan frekuensi pengangkatan tiap aktivitas operator durasi 5 jam dapat dilihat pada tabel 4 dan rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 4** Perhitungan Frekuensi Pengangkatan (FM) dan *coupling* (CM)

Operator	Frekuensi	Angkatan/Menit	Pengali Frekuensi (FM)	<i>Coupling</i> (CM)
Supriono	510	$510/300 = 1,7$	0,63	0,90
Darmoko	1200	$1200/300 = 4$	0,45	0,90
Wandi	900	$900/300 = 3$	0,55	0,90
Eryanto	1200	$1200/300 = 4$	0,45	0,90

**Tabel 5.** Rekapitulasi (RWL) dan (LI)

Operator	RWL	LI
Supriono	16,25 kg	2,22
Darmoko	12,87 kg	0,93
Wandi	13,59 kg	0,88
Eryanto	12,90 kg	0,93

*Job Severity Index* (JSI) pada tabel 6 digunakan terutama dalam bidang keselamatan kerja dan manajemen risiko, untuk mengukur tingkat risiko atau keparahan suatu pekerjaan atau tugas tertentu. JSI digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana pekerjaan tersebut dapat menghadirkan potensi bahaya atau cedera bagi pekerja yang melakukannya.dengan menggunakan rumus:



$$JSI = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\text{hours}_i}{\text{hours}_t} \times \frac{\text{days}_i}{\text{days}_t} \right] \sum_{j=1}^{M_i} \left[ \frac{F_j}{F_i} \times \frac{WT_j}{CAP_j} \right]$$

1. Penentuan jarak angkutan diukur secara vertikal (dalam inchi) diantara titik-titik inisial (titik awal) dan keterminal (titik akhir) angkutan. Enam jarak angkutan itu adalah

- 1) FK : Dari lantai ke tulang tinju
- 2) FS : Dari lantai ke bahu
- 3) FR : Dari lantai sampai ke jangkauan atas
- 4) KS : Dari tulang tinju sampai kejangkauan atas
- 5) SR : Dari bahu sampai ke jangkauan atas

Untuk pengangkatan Supriono masuk kriteria FS yaitu dari lantai ke bahu

2. Perhitungan kapasitas awal yang ditetapkan menggunakan jarak angkutan, frekuensi angkutan dan jenis kelamin dari tabel 1 pada lampiran 1

$$\begin{aligned} CAPa &= 51,2 - 2,0 (FY - 1) \\ &= 51,2 - 2,0 (1,7 - 1) \\ &= 49,8 \text{ lb} \end{aligned}$$

3. Perhitungan perbaikan kapasitas awal dengan menggunakan ukuran muatan dengan menggunakan tabel 2 pada lampiran 1

$$\begin{aligned} CAPb &= CAPa + 0,8 (18 - BX) \\ &= 49,8 + 0,8 (18 - 23,08) \\ &= 45,74 \text{ lb} \end{aligned}$$

4. Perhitungan perbaikan yang dibuat dengan persentase, populasi dengan menggunakan tabel 3 dan 4 pada lampiran 1

Penetapan kapasitas populasi pria sebanyak 95% dalam melaksanakan pekerjaan tersebut

$$\begin{aligned} CAPc &= CAPb + Z[15,09 - 0,5338(FY - 1)] \\ &= 45,74 + (-1,645)[15,09 - 0,5338(1,7 - 1)] \\ &= 45,74 + (-1,645)(14,72) \\ &= 21,53 \text{ lb} \end{aligned}$$

5. Perhitungan penjumlahan untuk hasil memutar (dengan reduksi 5% pada kapasitas angkut)

$$\begin{aligned} CAPd &= CAPc \times 0,95 \\ &= 21,53 \text{ lb} \times 0,95 \\ &= 20,45 \text{ lb} = 9,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

Keterangan : 1 lb = 0,453 kg

Jadi nilai *Job Severity Index* (JSI) :

$$\begin{aligned} JSI &= \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\text{hours}_i}{\text{hours}_t} \times \frac{\text{days}_i}{\text{days}_t} \right] \sum_{j=1}^{M_i} \left[ \frac{F_j}{F_i} \times \frac{WT_j}{CAP_j} \right] \\ &= \sum_{i=1}^N \left[ \frac{5}{15} \times \frac{6}{6} \right] \sum_{j=1}^{M_i} \left[ \frac{1,7}{5,1} \times \frac{36}{9,26} \right] \\ &= 1,29 \end{aligned}$$

**Tabel 6** Rekapitulasi *Job Severity Index* (JSI)

Operator	Kapasitas Angkut (CAPj)	JSI
Supriono	9,26 kg	1,29
Darmoko	15,93 kg	0,25
Wandi	14,98 kg	0,20
Eryanto	15,93 kg	0,19

Evaluasi aktivitas (pengangkatan bahan baku) untuk *Recommended Weight Limit* (RWL) dan *Lifting Index* (LI) pada tabel 7, prioritas evaluasi diberikan pada aktivitas dengan nilai LI > 1 yaitu merupakan tugas pengangkatan bahan baku tanah liat yang diambil dari sawah berbentuk padat persegi atau istilah dalam bahasa jawa dinamakan Koeh, untuk dibawa menuju ke truk. Data perbaikannya antara lain koeh mempunyai ukuran panjang 60 cm, lebar 35 cm, tinggi 30 cm, dengan berat 36 kg. Koeh dari sawah dibawa menuju ke truk (gambar 4.4) yang disusun secara horizontal. Koeh dinaikkan keatas truk setinggi 110 cm dan. Sudut asimetri asal dan tujuan 30°. Jarak horizontal

asal 5 cm. Dan ketinggian vertikal pengangkatan yang terjadi adalah 152 cm. Jarak horizontal ditempat tujuan 1800 cm. Aktivitas pengangkatan dilakukan 3 orang operator, setiap operator mengangkat 510 koeh selama 5 jam ( jadi frekuensi pengangkatan 510 angkatan / 300 menit = 1,7 angkatan permenit)

Evaluasi yang dilakukan adalah dengan menurunkan nilai variabel H (jarak horizontal antara mata kaki dan material yang akan diangkat) selain itu pula perbaikan dapat dilakukan dengan cara menurunkan nilai variabel A (sudut puntir). Dari perubahan atau perbaikan aktivitas tersebut maka diharapkan dapat mengurangi tingkat cedera pada pekerja.

**Tabel 7** Data Evaluasi RWL dan LI

Aktivitas	Rata-rata berat beban	Horizontal (H)	Vertikal (V)	Jarak (D)	Asimetrik (A)
Sebelum dievaluasi	36 kg	9 cm	152	1.800 cm	90°
Sesudah dievaluasi	36 kg	5 cm	152	1.800 cm	30°

Evaluasi aktivitas pengangkatan (koeh) untuk *Job Severity Index* (JSI), prioritas evaluasi diberikan pada aktivitas dengan nilai JSI > 1 yaitu merupakan tugas pengangkatan bahan baku tanah liat yang diambil dari sawah berbentuk padat persegi atau istilah dalam bahasa jawa dinamakan Koeh, untuk dibawa menuju ke truk. Data perbaikannya antara lain koeh mempunyai ukuran panjang 60 cm, lebar 35 cm, tinggi 30 cm, dengan berat 36 kg. Koeh dari sawah dibawa menuju ke truk (gambar 4.4) yang disusun secara horizontal. Koeh dinaikkan keatas truk setinggi 110 cm dan. Sudut asimetri asal dan tujuan 30°. Jarak horizontal asal 5 cm. Dan ketinggian vertikal pengangkatan yang terjadi adalah 152 cm. Jarak horizontal ditempat tujuan 1800 cm. Aktivitas pengangkatan dilakukan 3 orang operator, setiap operator mengangkat 330 koeh selama 5 jam ( jadi frekuensi pengangkatan 90 angkatan / 300 menit = 0,3 angkatan permenit).

Evaluasi yang dilakukan pada tabel 8 adalah menurunkan tingkat frekuensi pengangkatan dari data sebelumnya 1,7 angkatan permenit menjadi 0,3 angkatan permenit dengan cara mengurangi jumlah beban (koeh) yang akan diangkat dari 510 koeh menjadi 90 koeh. Dari perubahan atau perbaikan aktivitas tersebut maka diharapkan dapat mengurangi tingkat cedera pada pekerja sehingga dapat menjaga keselamatan bagi pekerja.

**Tabel 8** Data Evaluasi JSI

Aktivitas	Jam Kerja	Hari Kerja /Minggu	Panjang Benda Angkut	Frekuensi Angkut / Menit	Berat Benda Angkut
Sebelum dievaluasi	5	6	60	1,7	36
Sesudah dievaluasi	5	6	60	0,3	36

Konsumsi energi merupakan tolak ukur untuk menentukan berat atau ringannya suatu pekerjaan. Dari hasil pengolahan data denyut jantung awal dan denyut jantung akhir sehingga diperoleh nilai expenditur awal dan akhir serta dapat diketahui konsumsi energi tiap-tiap operator. Dari analisa konsumsi energi pada tabel 9 yang dikeluarkan pekerja masih dalam kondisi batas ambang normal orang bekerja yaitu tidak melebihi nilai maksimum energi yang dikonsumsikan untuk melaksanakan kerja fisik berat secara terus-menerus yaitu sebesar 5,2 kkal / menit.

**Tabel 9** Rekapitulasi analisis konsumsi energi (Kkal)

Energi (kkal)	Supriono	Darmoko	Wandi	Eryanto
Energi expenditure awal	2,64599	2,56045	2,42794	2,46967
Energi expenditure akhir	7,73483	7,41436	7,00028	7,10239
<b>Konsumsi energi</b>	5,08884	4,85391	4,57234	4,63272

Waktu istirahat sangat dibutuhkan oleh pekerja antara lain agar terhindar dari kelelahan yang berlebihan, konsumsi energi merupakan tolak ukur sebagai dasar dalam penentuan waktu istirahat. Hasil dari pengolahan data diperoleh waktu istirahat yang optimal untuk operator (lihat tabel 10). Masing-masing operator tersebut beraktivitas selama lima jam kerja. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak energi yang dikeluarkan atau semakin berat pekerjaan, maka waktu istirahat yang dibutuhkan semakin banyak.

Waktu istirahat pada kondisi saat ini diperusahaan tidak ada ketentuan istirahat dari masing-masing aktivitas, pihak perusahaan hanya menentukan waktu istirahat makan siang yaitu selama 1 jam, dimulai dari jam 12.00-13.00 dengan lama waktu kerja intensif 8 jam/hari. Dengan waktu

istirahat tersebut dirasa kurang optimal bagi para pekerja, karena tidak melihat dari beratnya pekerjaan dari masing-masing aktivitas yang dilakukan pekerja. Berdasarkan bobot kerja dapat diusulkan bahwa dengan waktu istirahat secara optimal.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi analisis waktu istirahat

Operator	Lama Kerja	Waktu Istirahat
Supriono	5 jam	90,99 menit
Darmoko	5 jam	76,47 menit
Wandi	5 jam	55,93 menit
Eryanto	5 jam	60,64 menit

## KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan konsumsi energi terlihat bahwa energi yang dikeluarkan pekerja masih dalam kondisi tidak melebihi batas yang ditentukan sebesar 5,2 kkal / menit. Sedangkan untuk perhitungan penentuan waktu istirahat dari masing-masing operator untuk 5 jam kerja sebagai berikut Supriono dibutuhkan 90,90 menit, Darmoko dibutuhkan 76,47 menit, Wandu dibutuhkan 55,93 menit, dan Eryanto dibutuhkan 60,64 menit. Konsumsi energi yang dikeluarkan oleh dari masing-masing operator atau dari tiap-tiap aktivitas maka dapat digunakan dalam penentuan waktu istirahat yang optimal agar terhindar dari kelelahan yang berlebihan yang mengakibatkan cedera otot pada pekerja. Berdasarkan perhitungan Recommended weight limit (RWL) dan Lifting Index (LI) diketahui dari empat aktivitas tersebut yang menimbulkan dampak resiko cedera yaitu aktivitas operator Supriono karena nilai LI >1 maka untuk aktivitas operator Supriono perlu dilakukan perbaikan aktivitas kerja agar terhindar resiko cedera, berdasarkan perhitungan Job Severity Index (JSI) dari masing-masing aktivitas diketahui aktivitas operator Supriono karena nilai JSI >1 untuk itu aktivitas supriono perlu dilakukan perbaikan kerja untuk menghindari resiko cedera dan untuk menjaga keselamatan pekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiyah, C. Q., Asih, A. Y. P., Afridah, W., & Fasya, A. H. Z. (2023). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis Pada Pekerja Proyek Kontruksi: Literature Review. *Jurnal Ilmu Psikologi dan Kesehatan (SIKONTAN)*, 1(4), 283-290.
- Arfan, M. M., & Sonia, N. (2023). Perbaikan Waktu Baku Dengan Menggunakan Waktu Jam Henti Untuk Meningkatkan Output Di Teaching Factory Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco Subang. *INFOTEX: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Teknik*, 2(1), 296-306.
- Ayoub, M. M., & Dempsey, P. G. (1999). The psychophysical approach to manual materials handling task design. *Ergonomics*, 42(1), 17-31.
- Azzahra, R., & Arin Supriyadi, S. S. T. (2022). *Hubungan Keseimbangan Dengan Kemampuan Aktivitas Pada Lanjut Usia Di Posyandu Lansia Nilasari* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Fahmi, M. F., & Widyaningrum, D. (2022). Analisis Penilaian Postur Kerja Manual Guna Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorders (MSDS) Menggunakan Metode OWAS Pada UD. Anugrah Jaya. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 168-174.
- Jevon, F. (2023). *Prediksi Kalori Terbakar pada Olahraga Sepeda Statis Menggunakan Convolutional Neural Network* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Luthfiyah, S., Wijayanti, A. R., Kuntoadi, G. B., Sulistiawati, F., Arma, N., Mustamu, A. C., & Avelina, Y. (2022). *Penyakit Sistem Kardiovaskuler*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Putri, D. N., & Lestari, F. (2023). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Di Proyek Konstruksi: Literature Review. *Prepotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1), 444-460.
- Schott, K. D. (2022). *The Effect of Occupational Exposure to Heavy Lifting or Vibration on Retinal Detachment* (Doctoral dissertation, University of Massachusetts Lowell).
- Senjawati, M. I., & Wijaya, K. (2023). Analisis Fisiologis Kerja Pada Divisi Rolade Studi Kasus di PT. XYZ. *Journal of Industrial Science and Technology*, 5(1).
- Sumigar, C. K., Kawatu, P. A., & Warouw, F. (2022). Hubungan antara umur dan masa kerja dengan keluhan muskuloskeletal pada petani di desa tambelang minahasa selatan. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 11(2).

## 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.

