

Optimalisasi Transformasi Digital di P.T XYZ Menggunakan Strategi IT/IS

Marcia Rizky Hamdala¹, Bobby Arvian James², Panji Wijonarko³

^{1,2,3}Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Sunter, Jakarta Utara 14350

¹marcia@uta45jakarta.ac.id · ²bobby.arvian@uta45jakarta.ac.id · ³panji.wijonarko@uta45jakarta.ac.id

Abstrak—PT XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam jasa pembangunan perangkat lunak dan pengembangan perangkat lunak, terkhususkan pada supply chain pertambangan serta perencanaan dan penganggaran keuangan. PT XYZ telah berjalan selama belasan tahun dan telah melewati berbagai tantangan, Salah satu diantaranya adalah pasca COVID 19 beberapa tahun terakhir. Akibat dari COVID 19 tersebut, sektor industri yang menggunakan jasa dari PT XYZ mengalami dampak dan memengaruhi pendapatan perusahaan. Melihat dari tantangan tersebut, PT XYZ harus merencanakan strategi kedepannya sebagai perusahaan berbasis teknologi agar tidak tertinggal dan dapat bersaing dengan para kompetitor. Salah satu upayanya adalah melakukan transformasi digital dengan merencanakan strategi IT/IS. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Ward and Peppard dengan menggunakan Analisa SWOT, Porter's Value Chain, PEST, dan McFarlan Strategic Grid. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah sebuah rekomendasi IT/IS untuk PT XYZ menghadapi tantangan lain kedepannya.

Keywords — PT XYZ, strategi IT/IS, Ward and Peppard, Analisa SWOT, Porter's Value Chain, PEST, McFarlan Strategic Grid

Abstract— PT XYZ is a company engaged in software development and software development services, specializing in mining supply chain and financial planning and budgeting. PT XYZ has been running for a dozen years and has gone through various challenges, one of which is post COVID 19 in recent years. As a result of COVID 19, the industrial sector that uses the services of PT XYZ has been impacted and has affected the company's revenue. Seeing these challenges, PT XYZ must plan its future strategy as a technology-based company so that it is not left behind and can compete with competitors. One of the efforts is to carry out a digital transformation by planning an IT/IS strategy. This research was conducted using the Ward and Peppard method using SWOT Analysis PEST, and McFarlan Strategic Grid. The result of the research conducted is an IT/IS recommendation for PT XYZ to face other challenges in the future.

Keywords — PT XYZ, IT/IS strategy, Ward and Peppard, SWOT Analysis, Porter's Value Chain, PEST, McFarlan Strategic Grid

I. PENDAHULUAN

Fenomena COVID 19 memiliki dampak yang sangat signifikan diseluruh dunia. Berbagai sektor mengalami kelumpuhan sementara akibat adanya pandemi tersebut. Tidak hanya membahayakan kesehatan manusia, tetapi telah menyebar ke banyak sektor termasuk bisnis, Akibat hal itu, perputaran ekonomi pun mengalami stagnansi.

Banyak perusahaan berusaha untuk bertahan dari pandemi tersebut dengan melakukan transformasi digital dalam operasionalnya. Hal yang serupa dilakukan oleh PT XYZ. Perusahaan tersebut adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam jasa pembuatan perangkat lunak dan pengembangan perangkat lunak. PT XYZ berdiri dari tahun 2005. Perusahaan tersebut tidak hanya

memiliki klien nasional, namun juga sudah merambah ke klien internasional. Pada saat pandemi COVID 19, PT XYZ melakukan beberapa upaya untuk transformasi digital. Namun belum semua yang dilakukan berjalan dengan optimal.

Adapun penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan transformasi digital yang telah dilakukan oleh PT XYZ. Dalam pembuatan strategi IT/IS, strategi IT menekankan pada aspek pemilihan teknologi, infrastruktur, dan keahlian khusus yang dapat mendukung jalannya sebuah Perusahaan. Sementara pada strategi IS, lebih menitikberatkan pada penentuan aplikasi sistem informasi [1]. Metode Ward and Peppard memperhatikan aspek-aspek lingkungan bisnis internal, lingkungan bisnis eksternal, lingkungan IT/IS internal dan lingkungan IT/IS eksternal sebagai input [2]. Untuk mengolah inputan yang telah ada, perlu dilakukan analisa yang mendalam. Analisa inputan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan Analisa SWOT, PEST.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan strategi IT/IS, menghasilkan luaran sebagai berikut

- Perencanaan Strategis SI/TI menggunakan Framework Ward and Peppard (Studi Kasus: PO. Blue Star)[3] :
 - a. SI Manajemen Reservasi
 - b. SI Manajemen Armada
 - c. SI Manajemen Pegawai
 - d. SI Keuangan dan Akuntansi
 - e. Website Perusahaan
 - f. SI Reservasi On-line
- Information System Strategic Planning Using IT Balanced Scorecard In Ward & Peppard Framework Model [4] :
 - a. Management Information System
 - b. Monitoring Information System
 - c. Marketing Information System
 - d. Executive Information System
 - e. Human Resource Information System
 - f. Digital Library

- g. Research & Development Information System
- h. Asset & Inventory Information System
- i. User Management Information System
- j. Finance & Accounting Information System

- PERENCANAAN STRATEGIS SISTEM INFORMASI DI PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk WITEL SEMARANG MENGGUNAKAN WARD AND PEPPARD [5] :

- a. Aplikasi Penilaian terhadap pelayanan dari pelanggan
- b. Aplikasi pencatatan dan pengiriman data pelanggan untuk bagian Consumer Care
- c. Pengadaan aplikasi WA Bomber
- d. Pengembangan data server pelanggan
- e. Sistem penilaian kinerja antar karyawan

- DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY STRATEGIC PLANNING FOR MANUFACTURING INDUSTRY (CASE STUDY: PT MCM) [6] :

- a. membuat checklist dan jadwal pemeliharaan server,
- b. membuat checklist dan jadwal backup data,
- c. membuat checklist dan jadwal pemeliharaan komputer user,
- d. mengembangkan aplikasi database untuk menyimpan data pengelolaan aset IT.

Landasan dari dilakukannya penelitian ini berasal dari beberapa penelitian sebelumnya

Penelitian ini menghasilkan hasil analisis lingkungan sistem informasi perguruan tinggi dan rekomendasi strategi. Hasilnya juga mencakup rekomendasi untuk sistem informasi dan teknologi informasi yang akan dipetakan menggunakan Strategi McFarlan.

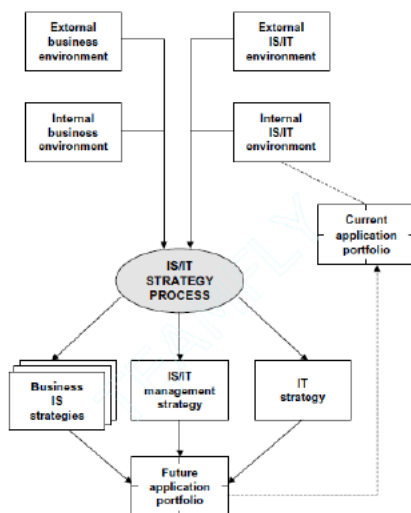
II. METODE PENELITIAN

2.1 Strategi IT/IS

Strategi IT/IS adalah sebuah langkah yang tepat untuk mengoptimalkan transformasi digital di PT XYZ. Perencanaan strategis IT/IS mempelajari bagaimana IT/IS mempengaruhi kinerja bisnis dan bagaimana kontribusi organisasi dalam memilih langkah-langkah strategis. Perencanaan strategis IT/IS juga menjelaskan berbagai alat, teknik, dan kerangka kerja manajemen yang digunakan untuk menyelaraskan strategi IT/IS dengan strategi bisnis, dan bahkan dapat digunakan untuk menemukan peluang baru dengan menerapkan teknologi baru [1]

2.2 Ward and Peppard

Menurut Ward dan Peppard, perencanaan sistem informasi yang komprehensif akan dibuat karena strategi sistem informasi harus sesuai dengan rencana bisnis perusahaan. Dengan demikian, perencanaan ini akan memastikan keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dari investasi teknologi informasi. Berikut adalah alur dari input dan output metode ward dan peppard :



Gambar 1. Metode Ward dan Peppard

Metode analisis ini termasuk analisis Value Chain, analisis PEST, Five Force Porter, analisis SWOT [2].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Lingkungan Bisnis Internal

Pada tahap ini, analisa lingkungan bisnis internal digunakan untuk menganalisa bagaimana lingkungan bisnis yang terdapat pada internal sebuah perusahaan. Analisa tersebut mencakup bagaimana kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman. Serta hasil dari analisa tersebut akan menjadi sebuah strategi yang digabungkan antar satu analisa dengan analisa lainnya.

Tabel 1. Analisa SWOT

Strenght	Weakness	Opportunities	Threat
Perusahaan sudah berdiri sejak 2005	Product Package yang belum beragam sehingga belum bisa memenuhi kebutuhan klien	Perkembangan teknologi yang semakin pesat, sehingga dapat menjadi lahan bisnis baru	Teknologi kompetitor yang lebih unggul
Perusahaan bergerak dibidang pengembangan perangkat lunak dan sistem integrasi	Teknologi visualisasi yang masih dalam tahap pengembangan	Perkembangan teknologi yang semakin pesat, sehingga dapat menjadi peluang RnD yang baru	Pembajakan anggota tim dari kompetitor atau dari klien
Telah memiliki klien yang berasal dari lokal dan internasional	UI/UX masih menggunakan ajax query	Permintaan pasar yang terus menerus datang	Perkembangan teknologi yang mengancam (cloud micro services docker)
Menghasilkan produk lokal yang telah terbukti	Resource yang masih terbatas dalam pengembangan teknologi (RnD)	Pemerintah tengah gencar mendorong perkembangan bisnis didalam sektor yang sedang ditekuni	Produk kompetitor telah tersertifikasi dan terstandarisasi
Perusahaan telah memiliki banyak portofolio	Dokumentasi produk yang belum tersedia	Kondisi Perpolitikan di Indonesia menuju 2024	Perputaran ekonomi yang belum stabil pasca COVID 19

Hasil dari analisa SWOT, akan dicari strategi dari keempat matriks yang tertera pada tabel sebelumnya. Maka didapatkan strategi sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Strategi dari Analisa SWOT

S+O	S+T	W+O	W+T
Perusahaan harus menambah	Perusahaan sudah lama berdiri dan	Perusahaan harus membuat	Perusahaan harus membuat

kualitas produk agar permintaan pasar terus menerus datang	harus mulai memiliki regulasi agar anggota tim tidak diambil oleh kompetitor atau dari klien	product package yang lebih beragam agar permintaan pasar dapat terpenuhi	regulasi yang jelas serta memberdayakan resource dengan maksimal untuk RnD agar tidak diambil oleh klien maupun kompetitor
Perkembangan teknologi yang pesat akan menjadi peluang RnD dan bisnis yang baru dalam bidang perangkat lunak dan sistem integrasi	Perusahaan harus membuka pengembangan teknologi di bidang cloud micro services	Perusahaan harus mulai fokus RnD dalam teknologi visualisasi dan UI/UXpeluang RnD yang baru	Perusahaan harus melengkapi kelengkapan produk (Product Package dan dokumentasi produk), serta sertifikasi dan standarisasi produk agar bisa memenuhi kebutuhan klien
Perusahaan harus membuka kerjasama seluas-luasnya dengan pemerintah didalam sektor yang sedang ditekuni dengan portofolio yang sudah ada	Perusahaan harus mulai melakukan sertifikasi dan standarisasi terhadap produk-produknya	Perusahaan harus mulai membuka peluang untuk melakukan kerjasama dengan pihak ketiga agar RnD bisa berjalan	
Perusahaan harus membuka jaringan kepada setiap pasangan calon yang akan maju di 2024	Perusahaan harus membuka pasar internasional seluas-luasnya agar keuntungan lebih besar		

3.2 Analisa Lingkungan Bisnis Eksternal

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa lingkungan bisnis pada eksternal. Analisa tersebut

menggunakan analisa PEST. Analisa PEST, juga dikenal sebagai analisis lingkungan bisnis eksternal, mengidentifikasi segala sesuatu yang terjadi di luar organisasi, termasuk aspek politik, ekonomi, sosial, dan teknologi [2].

Tabel 3. Analisa PEST

Aspek	Penjelasan
Politik	1. Kondisi perpolitikan Indonesia menjelang tahun 2024 cukup memengaruhi beberapa sektor, termasuk sektor bisnis didalamnya. Pengaruh dari calon pemimpin Indonesia nantinya akan menjadi penentu keberlangsungan bisnis kedepannya.
	2. Regulasi serta kebijakan yang akan dibuat oleh Presiden selanjutnya akan memengaruhi beberapa sektor bisnis yang berhubungan langsung dengan Pemerintah maupun bisnis secara umum
Ekonomi	1. Perpolitikan di Indonesia juga memengaruhi kondisi ekonomi didalam bisnis. Beberapa klien cenderung mengalokasikan dananya untuk keperluan 2024
	2. Perekonomian di Indonesia yang belum stabil pasca COVID 19 pun memengaruhi beberapa sektor bisnis
Sosial	1. Adanya pembajakan dari klien dan juga kompetitor terhadap tim senior didalam perusahaan, membuat bisnis mengalami perlambatan dalam RnD
Teknologi	1. Teknologi kompetitor yang lebih unggul dan sudah mendunia, menjadi faktor penentu klien untuk melakukan kerjasama atau tidak
	2. Kompetitor sudah memiliki sertifikasi dan standarisasi terhadap produk yang mereka hasilkan. Hal tersebut juga menjadi faktor kepercayaan klien kepada produk yang dihasilkan oleh perusahaan

3.4 Analisa Lingkungan IT/IS Internal

Pada analisa lingkungan IT/IS internal, Perusahaan akan dianalisa terkait bagaimana kondisi IT/IS didalam internal perusahaan. Kondisi tersebut meliputi keterampilan sumber daya (manusia, teknologi, dan infrastruktur yang dimiliki) yang akan menunjang keberlangsungan Perusahaan dalam menjalankan bisnisnya. Berikut adalah tabel-tabel dari analisa IT/IS :

Tabel 4. Analisa Internal IT

Analisa Internal IT		
No	Poin	Detail
1	Programming language	Dalam pembuatan dan pengembangan software, perusahaan menggunakan bahasa pemrograman .net framework. Bahasa tersebut bersifat open source
2	Database	Perusahaan menggunakan PostgreSQL untuk database. PostgreSQL telah menjadi database yang sangat dipercaya dalam tiga puluh tahun terakhir ini karena kinerjanya yang stabil, keamanannya yang tinggi, dan berbagai fiturnya yang luas. PostgreSQL Salah satu sistem manajemen database relasional (RDBMS) yang bersifat open source
3	Operating system	Windows Server adalah sebuah merek sistem operasi server yang dikembangkan oleh Microsoft Corporation. Ini berfungsi sebagai server atau data center dan menawarkan dukungan untuk aplikasi, komunikasi, manajemen bisnis, dan penyimpanan data. Selain itu, Windows Server juga membantu mengelola jaringan server.
4	Software licence	Perusahaan menggunakan microsoft 365 teams (untuk email, meeting, collaboration)
5	Wireless Internet	Perusahaan menggunakan wireless internet dengan kecepatan XX

Tabel 5. Analisa Internal IS

Analisa Internal IS		
No	Poin	Detail
1	Human Resource	Perusahaan telah menggunakan aplikasi dari Odoo yang open source. Aplikasi tersebut berbasis website dan mobile yang memuat presensi, cuti, rekrutmen, profil karyawan
2	Landing Page	Perusahaan menggunakan landing page berbasis wordpress dalam pembuatannya
3	Finance	Perusahaan telah menggunakan aplikasi dari Odoo yang open source. Aplikasi tersebut berbasis website dan mobile yang memuat faktur, pengeluaran dan pemasukan keuangan, gaji karyawan

4	Sales	Perusahaan telah menggunakan aplikasi dari Odoo yang open source. Aplikasi tersebut berbasis website dan mobile yang digunakan untuk membantu bisnis dalam mengetahui data, dan menyimpan seluruh informasi sales
---	-------	---

3.5 Analisa Lingkungan IT/IS Eksternal

Analisa yang dilakukan di sub bab ini, didapatkan bahwa Perusahaan lain yang menjadi competitor, memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh PT XYZ. Diantaranya pada IT, competitor memiliki teknologi pendukung yang lebih unggul dalam pembuatan produk, seperti *Cloud Micro Services*, teknologi visualisasi, kapasitas server yang besar dan sudah berbasis cloud, produk competitor yang sudah melakukan sertifikasi dan standarisasi. Sedangkan pada IS, beberapa competitor sudah memiliki layanan customer support yang berbasis digital, dokumentasi dan inventarisasi yang telah berbasis digital, adanya QA dan QC pada RnD, serta marketing yang sudah terdigitalisasi.

Hasil analisa yang telah dilakukan di sub bab ini didapatkan dari analisa SWOT pada poin kelemahan (weakness) dan ancaman (threat). Hal yang tertulis di sub bab ini akan menjadi poin rekomendasi IT/IS.

3.6 Rekomendasi IT/IS

Seperti yang disebutkan pada sub bab sebelumnya terkait kelebihan yang tidak dimiliki oleh PT XYZ (serta termasuk kedalam kelemahan dan ancaman). Adapun akan dikelompokkan menjadi dua bagian. Berikut adalah rekomendasi IT dan IS untuk PT XYZ :

Tabel 6. Rekomendasi IT

Rekomendasi IT		
No	Poin	Detail
1	Server	Melihat kebutuhan penyimpanan (database) yang semakin besar, untuk mengoptimalkan ruangan, perusahaan melakukan sewa

		datacenter dan perbesar kapasitas server
2	Wireless Internet	Untuk mengoptimalkan pertukaran data, direkomendasikan penambahan bandwidth sebesar 30%

Tabel 7. Rekomendasi IS

Rekomendasi IS		
No	Poin	Detail
1	Costumer support	komplain, atau ada pertanyaan antar costumer (call center), issue ticketing
2	Docummentation Product	Dokumentasi produk yang belum lengkap secara kronologi dan detail. Maka penting untuk perusahaan membuat suatu sistem informasi yang memuat tentang riwayat dari produk yang dihasilkan
3	Quality Assurance dan Quality control RnD	Perusahaan dalam hal QA dan QC untuk RnD belum ada di perusahaan. Perusahaan harus mengalokasikan resource untuk QA dan QC
4	Digitalisasi Marketing: Telemarketing, email marketing	Perusahaan masih menggunakan telemarketing dan email marketing secara manual, belum ter-digitalisasi. Maka hal tersebut perlu adanya

Setelah dikelompokkannya dua bagian dari rekomendasi IT/IS, langkah selanjutnya adalah melakukan pemetaan dengan matriks Strategi McFarlan. Pemetaan aplikasi Sistem Informasi McFarlan berdasarkan kontribusinya terhadap organisasi. Pemetaan ini terdiri dari empat kuadran: strategi, potensi tinggi, operasional penting, dan dukungan [7].

Tabel 8. Matriks Strategi McFarlan

Strategi	Potensi Tinggi
Aplikasi penting untuk mendukung strategi bisnis masa depan	Aplikasi yang mungkin sangat penting untuk kesuksesan di masa depan
Operasional Kunci	Support
Aplikasi yang digunakan oleh organisasi dan kesuksesan organisasi bergantung padanya.	Aplikasi yang bermanfaat tetapi tidak penting untuk kesuksesan.

Menurut tabel yang tertera pada strategi McFarlan, dapat dipetakan rekomendasi yang dihasilkan dari analisa IT/IS. Terutama pada sistem informasi. Dari hasil pemetaan didapatkan sebagai berikut :

Tabel 9. Matriks Strategi McFarlan pada IS

Strategi	Potensi Tinggi
1. Docummentation Product 2. Digitalisasi Marketing: Telemarketing, email marketing	1. Quality Assurance dan Quality Control RnD
Operasional Kunci	Support
1. Costumer support	

Tabel 10. Perencanaan Implementasi IS

No	Rekomendasi IS	2024	2025	2026
1	Costumer support	v		
2	Docummentation Product		v	
3	Quality Assurance dan Quality control RnD			v
4	Digitalisasi Marketing: Telemarketing, email marketing			v

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa strategi IT/IS yang dilakukan didapatkan bahwa ada dua rekomendasi yang diusulkan untuk mengoptimalkan transformasi digital di PT XYZ adalah :

- Rekomendasi IT berupa penambahan bandwidth wireless internet dan melakukan digitalisasi server dari yang berupa server fisik, menuju ke server yang non fisik
- Rekomendasi IS berupa melakukan digitalisasi costumer service, dokumentasi produk, dan marketing. Serta melakukan penambahan tim untuk RnD terkhususkan QA dan QC

Melalui penelitian ini, penulis berharap akan membantu mengoptimalkan PT XYZ agar dapat memiliki daya saing dan daya tawar yang lebih, dibandingkan dengan kompetitor lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, Awan. Ilman, Benie.”Perencanaan Strategik Sistem Informasi pada Perusahaan Penerbitan dengan Metode Ward and Peppard: Studi Kasus pada Penerbit Rekayasa Sains Bandung”, Bandung, 2012.
- [2] Ward, J. and Peppard, J. (2002). *Strategic Planning for Information Systems*, 3 ed., John Wiley & Sons, 2002.
- [3] D. E. Prasetyo and A. F. Wijaya, “Perencanaan Strategis SI/TI menggunakan Framework Ward and Peppard (Studi Kasus: PO. Blue Star),” *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 10, no. 3, p. 177, Dec. 2020, doi: 10.22441/incomtech.v10i3.9802.
- [4] A. Setiawan and E. Yulianto, “Information System Strategic Planning Using IT Balanced Scorecard In Ward & Peppard Framework Model,” *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 1864–1872, Jun. 2017, doi: 10.21817/ijet/2017/v9i3/170903134.
- [5] A. Wiyono and A. F. Wijaya, “PERENCANAAN STRATEGIS SISTEM INFORMASI DI PT TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk WITEL SEMARANG MENGGUNAKAN WARD AND PEPPARD,” *Jurnal Bina Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 23–32, Feb. 2020, doi: 10.33557/binakomputer.v2i1.797.
- [6] L. Hardjo and S. Suharjo, “DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY STRATEGIC PLANNING FOR MANUFACTURING INDUSTRY (CASE STUDY: PT MCM),” *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, vol. 7, no. 2, p. 49, Oct. 2013, doi: 10.21512/commit.v7i2.584.
- [7] H. Kurnia, “PERENCANAAN STRATEGIS SISTEM INFORMASI DINAS PERTANIAN, PETERNAKAN DAN PERIKANAN KOTA” MAGELANG DENGAN METODE WARD DAN PEPPARD, Des. 2015

Pemanfaatan AI dalam Pembelajaran Pemrograman untuk Mahasiswa

Andreas Nugroho Sihananto¹, Pratama Wiryatmaja², Sugiarto³

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya, Surabaya 60294, Indonesia^{1,2,3}
andreas.nugroho.jarkom@upnjatim.ac.id¹, pratama_wiryatmaja.fik@upnjatim.ac.id², sugiarto.if@upnjatim.ac.id³

Abstrak— Penelitian ini berusaha mengeksplorasi implementasi pembelajaran pemrograman di level universitas dengan bantuan *tools-AI* dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa akan materi pemrograman. Meningkatnya permintaan akan programmer yang mahir di dunia yang didorong oleh teknologi saat ini memerlukan pendekatan inovatif dalam pengajaran dan pembelajaran. Memanfaatkan kecerdasan buatan dalam pendidikan pemrograman bertujuan untuk meningkatkan efektivitas metode pengajaran, memberikan pengalaman belajar yang dipersonalisasi dan adaptif. Penelitian ini mengkaji dampak bantuan AI pada tiga kelompok mahasiswa dalam memahami aneka studi kasus. Temuan dari kasus ini diharapkan dapat berkontribusi dalam hal pemanfaatan AI di dunia pendidikan tinggi, khususnya dalam konteks pengajaran pemrograman. Dari hasil amatan terhadap tiga kelompok mahasiswa didapatkan tingkat penguasaan pemrograman dan algoritma mahasiswa yang menggunakan metode pengajaran berbasis AI lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang menggunakan metode pengajaran konvensional.

Kata kunci — AI, Algoritma, Mahasiswa, Pengajaran, Pemrograman

Abstract - This research seeks to explore the implementation of programming learning at university level with the help of AI tools in increasing students' understanding of programming material. The increasing demand for skilled programmers in today's technology-driven world requires innovative approaches to teaching and learning. Leveraging artificial intelligence in programming education aims to increase the effectiveness of teaching methods, providing a personalized and adaptive learning experience. This research examines the impact of AI assistance on three groups of students in understanding various case studies. It is hoped that the findings from this case can contribute to the use of AI in the world of higher education, especially in the context of teaching programming. From the results of observations on three groups of students, it was found that the level of programming and algorithm mastery of students who used AI-based teaching methods was higher compared to those who used conventional teaching methods.

Keywords — AI, Algorihm, Programming, Students, Teaching

I. PENDAHULUAN

Pesatnya evolusi teknologi dalam beberapa tahun terakhir telah secara signifikan meningkatkan permintaan akan programmer terampil di berbagai industri[1], [2]. Untuk memenuhi permintaan ini, universitas diminta terus mengadaptasi pendekatan pendidikan pemrograman mereka untuk memastikan mahasiswa dibekali dengan keterampilan yang diperlukan[3]. Dalam konteks ini, integrasi kecerdasan buatan (AI) ke dalam pendidikan pemrograman muncul sebagai cara yang menjanjikan untuk meningkatkan pengalaman belajar bagi mahasiswa. AI menawarkan potensi untuk merevolusi metode pengajaran tradisional, menyediakan lingkungan pembelajaran yang

dipersonalisasi dan adaptif yang memenuhi beragam kebutuhan siswa[4].

Seiring dengan kemajuan bahasa dan teknologi pemrograman, semakin besar kesadaran akan kebutuhan akan strategi pengajaran inovatif yang melampaui pendekatan konvensional. Pembelajaran berbantuan AI memegang kunci untuk mengatasi tantangan ini dengan menawarkan alat dan platform cerdas yang dapat memenuhi gaya dan kecepatan belajar individu[5]. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi praktis pembelajaran berbantuan AI dalam konteks pendidikan pemrograman untuk mahasiswa. Dengan memanfaatkan algoritme AI dan sistem pembelajaran adaptif, pendidik

berpotensi mengoptimalkan proses pembelajaran, memastikan siswa mengembangkan pemahaman yang kuat tentang konsep dan aplikasi pemrograman.

Penerapan AI dalam pemrograman pendidikan telah diterapkan di beberapa institusi misalnya pada *Chinese University of Hong Kong (CUHK)*-bersama Startup *Jockey Club AI for the Future Project (AI4Future)* yang menciptakan kurikulum AI pra-perguruan tinggi pertama di tingkat sekolah menengah di Hong Kong dan kini tengah mengevaluasi efektivitasnya[6]. Riset oleh [7] mencatat bahwa di dunia pendidikan tinggi AI telah diterapkan untuk mengatur jadwal praktikum, jadwal kelas, membuat chatbot untuk menjawab pertanyaan siswa, membuat kamus terjemahan otomatis seperti Google Translate, membuat sistem pengoreksi ujian otomatis dan masih banyak lagi. Meski riset oleh [8] menyatakan bahwa chatbot berbasis AI seperti ChatGPT masih memiliki keterbatasan tertentu dan belum bisa menjawab pertanyaan dengan ketepatan 100%, namun dalam dunia pemrograman ChatGPT ternyata memiliki potensi untuk memecahkan masalah bug pada kode program[9] dan banyak mahasiswa yang merasa terbantu dalam penggunaan ChatGPT dalam proses belajar mereka[5].

II. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini menjadikan 4 grup sebagai objek amatan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Grup Amatan

Grup	Semester	Jumlah Mahasiswa
1	4	50
2	4	50
3	4	50
4	2	20

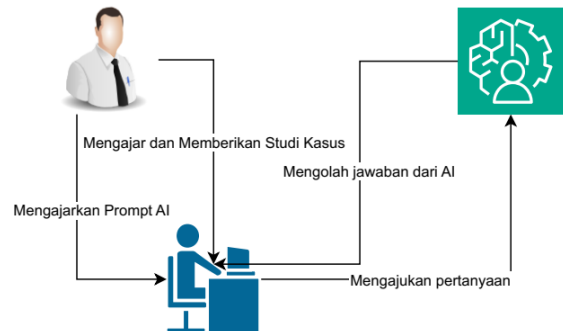
Seluruh mahasiswa di semua grup akan diajarkan mengenai 4 topik matakuliah Pemrograman Berorientasi Objek (PBO) yakni 1) Kelas dan Objek, 2) Inheritance, 3) Instance, dan ke 4) Studi Kasus : Penerapan PBO dalam Algoritma Genetika. Grup 1 dan 2 akan diajar menggunakan metode konvensional yakni pemaparan teori dan praktikum bahasa

pemrograman menggunakan C++ dan Java. Perlakuan grup ini dapat digambarkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Perlakuan pada grup 1 dan 2

Adapun grup 3 dan 4 akan diajar menggunakan peragaan konvensional disertai pemecahan studi kasus menggunakan bantuan OpenAI-Chat GPT sebagaimana tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Perlakuan pada grup 3 dan 4

Tools AI yang digunakan di dalam pengajaran ini adalah OpenAI-ChatGPT. Mahasiswa di grup 3 dan 4 akan diajari terlebih dahulu bagaimana cara menggunakan OpenAI-ChatGPT terutama dalam penggunaan *prompt*.

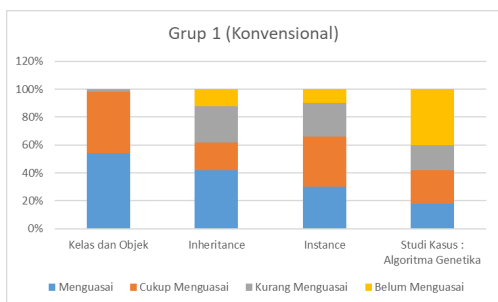
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mahasiswa dari keempat grup amatan akan diuji kompetensinya dengan sebuah studi kasus yang harus mereka jawab atau pecahkan secara mandiri dalam tempo 20 menit. Dari hasil evaluasi terhadap 4 topik yakni: 1) Kelas dan Objek, 2) Inheritance, 3) Instance, dan ke 4) Studi Kasus: Penerapan PBO dalam Algoritma Genetika, didapatkan hasil sebagaimana tampak pada Tabel 2.

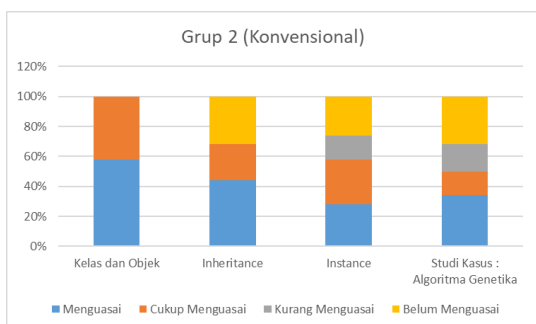
Tabel 2. Capaian Empat Grup Amatan

Grup amatan	Materi	Menguasai	Cukup Menguasai	Kurang Menguasai	Belum Menguasai	Total Mhs
Grup 1	Kelas dan Objek	27	22	1	0	50
	Inheritance	21	10	13	6	50
	Instance	15	18	12	5	50
	Studi Kasus : Algoritma Genetika	9	12	9	20	50
Grup 2	Kelas dan Objek	29	21	0	0	50
	Inheritance	22	12	0	16	50
	Instance	14	15	8	13	50
	Studi Kasus : Algoritma Genetika	17	8	9	16	50
Grup 3	Kelas dan Objek	28	16	6	0	50
	Inheritance	31	19	0	0	50
	Instance	29	14	7	0	50
	Studi Kasus : Algoritma Genetika	33	11	0	6	50
Grup 4	Kelas dan Objek	12	4	4	0	20
	Inheritance	9	7	4	0	20
	Instance	11	8	1	0	20
	Studi Kasus : Algoritma Genetika	9	4	7	0	20

Hasil yang dicapai oleh Grup 1 tampak pada Gambar 3, sementara Grup 2 tampak pada Gambar 4.

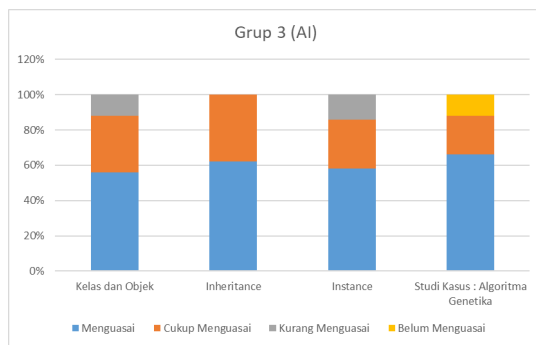


Gambar 3. Hasil Capaian Grup 1

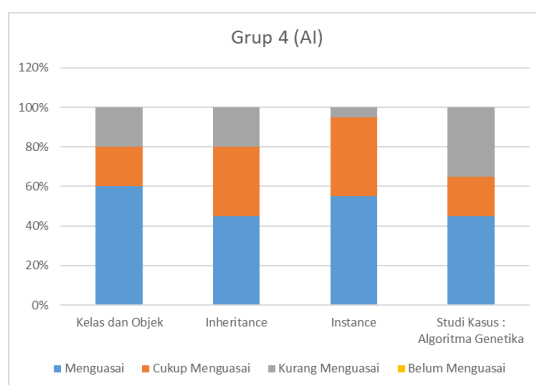


Gambar 4. Hasil Capaian Grup 2

Hasil yang tercapai tampak bahwa semakin kompleks suatu topik, semakin banyak jumlah mahasiswa yang kurang atau belum menguasai topik bahasan tersebut. Namun hal berbeda akan tampak ketika kita melihat capaian grup 3 dan 4 yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hasil Capaian Grup 3



Gambar 6. Hasil Capaian Grup 4

Capaian Grup 3 dan 4 menunjukkan jumlah persentase mahasiswa yang belum menguasai topik tampak relatif lebih sedikit dibandingkan Grup 1 dan 2. Memang masih tampak sejumlah mahasiswa kurang menguasai materi namun dengan minimnya mahasiswa yang belum menguasai kita dapat menyimpulkan bahwa penggunaan AI membawa dampak positif terhadap pemahaman mahasiswa yang tergabung pada Grup 3 dan 4.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil amatan pembelajaran pemrograman dengan bantuan ChatGPT, dapat disimpulkan bahwa penggunaan teknologi AI dalam konteks pembelajaran pemrograman memberikan dampak positif terhadap pemahaman mahasiswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. ChatGPT memungkinkan mahasiswa belajar sesuai ritmenya sendiri dan bertanya mengenai aneka kemungkinan studi kasus. Meskipun demikian, perlu diperhatikan bahwa pendekatan ini sebaiknya digunakan sebagai pelengkap dalam rangkaian pembelajaran, dan peran dosen tetap sangat penting untuk

memberikan arahan dan konteks yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. S. Istiyowati, Z. Syahrial, and S. Muslim, "Programmer's competencies between industry and education," *Univers. J. Educ. Res.*, vol. 8, no. 9 A, pp. 10–15, 2020, doi: 10.13189/ujer.2020.082002.
- [2] S. Djusar, J. Jama, and F. Rizal, "Competency Based Learning Model for Programmer Certification," vol. 299, no. Ictvet 2018, pp. 479–483, 2019, doi: 10.2991/ictvet-18.2019.110.
- [3] Sein Minn, "AI-assisted knowledge assessment techniques for adaptive learning environments," *Comput. Educ. Artif. Intell.*, vol. 3, no. January, p. 100050, 2022, doi: 10.1016/j.caeai.2022.100050.
- [4] E. Z. Vlasova, E. Y. Avksentieva, S. V. Goncharova, and P. A. Aksyutin, "Artificial intelligence - The space for the new possibilities to train teachers," *Espacios*, vol. 40, no. 9, 2019.
- [5] C. Yang, S. Huan, and Y. Yang, "A practical teaching mode for colleges supported by artificial intelligence," *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 15, no. 17, pp. 195–206, 2020, doi: 10.3991/ijet.v15i17.16737.
- [6] T. K. F. Chiu, H. Meng, C. S. Chai, I. King, S. Wong, and Y. Yam, "Creation and Evaluation of a Pretertiary Artificial Intelligence (AI) Curriculum," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 65, no. 1, pp. 30–39, 2022, doi: 10.1109/TE.2021.3085878.
- [7] X. Zhai *et al.*, "A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020," *Complexity*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/8812542.
- [8] P. Crosthwaite and V. Baisa, "Generative AI and the end of corpus-assisted data-driven learning? Not so fast!," *Appl. Corpus Linguist.*, vol. 3, no. 3, p. 100066, 2023, doi: 10.1016/j.acorp.2023.100066.
- [9] N. M. S. Surameery and M. Y. Shakor, "Use Chat GPT to Solve Programming Bugs," *Int. J. Inf. Technol. Comput. Eng.*, no. 31, pp. 17–22, 2023, doi: 10.55529/ijitc.31.17.22.

Manajemen Energi Pada Prototipe Stasiun Pengisian Baterai Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Richa Watiasih¹, Hasti Afianti², Zaid Abdullah Al Jabbaar³

Universitas Bhayangkara Surabaya^{1,2,3}
hasti_afianti@ubhara.ac.id¹

Abstrak— Stasiun pengisian sumber daya energi listrik mempunyai peranan yang penting dalam pengembangan energi, khususnya dalam pengembangan energi kendaraan listrik. Stasiun pengisian sumber energi listrik berfungsi untuk mengisi ulang baterai pada kendaraan listrik. Saat ini kendaraan listrik sebagian besar menggunakan baterai lithium polimer. Baterai ini menawarkan kapasitas yang lebih tinggi, sehingga memiliki daya lebih besar. Untuk memenuhi kebutuhan daya pada kendaraan listrik diperlukan suatu sistem manajemen energi pada baterai yang digunakan, yaitu untuk mengontrol proses pengisian dan pengosongan baterai agar baterai dapat mencapai tingkat daya maksimal. Dengan mampu menunjukkan keadaan pengosongan dan pengisian daya yang aman maka dapat meningkatkan masa pakai baterai. Terdapat beberapa indikator penting pada baterai, seperti tegangan dan arus yang masuk atau keluar baterai, dapat dipantau menggunakan parameter State of Charge (SOC) dan Depth Of Discharge (DOD). Pada penelitian ini menggunakan metode Logika Fuzzy untuk mengevaluasi pengelolaan baterai SOC dan DOD. Hasil nilai SOC yang didapat dari pengisian awal baterai, batas tegangan minimal 12 Volt dan batas tegangan maksimal 14 Volt, dengan nilai SOC yang dihasilkan minimal 85% dan maksimal 100%. Sedangkan nilai DOD untuk penggunaan dengan tegangan maksimal 14 Volt dan minimal 11 Volt, maka nilai DOD yang dihasilkan maksimal 99% dan minimal 78%.

Kata Kunci — Manajemen Energi, SOC, DOD, Logika Fuzzy, Pengisian Daya, Pemakaian Daya

Abstrac — Charging stations for electric energy resources have an important role in energy development, especially in the development of electric vehicle energy. Electrical energy charging stations function to recharge batteries in electric vehicles. Currently, electric vehicles mostly use lithium polymer batteries. This battery offers a higher capacity, so it has more power. To meet the power needs of electric vehicles, an energy management system is needed for the batteries used, namely to control the process of charging and discharging the battery so that the battery can reach maximum power levels. By being able to show safe discharge and charge conditions, it can increase battery life. There are several important indicators on the battery, such as the voltage and current entering or leaving the battery, which can be monitored using the State of Charge (SOC) and Depth Of Discharge (DOD) parameters. This research uses the Fuzzy Logic method to evaluate SOC and DOD battery management. The SOC value obtained from initial charging of the battery, the minimum voltage limit is 12 Volts and the maximum voltage limit is 14 Volts, with the resulting SOC value being a minimum of 85% and a maximum of 100%. Meanwhile, the DOD value for use with a maximum voltage of 14 Volts and a minimum of 11 Volts, the resulting DOD value is a maximum of 99% and a minimum of 78%.

Keywords — Energy Management, SOC, DOD, Fuzzy Logic, Charging, Discharging

I. PENDAHULUAN

Dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar dunia, salah satunya harga minyak dunia semakin tinggi, membuat banyak peneliti mencari alternatif bahan bakar mobil, salah satunya yaitu mobil listrik[1]. Saat ini perkembangan teknologi mobil listrik memanfaatkan energi terbarukan semakin banyak dikembangkan. seperti halnya

memanfaatkan energi yang berasal dari cahaya matahari merupakan sumber tenaga yang potensinya melimpah[2]. Selain itu dengan teknologi sel surya, proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik tidak menghasilkan gas rumah kaca sehingga pemanfaatan energi surya melalui sel surya adalah ramah lingkungan[3]. Dalam potensinya tidak

menutup kemungkinan jika mobil listrik dalam melakukan pekerjaannya memerlukan daya pada mobil listrik untuk melakukan pekerjaannya[4]. Sehingga stasiun pengisian kendaraan listrik sangat dibutuhkan pada kendaraan listrik untuk pengisian ulang baterai.

Perangkat penyimpan energi listrik yang penting pada stasiun pengisian kendaraan listrik adalah baterai. Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi baterai listrik yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik[5]. Baterai yang digunakan jenis *Lithium Polimer*, baterai ini banyak digunakan dalam perangkat elektronik portabel dan kendaraan listrik. Meskipun teknologi baterai telah meningkat, tidak sepenuhnya memenuhi kebutuhan energi kendaraan listrik[6]. Di dalam baterai terdapat banyak sel yang dibangun secara serial ataupun paralel untuk memberikan daya yang cukup[7]. Sel yang terhubung secara paralel dalam baterai memaksa satu sama lain untuk menyamakan tegangannya. Dengan demikian, sel-sel yang terhubung paralel secara otomatis saling mengimbangi. Dalam sel yang terhubung, arus lengan utama melewati seluruh baterai dan sel dengan kapasitas terendah diidentifikasi[8]. Oleh karena itu, diperlukan sistem manajemen baterai dengan mengontrol proses *charge* dan *discharge* untuk memastikan bahwa penggunaan baterai dalam stasiun pengisian maupun mobil robot dapat mencapai kondisi maksimal[9].

Dalam pengembangan sistem manajemen energi baterai diperlukan suatu metode pengendalian sistem untuk mengoptimalkan penggunaan distribusi energi pada baterai. Perangkat penyimpanan energi yang digunakan pada sistem manajemen baterai stasiun pengisian mobil listrik adalah baterai *Lithium Polimer*[10]. Sistem manajemen baterai memantau keadaan pengisian baterai (*State of Charge*) dan memantau keadaan pemakaian baterai *depth of discharge* dengan menggunakan berbagai parameter seperti *Voltage* total, *Current*, dan Suhu pada masing-masing proses *charge* dan *discharge*[11-12].

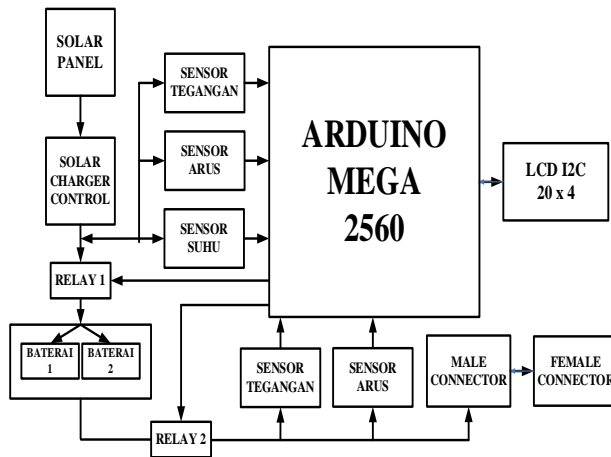
Berdasarkan penjelasan sebelumnya, pada sistem manajemen baterai, *State of Charge* (SOC)

dan *depth of discharge* (DOD) pada baterai dianggap sebagai parameter yang paling penting dalam penggunaannya untuk memonitoring atau memantau status pengisian dan pemakaian baterai yang telah didesain mampu bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem pengisian baterai robot. Metode yang berbeda telah diusulkan untuk mengevaluasi *State of Charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) baterai, antara lain metode *4-Stage Charging*, metode *Semi Passive Cooling*[13–15]. Dalam makalah ini metode *Coulomb Counting* dan metode *Fuzzy logic* digunakan untuk sistem manajemen energi baterai.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

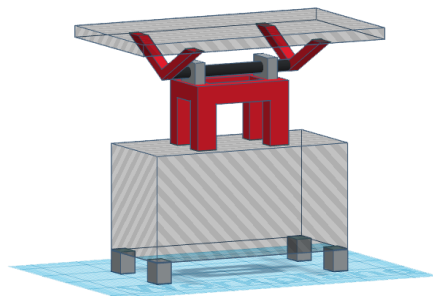
Secara umum, konfigurasi dari manajemen pada *prototype* stasiun pengisian baterai robot berbasis solar panel terdiri dari tiga bagian yaitu input, mikrokontroler, dan output. Dari ketiga bagian tersebut terdapat *hardware* dan juga *software*. Pada bagian input terdiri dari sensor pengukuran parameter baterai *charging* dan *discharging* seperti sensor tegangan arus dan suhu untuk melihat nilai arus, tegangan dan suhu yang dihasilkan pada stasiun pengisian baterai. Kemudian hasil baca sensor arus dan tegangan dibandingkan untuk mendapatkan nilai manajemen. Sedangkan untuk kontrolnya menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Untuk *output* terdapat LCD yang berfungsi untuk menampilkan nilai nilai arus, tegangan, suhu dan daya pada beban dan *male connector* sebagai *connector charger* untuk robot. *Software* yang digunakan untuk memprogram arduino dikembangkan melalui *software* arduino IDE. Gambar 1 merupakan blok diagram manajemen energi pada pengisian baterai robot.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem Pengisian Baterai

B. Perancangan Mekanik

Sistem mekanik yang dirancang berupa box untuk panel sistem manajemen pada stasiun pengisian baterai robot. Mekanik dirancang menggunakan bahan besi untuk rangka rusuk dan ACP (*Aluminium Composite Postale*) untuk rangka sisi-sisinya dengan panjang 50 cm, tinggi 64,5 cm dan lebar 30 cm. Bentuk rancangan sistem mekanik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan Mekanik Stasiun Pengisian

C. Manajemen Energi Baterai

Manajemen energi adalah suatu program yang direncanakan dan dilaksanakan secara sistematis untuk memanfaatkan energi secara efektif dan efisien dengan melakukan perencanaan, pencatatan, pengawasan dan evaluasi secara berkelanjutan tanpa mengurangi kualitas produksi dan pelayanan. Manajemen energi mencakup perencanaan dan pengoperasian unit konsumsi dan produksi yang berkaitan dengan energi untuk mengelola secara aktif usaha penghematan penggunaan energi. Tujuan manajemen energi yaitu memonitoring performa baterai dan mengontrol proses pengisian (*charging*) dan

pemakaian (*discharging*). Untuk menghasilkan sistem manajemen baterai *lithium polimer* pada stasiun pengisian berbasis solar panel menggunakan metode *fuzzy logic* [16].

D. Konsep Sistem Manajemen Energi Baterai

Sistem manajemen pada baterai merupakan sistem elektronik yang mengelola baterai yang dapat diisi ulang (sel atau baterai), dengan melindungi baterai dari operasi di luar area operasi yang aman, memantau keadaannya dan mengendalikan suhu lingkungannya [16]. Baterai pada BMS umumnya menggunakan baterai Lithium. Fungsi utama BMS adalah *I charge*, *overcharge protect* dan *overdischarge protect* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *I charge* berfungsi untuk menyeimbangkan tegangan ketika pengisian atau ketika pengosongan, hal ini penting agar tidak terjadi perbedaan yang jauh antara sel baterai.
- *Overcharge protect* berfungsi saat proses pengisian baterai. Ketika tegangan total mencapai nilai batas maksimum tertentu atau tegangan sel baterai sudah mencapai nilai maksimumnya yaitu 14.5 Volt maka arus pengisian akan dihentikan.
- *Overdischarge protect* berfungsi saat proses pengosongan baterai dengan beban. Ketika tegangan total mencapai nilai batas minimum yang ditentukan atau tegangan sel baterai mencapai nilai minimumnya yaitu 12 Volt, maka arus yang mengalir ke beban akan dihentikan secara otomatis.

E. Prinsip Kerja Manajemen Energi Baterai

Prinsip kerja sistem manajemen energi baterai pada stasiun pengisian baterai robot ada dua, yaitu *overcharge protect* dan *overdischarge protect*. Diawali dengan tegangan baterai secara total dan individu dibaca oleh sensor tegangan untuk acuan dan juga nilai inputan mikrokontroler dalam menjalankan program dan memberikan sinyal ke aktuator relay. Ketika mode *charging* yang sudah ditentukan terdapat nilai ambang batas sebesar 14.5 Volt, jika tegangan *charging* mencapai nilai ambang nya, maka relay *charger* akan memutus arus yang mengalir ke baterai untuk menghindari

overcharging. Ketika mode *discharging* dengan nilai ambang batas sebesar 12 Volt yang sudah ditentukan jika tegangan keluaran mencapai batas nilai ambang maka relay tegangan keluaran akan memutuskan arus yang mengalir ke beban.

F. Fuzzy Logic

Fuzzy logic pertama kali dikenalkan kepada public oleh Lofti Zadeh, seorang profesor di *University of California di Berkeley*. *Fuzzy logic* digunakan untuk menyatakan hukum operasional dari suatu sistem dengan ungkapan bahasa, bukan dengan persamaan matematis. Teori ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang dengan mempresentasikan pikiran manusia kedalam suatu sistem. Hal ini dikarenakan penggunaan konsep *fuzzy logic* yang mirip dengan konsep cara berfikir manusia.

Cara kerja *fuzzy logic* secara garis besar terdiri dari input, proses dan output. *Fuzzy logic* merupakan suatu teori himpunan logika yang dikembangkan untuk mengatasi konsep nilai yang terdapat diantara kebenaran (*truth*) dan kesalahan (*false*). Pada teori himpunan klasik yang disebut juga dengan himpunan crisp (himpunan tegas) hanya dikenal dua kemungkinan dalam fungsi keanggotaannya, yaitu kemungkinan termasuk keanggotaan himpunan (logika 1) atau kemungkinan berada diluar keanggotaannya (logika 0). Namun dalam teori himpunan *fuzzy* tidak hanya memiliki dua kemungkinandalam menentukan sifat keanggotaannya tetapi memiliki derajat keanggotaan yang nilainya antara 0 dan 1. Fungsi yang menetapkan nilai ini dinamakan fungsi keanggotaan yang disertakan dalam himpunan *fuzzy*[17].

Ada tiga proses utama dalam mengimplementasikan *fuzzy logic* pada suatu perangkat atau sistem, antara lain fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi. Berikut merupakan penjelasan proses *fuzzy logic*.

- Fuzzification, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi fuzzy yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing.

- Interference System (Evaluasi Rule), merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variabel masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan “IFTHEN”.
- Defuzzification, merupakan proses perubahan variabel berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (crisp) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian.

G. Coulomb Counting

Metode CC (*Coulomb Counting*) adalah metode yang dapat digunakan untuk menghitung muatan listrik (*coulomb*) yang masuk atau keluar pada baterai. Dengan mengintegalkan arus listrik yang mengalir ke baterai terhadap waktu maka dapat diperoleh muatan listrik total yang masuk atau keluar dari baterai. Dalam implementasinya nilai arus (I) berupa diskret karena tidak dimungkinkan untuk melakukan pencuplikan dengan waktu[18].

Secara umum metode CC (*Coulomb Counting*) dirumuskan sebagai berikut:

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{\eta}{C_n} \int_{t_0}^t I dt$$

.....(1)

Keterangan:

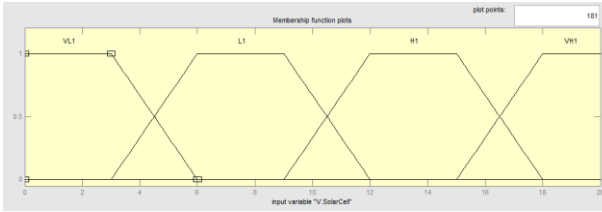
- C_n = Kapasitas maksimum baterai
- SOC_0 = SOC awal sebelum terjadi pengisian
- I = Arus listrik yang masuk atau keluar
- η = Efisiensi pengisian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

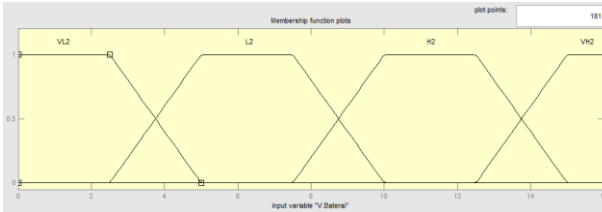
A. Menentukan SOC Berdasarkan Fuzzy Logic

Proses *charging* dengan input tegangan solar panel dan tegangan baterai untuk menentukan SOC digunakan metode *logika fuzzy*. Tahap pertama fuzzifikasi dengan menentukan setiap derajat keanggotaan untuk setiap set pada *fuzzy*. Dari pengukuran tegangan solar panel dan

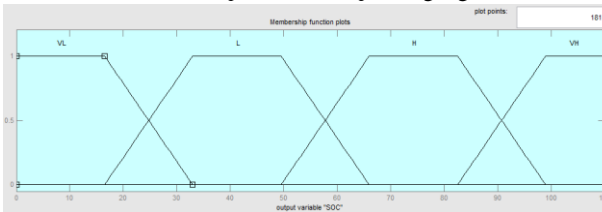
tegangan baterai sebelumnya, dapat ditentukan *membership function* seperti gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3 *Membership Function Input Tegangan Solar Panel*



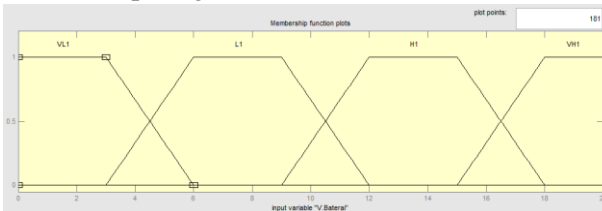
Gambar 4 *Membership Function Input Tegangan Baterai*



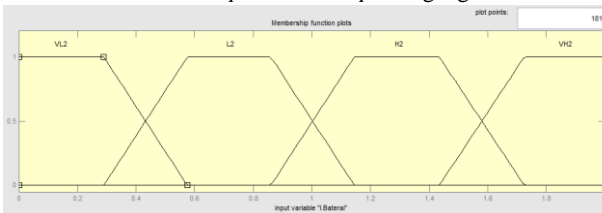
Gambar 5 *Membership Function Output SOC*

B. Menentukan DOD Berdasarkan Fuzzy Logic

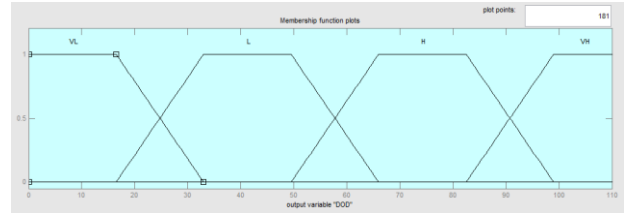
Proses *discharging* dengan input tegangan baterai dan arus baterai untuk menentukan DOD digunakan metode *logika fuzzy*. Tahap pertama fuzzifikasi dengan menentukan setiap derajat keanggotaan untuk setiap set pada *fuzzy*. Dari pengukuran tegangan baterai dan arus baterai sebelumnya, dapat ditentukan *membership function* seperti gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6 *Membership Function Input Tegangan Baterai*



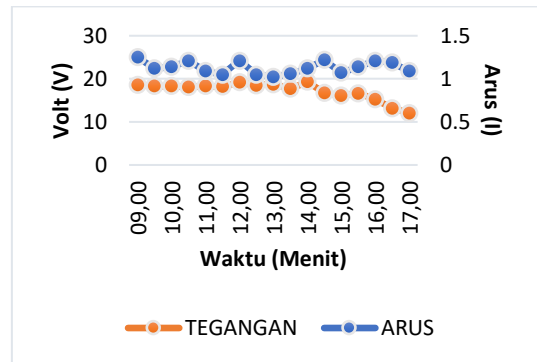
Gambar 7 *Membership Function Input Arus Baterai*



Gambar 8 *Membership Function Output DOD*

C. Pengambilan Data Panel Surya

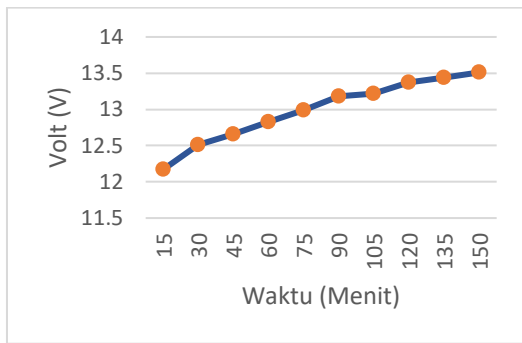
Pengujian pada panel surya tanpa halangan yang menampilkan tegangan dan arus dalam waktu pengujian 30 menit sekali untuk pengambilan data. Tegangan awal yang dihasilkan panel surya 20WP pada waktu 09.00 WIB dengan kondisi cuaca cerah yaitu 18.63 V. Tegangan mengalami kenaikan dan penurunan karena kondisi cuaca yang berubah-ubah. Pada arus juga mengalami kenaikan dan penurunan. Pengujian dilakukan selama 17 kali dengan waktu pengambilan data 30 menit sekali. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Pengujian Panel Surya

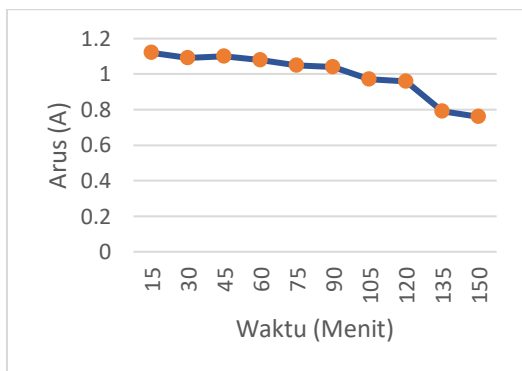
D. Pengambilan Data Charging

Dari simulasi pengukuran *charging* pada manajemen energi stasiun pengisian baterai robot terdapat grafik hasil implementasi alat untuk menentukan perbandingan *state of charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) yang meliputi tegangan, arus dan suhu baterai.



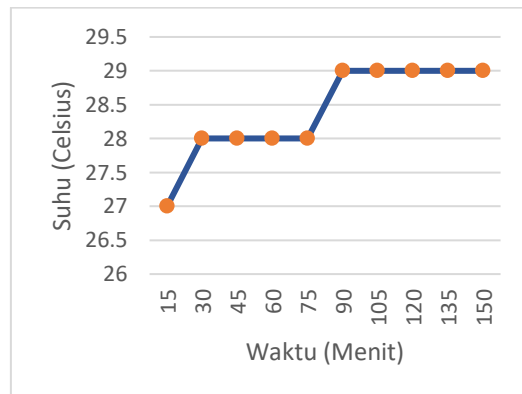
Gambar 10 Tegangan Saat Charging

Pada gambar 10 merupakan grafik hasil dari pengujian tegangan pada saat *charging*. Tegangan ketika baterai *charging* dapat dilihat bahwa pada saat pengisian baterai diisi ulang selama 2.15 jam dengan nilai awal tegangan baterai sebesar 12.07 V. Apabila mengacu pada data *sheet* baterai, terlihat tegangan memiliki kisaran yang cenderung linear. Hasil pengambilan data tegangan mengalami kenaikan dengan konstan akibat diisi ulang. Dari nilai awal 12.07 V mengalami kenaikan dengan konstan.



Gambar 11 Arus Saat Charging

Pada gambar 11 adalah grafik hasil dari pengujian arus pada saat *charging*. Arus pada saat *charging* mengalami penurunan secara konstan karena tegangan baterai terus bertambah atau baterai mulai mencapai kapasitas maksimal. Arus yang mengalir sebesar 1.12 A pada saat pengisian dan mulai turun hingga 0.76 A saat pengujian selesai.

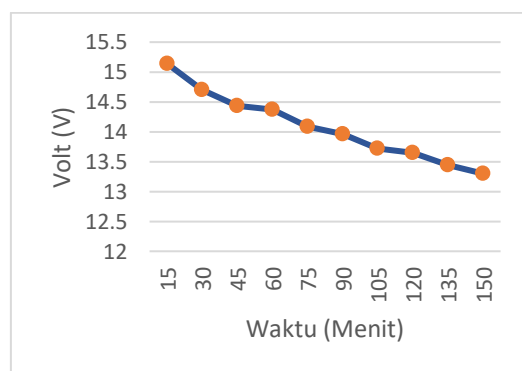


Gambar 12 Hasil Suhu Charging

Selain itu pada gambar 12 hasil grafik suhu. Kenaikan suhu pada baterai stasiun pengisian mobil robot juga terjadi akibat pengisian ulang baterai. Suhu cenderung mengalami kenaikan konstan pada saat mendekati waktu ketika tegangan mencapai puncak dan secara perlahan yang mulanya 27°C menjadi stabil pada nilai 29°C.

E. Pengambilan Data Discharging

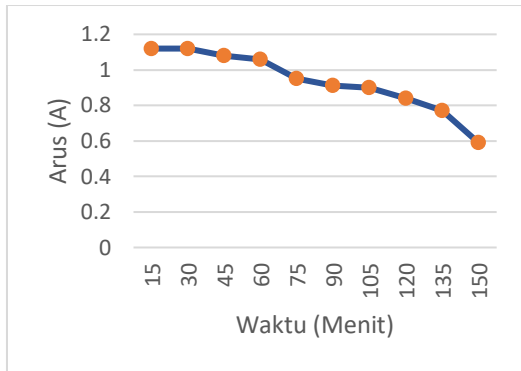
Simulasi berikut ini adalah pengukuran *discharging* pada manajemen energi stasiun pengisian baterai robot terdapat grafik hasil implementasi alat untuk menentukan perbandingan *state of charge* (SOC) dan *depth of discharge* (DOD) yang meliputi tegangan, arus dan suhu baterai.



Gambar 13 Tegangan Saat Discharging

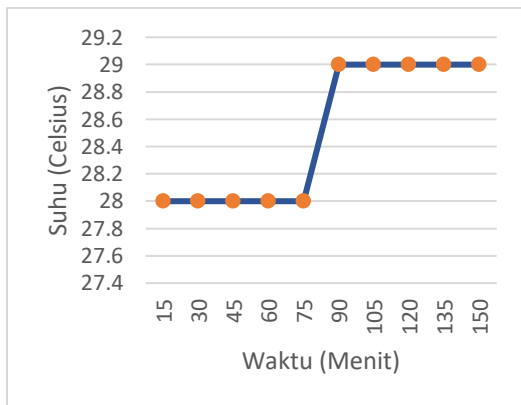
Gambar 13 merupakan hasil pengujian tegangan pada saat *discharging*. Pada grafik dapat dilihat bahwa tegangan pemakaian baterai untuk mengisi baterai robot terjadi penurunan tegangan baterai stasiun pengisian. Hal ini disebabkan karena baterai terhubung dengan beban berupa

pengisian baterai robot. Tegangan mengalami penurunan dari 15.14 V secara konstan.



Gambar 14 Arus Saat Discharging

Pada gambar 14 adalah hasil grafik percobaan pengambilan data arus saat *discharging*. Arus pada grafik menunjukkan penurunan secara konstan karena baterai pada stasiun pengisian robot melakukan tugasnya untuk mengisi baterai robot sebagai beban sehingga mengakibatkan arus turun secara perlahan yang kemudian dari 0.59 A menjadi 1.12 A.



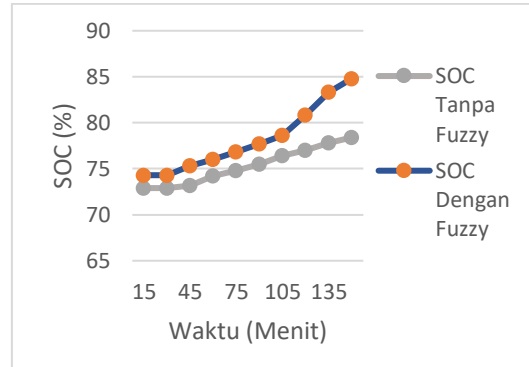
Gambar 15 Suhu Saat Discharging

Pada gambar 16 hasil grafik dari pengujian suhu pada baterai stasiun pengisian mobil robot saat *discharging* juga mengalami kenaikan. Sebelum mengalami kenaikan suhu sempat berada pada posisi stabil dengan suhu 28°C lalu mengalami kenaikan secara konstan dengan suhu 29°C dan menjadi stabil sampai percobaan selesai.

F. Hasil SOC Dan DOD

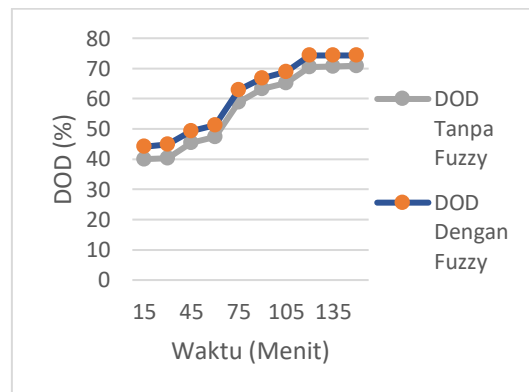
Untuk *state of charge* (SOC) saat pengisian memiliki pola naik konstan dengan kondisi

baterai saat *charging* sampai keadaan batas pengujian selesai atau hampir penuh. Dalam perbandingan *state of charge* (SOC) dengan menggunakan *fuzzy logic* dan tidak menggunakan *fuzzy logic* atau menggunakan teori (*coulomb counting*) memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Sehingga hasil dari pengujian pada saat *state of charge* (SOC) dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17 Hasil SOC Saat Charging

Sedangkan untuk *depth of discharge* (DOD) saat pemakaian memiliki pola turun konstan dengan kondisi baterai sampai keadaan batas pengujian selesai atau hampir habis. Dalam perbandingan *depth of discharge* (DOD) dengan menggunakan *fuzzy logic* dan tidak menggunakan *fuzzy logic* atau menggunakan teori (*coulomb counting*) memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Hasil dari pengujian *depth of discharge* (DOD) dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18 Hasil DOD Saat Discharging

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan sistem manajemen energi pada *prototype* stasiun

pengisian baterai robot berbasis solar panel dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu manajemen baterai ini dirancang untuk memonitoring atau memantau status.

pengisian dan pemakaian baterai yang telah didesain mampu bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem pengisian baterai robot. Monitoring baterai pada sistem manajemen energi ini menggunakan *fuzzy logic* untuk mendapatkan nilai SOC dan DOD yang akurat pada sistem manajemen. Untuk mengestimasi SOC digunakan 2 input membership function yaitu tegangan solar panel dan tegangan baterai dan untuk mengestimasi DOD digunakan 2 input membership function yaitu tegangan baterai dan arus baterai. Sedangkan penerapan sistem kontrol proses *charging* dari solar panel ke baterai menggunakan modul relay dengan batas tegangan 14.5 Volt diputus oleh relai untuk menghindari *overcharging* dan penerapan sistem kontrol proses *discharging* dari solar panel ke baterai menggunakan modul relay dengan batas tegangan 12 Volt diputus oleh relai untuk menghindari *overdischarging*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alshareef and Z. Lin, "A Constant Grid Interface Current Controller for DC Microgrid."
- [2] L. Parinduri and T. Parinduri, "Kontribusi Konversi Mobil Konvensional Ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global," vol. 1099, pp. 116–120.
- [3] B. Anto, E. Hamdani, and R. Abdullah, "Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya," vol. 11, no. 1, pp. 19–24, 2014.
- [4] A. Guizani, M. Hammadi, J. Y. Choley, T. Soriano, M. S. Abbes, and M. Haddar, "Electric vehicle design, modelling and optimization," *Mech. Ind.*, vol. 17, no. 4, 2016, doi: 10.1051/meca/2015095.
- [5] M. Weiss *et al.*, "Fast Charging of Lithium-Ion Batteries : A Review of Materials Aspects," 2021, doi: 10.1002/aenm.202101126.
- [6] J. Fattal, P. B. Dib, and N. Karami, "Review on different charging techniques of a lithium polymer battery," *2015 3rd Int. Conf. Technol. Adv. Electr. Electron. Comput. Eng. TAECE 2015*, no. January, pp. 33–38, 2015, doi: 10.1109/TAECE.2015.7113596.
- [7] M. Turgut, R. Bayir, and F. Duran, "CAN communication based modular type battery management system for electric vehicles," *Elektron. ir Elektrotehnika*, vol. 24, no. 3, pp. 53–60, 2018, doi: 10.5755/j01.eie.24.3.20975.
- [8] S. Wang and Y. Lee, "Fuzzy Controlled Fast Charging System for Lithium- Ion Batteries w," no. December 2009, 2014, doi: 10.1109/PEDS.2009.5385724.
- [9] P. H. L. Notten and D. L. Danilov, "Battery Modeling : A Versatile Tool to Design Advanced Battery Management Systems," vol. 2014, no. January, pp. 62–72, 2014.
- [10] X. Wu, Z. Cui, X. Li, J. Du, and Y. Liu, "Control Strategy for Active Hierarchical Equalization," 2019.
- [11] A. D. Jadhav and S. Nair, "Battery Management using Fuzzy Logic Controller," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1172, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1172/1/012093.
- [12] R. A. Sadewo, E. Kurniawan, and K. B. Adam, "Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging Design And Implementation Of Charging Lead Acid Battery," vol. 4, no. 1, pp. 26–35, 2017.
- [13] P. Ningrum, N. A. Windarko, P. Elektronika, N. Surabaya, J. Timur, and S. O. Charge, "Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting," *J. Inovtek*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [14] A. R. Hisan, I. P. Handayani, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Perancangan Dan Realisasi Sistem Manajemen Termal Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Pendinginan Semi-Pasif Designing and Realization of Battery Thermal Management System," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4948–4955, 2016.
- [15] M. A. Alkhaidir, K. Hidayat, and N. A. Mardiyah, "Desain Battery Management System Dari Sumber Panel Surya Menggunakan Metode 4-Stage Charging," pp. 270–275.
- [16] S. Sochartono, Musafa, "PERANCANGAN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA MOBIL LISTRIK STUDI KASUS: BATERAI KAPASITAS 46Ah 12V PADA NEO BLITS 2," *J. Maest.*, vol. 3, no. 1, pp. 86–97, 2020.
- [17] A. F. Farizy, D. A. Asfani, and A. Baterai, "Desain Sistem Monitoring," vol. 5, no. 2, p. B278, 2016.
- [18] P. Ningrum, N. A. Windarko, P. Elektronika, N. Surabaya, J. Timur, and S. O. Charge, "Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting," *J. Inovtek*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019.

Perbandingan Metode *Support Vector Machine* dan *Long Short Term Memory* Dalam Prediksi Pendapatan Usaha *Laundry* (Studi Kasus BLA *Laundry*, Mustika Jaya, Bekasi)

Sheila Dzikrina Safir¹, Dihin Muriyatmoko², Widya Kurniawan³

Universitas Darussalam Gontor, Siman, Ponorogo^{1,2,3}

sheilasafir23@mhs.unida.gontor.ac.id¹, dihin@unida.gontor.ac.id², widya.kurniawan@unida.gontor.ac.id³

Abstrak— *Laundry* merupakan usaha yang menawarkan jasa pencucian pakaian, dimana terdapat beberapa service yang dapat dipilih oleh pelanggan sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan Asosiasi *Laundry* Indonesia tingkat perkembangan usaha *laundry* di negeri ini dalam jangka waktu 2022 - 2023 meningkat sebanyak 50% persen. Dengan tingginya angka persaingan dan pertumbuhan usaha *laundry* dibutuhkan strategi usaha yang tepat. Pengambilan keputusan untuk membuat strategi bisnis yang baik berasal dari data dan informasi yang mendukung dalam pembuatan strategi bisnis. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi algoritma *Support Vector Machine* dan *Long Short Term Memory*. Pada penelitian ini algoritma *Long Short Term Memory* memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma *Support Vector Machine* dengan tingkat akurasi LSTM mencapai 83% dan SVM 64%.

Abstract—*Laundry* is a business that offers fabric wash services, where there are several services that can be chosen by customers according to their needs. According to the Indonesian Laundry Association, the development rate of laundry businesses in this country in the 2022-2023 period increased by 50%. With the high level of competition and growth of laundry businesses, the right business strategy is needed. Decision making to make a good business strategy comes from data and information that support the making of business strategies. This study aims to compare the accuracy of the *Support Vector Machine* and *Long Short Term Memory* algorithms. In this study, the *Long Short Term Memory* algorithm has a better performance than the *Support Vector Machine* algorithm with an LSTM accuracy of 83% and SVM 64%.

Index Terms — *Digital Business, Laundry, Support Vector Machine, Long Short Term Memory*

I. PENDAHULUAN

Laundry merupakan usaha yang menawarkan jasa pencucian pakaian, dimana terdapat beberapa service yang dapat dipilih oleh customer sesuai dengan kebutuhan [1]. Hendri Ong selaku karyawan dalam aliansi *Laundry* Indonesia mengatakan bahwa perkembangan usaha *Laundry* di Indonesia tumbuh sebanyak 50% dalam jangka waktu 2021-2022 [2]. Melihat pesatnya perkembangan usaha jasa *Laundry* di Indonesia, tidak heran banyak masyarakat yang memulai usaha *Laundry*, dengan banyaknya outlet *Laundry* yang ada di Indonesia tingginya persaingan dalam

bisnis dunia *Laundry* menjadi tantangan tersendiri bagi pebisnis *Laundry* yang ada di Indonesia.

Tingginya persaingan pada bisnis jasa *Laundry* dibutuhkan adanya perencanaan strategi yang matang, salah satunya adalah melakukan digitalisasi dalam pengambilan strategi bisnis. Dengan adanya digitalisasi dalam strategi dapat membantu menghadapi persaingan dan tantangan yang ada [3]. Dengan berkembangnya teknologi *Artificial Intelligence* dan *Business Intelligence* memungkinkan para pengusaha UMKM untuk mengoptimalkan kinerja usaha mereka yang akan berdampak pada kenaikan hasil pendapatan

pada usaha bisnis *Laundry*[1]. Digitalisasi dalam dunia bisnis dapat memanfaatkan peran *Data Mining* atau *Artificial Intelligence*, dengan menggunakan metode prediksi pendapatan dengan mengumpulkan data dari pemasukan yang sudah dimiliki [4], data-data yang sudah dikumpulkan akan diolah menjadi informasi yang berguna dalam penyusunan strategi bisnis agar dapat menghadapi ketatnya persaingan bisnis khususnya dalam bisnis *Laundry*.

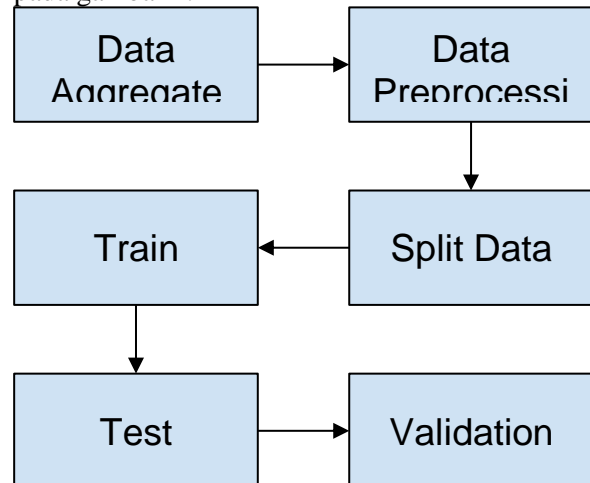
Prediksi dalam *Data Mining* memiliki beberapa metode yang umum digunakan seperti *Neural Network*, *Support Vector Machine*, *Linear Regression*, *Long Short Term Memory* dan *Random Forest* [5]. Algoritma *Support Vector Machine* memiliki kemampuan untuk menemukan *hyperplane* yang sangat baik, sehingga penggunaan algoritma ini memiliki tingkat generalitas yang tinggi dan memiliki akurasi yang baik. Sedangkan algoritma *Long Short Term Memory* Memiliki sel yang mampu menghubungkan antar informasi satu dengan lainnya, kemampuan *Long Short Term Memory* Dalam menyimpan informasi dalam jangka panjang ini sangat berguna dalam mengolah data yang memiliki *time series* [6].

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat akurasi dari algoritma *Support Vector Machine* dan *Long Short Term Memory* dalam memprediksi hasil penjualan dari usaha *BLA Laundry*, tingkat akurasi dari hasil prediksi akan diuji menggunakan *confusion matrix*, *RMSE*, *MSE*, dan *MAE* untuk melihat algoritma mana yang memiliki tingkat akurasi yang lebih baik diantara yang lain [7].

Rujukan [7] dengan judul “Klasifikasi Ekspresi Teks Berbahasa Jawa Menggunakan Algoritma *Long Short Term Memory*” yang ditulis oleh Oddy Virgantara Putra yang menguji keakuratan algoritma *Long Short Term Memory* dalam mengklasifikasi teks dengan bahasa Jawa, dalam penelitian ini juga membandingkan dua algoritma yang lain yaitu, *Support Vector Machine* dan *Random Forest*. Hasil penelitian menyatakan bahwa metode *Long Short Term Memory* menghasilkan tingkat akurasi metode paling tinggi dari metode yang lainnya dengan tingkat akurasi mencapai 92%.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tahapan yang dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

A. Data Aggregate

Pada tahapan *Data Aggregate* dataset diambil dari *BLA Laundry* yang berlokasi di Mustika Jaya, Bekasi Timur, Indonesia. Metode yang digunakan dalam pengumpulan *dataset* adalah wawancara, data yang dikumpulkan memiliki rentang waktu 3 tahun yang dimulai dari tahun 2021 hingga tahun 2023 bulan Juli yang memiliki total 939 hari. *Dataset* ini memiliki 6 atribut kolom yang terdiri dari kolom Hari, Tanggal, Cuci_Setrika, Setrika, Cuci dan Total_Pendapatan.

B. Data Preprocessing

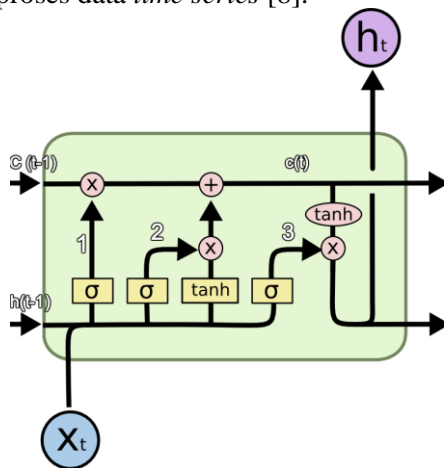
Setelah pengumpulan *dataset*, langkah selanjutnya adalah mengolah data agar dapat digunakan pada tahapan selanjutnya, tahapan *data preprocessing* meliputi pembersihan data, pemeriksaan *missing value* pada data dan, mengubah tipe data. Pada tahap pembersihan data, data akan disortir dan dilihat apakah ditemukan kecacatan, jika tidak ada maka proses pemeriksaan *missing value* dapat dilakukan apabila ditemukan adanya *missing value* maka dapat diisi dengan menggunakan *average*, selanjutnya proses terakhir adalah mengubah tipe data dalam bentuk numerik seperti *int*, dan *float* untuk memudahkan proses *train data*.

C. Split and Train Data

Pada tahap ini data akan dibagi dengan rasio 80:20, dengan 80 untuk *train data* dan 20 untuk *test data*. Setelah data dibagi sesuai dengan rasio maka tahapan *train data* dapat dilakukan, pada penelitian ini *train data* akan dilakukan dengan

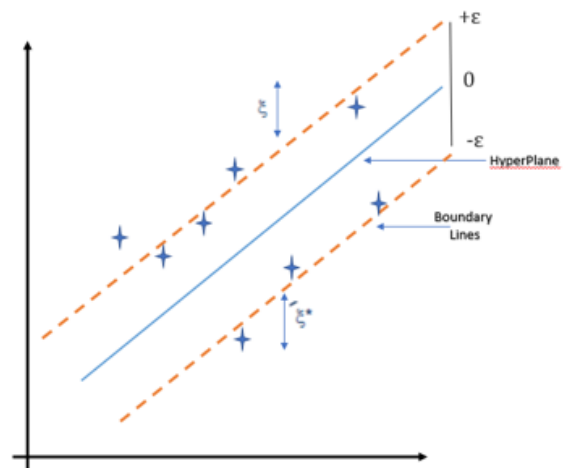
dua algoritma yang berbeda, yang pertama adalah algoritma *Long Short Term Memory* dan untuk algoritma yang kedua adalah algoritma *Support Vector Machine*[7].

Pada algoritma LSTM, terdapat sel memori, dimana setiap sel memiliki empat komponen yaitu: *input gate*, koneksi berulang, dan, *forget gate*. Setiap komponen dalam sel LSTM memiliki fungsi berbeda-beda yang dapat memungkinkan algoritma LSTM untuk mengingat dan melupakan informasi yang dibutuhkan. Berbeda dengan algoritma *Recurrent Neural Network* (RNN) yang hanya memiliki satu sel saja yang membuat algoritma RNN tidak bisa membuang informasi yang sudah tidak berguna lagi, dengan fitur yang ditawarkan oleh algoritma LSTM menjadikan algoritma LSTM sering digunakan dalam memproses data *time series* [8].



Gambar 2. Sel LSTM

Algoritma kedua yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma *Support Vector Machine*, dimana algoritma SVM akan mencari *hyperplane* dengan nilai terbaik yang bertujuan untuk membuat *boundary lines* kelas dari *input* yang diberikan sebelumnya, algoritma SVM biasanya sering digunakan untuk memecahkan masalah linear seperti klasifikasi, sementara untuk memecahkan masalah non linear biasanya algoritma SVM akan dimodifikasi dengan memasukkan fungsi kernel, beberapa jenis kernel yang umum digunakan pada algoritma SVM adalah *Polynomial*, *Linear*, *Gaussian*, *RBF* dan, *Sigmoid*.



Gambar 3. *Hyperplane* dan *Boundary Lines* SVM

Pada penelitian ini *dataset* akan diekspor dalam format *.csv* (*comma separated value*) kemudian diolah dalam *cloud-based environment* Kaggle menggunakan bahasa pemrograman Python versi 3.10.0, *library* yang digunakan pada penelitian ini adalah *library* TensorFlow untuk algoritma LSTM dan *library* Scikit untuk algoritma SVM.

D. Testing and Validation

Tahapan terakhir dari proses pengolahan data adalah *data testing and validation*, pada tahap ini *dataset* yang sudah mengalami *data preprocessing* dan training akan diuji tingkat akurasi, pada penelitian ini akurasi dari algoritma LSTM mencapai 85% untuk *train data* dan 83% untuk *test data*, dan untuk algoritma SVM memiliki nilai akurasi 64%. Untuk tahap *validation* algoritma LSTM menggunakan RMSE dengan nilai 0.2125, dan untuk *validation* algoritma SVM menggunakan *confusion matrix* dengan nilai *false positive*.

III. SIMPULAN

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa hasil akurasi terbaik dalam memprediksi total penjualan dari BLA Laundry adalah algoritma LSTM dibandingkan dengan algoritma SVM dengan tingkat akurasi dari algoritma LSTM mencapai 83% dengan nilai *loss function* mencapai 0.0038, dari tingkat akurasi tersebut dapat disimpulkan bahwa algoritma LSTM lebih baik untuk memprediksi data time series dibandingkan dengan algoritma SVM yang memiliki tingkat akurasi 64%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih saya haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan paper tepat pada waktunya, ucapan terimakasih juga saya haturkan kepada bapak/ibu dosen terkhusus kepada bapak Dihin Muriyatmoko dan bapak Widya Kurniawan atas segala arahan, bimbingan serta masukkan selama penulisan paper ini berlangsung, juga kepada kedua orang tua atas dukungan moral dan materil, serta kawan-kawan satu perjuangan Teknik Informatika.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liu, Chang, et al. "Iot based laundry services: an application of big data analytics, intelligent logistics management, and machine learning techniques." *International Journal of Production Research* 58.17 (2020): 5113-5131.
- [2] Ong, Hendri. "Pasar Tumbuh 50%, Jasa Laundry Jadi Peluang Usaha Menjanjikan." *Media Indonesia*, 27 September 2022.
- [3] Putri, Novianti Indah, et al. "Kajian Empiris Pada Transformasi Bisnis Digital." *ATRABIS: Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 7, no. 1, 2021, pp. 1-15.
- [4] Han, Jiawei, et al. "Data Mining: Concepts and Techniques". Elsevier Science, 2022.
- [5] Kotu, Vijay, and Bala Deshpande. "Data Science: Concepts and Practice." Elsevier Science, 2018.
- [6] Bayangkari, Adhitio Satyo. "Prediksi Data Time Series Saham Bank BRI Dengan Mesin Belajar LSTM(Long Short Term Memory)." *Journal of Information and Information Security (JIFORTY)*, vol. 1, no. 1, 2020, pp. 1-8.
- [7] Putra, Oddy Virgantara, Aziz Musthafa, and Kukuh Prasetyo Wibowo. "Klasifikasi Ekspresi Teks Berbahasa Jawa Menggunakan Algoritma Long Short Term Memory." *Komputika: Jurnal Sistem Komputer* 10.2 (2021): 137-143.
- [8] Moghar, Adil, and Mhamed Hamiche. "Stock market prediction using LSTM recurrent neural network." *Procedia Computer Science* 170 (2020): 1168-1173.

Rancang Bangun Website bagi Komunitas Pendaki Indonesia Menggunakan Metode Waterfall: Studi Kasus Gunung Gede Pangrango

Gilang Rizki Padilah¹, Gina Purnama Insany², Kamdan³

Universitas Nusa Putra^{1,2,3}

gilang.rizki_ti19@nusaputra.ac.id¹, gina.purnama@nusaputra.ac.id², kamdan@nusaputra.ac.id³

Abstrak—Pendakian gunung merupakan kegiatan yang populer di kalangan masyarakat Indonesia. Dalam era digital saat ini, website dapat menjadi platform yang efektif untuk memfasilitasi komunikasi dan kolaborasi antara pendaki gunung. Dengan kemudahan akses dan komunikasi melalui platform online, para pecinta alam dapat dengan cepat berbagi pengalaman, memberikan tips, mengorganisir kegiatan pendakian secara lebih terkoordinasi, memperkuat serta memperluas jejaring komunitas pendaki gunung di Indonesia. Dengan mempertimbangkan alasan tersebut, penelitian ini merumuskan konsep yang kuat dan memutuskan untuk membuat sebuah website sistem informasi pendakian salah satu gunung di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah website untuk komunitas pendaki gunung Indonesia menggunakan bahasa pemrograman PHP, HTML dan CSS, dengan studi kasus pada Gunung Gede Pangrango. Metodologi penelitian ini meliputi analisis kebutuhan, perancangan website, dan implementasi. Penelitian ini menggunakan metode waterfall dalam pengembangan sistemnya, sedangkan untuk pengujian dari sistem yang telah dikembangkan tersebut menggunakan metode blackbox testing dan usability. Dalam implementasi ini, dilakukan pengkodean dan desain halaman yang sesuai dengan perancangan sebelumnya, termasuk pemilihan warna, tipografi, dan pengaturan layout. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah website yang dirancang dan dibangun agar dapat mempermudah para pendaki yang akan melakukan pendakian ke Gunung Gede Pangrango. Website ini menyediakan tentang informasi basecamp, jalur pendakian, biaya simaksi, dan informasi terbaru seputar pendakian Gunung Gede Pangrango. Website ini diharapkan dapat memperkuat ikatan antar pendaki, memfasilitasi pertukaran pengetahuan, serta meningkatkan partisipasi dalam kegiatan pendakian gunung.

Kata kunci — Komunitas, Pendakian Gunung Gede Pangrango, Waterfall, Website

Abstract— Mountain climbing is a popular activity among Indonesian people. In today's digital era, websites can be an effective platform to facilitate communication and collaboration between mountain climbers. With easy access and communication via online platforms, nature lovers can quickly share experiences, provide tips, organize climbing activities in a more coordinated manner, strengthen and expand the mountaineering community network in Indonesia. By considering these reasons, this research formulated a strong concept and decided to create a website for an information system for climbing one of the mountains in Indonesia. This research aims to design and build a website for the Indonesian mountain climbing community using PHP, HTML and CSS programming languages, with a case study on Mount Gede Pangrango. This research methodology includes needs analysis, website design, and implementation. This research uses the waterfall method in developing the system, while for testing the system that has been developed it uses black box testing and usability methods. In this implementation, coding and page design are carried out in accordance with previous designs, including color selection, typography and layout settings. The result of this research is a website designed and built to make it easier for climbers who want to climb Mount Gede Pangrango. This website provides basecamp information, climbing routes, viewing costs, and the latest information about climbing Mount Gede Pangrango. It is hoped that this website can strengthen ties between climbers, facilitate the exchange of knowledge, and increase participation in mountain climbing activities.

Keywords — Community, Climbing Mount Gede Pangrango, Waterfall, Website

I. PENDAHULUAN

Sistem informasi adalah aplikasi yang diatur secara prosedural, metodelis, dan sistematis, dan ketika digunakan, menciptakan informasi yang berharga dan menguntungkan untuk mengelola sebuah organisasi guna mencapai tujuannya. Sistem informasi merupakan salah satu alat yang membantu pengelolaan data organisasi secara memadai. Keunggulan sistem informasi ini meliputi kemudahan dan kecepatan dalam mencari data melalui dataset yang besar, serta akurasi dan kecepatan dalam memproses data dengan kapasitas yang signifikan. Berkat manfaatnya, kemudahan penggunaan, dan kecepatan pemrosesan data, sistem informasi ini sangat menguntungkan untuk semua organisasi, baik yang bersifat publik maupun komersial.[1]

Banyak masyarakat Indonesia khususnya anak muda menikmati olahraga mendaki gunung. Kebahagiaan yang datang dari mendaki gunung berasal dari beragam pengalaman, mulai dari menikmati keindahan alam yang luar biasa yang telah diciptakan oleh Tuhan hingga belajar pelajaran berharga dari pengalaman tersebut.[2]

Gunung Gede Pangrango merupakan salah satu gunung yang menarik para pendaki. Menurut Wikipedia, Gunung Gede merupakan bagian dari Taman Nasional Gede Pangrango, salah satu dari lima taman nasional yang diakui secara resmi oleh Indonesia pada tahun 1980. Gunung ini terletak di kabupaten Cianjur dan Sukabumi.[3]

Situs web dapat menjadi alat yang berguna untuk mempromosikan komunikasi dan kerja sama di antara para pendaki gunung dalam era digital kontemporer. Sebuah situs web adalah jaringan halaman yang saling terhubung yang dapat menampilkan teks, animasi, suara, gambar, baik yang diam maupun yang bergerak, dan/atau kombinasi dari elemen-elemen ini dalam format statis dan dinamis.[4]

Membangun sistem informasi pendakian adalah sebuah website yang ditujukan untuk mengelola data terkait informasi pendakian. Para pendaki memiliki akses langsung ke dalamnya. Sistem ini bertujuan untuk menghasilkan informasi seputar pendakian di gunung Gede Pangrango agar dapat mempermudah para pendaki

mendapatkan informasi khususnya bagi para pendaki pemula.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Tujuan dari penelitian kualitatif adalah untuk lebih memahami peristiwa manusia atau masyarakat dengan memberikan wawasan mendalam dari sumber informan, melakukan penelitian dalam konteks alamiah, dan menghasilkan gambaran yang mendalam dan kompleks yang dapat disampaikan melalui kata-kata. Karena penelitian kualitatif bermanfaat untuk menganalisis objek alamiah (berbeda dengan eksperimen), penelitian ini didasarkan pada pandangan dunia post-positivis. Para peneliti berperan sebagai alat penting, dan sumber data serta pemilihan sampel dipilih secara sengaja dan melalui metode snowballing. Analisis data induktif/kualitatif digunakan bersama dengan prosedur pengumpulan data triangulasi (kombinasi). Temuan dari penelitian kualitatif menekankan signifikansi lebih dari segala hal.[5]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

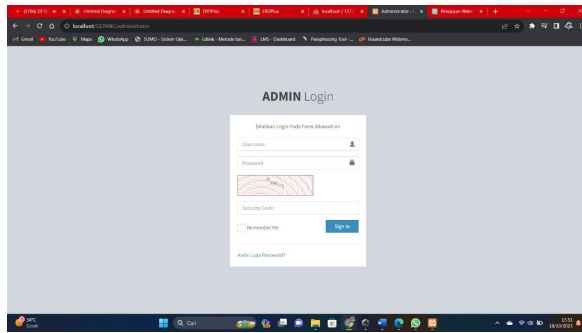
Langkah terakhir dalam membuat sistem aplikasi adalah implementasi sistem. Administrator dan pengguna dapat menggunakan sistem yang telah selesai setelah fase analisis, desain, pengkodean, dan pengujian selesai.[6]

Implementasi sistem merujuk pada langkah dalam siklus pengembangan perangkat lunak di mana perangkat lunak yang telah direncanakan dan dirancang sebelumnya mulai diubah menjadi bentuk yang berfungsi. Ini adalah tahap penting dalam siklus pengembangan. Implementasi sistem juga merupakan fase yang serius dalam pengembangan perangkat lunak yang memerlukan perhatian terhadap detail, pengujian yang cermat, dan komunikasi yang baik antara pengembang, pengguna, dan pemangku kepentingan lainnya.

B. Login Admin

Pada halaman login kita bisa memasukan username, password dan kode keamanan yang

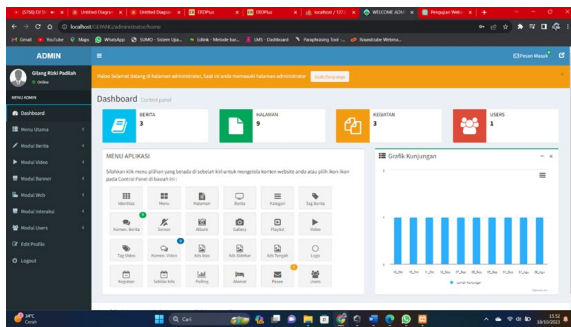
sudah disediakan oleh admin seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Login Admin

C. Dashboard Admin

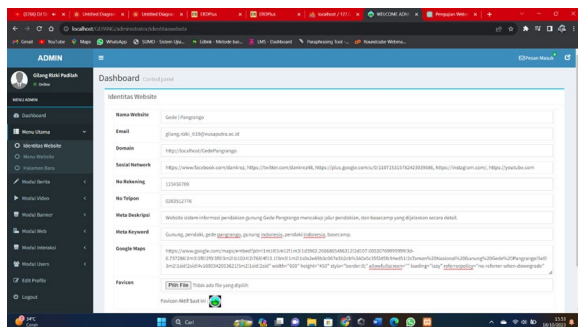
Pada halaman dashboard ini terdapat data mengenai jumlah berita, jumlah halaman yang ada, serta jumlah agenda. dan juga terdapat informasi grafik kunjungan pengguna seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 1. Dashboard Admin

D. Identitas Website

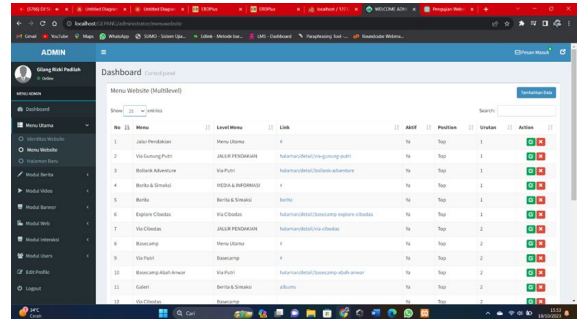
Pada halaman ini admin dapat mengubah informasi seputar identitas website seperti nomor telepon, lokasi google maps, deskripsi, sosial media, email dan pavikon seperti pada Gambar 3 berikut:



Gambar 2. Identitas Website

E. Menu Website

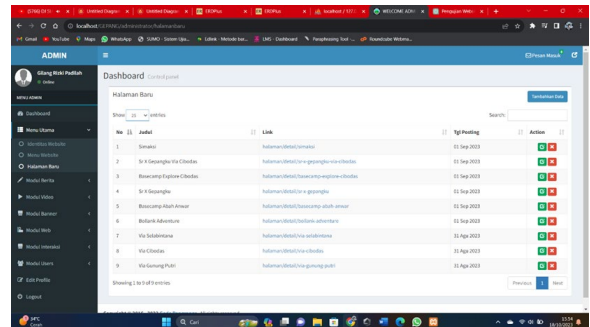
Pada halaman ini terdapat informasi mengenai menu yang ada pada website dan admin dapat menambahkan menu yang baru pada website seperti pada Gambar 4 berikut:



Gambar 3. Menu Website

F. Halaman Website

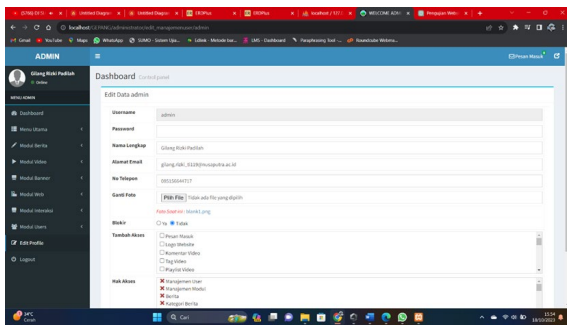
Pada halaman ini terdapat informasi mengenai halaman yang ada pada website dan admin juga dapat mengubah, menghapus ataupun menambahkan halaman baru lewat menu ini seperti pada Gambar 5 berikut:



Gambar 1. Halaman Website

G. Edit Data Admin

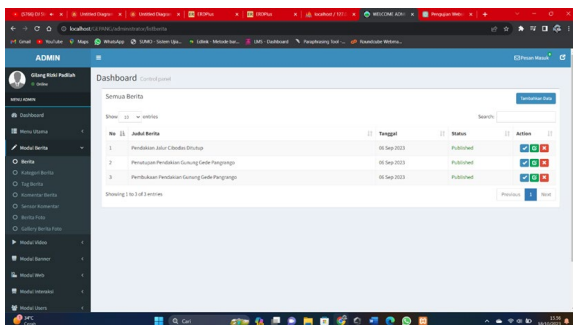
Halaman ini digunakan untuk mengedit data admin seperti nama, email, nomor telepon dan foto, serta bisa juga digunakan untuk mengedit akses dari admin tersebut seperti pada Gambar 6 berikut:



Gambar 2. Halaman Edit Data Admin

H. Halaman Berita

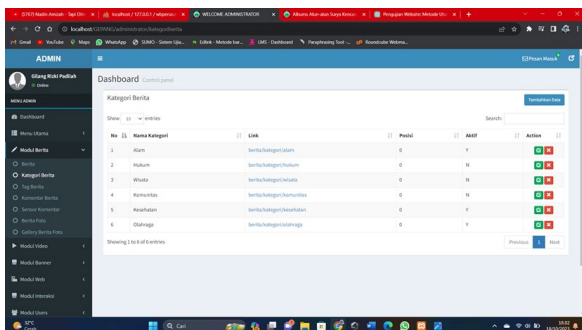
Pada halaman ini admin dapat menambahkan berita terbaru yang ada, mengubah dan menghapus berita yang sudah ada didalam website tersebut seperti pada Gambar 7 berikut:



Gambar 3. Halaman Berita

I. Kategori Berita

Menu ini berfungsi untuk menambahkan kategori untuk sebuah berora yang akan dimasukan kedalam website seperti pada Gambar 8 berikut:

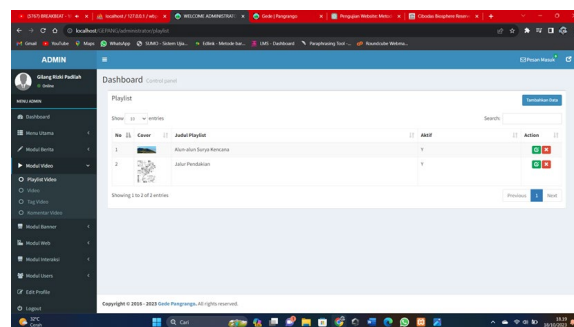


Gambar 4. Kategori Berita

J. Playlist Video

Playlist video ini digunakan untuk mengelompokkan video yang di upload kedalam website agar menjadi lebih tersusun dan rapih dan

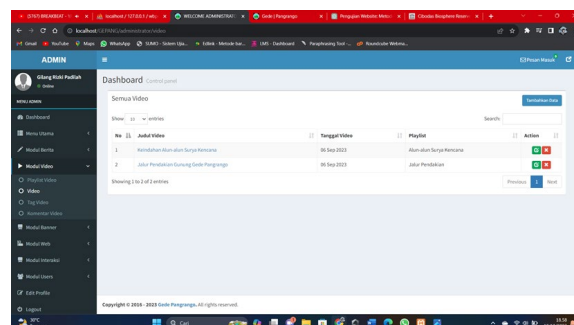
memudahkan user untuk mencari video sesuai playlist yang ada seperti pada Gambar 9 berikut:



Gambar 5. Playlist Video

K. Halaman Video

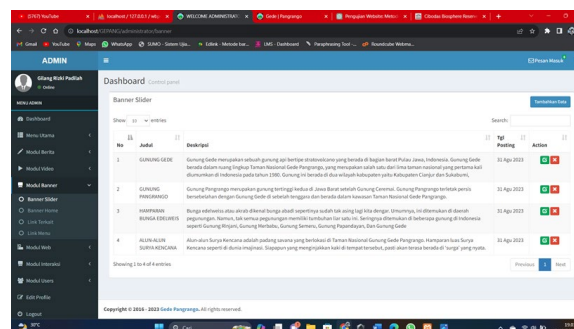
Pada halaman ini admin dapat menambahkan video baru yang berkaitan dengan website yang dibuat, menghapus dan mengedit seperti pada Gambar 10 berikut:



Gambar 6. Halaman Video

L. Banner Slider

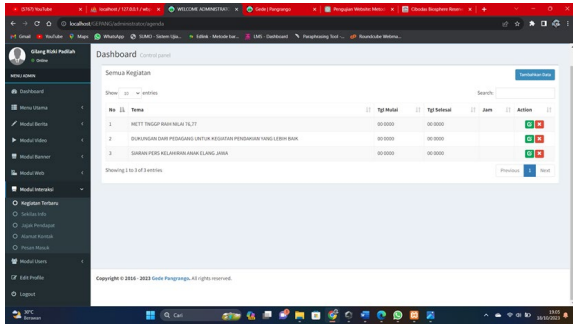
Halaman ini digunakan untuk mengatur banner di halaman beranda website seperti mengganti gambar banner, judul dan deskripsi seperti pada Gambar 11 berikut:



Gambar 7. Halaman Banner Slider

M. Kegiatan Terbaru

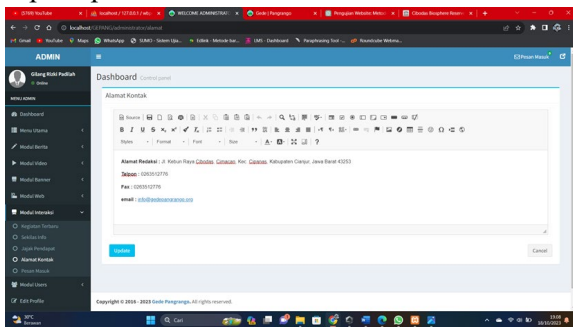
Menu ini digunakan untuk menambahkan kegiatan terbaru yang telah dilakukan seperti adanya pertemuan dan lain sebagainya seperti pada Gambar 12 berikut:



Gambar 8. Halaman Kegiatan Terbaru

N. Halaman Alamat Kontak

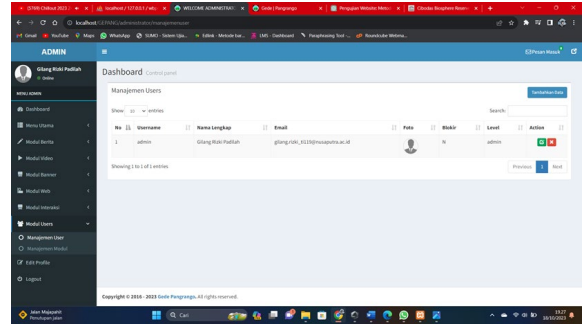
Pada halaman ini admin bisa mengubah, menambahkan atau menghapus alamat yang ditambahkan kedalam website, serta admin juga dapat mengubah nomor telepon yang tertera seperti pada Gambar 13 berikut:



Gambar 9. Halaman Alamat Kontak

O. Manajemen user

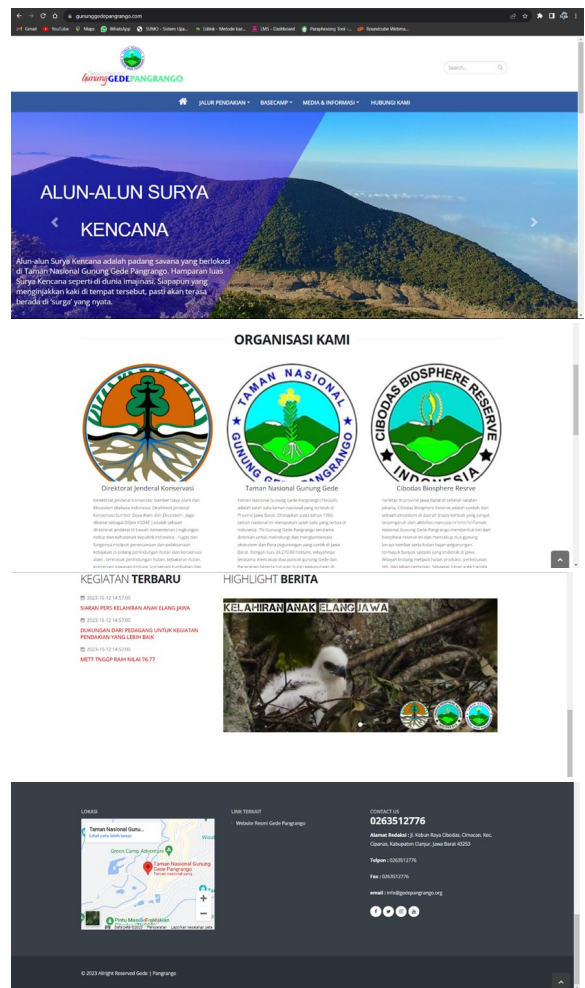
Pada halaman ini admin dapat menambahkan akun untuk admin atau user baru dan membatasi akses apa saja yang diperbolehkan untuk admin atau user baru tersebut seperti pada Gambar 14 berikut:



Gambar 10. Manajemen User

P. Halaman Beranda

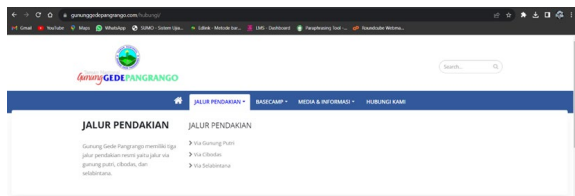
Pada halaman ini menampilkan menu-menu yang ada pada website dan beberapa informasi seputar Gunung Gede Pangrango.



Gambar 11. Halaman Beranda

Q. Menu Jalur Pendakian

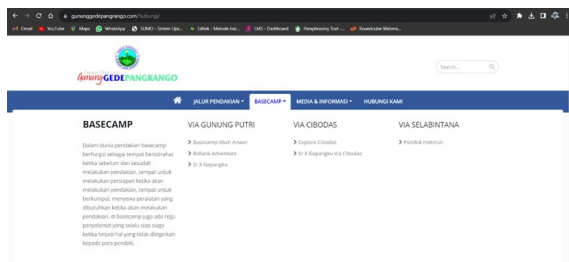
Pada menu ini akan ditampilkan jalur pendakian yang ada pada pendakian Gunung Gede Pangrango.



Gambar 12. Menu Jalur Pendakian

R. Menu Basecamp

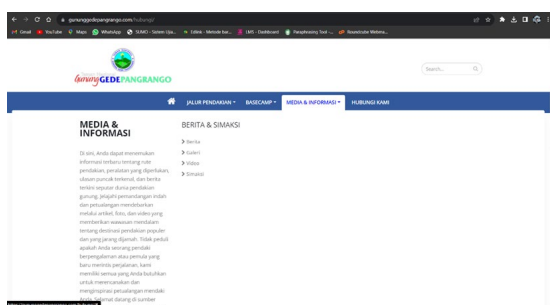
Pada menu ini menampilkan informasi beberapa basecamp dan dikelompokkan berdasarkan jalur pendakian masing-masing.



Gambar 13. Menu Basecamp

S. Menu Media & Informasi

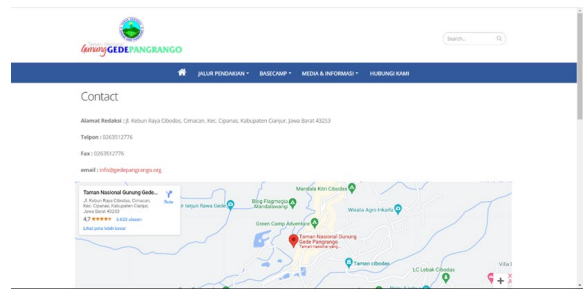
Pada menu ini menampilkan seputar informasi yang berkaitan dengan Gunung Gede Pangrango dan informasi mengenai biaya simaksi dan peraturan yang harus ditaati.



Gambar 14. Menu Media & Informasi

T. Menu Hubungi Kami

Pada menu ini terdapat informasi mengenai kontak yang bisa dihubungi seperti email dan nomor telepon.



Gambar 15. Menu Hubungi Kami

U. Metode pengujian

Blackbox testing adalah jenis pengujian perangkat lunak di mana persyaratan fungsional program menjadi fokus utama. Pengujian ini beroperasi dengan mengabaikan struktur kontrol dan memfokuskan pada informasi domain. Para insinyur perangkat lunak dapat membuat serangkaian kondisi input untuk pengujian kotak hitam yang akan menguji semua persyaratan fungsional program.

Manfaat dari penggunaan balckbox testing adalah bahwa hal ini menghilangkan kebutuhan bagi penguji untuk berpengetahuan dalam bahasa pemrograman tertentu. Dengan mendekati pengujian dari sudut pandang pengguna, spesifikasi persyaratan yang tidak jelas atau tidak konsisten dapat ditemukan. Dalam metode ini, para penguji dan programmer bekerja sama.[7]

V. Pengujian Fungsionalitas

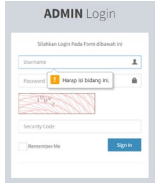
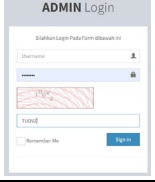

Teknik pengujian yang disebut pengujian fungsional digunakan untuk memastikan dan menjamin bahwa suatu sistem beroperasi sesuai dengan persyaratan dan harapan yang telah dinyatakan oleh pengguna atau pihak-pihak terkait. Pengujian fungsional dalam konteks ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa suatu sistem beroperasi dengan akurat dan menghasilkan hasil yang diharapkan dengan menguji berbagai aspek fitur atau fungsi sistem.

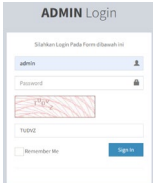
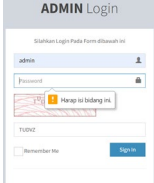
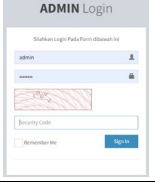
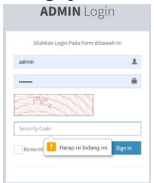
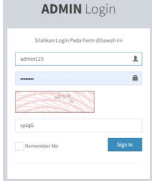

Teknik pengujian ini menggunakan sejumlah kasus uji yang dimaksudkan untuk mengevaluasi berbagai fungsionalitas sistem. Contoh-contoh yang mungkin termasuk dalam pengujian ini adalah menguji masukan dan keluaran, memverifikasi aturan bisnis, menguji integrasi antarmuka pengguna, dan menguji berbagai

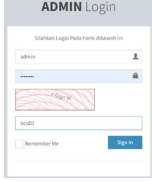
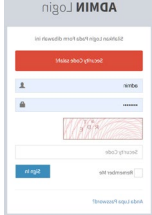


skenario dan kondisi yang mungkin muncul dalam penggunaan dunia nyata.

Dengan menggunakan pengujian fungsional, tim pengujian dapat menemukan masalah, cacat, atau perbedaan antara fungsionalitas yang diharapkan dan yang sebenarnya dari sistem.[8]

Tabel 1. Pengujian Fungsionalitas

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Ke simpulan
1	Mengosongkan <i>username</i> , <i>password</i> , <i>security code</i> , lalu langsung klik tombol “Sign In”	Sistem akan menolak dan menampilkan pesan “Harap isi bidang ini” pada kolom <i>username</i> Hasil Pengujian: 	Valid
2	Mengosongkan <i>username</i> , mengisi <i>password</i> dan mengisi <i>security code</i> , lalu langsung klik tombol “Sign In” <i>Test case:</i> 	Sistem akan menolak dan akan menampilkan pesan “Harap isi bidang ini” pada kolom <i>username</i> Hasil pengujian: 	Valid
3	Mengosongkan <i>password</i> , mengisi <i>username</i> dan <i>security code</i> , lalu langsung	Sistem akan menolak dan akan menampilkan pesan “Harap isi bidang ini”	Valid

	klik tombol “Sign In” <i>Test case:</i> 	pada kolom <i>password</i> Hasil pengujian: 	
4	Mengosongkan <i>security code</i> , mengisi <i>username</i> dan <i>password</i> , lalu langsung klik tombol “Sign In” <i>Test case:</i> 	Sistem akan menolak dan akan menampilkan pesan “Harap isi bidang ini” pada kolom <i>security code</i> Hasil Pengujian: 	Valid
5	Memasukan <i>username</i> atau <i>password</i> yang salah, dan <i>security code</i> yang benar, lalu langsung klik tombol “Sign In” <i>Test case:</i> 	Sistem akan menolak dan akan menampilkan pesan “Username atau Password Salah!” Hasil Pengujian: 	Valid
6	Memasukan <i>security code</i> yang salah, dengan <i>username</i>	Sistem akan menolak dan akan menampilkan pesan	Valid

	<p>dan password yang benar, lalu langsung klik tombol “Sign In”</p> <p><i>Test case:</i></p> 	<p>“Security Code Salah!”</p> <p>Hasil pengujian:</p> 	
7	<p>Memasukan username, password dan security code yang benar, lalu langsung klik tombol “Sign In”</p> <p><i>Test Case:</i></p> 	<p>Sistem akan langsung mengalihkan ke halaman dashboard admin</p> <p>Hasil pengujian:</p> 	Valid

Pada hasil pengujian fungsionalitas yang dilakukan pada table 1. diatas menggunakan akun admin, adapun data presentasi hasil uji fungsionalitas adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsionalitas

No.	Kesimpulan	Jumlah
1	Valid	7
2	Tidak Valid	0
Jumlah		7

$$\text{Nilai Presentase} = \frac{7}{7} \times 100\% = 100\%$$

W. Pengujian Usability

Salah satu metode yang digunakan dalam evaluasi kemanfaatan adalah usability testing, di mana produk diuji pada pengguna yang sebenarnya. Tujuan dari pengujian ini mencakup deteksi masalah, pengumpulan data kualitatif dan kuantitatif, pengukuran kemanfaatan dan efisiensi produk, serta penilaian kepuasan pengguna.

Ada sepuluh metode pengujian kemanfaatan yang dapat diadopsi oleh peneliti dalam proses evaluasi ini, seperti Thinking-Aloud Protocol, Shadowing Method, Co-Discovery Learning, Coaching Method, Question-Asking Protocol, Teaching Method, Retrospective Testing, Performance Measurement, Remote Testing, dan Eye Tracking.[9]

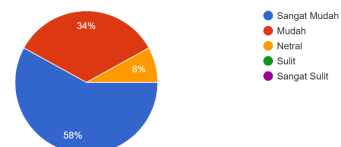
Tabel 3. Skala Likert

Skala Likert	Keterangan	Skor
SS	Sangat Setuju	5
S	Setuju	4
Netral	Netral	3
T	Tidak	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

Pengujian Usability ini dilakukan dengan memberi kuesioner kepada 50 orang. Hasil dari kuesioner tersebut ditunjukkan pada Gambar 20 berikut

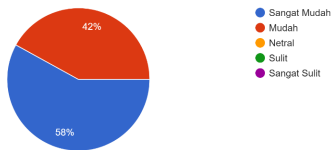
Gambar 20. Hasil kuesioner No.1

Apakah dengan adanya website sistem informasi ini pendaki lebih mudah dalam mencari informasi seputar basecamp?
50 jawaban



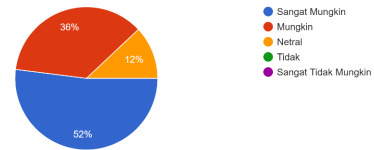
Gambar 21. Hasil kuesioner No.2

Apakah dengan adanya website sistem informasi ini pendaki lebih mudah untuk mengakses berita terbaru seputar pendakian Gunung Gede Pangrango?
50 jawaban



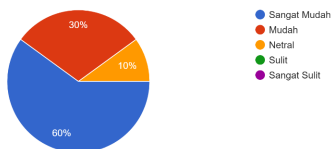
Gambar 26. Hasil kuesioner No.7

Seberapa mungkin anda akan menggunakan website sistem informasi pendakian ini dimasa depan?
50 jawaban



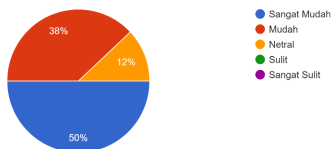
Gambar 22. Hasil kuesioner No.3

Apakah dengan adanya website sistem informasi ini pendaki lebih mudah mengakses informasi seputar jalur pendakian?
50 jawaban



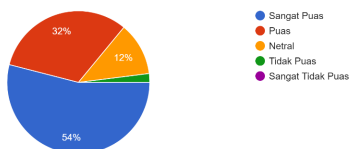
Gambar 23. Hasil kuesioner No.4

Apakah dengan adanya website sistem informasi ini pendaki lebih mudah mengakses informasi seputar biaya SIMAKSI (Surat Izin Masuk Kawasan Konservasi) yang harus dibayar?
50 jawaban



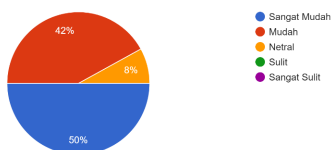
Gambar 24. Hasil kuesioner No.5

Bagaimana tingkat kepuasan anda terhadap tampilan dan navigasi website sistem informasi pendakian tersebut?
50 jawaban



Gambar 25. Hasil kuesioner No.6

Seberapa mudah website tersebut dapat diakses melalui berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone)
50 jawaban



Total skor didapatkan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Total\ skor = TxPn \quad (1)$$

Keterangan :

T = Total Responden

Pn = Jumlah Responden Sesuai Skala Likert

Berikut ini merupakan contoh perhitungan total skor pada pertanyaan No.1

- Responden yang menjawab “Sangat Setuju” : $29 \times 5 = 145$
- Responden yang menjawab “Setuju” : $17 \times 4 = 68$
- Responden yang menjawab “Biasa Saja” : $4 \times 3 = 12$
- Responden yang menjawab “Tidak Setuju” : $0 \times 2 = 0$
- Responden yang menjawab “Sangat Tidak Setuju” : $0 \times 1 = 0$

Semua hasil perhitungan diatas dijumlahkan, maka total skor yang didapatkan pada pertanyaan No. 1 adalah 225.

Untuk mengetahui sejauh mana tingkat persetujuan, maka harus menentukan interval dan menginterpretasi presentase. Hal ini dilakukan dengan menggunakan rumus metode interval skor persen (I).

$$(I) = \frac{100}{(Skor\ tertinggi)} \quad (2)$$

$$(I) = \frac{100}{5} = 20 \quad (3)$$

Hasil dari perhitungan diatas menghasilkan nilai 20% yang merupakan interval jarak 0% sampai 100%.

Maka, diperoleh kriteria interpretasi skor berdasarkan interval yang telah ditentukan, sebagai berikut :

Tabel 4. Interval Presentase Kesetujuan

Presentase	Kriteria
80% - 100%	Sangat Setuju
60% - 79,99%	Setuju
40% - 59,99%	Biasa Saja
20% - 39,99%	Tidak Setuju
0% - 19,99%	Sangat Tidak Setuju

Setelah interval ditentukan, langkah selanjutnya yaitu memperoleh hasil interpretasi yang dilakukan dengan rumus berikut ini:

$Y = \text{skor tertinggi likert} \times \text{jumlah responden}$,
maka $5 \times 50 = 250$

$X = \text{skor terendah likert} \times \text{jumlah responden}$,
maka $1 \times 50 = 50$

Langkah selanjutnya menentukan persentase dari setiap pertanyaan yang diisi oleh responden.

$$\text{Presentase Usability} = \frac{(\text{Total Skor})}{(\text{Nilai Maksimal})} \times 100 \quad (4)$$

Berikut ini merupakan hasil perhitungan pertanyaan No.1:

$$\text{Presentase \%} = \frac{225}{250} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Presentase \%} = 90\% \quad (6)$$

Tabel berikut menunjukkan hasil kuesioner terkait persetujuan responden dalam setiap pertanyaan.

Tabel 5. Kuesioner setiap pertanyaan

Pertanyaan	Total Skor	Presentase	Kriteria
1	225	90%	Sangat Setuju
2	229	91,6%	Sangat Setuju
3	225	90%	Sangat Setuju
4	219	87,6%	Sangat Setuju
5	219	87,6%	Sangat Setuju
6	221	88,4%	Sangat Setuju
7	214	85,6%	Sangat Setuju
Presentase Rata-rata		90%	Sangat Setuju

Berdasarkan hasil dari pengujian usability diatas terdapat hasil presentase dari setiap pertanyaan, pertanyaan pertama mendapatkan hasil 90% , pertanyaan ke dua 91,6%, pertanyaan ke tiga 90%, pertanyaan ke empat 87,6%, pertanyaan ke lima 87,6%, pertanyaan ke enam 88,4%, pertanyaan ke tujuh 85,6%. Dari ketujuh pertanyaan termasuk kedalam kriteria sangat setuju dengan persentase rata-rata 90% maka dapat disimpulkan bahwa seluruh jawaban responden sangat baik dengan adanya website sistem informasi pendakian Gunung Gede Pangrango ini.

IV. KESIMPULAN

Setelah penulis melakukan beberapa rangkaian tahapan seperti perencanaan, perancangan, implementasi hingga sampai pada tahap pengujian, akhirnya Website Sistem Informasi Bagi Komunitas Pendaki Indonesia telah berhasil dibangun menggunakan metode Waterfall dengan studi kasus Gunung Gede Pangrango. Sistem ini dibangun bertujuan untuk membantu para

pendaki mendapatkan informasi ketika ingin melakukan pendakian ke Gunung Gede Pangrango.

Hasil dari prosedur pengujian blacbox testing memenuhi persyaratan sistem. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa responden memberikan penilaian yang sangat tinggi terhadap sistem, dengan kriteria yang menunjukkan kesepakatan yang signifikan dengan sistem, berdasarkan hasil pengujian kemanfaatan yang menunjukkan persentase rata-rata sebesar 90%. Sehingga website ini dapat digunakan oleh pihak manapun yang ingin mengakses informasi seputar Gunung Gede Pangrango.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. W. Yunanto, M. Nugraheni, and N. Nugraha, "Sistem informasi penjejak pendakian gunung berbasis web," *J. Sist. dan Teknol. Inf. Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–30, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/SINTESIA/article/view/21271>
- [2] A. K. Dawami, "Perancangan Promosi Wisata Pendakian Gunung Merbabu Melalui Desa Cuntel," *J. Magenta*, vol. 3, no. 1, pp. 387–396, 2019.
- [3] I. P. Putra, M. A. Nasrullah, and T. A. Dinindaputri, "Study on Diversity and Potency of Some Macro Mushroom at Gunung Gede Pangrango National Park," *Bul. Plasma Nutfah*, vol. 25, no. 2, p. 1, 2019, doi: 10.21082/blpn.v25n2.2019.p1-14.
- [4] N. Nurmi, "Membangun Website Sistem Informasi Dinas Pariwisata," *Edik Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2017, doi: 10.22202/ei.2015.v1i2.1418.
- [5] M. R. Fadli, "Memahami desain metode penelitian kualitatif," *Humanika*, vol. 21, no. 1, pp. 33–54, 2021, doi: 10.21831/hum.v21i1.38075.
- [6] H. H. Solihin, "Perancangan Sistem Informasi Penerimaan Siswa Baru Berbasis Web (Studi Kasus: Smp Plus Babussalam Bandung)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 1, no. 1, p. 54, 2017, doi: 10.32897/infotronik.2016.1.1.9.
- [7] U. Hanifah, R. Alit, and Sugiarto, "Penggunaan Metode Black Box Pada Pengujian Sistem Informasi Surat Keluar Masuk," *SCAN - J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 11, no. 2, pp. 33–40, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/scan/article/view/643>
- [8] E. Faldy, Fitri Nurhalimah, D. S. Simatupang, and G. P. Insany, "Sistem Informasi Penggajian dan Pengupahan Berbasis Web Di PT. Patriot Intan abadi," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 3, no. 3, pp. 406–414, 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i3.4401.
- [9] N. Luh Putri Ari Wedayanti, N. Kadek Ayu Wirdiani, and I. Ketut Adi Purnawan, "Evaluasi Aspek Usability pada Aplikasi Simalu Menggunakan Metode Usability Testing," *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, vol. 7, no. 2, p. 113, 2019, doi: 10.24843/jim.2019.v07.i02.p03.

KONVEYOR PENYORTIR OBJEK DENGAN DETEKSI WARNA MENGGUNAKAN KAMERA ESP-32 BERBASIS OPEN-CV PYTHON

Indah Sulistiyowati¹, Hafidz Maulana Ichsan², Izza Anshory³

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Technology, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

indah_sulistiyowati@umsida.ac.id¹

Abstrak— Penggunaan library OpenCV Python telah dikembangkan di segala bidang teknologi, termasuk di bidang industri. Dalam dunia industri, terdapat alat penyortir benda berupa konveyor. Alat-alat tersebut saat ini sudah lebih canggih karena menggunakan kamera untuk membaca benda-benda yang akan disortir. Tujuan dari penerapan sistem OpenCV (Open Source Computer Vision Library) pada konveyor penyortir benda ini adalah untuk mempermudah penyortiran benda berdasarkan teknologi pendeteksian warna. Metode OpenCV untuk deteksi objek berdasarkan warna digunakan untuk memilih objek-objek tersebut. Langkah pertama dalam mengidentifikasi objek yang dimaksud adalah dengan menangkap objek RGB (merah, hijau, dan biru) secara real-time dan mengubah warnanya menjadi HSV. Selain itu, dengan menutupi objek sehingga berada di tengah dan menerapkan ambang batas, proses morfologi dapat digunakan untuk menghilangkan noise yang tidak perlu dari gambar. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan untuk membedakan objek berdasarkan warna RGB ketika mereka telah diurutkan dengan mempertimbangkan nilai HSV pada permukaan objek berwarna.

Kata kunci— OpenCV, Python, Warna, Konveyor

Abstract: The use of the OpenCV Python library has been developed in all fields of technology, including in the industrial sector. In the industrial world, there are objects sorting tools in the form of conveyors. These instruments are presently more advanced since they employ cameras to read the things that need to be sorted.. The purpose of applying the OpenCV (Open Source Computer Vision Library) system to this objects sorter conveyor is to make it easier to sort objects based on the color detection technology. The OpenCV method for object detection based on color was employed to select those objects. The first step in identifying the object in question is to capture RGB (red, green, and blue) objects in real-time and transform their colors into HSV. Additionally, by masking the object so that it is centered and applying a threshold, the morphological process can be used to remove unnecessary noise from the image. The results of the investigation include the ability to differentiate objects based on RGB color when they have been sorted by considering the HSV value on the surface of colored objects.

Keywords: OpenCV, Python, Color, Conveyor

I. PENDAHULUAN

Saat ini, kemajuan dan penggunaan teknologi AI (kecerdasan buatan) di dunia industri berkembang secara signifikan [1]. Akibatnya, mereka secara bertahap mulai mengganti peralatan dan mesin tradisional dengan versi modern yang mencakup kontrol otomatis.

Klasifikasi atau pemilihan objek, khususnya di bidang industri, dapat dikelompokkan berdasarkan jenis produk, warna, berat, bentuk, dan lain-lain. [2]. Penyortiran dapat dilakukan secara manual oleh manusia, dengan sistem barcode, atau secara otomatis oleh mesin. Penyortiran objek di industri umumnya dilakukan

secara manual oleh manusia, sehingga penyortiran objek menjadi lebih lambat, kurang akurat, dan kurang dapat diandalkan. Hal ini disebabkan oleh sifat manusia yang mudah lelah. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat kontrol untuk menyortir objek yang bekerja secara otomatis [3], [4].

Klasifikasi atau pemilihan objek pada alat penyortir ini menggunakan kamera esp-32 untuk mendeteksi warna objek. Kamera Esp-32 digunakan untuk menangkap gambar objek yang sedang disortir pada conveyor. Warna merupakan salah satu elemen yang dapat dideteksi oleh kamera. Secara khusus, warna yang ditangkap adalah RGB (Red, Green, Blue) [5]. Sistem untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan warna dapat dikembangkan dengan berbagai cara. Penelitian oleh Euis W., dkk. menggunakan sensor warna TCS230 untuk mendeteksi warna dan mengklasifikasikan objek dengan menggunakan PLC (programmable logic control) sebagai sistem penggerakannya [6].

Warna yang dapat dideteksi adalah merah, hijau, dan biru. Sebuah alat klasifikasi dikembangkan yang dapat mengklasifikasikan barang dengan warna hitam, biru, hijau, merah, dan putih oleh Ika Sari [7]. Selain itu, hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa sensor warna mendeteksi warna benda pada rentang warna yang ditentukan dan mengaktifkan aktuator tertentu. Wicaksono, F.R., dkk., meneliti tentang penyortiran objek menggunakan image processing, dimana objek yang telah disortir ditangkap oleh kamera dan kemudian diolah ke dalam openCV [8]. Penggunaan sensor warna, metode PLC (programmable logic control), dan image processing telah dilakukan.

Namun, sistem ini dinilai kurang efektif karena tidak menjamin kualitas dari objek yang disortir setelah dihasilkan, dan belum adanya media penyortiran yang lebih baik [9]. Dari kelemahan pada sistem sebelumnya, maka dibuatlah inovasi dengan menggunakan kamera esp-32 sebagai input verifikasi untuk melakukan cacah atau menghitung jumlah barang atau benda yang telah disortir berdasarkan warna, dan servo sebagai penyortirnya juga dapat diamati dengan menggunakan tampilan perangkat lunak Python dengan menggunakan metode number dan openCV, yang dapat dimonitoring secara real time [5], [10].

Oleh karena itu, penulis telah merancang conveyor penyortir produk dengan menggunakan dua motor servo. Desain ini menyediakan penyortir yang efisien berdasarkan tiga kode

warna yang berbeda. Dengan menggunakan Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler untuk menggerakkan konveyor dan penyortir benda[11].

Tampilan dari alat ini menggunakan LCD I2C 16x2 karena penggunaannya yang sederhana dan mudah dimengerti. Sistem kerja dari alat ini dimulai dari benda-benda yang telah lolos produksi akan disortir menggunakan konveyor ini, benda-benda yang telah disortir akan melewati kamera ESP-32, dan secara langsung benda-benda tersebut akan dipisahkan sesuai dengan warnanya, penampakan deteksi warna dapat diamati menggunakan software tampilan Python secara real time.

Selanjutnya dirancang sebuah wadah untuk menampung objek-objek yang telah diurutkan berdasarkan warna[12][13]. Tujuan utama dibuatnya prototipe alat penyortir barang berbasis warna adalah untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam menyortir tiga kode warna secara otomatis dan juga menghitung jumlah barang yang telah disortir [14],[15].

II. METODE PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah prototipe alat penyortir barang berbasis warna yang dapat membantu dan mempermudah pekerjaan manusia dalam melakukan penyortiran tiga kode warna secara otomatis dan juga menghitung jumlah barang yang telah disortir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah image processing yang memanfaatkan library OpenCV pada python.

A. Langkah-langkah dalam mengklasifikasikan objek berwarna menggunakan metode yang diusulkan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data citra yang diperoleh adalah objek-objek yang berwarna merah, hijau, biru.
2. Mengubah citra objek atau video ke dalam ruang warna Lab untuk mendapatkan klasifikasi warna merah, hijau, biru. Hasil dari pengubahan nilai ini adalah sebuah fitur gambar atau video untuk mengelompokkan gambar berdasarkan warna yang dapat ditentukan jumlah itemnya. Pekerjaan ini menggunakan perangkat lunak Python dan Arduino IDE.
3. Mengklasifikasikan warna objek berupa merah, hijau, biru. Klasifikasi ini menggunakan metode OpenCV dan HSV (Hue, Saturation, Value).
4. Open Source Computer Vision Library (OpenCV) berfungsi untuk memproses gambar dan video sehingga memungkinkan pengguna untuk mengekstrak informasi dari gambar.

5. Model HSV ini membutuhkan warna primer RGB sebagai dasar deteksi warna. H (hue) adalah sudut warna pada sumbu melingkar kerucut, dengan warna merah sebagai sumbu 0°. V (value) adalah komponen warna pada sumbu vertikal kerucut. Dan nilai V = 0 berada di ujung sumbu hitam dan nilai dengan V = 1 berada di ujung sumbu putih. Sumbu V ini mewakili semua jenis warna abu-abu. S (saturation) adalah tingkat kejenuhan yang mengandung banyak cahaya putih atau kemurnian warna, dan nilainya adalah radian kerucut.

6. Nilai fitur yang digunakan oleh peti RGB (Red, Green, Blue) adalah nilai atas dan bawah untuk mendapatkan nilai warna RGB yang diinginkan.

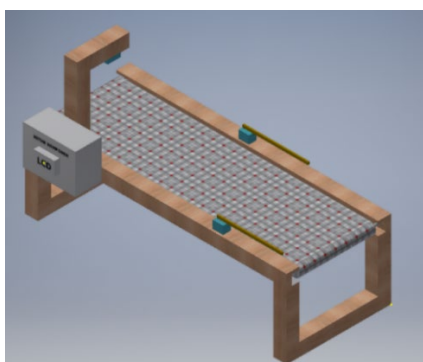
7. Lakukan pengolahan citra untuk penyortiran konveyor pada objek berwarna dan hitung jumlah objek berdasarkan warnanya. Langkah selanjutnya adalah menghitung hasil identifikasi secara keseluruhan untuk mendapatkan akurasi pengujian dengan mencocokkan hasil identifikasi menggunakan metode OpenCV dengan hasil yang sebenarnya.

B. Desain Perangkat Keras

Pada desain konveyor diadaptasi dari bentuk balok panjang, namun ukurannya lebih besar karena diperuntukkan untuk paket dengan panjang 1 meter, lebar 40 cm dan tinggi 30 cm.

Dengan kamera Esp-32 untuk menangkap gambar benda untuk mendeteksi warna dan menghitung benda yang sedang berjalan pada konveyor yang diletakkan pada konveyor yang diletakkan pada penyangga setinggi 40 cm.

Arduino uno dan display LCD I2C 16x2 diletakkan di sisi kanan conveyor dalam kotak pelindung agar tidak mudah rusak. Di belakang konveyor terdapat dua buah motor dc di kedua sisinya untuk menggerakkan konveyor. Pada bagian depan diletakkan 2 buah motor servo dengan jarak 30 cm yang terpisah kiri-kanan. Berikut ini adalah desain dari kotak kemasannya:



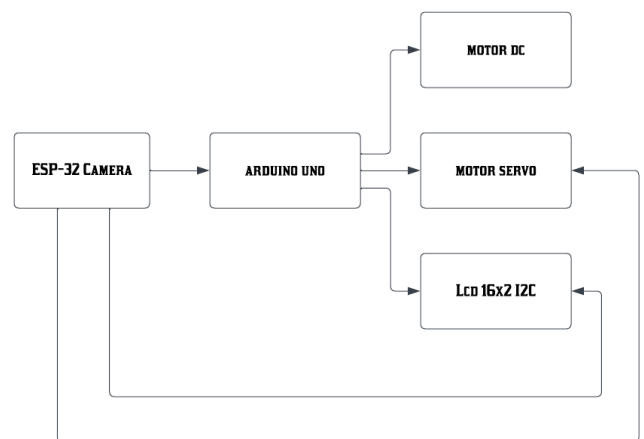
Gambar 1. Design Alat



Gambar 2. Alat yang diproduksi

C. Rangkaian

Diagram blok suatu sistem berguna untuk menentukan dasar perancangan. Diagram blok dari konveyor penyortir dengan Pendeteksi Warna Menggunakan Kamera Esp-32 Berbasis OpenCV Python adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Blok

Terdapat 3 bagian pada Konveyor Penyortir Benda dengan Pendeteksi Warna Menggunakan Kamera Esp-32 Berbasis OpenCV Python, yaitu: input, proses, output.

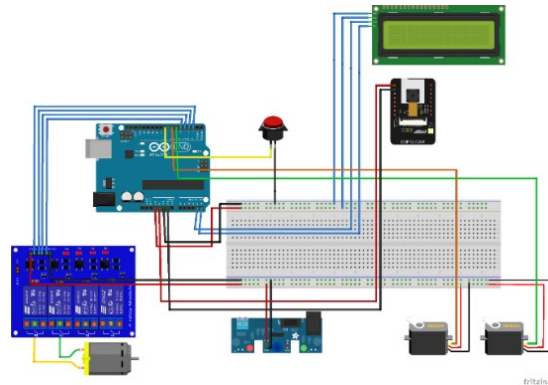
Pada bagian input terdapat modul kamera Esp-32 sebagai input untuk menangkap objek bergerak pada konveyor, serta untuk mengidentifikasi warna dan menghitung objek yang bergerak[21],[22].

Pada bagian proses terdapat Arduino UNO yang digunakan untuk melakukan proses menggerakkan motor dc, motor servo, dan menyalakan LCD I2C 16x2[23].

Pada bagian output terdapat motor dc untuk menggerakkan konveyor, motor servo untuk menyortir benda atau objek, LCD I2C 16x2 untuk

menampilkan jumlah barang yang diurutkan berdasarkan warna[24].

Dalam sebuah perancangan alat elektronik, terdapat gambar rangkaian pembuatan alat[20]. Berikut ini adalah gambar rangkaian alat Konveyor Penyortir Benda dengan Pendeteksi Warna Menggunakan Kamera Esp-32 Berbasis OpenCV Python:



Gambar 4. Rangkaian

Terdapat komponen modul Arduino UNO sebagai mikrokontroler. Terdapat project board yang digunakan untuk menghubungkan pin antar komponen antara lain Arduino Uno, push button, power supply, LCD 16x2 i2c, relay dan motor servo [25].

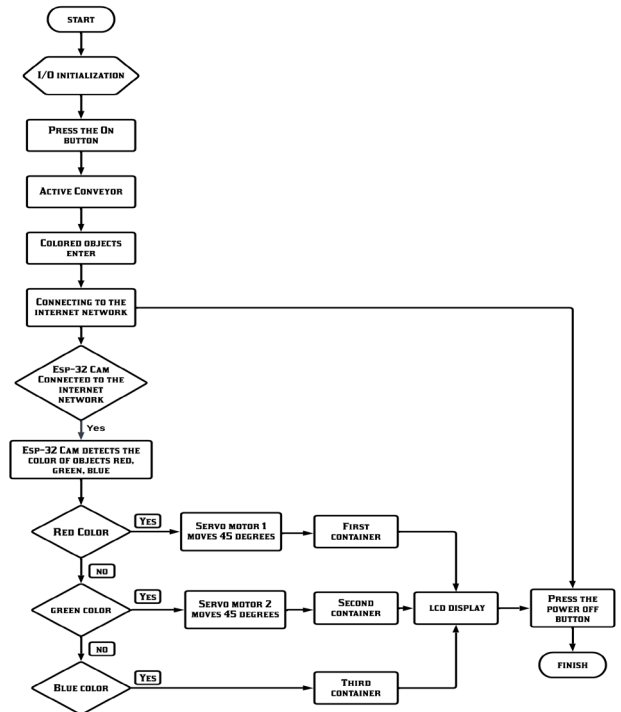
D. Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan perencanaan alur program yang akan dibuat. Perancangan perangkat lunak ditampilkan pada diagram alur program.

Program diawali dengan inialisasi (pemberian nilai awal) pada input/output, kemudian dengan menekan tombol ON maka conveyor akan aktif kemudian benda berwarna masuk, kemudian konek ke jaringan internet, esp-32 cam terkoneksi ke internet jaringan, jika terhubung esp-32 cam akan mendeteksi objek berwarna merah, hijau, biru.

Apabila terdeteksi benda berwarna merah oleh cam esp-32 maka LCD akan mengeluarkan tulisan “merah:1” dan motor servo 1 akan bergerak 45° sehingga benda berwarna merah tersebut jatuh ke wadah pertama. Begitu pula benda berwarna hijau akan terdeteksi oleh cam esp-32 kemudian LCD akan mengeluarkan tulisan “hijau:1” dan motor servo 2 akan bergerak 45° membuat benda berwarna hijau tersebut jatuh ke wadah kedua.

Terakhir, jika ada benda berwarna biru yang terdeteksi oleh cam esp-32, maka LCD akan mengeluarkan tulisan “biru:1” dan akan langsung jatuh ke wadah ketiga. Berikut ini adalah flowchart Program Konveyor Penyortiran Objek dengan Deteksi Warna Menggunakan Kamera ESP-32 Berbasis OpenCV Python :

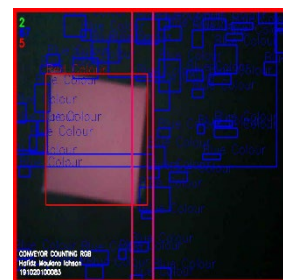


Gambar 5. Diagram Alir

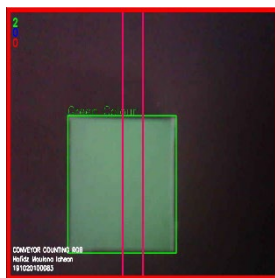
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur pengujian dilakukan pada setiap komponen dan sistem untuk memastikan mesin berjalan sesuai desain. Pengujian dilakukan pada setiap bagian sebagai berikut :

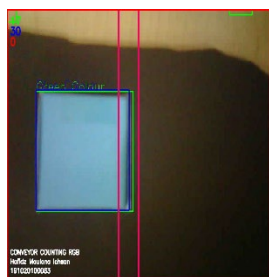
4. Menguji Kamera ESP-32 sebagai pembacaan warna RGB:



Gambar 6a. Warna Red (R)



Gambar 6b. Warna Green (G)



Gambar 6c. Warna Blue (B)

Dari gambar 6a,b,c diperoleh hasil akurasi pembacaan setiap warna RGB dari jarak 12 cm, sebagaimana dijelaskan dalam tabel berikut.

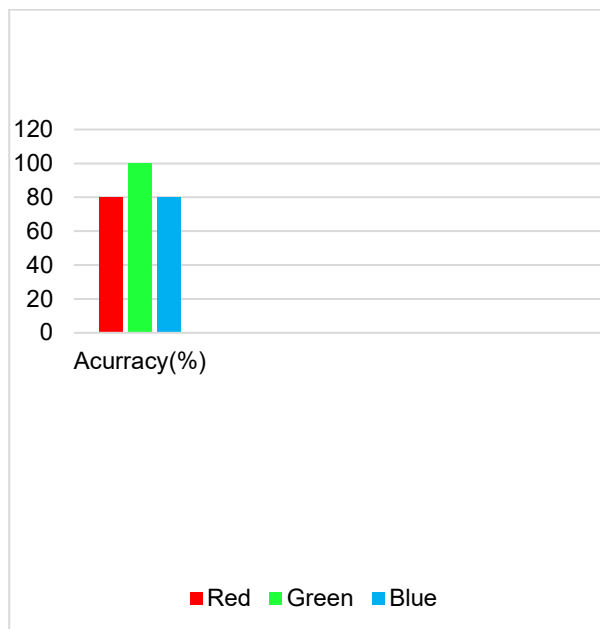
Tabel 1: Bagan Warna RGB

RGB Color Reading Results					
Color	HSV value			Distance (cm)	Accuracy (%)
	H (Hue)	S (Saturation)	V (Value)		
Red	Lower : 136	Lower : 87	Lower : 111	12 cm	80%
	Upper : 180	Upper : 255	Upper : 255		
Green	Lower : 25	Lower : 52	Lower : 72	12 cm	100%
	Upper : 102	Upper : 255	Upper : 255		
Blue	Lower : 94	Lower : 80	Lower : 2	12 cm	80%
	Upper : 120	Upper : 255	Upper : 255		

Tampilan pada software python menunjukkan bahwa ESP32 Cam sangat rentan terhadap pembacaan cahaya sehingga sering terjadi noise saat membaca warna.

B. Eksperimen penghitungan objek yang diurutkan

Tes ini dilakukan untuk perhitungan item yang akan diurutkan. Hasil perhitungan item yang diurutkan menunjukkan keakuratan dalam menangkap kesuaian setiap 10 objek sesuai warna RGB, yang dijelaskan pada gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Menghitung jumlah obyek warna

Dari percobaan untuk mengetahui keakuratan Cam ESP32 dalam menghitung setiap warna RGB, ditemukan bahwa menurut gambar 8 diatas, warna merah mempunyai akurasi 80%, warna hijau memiliki akurasi 100%, dan warna biru memiliki akurasi 80%.

C. Pengujian Ketelitian Penyortiran dan Deteksi Penyortiran Objek yang Diurutkan

Pada pengujian ini untuk mengukur keakuratan penyortiran objek yang akan diurutkan. Hasil pengurutan objek menunjukkan keakuratan item yang diurutkan setiap 10 kali, dijelaskan pada tabel 2 sebagai berikut.

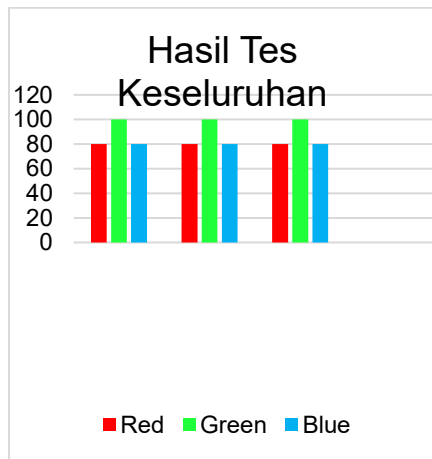
Tabel 2: Pengujian dan deteksi akurasi untuk mengurutkan objek terhadap objek yang akan diurutkan

Color	testing	distribution channel 1	distribution channel 2	distribution channel 3	Accuracy (%)
Red	10 times	8	-	-	80%
Green	10 times	-	10	-	100%
Blue	10 times	-	-	8	80%

Dari percobaan mengetahui ketelitian motor servo dalam menyortir objek warna RGB yang dilakukan sebanyak 10 kali, didapatkan bahwa berdasarkan tabel 2 diatas, warna merah mempunyai ketelitian sebesar 80%, warna hijau 100%. , warna biru 80%.

Hasil perhitungan objek yang diurutkan menunjukkan keakuratan yang tepat, sesuai dengan warna yang diinginkan. Dari ketiga hasil pengujian diatas diperoleh grafik hasil penelitian

secara keseluruhan yang dijelaskan pada gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8, Hasil tes keseluruhan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengolahan gambar dengan metode OpenCV pada Kamera ESP-32 dapat berjalan dengan baik, dengan 3 kategori warna yaitu : merah, hijau, biru.
 2. Program python yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik dan dapat bekerja sesuai dengan yang dirancang.
 3. Dengan metode OpenCV untuk membaca 3 warna ini, dapat dengan mudah memisahkan objek berwarna merah, hijau, biru.
 4. Terdapat kekurangan pada ESP32 Cam dimana sangat rentan terhadap cahaya sehingga menimbulkan gangguan pada saat proses pembacaan.
 5. ESP32 Cam juga mempunyai kelemahan terhadap suhu panas pada perangkat sehingga akan menyebabkan tertundanya proses pembacaan.
- Pada penelitian selanjutnya ditambahkan kamera yang digunakan agar pengenalan lebih tepat dan pola enumerasi ditingkatkan untuk meminimalkan pengaruh bayangan yang mengganggu proses pengenalan gambar. Perlu dilakukan pengendalian kecepatan motor konveyor, agar pemilihan objek dapat lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Safaris and H. Effendi, "Rancang Bangun Alat Kendali Sortir Barang Berdasarkan Empat Kode Warna," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, pp. 399–410, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [2] D. M. Rajagukguk and I. Panjaitan, "Compression of Color Image Using Quantization Method," vol. 10, no. 02, pp. 13–18, 2020.
- [3] F. Jalled and I. Voronkov, "Object Detection using Image Processing," pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1611.07791>
- [4] S. Suwarno and K. Kevin, "Analysis of Face Recognition Algorithm: Dlib and OpenCV," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 173–184, 2020, doi: 10.31289/jite.v4i1.3865.
- [5] S. Mala et al., "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Tanduk Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Hue Saturation Value (HSV) 1," pp. 197–207.
- [6] H. Soleh, E. W. H. Witarsa, M. Ferdian, D. Yuniarti, and C. Caroline, "Prototipe Penyortir Barang Berdasarkan Warna, Bentuk Dan Tinggi Berbasis Programmable Logic Controller (Plc) Dengan Penggerak Sistem Pneumatic," *J. Mikrotiga*, vol. 1, no. 2, 2014.
- [7] M. I. Sari, R. Handayani, S. Siregar, and B. Isnu, "Pemilah Benda Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor Warna TCS3200," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 4, no. 2, pp. 85–90, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n2.85-90.
- [8] F. R. Wicaksono et al., "Perancangan Dan Implementasi Alat Penyortir Barang Pada Design and Implementation of Items Device Sorting on Conveyor," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2018.
- [9] Fauzan, "Menggunakan Modul Esp32-Cam," pp. 393–400, 2020.
- [10] M. D. Cookson and P. M. R. Stirk, "ZOOMORPHIC MOBILE ROBOT DEVELOPMENT FOR VERTICAL MOVEMENT BASED ON ESP 32- CAM Vladyslav," 2019.
- [11] V. No, J. Hal, A. Mega, O. A. Putra, and R. Handika, "RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN LALU LINTAS MENGGUNAKAN SMARTPHONE DAN ESP32CAM BERBASIS," vol. 2, no. 1, pp. 120–130, 2022.
- [12] A. Mordvintsev and K. Abid, "OpenCV-Python Tutorials Documentation," *OpenCV Python Doc.*, p. 269, 2017, [Online]. Available: <https://media.readthedocs.org/pdf/opencv-python-tutroals/latest/opencv-python-tutroals.pdf>
- [13] S. Tinggi and I. Komputer, "Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Rupiah Palsu," vol. 13, no. January 2019, pp. 47–52, 2020.
- [14] A. M. Elhanafi, R. Siregar, M. Yeni, and S. An-nissa, "Cryptography Application on RGB Overlapping Block Based PVD Using AES," vol. 7, no. 3, pp. 2116–2124, 2022.
- [15] D. Sonny Febriyan and R. Dwi Puriyanto, "Implementation of DC Motor PID Control On Conveyor for Separating Potato Seeds by Weight," *Int. J. Robot. Control Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–26, 2021, doi: 10.31763/ijrcs.v1i1.221.
- [16] R. RAGIL FANNY SETIYA AJI and I. Sulistiyowati, "Mesin Penetas Telur Burung Murai Batu Dengan Monitoring Camera ESP32 Berbasis IoT," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 02, pp. 87–99, 2021, doi: 10.31328/jasee.v2i02.173.
- [17] S. C. S. Yanti and I. Sulistiyowati, "An Inventory Tool for Receiving Practicum Report Based on IoT by Using ESP32-CAM and UV Sterilizer: A Case Study at Muhammadiyah University of Sidoarjo," *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 6, no. 1, pp. 49–56, 2022, doi: 10.18196/jet.v6i1.14607.
- [18] A. Y. Nurulfahmi and I. Sulistiyowati, "Monitoring Sepeda Motor Dengan Pelacak Dan Kontrol RFID Berbasis IoT," *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol.

- 2, no. 02, pp. 100–114, 2021, doi:
10.31328/jasee.v2i02.174.
- [19] M. Z. Andrekha and Y. Huda, "Deteksi Warna Manggis Menggunakan Pengolahan Citra dengan Opencv Python," *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 9, no. 4, p. 27, 2021, doi: 10.24036/voteteknika.v9i4.114251.
- [20] N. M. Syahrian, P. Risma, and T. Dewi, "Vision-Based Pipe Monitoring Robot for Crack Detection Using Canny Edge Detection Method as an Image Processing Technique," *Kinet. Game Technol. Inf. Syst. Comput. Network, Comput. Electron. Control*, vol. 2, no. 4, pp. 243–250, 2017, doi: 10.22219/kinetik.v2i4.243.
- [21] S. W. Utama and A. Kusumawardhani, "Aplikasi Pendeteksi Plat Nomor Negara Indonesia Menggunakan OpenCV dan Tesseract OCR pada Android Studio," no. December, pp. 1–6, 2018.
- [22] H. S. Ghifari and F. Utaminingrum, "Klasifikasi Kualitas Minyak Goreng berdasarkan Fitur Warna dan Kejernihan dengan Metode K-Nearest Neighbour berbasis Arduino Uno," vol. 6, no. 7, pp. 3269–3274, 2022.
- [23] R. I. Gimeno, "TREBALL DE FI D ' ESTUDIS," 2021.
- [24] H. Rini, Puspa dan Sugiarto, "Perancangan Sistem Informasi Pembelian Bahan Baku Roller Pada PT.Vortex Conveyor International," *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 157–164, 2018.
- [25] F. E. Saputra, R. Cahya Wihandika, and A. W. Widodo, "Penentuan Kualitas Biji Kopi Menggunakan Local Ternary Patterns Dan RGB-HSV Color Moment Dengan Learning Vector Quantization," vol. 5, no. 6, pp. 2299–2307, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>

PERAMALAN VOLUME PENJUALAN TABUNG APAR (ALAT PEMADAM API RINGAN) DENGAN MENGUNAKAN METODE *MONTE CARLO*

(Studi Kasus : PT Sanindo Perkasa Abadi)

Akhdan Abror¹, Mas Nurul Hamidah², Syariful Alim³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. A. Yani 114 Wonocolo, Surabaya 60231, Jawa Timur, Indonesia
akhdanabr@gmail.com¹, masnurulhamidah@ubhara.ac.id², syarifulalim@ubhara.ac.id³

Abstract-Forecasting is the art and science of predicting future events. In this research the author uses sales volume forecasting using the Monte Carlo method. This case study is at one PT Sanindo Perkasa Abadi. The problem that is often experienced by PT Sanindo Perkasa Abadi is the excess and shortage or supply of APAR tubes (light fire extinguishers) at certain times which causes reduced income. With these problems, careful planning is needed to be able to estimate the inventory of goods so that it does not result in reduced income for the Company. The method used is Monte Carlo simulation. This method uses a probabilistic approach so that it is able to consider uncertainty.

Demand forecasting is carried out for twelve months and uses historical data on actual demand in 2019 and 2022. The calculation results are that for the prediction of the AF11E 3kg fire extinguisher in 2021, the accuracy is 28.67% and the MAE error value = 19.692, the prediction for the AF11E 6kg fire extinguisher in 2020 is accurate. 40.75% and the MAE error value = 10,583, for the prediction year for the 6kg AF11E fire extinguisher in 2021, the accuracy was 47.50% and the MAE error value = 3,833, for the prediction year for the AF31 3kg fire extinguisher in 2020, the accuracy was 48.67% and the MAE error value = 4,750, for the prediction year for the AF31 6kg fire extinguisher in 2019, the accuracy was 47.75% and the MAE error value = 5,583, and for the prediction year for the AF31 6kg fire extinguisher in 2021, the accuracy was 46.83% and the MAE error value = 7,750.

Keywords: Forecasting, Sales Volume, Monte Carlo, APAR, PT Sanindo Perkasa Abadi

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri di Indonesia meningkat dengan pesat, meskipun lebih kecil dari tahun sebelumnya. Hal ini mendorong permintaan tenaga kerja dan proses produksi, namun juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja, terutama kebakaran. Kebakaran merupakan bencana yang tidak dikehendaki dan dapat menimbulkan kerugian materi dan non-materi, serta berdampak pada keselamatan dan nyawa manusia. Oleh karena itu, penting untuk meningkatkan kesadaran akan risiko kebakaran dan mengambil langkah-langkah pencegahan untuk melindungi kehidupan dan aset dari potensi kebakaran.

PT Sanindo Perkasa Abadi adalah perusahaan dengan pengalaman lebih dari 20 tahun dalam bidang Fire Safety Equipment, khususnya alat pemadam api bersih. Perusahaan ini menyediakan pelayanan maintenance berkala, jasa proyek hidran, dan modul penanganan

kebakaran otomatis. Untuk memaksimalkan pendapatan, perusahaan membutuhkan strategi peramalan untuk memperkirakan pendapatan penjualan APAR (Alat Pemadam Api Ringan) pada tahun depan berdasarkan data sebelumnya. Permasalahan yang sering dialami adalah kelebihan atau kekurangan persediaan APAR yang dapat berdampak pada berkurangnya pendapatan. Oleh karena itu, teknik peramalan digunakan untuk mengelola dan mengembangkan persediaan agar dapat mengatasi ketidakpastian permintaan dan pasokan.

Teknik peramalan (Forecasting) adalah kegiatan untuk memprediksi masa depan dengan menggunakan data historis. Dalam fungsi bisnis[1], peramalan digunakan untuk memperkirakan penjualan atau penggunaan produk agar dapat mengatur persediaan dengan tepat. Metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Monte Carlo karena memiliki tingkat akurasi yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk membantu

PT Sanindo Perkasa Abadi dalam menentukan jumlah persediaan barang di masa depan agar menghindari kerugian dan penurunan pendapatan.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan dengan menggunakan data historis dan model matematis. Proses peramalan melibatkan memproyeksikan kebutuhan di masa mendatang dalam berbagai aspek seperti kuantitas, kualitas, waktu, dan lokasi untuk memenuhi permintaan barang atau jasa. Tujuan peramalan adalah memprediksi produk atau kejadian yang akan terjadi di waktu mendatang berdasarkan data masa lalu. Peramalan merupakan alat bantu penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien, terutama dalam bidang ekonomi, dan memainkan peran dalam menghadapi peristiwa eksternal yang berada di luar kendali manajemen, seperti perubahan ekonomi, sosial, politik, teknologi, dan faktor lainnya.

Time series atau runtun waktu adalah himpunan observasi data yang diurutkan berdasarkan waktu. Metode time series digunakan dalam peramalan dengan menganalisis hubungan antara variabel yang akan diprediksi dengan variabel waktu[2]. Pola data time series dapat berupa horizontal (fluktuasi acak), trend (kecenderungan arah data dalam jangka panjang), musiman (fluktuasi periodik dalam setahun), dan siklis (fluktuasi dalam waktu lebih dari satu tahun). Metode peramalan dapat diklasifikasikan menjadi kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif digunakan ketika data kuantitatif tentang permintaan masa lalu tidak tersedia atau tidak akurat, sementara metode kuantitatif menggunakan model matematis dengan data historis dan variabel sebab-akibat untuk meramalkan permintaan.

2.2. Monte Carlo

Metode Monte Carlo adalah metode analisis numerik yang menggunakan sampling eksperimen dari bilangan acak untuk mendekati solusi sebuah masalah. Metode ini melibatkan penetapan distribusi probabilitas dari variabel yang dipelajari dan dilakukan pengambilan sampel acak dari distribusi tersebut untuk menghasilkan data. Metode Monte Carlo digunakan ketika terdapat elemen-elemen dalam sistem yang menunjukkan perilaku yang tidak pasti atau probalistik. Dengan menggunakan pemodelan acak dan simulasi komputer, metode Monte Carlo memperkirakan hasil matematika yang kompleks dan memberikan pendekatan akurat terhadap solusi masalah. Melalui simulasi sejumlah besar percobaan acak atau pengulangan, metode ini menghitung statistik dari hasil-hasil tersebut untuk memecahkan atau memperkirakan solusi masalah. Monte Carlo terbagi menjadi lima tahapan yaitu sebagai berikut :

- a. Penentuan distribusi Probabilitas
Distribusi probabilitas merupakan distribusi yang menggambarkan peluang dari sekumpulan variabel sebagai frekuensi. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$D_i = \frac{v}{t} \quad (2.1)$$

Dimana :

D_i = Distribusi Probabilitas

v = Variabel

t = Total

- b. Penentuan distribusi probabilitas kumulatif
Menentukan distribusi probabilitas kumulatif dengan menjumlahkan distribusi probabilitas dengan nilai sebelumnya, dan menentukan distribusi probabilitas kumulatif pertama menggunakan nilai distribusi probabilitas pertama.
- c. Penentuan interval angka acak
Penentuan interval angka acak adalah langkah penting dalam

menggunakan metode Monte Carlo untuk peramalan. Dalam hal ini, penentuan interval angka acak dilakukan berdasarkan nilai distribusi kumulatif yang dihitung.

- d. Interval angka acak ditentukan ditentukan dari nilai probabilitas kumulatif pada tahapan sebelumnya. Nilai angka acak berfungsi sebagai pembatasan nilai antara variable yang digunakan sebagai nilai acuan hasil simulasi.
- e. Membangkitkan Angka Acak
Salah satu teknik pembangkitan bilangan random. Yaitu LCG (Linear Congruential Generator). Adapun rumusnya yaitu:

$$X_{n+1} = (a \cdot W_i + b) \text{ mod } M \quad (2.2)$$

Dimana :

- a = Konstanta pengali
($a < m$)
- b = Konstanta pergeseran
($c < m$)
- m = Konstanta modulus
($m > 0$)
- W_i = Bilangan Awal
(bilangan bulat $\geq 0, X_n < m$)

- f. Melakukan peramalan dengan menggunakan prosedur simulasi. Berbagai faktor yang mempengaruhi peramalan

2.3. Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) adalah rata-rata selisih mutlak nilai sebenarnya (aktual) dengan nilai prediksi (permalan). Mean Absolute Error (MAE) digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model statistik dalam melakukan prediksi atau peramalan. Dimana rumus Mean Absolute Error (MAE) adalah sebagai berikut :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A_i - F_i|$$

Dimana :

- n = ukuran sampel
- A_i = nilai data aktual ke-i

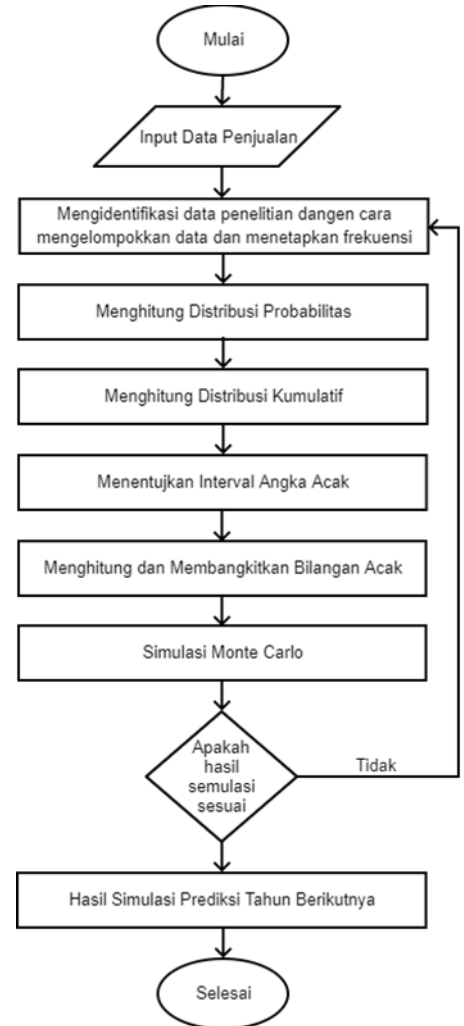
F_i = nilai data peramalan

ke-i

Karena pada rumus Mean Absolute Error (MAE) diatas terdapat tanda mutlak $||$, maka Mean Absolute Error (MAE) akan selalu bernilai positif.

3. RANCANGAN SISTEM

3.1 Flowchart



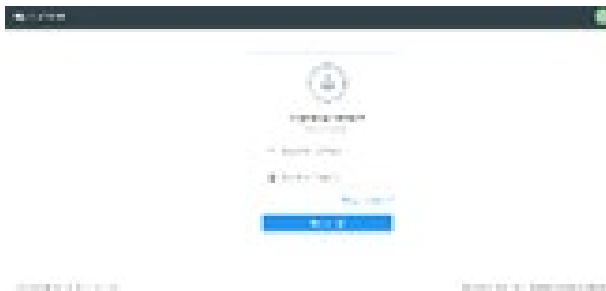
Gambar 3.1. Flowchart

4. PENGUJIAN DAN HASIL

Pengujian pada aplikasi ini menggunakan metode *black-box testing* dengan menggunakan metode *functional testing* yang ditujukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan benar atau ada error yang harus di benarkan. *black-box testing* adalah suatu pengujian yang tidak melihat dari struktur koding suatu program. Pengujian ini biasanya meliputi seputar kinerja program.

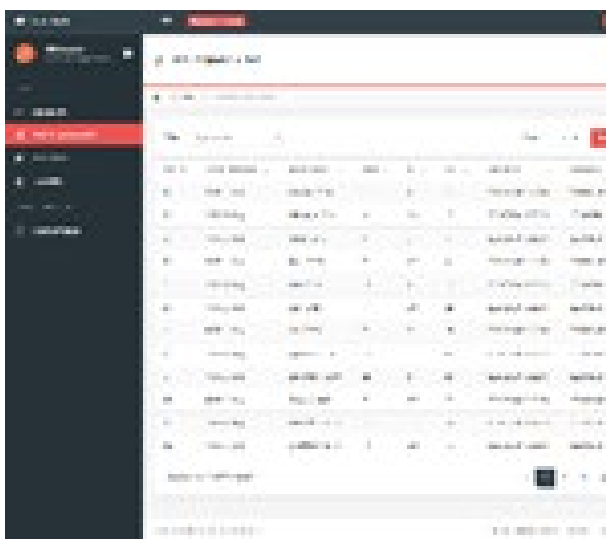
functional testing adalah pengujian berdasarkan studi kasus yang akan

diberikan pada suatu komponen, modul atau fitur yang akan di testing. *Functional testing* di lakukan dengan cara memberikan inputan pada komponen, modul atau fitur kemudian memeriksa hasil output nya. Apabila output yang dihasilkan sesuai dengan harapan atau benar, apabila tidak sesuai maka bagian tersebut terdapat error. Berikut alur aplikasi yang berjalan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

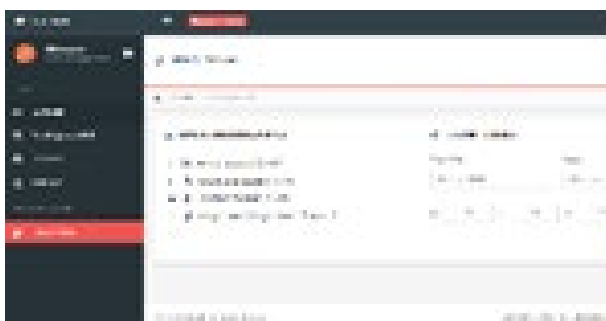


Gambar 4.1. Halaman Login

Menampilkan form username dan password dan jika diklik tombol maka akan masuk dashboard ke aplikasi



Gambar 4.2. Halaman Dashboard



Gambar 4.3. Form Peramalan Monte Carlo

4.1. Hasil Pengujian

dari metode *Monte Carlo* didapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

a. Pengujian APAR AF11E 3 Kg Tahun 2021

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 28,67% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 19,692

b. Pengujian APAR AF11E 6 Kg Tahun 2020

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 40,75% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 10,583.

c. Pengujian APAR AF11E 6 Kg Tahun 2021

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 47,50% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 3,833.

d. Pengujian Apar AF31 3 Kg Tahun 2020

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 48,67% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 4,750.

e. Pengujian Apar AF31 6 Kg Tahun 2019

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 47,75% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 5,583.

f. Pengujian Apar AF31 6 Kg Tahun 2021

Dengan Metode Monte Carlo, didapatkan hasil layak dari rata-rata akurasi 46,83% Mean Absolute Error (MAE) sebesar 7,750.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang

telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini telah berhasil, menghasilkan sebuah sistem aplikasi prediksi volumen penjualan untuk PT SANINDO PERKASA ABADI.
2. Berdasarkan hasil uji coba didapatkan bahwa metode *Monte Carlo* cukup layak diimplementasikan untuk memprediksi volume penjualan untuk mendapat total hasil volume penjualan di PT. SANINDO PERKASA ABADI. Karena hasil uji coba menunjukkan bahwa nilai perbandingan data aktual tahun berikutnya dengan nilai prediksi dinilai masih terbilang cukup kecil. Dari hasil perhitungan pada bab sebelumnya adalah untuk prediksi apar AF11E 3kg tahun 2021 didapatkan akurasi 28,67% dan nilai error MAE = 19,692, prediksi apar AF11E 6kg tahun 2020 didapatkan akurasi 40,75% dan nilai error MAE = 10.583, untuk tahun prediksi apar AF11E 6kg tahun 2021 didapatkan akurasi 47,50% dan nilai error MAE = 3.833, untuk tahun prediksi apar AF31 3kg tahun 2020 didapatkan akurasi 48,67% dan nilai error MAE = 4.750, untuk tahun prediksi apar AF31 6kg tahun 2019 didapatkan akurasi 47,75% dan nilai error MAE = 5.583, dan untuk tahun prediksi apar AF31 6kg tahun 2021 didapatkan akurasi 46,83% dan nilai error MAE = 7.750

3.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Fahmi, M. Fachrozi (2020) "Sistem Prediksi Penjualan Berbasis Web Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus PGT Adri Utama

Karya)" Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas sains dan Teknologi 1.1 (2019); 50-50.

- [2] Hasugian Andika Ivo, Muhyi Khabiril, & Firlidany Nia (2022), Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Jumlah Pengiriman dan Total Pendapatan, **BULETIN UTAMA TEKNIK**, Vol. 17, No. 2, Januari 2022.
- [3] Ardiansa Irfan, Pujianto Totok, & Perdana Intan Intan (2019), *Penerapan Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Persediaan Produk Jadi Pada Ikm Buluk Lupa*, **Jurnal Industri Pertanian**, Vol. 01, No. 3 Hal : 61-69, 2019.
- [4] Nasution Nizar Khairun (2016), *Prediksi Penjualan Barang pada Koperasi PT. Perkebunan Silindak dengan Menggunakan Metode Monte Carlo*, **Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)**, Vol. 3, No. 6 Hal : 65-69, Desember 2016.
- [5] Ihksan Muhammad, Yunus Yuhandri (2021), *Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Tingkat Pendapatan Penjualan Kuliner*, **Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis**, Vol. 1, No. 1 Hal : 28-33, 2021.
- [6] Rumus Statistik (2012-2021), *Cara Menghitung MAE (Mean Absolute Error) di Excel*, Entry from Mair, r_stats@outlook.com, 05 May 2021.
- [7] Wulan Rahmatia Dari (2020), *Simulasi Monte Carlo dalam Prediksi Tingkat Penjualan Produk HPAI*, **Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis**, Vol. 2, No. 3, hal. 86-91.

POTENSI PEMANFAATAN GAS SUAR BAKAR MENJADI LPG: MENGURANGI IMPOR LPG INDONESIA

Reuben Gabenta Peterson Tampubolon¹, Dian Rosiyanti², Fiqya Fairuz Zaemi³, Rian Cahya Rohmana⁴

Teknik Perminyakan, Tanri Abeng University, Jl. Swadarma Raya No.58, Ulujami, Kec. Pesanggrahan, Kota Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12250.^{1,2,3,4}
reuben@student.tau.ac.id¹

Abstrak— Gas suar adalah *associated gas* yang ikut terproduksi bersama dengan produksi minyak dan natural gas yang mengalami pembakaran karena tidak ekonomis untuk dikembangkan dan tidak dapat ditangani oleh fasilitas lapangan. Pemanfaatan gas suar bakar merupakan salah satu peluang untuk meningkatkan produksi LPG guna memenuhi kebutuhan LPG yang makin meningkat. Pemanfaatan gas suar bakar tersebut selain dapat meningkatkan ketahanan energi, juga memiliki keuntungan ekonomis dan sosial melalui penghematan devisa negara dari berkurangnya impor LPG, serta penciptaan lapangan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi dan tantangan pemanfaatan gas suar bakar (flare gas) menjadi LPG dalam memenuhi konsumsi masyarakat Indonesia. Data yang digunakan merupakan data sekunder, berupa data yang sudah dipublikasikan mengenai gas suar bakar dan data-data terkait LPG di Indonesia. Data tersebut dianalisis kembali secara rinci khususnya untuk mengetahui potensi dan tantangan gas suar. Potensi gas suar terdapat pada 10 lapangan Indonesia antara lain Riau, Sumatera Selatan, Jawa Barat, dan Laut Jawa tahun 2017 diperkirakan sebesar 19,369 juta MMscfd. Namun, potensi gas suar yang besar terkendala dalam beberapa hal antara lain volume gas suar yang dihasilkan relatif kecil dan menyebar, juga infrastruktur pipa transmisi atau distribusi yang jauh. Regulasi pemerintah dalam menetapkan harga gas suar dalam skala kecil membuat khawatir banyak pihak dalam menyelamatkan sumber daya yang terbuang percuma bisa menjadi temuan dan dapat merugikan negara. Seiring dengan meningkatkan kebutuhan masyarakat akan LPG, membuat angka terhadap impor LPG di Indonesia semakin tinggi. Peningkatan jumlah konsumsi LPG di Indonesia sudah mencapai angka 1 juta ton dari tahun ke tahun, hal ini berbanding terbalik dengan produksi LPG yang masih jauh dibawah angka konsumsi LPG. Sehingga, impor LPG merupakan cara pemerintah Indonesia untuk menutupi kekurangan produksi LPG. Hal ini seharusnya dapat menjadi sebuah tantangan bagi pemerintah dan perusahaan migas di masa depan untuk memanfaatkan potensi dari gas suar bakar menjadi LPG.

Keywords — Gas Suar, LPG, Impor LPG, Potensi, Pemanfaatan

I. PENDAHULUAN

Pembakaran dan pembuangan gas yang dihasilkan dari proses produksi minyak dan gas alam akan berdampak terhadap perubahan iklim, karena terdapat kandungan karbon dioksida di dalamnya. Selain itu, kegiatan ini juga sia – sia karena menghamburkan gas alam yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Berdasarkan hal tersebut Indonesia menjadi salah satu negara yang memprakarsai berdirinya “*The Indonesia Climate*

Change Sectoral Roadmap (ICCSR)” yang dikoordinasikan oleh Bappenas dalam hal mengurangi pembakaran gas (flaring gas). Menurut Pasal 1 ayat 3 Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2017, gas suar merupakan gas yang dihasilkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi atau pengolahan minyak atau gas bumi yang dibakar karena tidak dapat ditangani oleh fasilitas produksi atau pengolahan yang tersedia sehingga belum termanfaatkan. Gas suar berasal dari

berbagai sumber, yaitu kelebihan gas pada produsen yang tidak dapat disalurkan ke konsumen, gas yang tidak mengalami pembakaran pada fasilitas proses, terjadi gangguan pada system proses, adanya equipment treatment dan pembakaran sementara yang terjadi pada proses *shut down*.

Pembakaran gas suar berasal dari cerobong vertikal atau horizontal yang mengeluarkan flare. Pembakaran ini dilakukan oleh industri minyak dan gas karena beberapa faktor diantaranya lingkungan, keamanan, dan sosial. Pemanfaatan gas suar telah diatur dalam Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2017 Pasal 3 ayat 2 yang berbunyi: Gas suar dapat dimanfaatkan untuk keperluan pembangkitan listrik, pemanfaatan gas melalui pipa untuk industri atau rumah tangga, *Compressed Natural Gas*, *Liquefied Petroleum Gas*, *Dimetil Eter*, dan/atau keperluan lainnya sesuai dengan komposisinya.

Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber energi minyak dan gas bumi (migas) yang melimpah, namun hingga saat ini masih menjadi negara pengimpor LPG. Pemanfaatan gas suar menjadi LPG adalah salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi impor LPG dalam memenuhi konsumsi masyarakat Indonesia. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) adalah salah satu produk yang berasal dari campuran berbagai unsur hidrokarbon. Sejalan dengan perkembangan industri, LPG telah banyak dimanfaatkan sebagai penunjang kegiatan sehari – hari seperti pada bidang industri, otomotif dan rumah tangga.

II. STUDI LITERATUR

Gas suar (*Flare Gas*)

Gas suar adalah *associated gas* yang ikut terproduksi bersama dengan produksi minyak dan natural gas yang mengalami pembakaran karena tidak ekonomis untuk dikembangkan dan tidak dapat ditangani oleh fasilitas lapangan. Pembakaran pada gas suar bertujuan untuk membedakan gas (nitrogen dioksida, xilena, sulfur dioksida, benzena, toluena, dan hidrogen sulfida), partikulat, dan jelaga (karbon hitam). Ada beberapa alasan dilakukannya pembakaran pada gas suar:

1. Pembakaran gas yang tidak digunakan selama proses pemurnian.
2. Pembakaran kelebihan gas yang tidak dapat dipakai untuk tujuan komersial.
3. Pembakaran uap yang terkumpul pada tangki selama proses pemurnian.
4. Pembakaran sisa gas pada saat produksi berhenti dan dimulai.

Gas suar di sebagian lapangan minyak dan gas biasanya digunakan sebagai bahan bakar untuk operasional proses produksi dan sisanya dibakar (*flare*) atau dibuang begitu saja (*vented*) ke atmosfer melalui *flare stack*.

Gas yang dibakar terdiri dari berbagai campuran gas dan kandungan didalamnya tergantung dari sumber gas yang masuk ke dalam sistem pembakaran. Gas ikutan (*associated gas*) adalah gas alam yang terlepas selama proses produksi minyak dan gas. Komposisi gas alam adalah lebih dari 90% metana (CH₄), etana, dan hidrokarbon lainnya dalam jumlah kecil seperti gas inert (N₂) dan CO₂. Gas yang dibakar dari kilang maupun dari proses operasi lainnya biasanya terdiri dari campuran hidrokarbon dan dalam beberapa kasus mengandung H₂.

Tujuan dilakukannya flare gas recovery system adalah untuk mengurangi kebisingan dan radiasi termal, biaya operasi dan pemeliharaan, emisi gas dan polusi udara, serta mengurangi konsumsi bahan bakar gas dan uap. Berikut beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi pembakaran gas suar dan pemulihannya, yaitu:

1. Pengumpulan, kompresi, dan injeksi/reinjeksi.
 - Digunakan sebagai sumber bahan bakar ditempat.
 - Digunakan sebagai bahan baku untuk produksi petrokimia.
 - Dikumpulkan dan dikirim ke sistem pengumpulan gas (gas gathering system) terdekat.
 - Diinjeksikan kembali ke aquifer.
2. Gas ke cair.
 - Mengkonversi gas suar menjadi LPG.
 - Mengkonversi gas suar menjadi LNG.

- Mengkonversi gas suar menjadi bahan kimia dan bahan bakar.

3. Gas menjadi listrik.

Gas suar dapat menjadi sumber energi utama sebagai penghasil listrik dengan menggunakan teknologi tertentu.

Liquefied Petroleum Gas (LPG)

LPG adalah campuran hidrokarbon yang terdiri dari 3 hingga 4 atom karbon (C3 dan C4) misalnya propana, butana, dan isobutana yang dicairkan di bawah tekanan dan biasanya digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga. LPG yang dihasilkan pada bagian liquid dari *associated gas* merupakan gas yang mengembun selama pendinginan, lalu liquid akan dipisahkan dari gas pada bejana pemisah dan dipompa ke dalam kolom distilasi. Pada kolom distilasi, LPG dipisahkan dari fraksi lain dalam bentuk cairan dan kemudian dipindahkan ke tangki penyangga bertekanan lebih tinggi (*World Bank Group*, 2004). LPG umumnya digunakan pada beberapa sektor seperti sektor rumah tangga, sektor industri, dan sektor transportasi. Namun, proses pembakaran menjadi LPG dapat mempengaruhi lingkungan seperti menghasilkan efek rumah kaca dan meningkatkan emisi karbon di udara (J. Morganti, et al., 2013).

Berdasarkan komposisinya, LPG dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

1. LPG *propane*, sebagian besar terdiri dari C3.
2. LPG *butane*, sebagian besar terdiri dari C4.
3. Mix LPG, campuran dari propana dan butana.:

LPG dibedakan menjadi dua berdasarkan proses pencairannya yaitu :

1. LPG *refrigerated*, dicairkan dengan cara didinginkan dan dibutuhkan tabung khusus yang didinginkan guna menjaga LPG tetap berbentuk cair serta dibutuhkan proses khusus dalam mengubah LPG *refrigerated* menjadi LPG *pressurized*. Umumnya, LPG ini digunakan untuk menyimpan dan mengirim LPG dalam jumlah besar.
2. LPG *pressurized*, dicairkan dengan cara ditekan (4–5 kg/cm²) dan disimpan pada tabung khusus bertekanan. Diaplikasikan pada industri rumah tangga dikarenakan

penyimpanan dan penggunaan LPG jenis ini tidak memerlukan penanganan khusus.

Secara umum, sifat gas LPG adalah sebagai berikut:

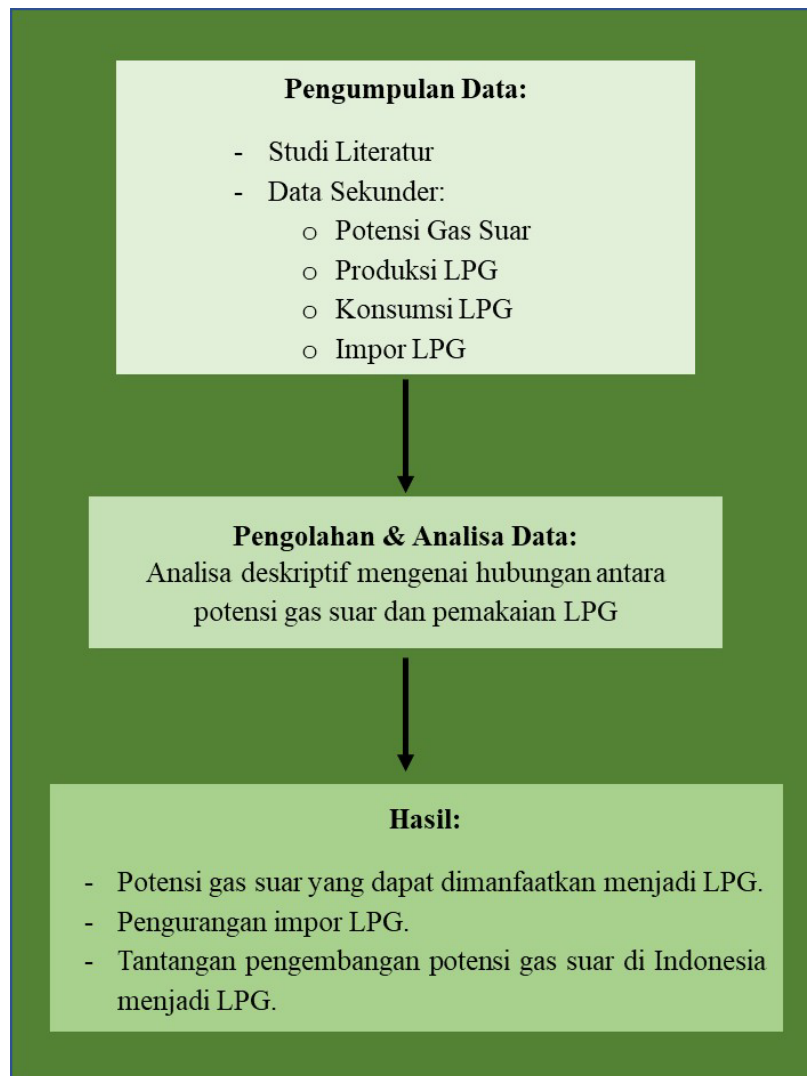
1. Bersifat cair dan gas yang mudah terbakar.
2. Bersifat gas tidak beracun, tidak berwarna dan berbau menyengat.
3. Gas yang dikirim bersifat cair yang disimpan pada tabung bertekanan.
4. Apabila dilepaskan, cairan mudah menguap dan menyebar dengan cepat.
5. Massa jenis gas lebih berat daripada udara sehingga umumnya menempati daerah yang rendah.

Impor LPG

Indonesia merupakan negara dengan potensi gas yang cukup besar. Sedangkan, jenis gas yang diproduksi sebagian besar tidak dapat diolah menjadi LPG. Hal ini diakibatkan karena struktur kimia gas bumi yang dihasilkan di negara Indonesia merupakan gas metana dan butana yang biasa di gunakan untuk gas pipa. Struktur kimia yang menjadi kebutuhan LPG dalam tabung gas adalah butana dan propana yang menjadi produk ikutan dari sumur minyak bumi. Pasokan LPG yang didominasi oleh kegiatan impor membuat biaya produksi menjadi tinggi akibat adanya pajak masuk. Selain itu, nilai tukar mata uang rupiah terhadap dolar Amerika Serikat yang lemah dan harga LPG yang tinggi membuat biaya produksi LPG ikut tinggi.

II. METODOLOGI

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisa deskriptif yang mengacu pada data potensi gas suar, produksi LPG, konsumsi LPG dan impor LPG. Data tersebut dianalisis berdasarkan volume gas suar yang dapat dijadikan LPG agar memenuhi konsumsi masyarakat Indonesia dan mengurangi impor (Gambar 1). Data yang digunakan merupakan data satu dekade terakhir sebagai perbandingan untuk mencari potensi dan tantangan dalam mengurangi impor LPG di Indonesia.



Gambar 1. Diagram Alir Tahap Perancangan.

III. PEMBAHASAN

Potensi Dan Pemanfaatan Gas Suar Di Indonesia

Berdasarkan data statistik dari Satuan Kerja Khusus Pelaksanaan Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (SKK Migas), perkiraan volume potensi gas suar pada Tahun 2017 adalah sebesar 19,369 juta standard kubik per hari (MMSCFD) yang terdapat di 10 lapangan Indonesia yang tersebar di beberapa daerah, yaitu Riau, Sumatera Selatan, Jawa Barat, dan Laut Jawa (Tabel 1).

Pemerintah pada saat ini sedang gencar melakukan produksi pada sektor minyak dan gas untuk tercapainya target produksi sebesar 1 Juta

BOPD minyak dan 12 BSCFD gas. Kegiatan dari produksi minyak dan gas bumi tersebut akan menimbulkan beberapa dampak serius terhadap lingkungan jika tidak dapat dikendalikan dari sekarang, salah satu dampaknya adalah kontribusi terhadap perubahan iklim dengan pembakaran sisa gas yang ikut terproduksi pada *flare stack* akan meningkat setiap tahunnya sehingga mengakibatkan gas rumah kaca (GRK) yang dianggap sebagai penyebab utama pemanasan global (Sugiarto, 2011). Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah menjadikan gas suar sebagai produk komersial seperti LPG, LNG, CNG, dan pembangkit listrik.

Tabel 1. Potensi Gas Suar di Lapangan Indonesia

No	KKKS	Field/Blok	Perkiraan Lokasi	Perkiraan Volume (MMSCFD)	Perkiraan Komposisi		
					Cl (%)	H ₂ S (ppm)	CO ₂ (%)
		Zelda, Central					
1	CNOOC	Business Unit (OFFSHORE)	Laut Jawa	5,18	66,39	8	25,6
2	ConocoPhillips Grissik Ltd. (CPGL)	Field Grissik, Blok Corridor (ONSHORE)	Sumatera Selatan	2,149	93,29	35	0,99
3	Chevron Pacific Indonesia (CPI)	South Balam GS SLN, Blok Rokan (ONSHORE)	Riau	1,691	68	54	26,6
4	Chevron Pacific Indonesia (CPI)	Rantau Bais GS, Blok Rokan (ONSHORE)	Riau	1,69	83,39	-	8,07
5	Medco E&P Indonesia (MEPI)	Field Matra, Blok South Sumatera (ONSHORE)	Sumatera Selatan	1,18	64,98	0	1,32
6	ConocoPhillips Grissik Ltd. (CPGL)	Field Suban, Blok Corridor (ONSHORE)	Sumatera Selatan	0,926	52,19	14	7,67
7	Medco E&P Indonesia (MEPI)	5 titik Flaring Kaji, Field Kaji Semoga, Blok Rimau (ONSHORE)	Musi Banyuasin, Sumatera Selatan	0,749	67,83	0	1,76
8	Pertamina EP, Asset 3 (PEP)	EPF Bambu Besar, Field Subang (ONSHORE)	Subang, Jawa Barat	0,944	43,5	27	32,8
9	Pertamina EP, Asset 3 (PEP)	SP Randengan, Field Jatibarang (ONSHORE)	Jatibarang, Jawa Barat	4,14	46,79	-	42
10	Pertamina EP, Asset 3 (PEP)	X Ray, Field Jatibarang (OFFSHORE)	Laut Jawa, Jawa Barat	0,72	62,89	-	2,29
TOTAL				19,369			

Ditjen Migas (2019) pada saat ini mendorong Bentuk Usaha/ Bentuk Usaha Tetap (BU/BUT) untuk melakukan pemanfaatan terhadap gas suar (Tabel 5 dan Gambar 5). Data tersebut menunjukkan bahwa jumlah BU/BUT mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya terutama dari tahun 2016-2017 mengalami peningkatan sebesar 168,8%. Jumlah BU/BUT di Indonesia hingga tahun 2020 mencapai 61 bentuk usaha. Banyaknya BU/BUT yang ada saat ini maka pemanfaatan gas suar juga akan semakin maksimal.

Ditjen Migas pada saat ini juga telah mempersiapkan rancangan kebijakan *Green Oil and Green Industry initiative* (GOGII) untuk membuat industri migas ramah lingkungan dan berkelanjutan melalui program *zero flare, zero discharge, clean air, dan go renewable*. Melalui program *zero flare*, target dari pemerintah adalah mengurangi aktivitas gas suar pada industri migas sebesar 30-40% setiap tahunnya, sehingga pada tahun 2025 dapat mencapai lingkungan tanpa gas suar dan pembuangan limbah (Handiko Gunard,2012).

Produksi dan Konsumsi Gas Suar Menjadi LPG Di Indonesia

Produksi LPG di Indonesia berdasarkan data statistik minyak dan gas bumi (ESDM, 2019) didapatkan nilai produksi LPG dari tahun ke tahun menyentuh angka 2 juta M.Ton. Sedangkan konsumsi LPG di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan (Tabel 3 dan Gambar 3). Produksi LPG di Indonesia tidak dapat memenuhi konsumsi masyarakat Indonesia terhadap LPG. Hal itu dapat menyebabkan pemerintah Indonesia melakukan impor LPG.

Berdasarkan data produksi (Tabel 2 dan Gambar 2), terjadi peningkatan produksi pada tahun 2012 namun di tahun – tahun selanjutnya mengalami penurunan sedikit demi sedikit dikarenakan jumlah sumber daya alam dan kebijakan pemerintah dalam pemanfaatan gas suar di Indonesia.

Menurut Dewan Energi Nasional (2021), kebutuhan energi nasional (LPG) mencapai 8,8 juta ton pertahun, sedangkan produksi dalam negeri hanya mencapai 2 juta ton per tahun. Sekitar 6,8 juta ton (kebutuhan LPG) masih impor (Tabel 4 dan Gambar 4). Pemerintah Indonesia sendiri menargetkan dapat menghentikan impor LPG pada tahun 2030, dimana target ini sudah masuk kedalam *Grand Strategy Energy National*.

Berdasarkan proyeksi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2019), impor LPG hingga tahun 2024 akan mencapai 11,98 juta ton. Sementara produksi LPG hanya sebanyak 1,97 juta ton per tahun.

Tantangan Pengembangan Gas Suar Menjadi LPG Di Indonesia

Secara umum, kendala dalam pemanfaatan gas suar adalah:

1. Umur produksi gas suar tidak lama, biasanya hanya mencapai tiga atau empat tahun. Hal ini membuat ketidaksepahaman antar pemangku kepentingan saat kesepakatan tercapai.
2. Keputusan dalam pengambilan harga jual gas suar yang tidak menentu. *Associated gas* yang tidak dimanfaatkan akan dijual, namun jika dimanfaatkan gas suar akan dijual dengan harga tinggi.
3. Minimnya teknologi, sumber daya manusia dan modal untuk memanfaatkan gas suar.
4. Ada banyak produk yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan gas suar. Namun, volume gas suar di Indonesia masih dianggap relatif kecil, temporer, tidak stabil, dan mengandung CO₂ dan H₂S yang harus diproses terlebih dahulu sebelum dikomersialisasi sehingga pemanfaatannya masih sedikit.
5. Adanya kandungan H₂S dan CO₂ menjadi kendala dalam pemanfaatan gas suar sendiri karena diperlukan perlakuan khusus terlebih dahulu sebelum digunakan. Kondisi ini menyebabkan pembangunan fasilitas pemanfaatan gas berisiko tinggi dan banyak dihindari oleh perusahaan. Selain itu, pasokan gas suar yang tidak stabil, harga gas suar yang dipengaruhi komposisi, lokasi dan volume gas suar sendiri.

KESIMPULAN

1. Potensi gas suar di Indonesia cukup besar, namun pemanfaatan gas suar menjadi LPG masih dalam tahap pengembangan.
2. Tantangan dalam pemanfaatan gas suar umumnya disebabkan oleh umur produksi gas suar yang tidak dapat bertahan lama. Dengan kata lain, ketika kesepakatan masih terjalin, gas suar yang terproduksi tidak lagi ekonomis. Adanya kandungan H₂S dan CO₂ dalam gas suar menjadi kendala dalam pemanfaatan gas suar menjadi LPG.
3. Kebutuhan LPG nasional Indonesia mencapai 8,8 juta ton pertahun, sedangkan produksi

hanya mencapai 2 juta ton pertahun. Hal inilah yang membuat Indonesia mengimpor LPG untuk memenuhi kebutuhan masyarakat nasional.

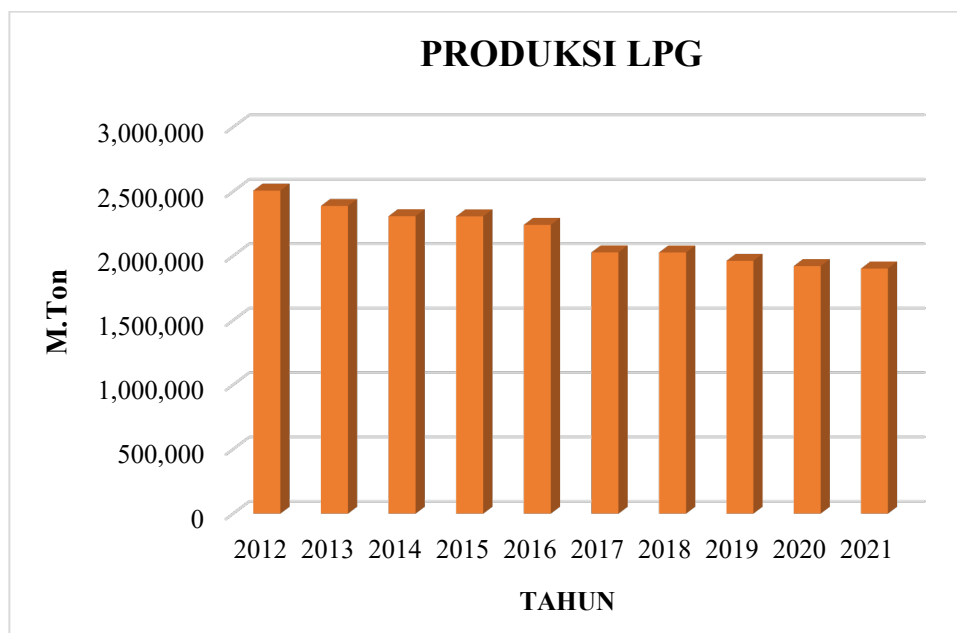
4. Diharapkan pemerintah mulai memaksimalkan pemanfaatan gas suar menjadi LPG baik itu dengan membentuk badan usaha ataupun menjalin kerjasama dengan badan usaha yang mengelola gas suar. Selain itu, memperkaya sumber daya manusia yang berkompeten di bidang pemanfaatan gas suar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih Qosha Baihaqie dan seluruh pihak yang membantu hal teknis ataupun non teknis selama penelitian dan panitia serta *reviewer* Seminar Nasional Rekayasa, Sains dan Teknologi (SNARSTEK) Universitas Tanri Abeng yang telah memberikan kesempatan untuk mempublikasi penelitian kami.

Tabel 1. Produksi LPG Di Indonesia 2012 - 2021

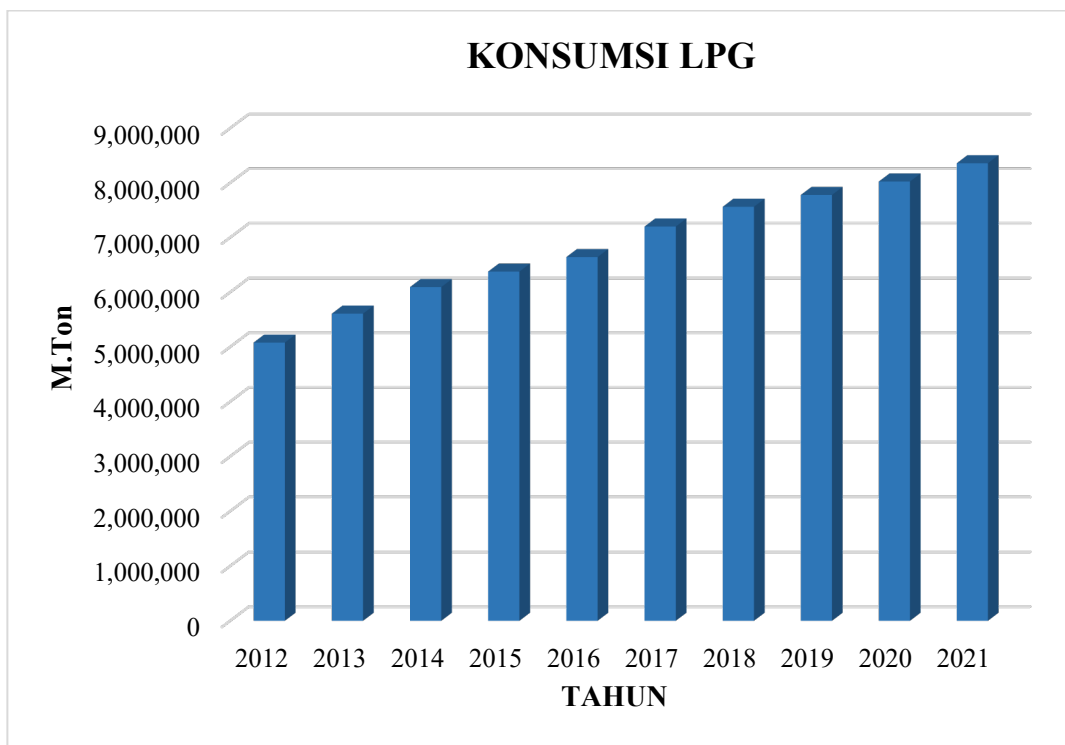
Tahun	Produksi (M.Ton)
2012	2.506.966
2013	2.388.193
2014	2.308.862
2015	2.307.407
2016	2.241.567
2017	2.027.941
2018	2.027.263
2019	1.961.994
2020	1.921.652
2021	1.902.557



Gambar 1. Produksi LPG Di Indonesia 2012 - 2021

Tabel 2. Konsumsi LPG Di Indonesia 2012 – 2021

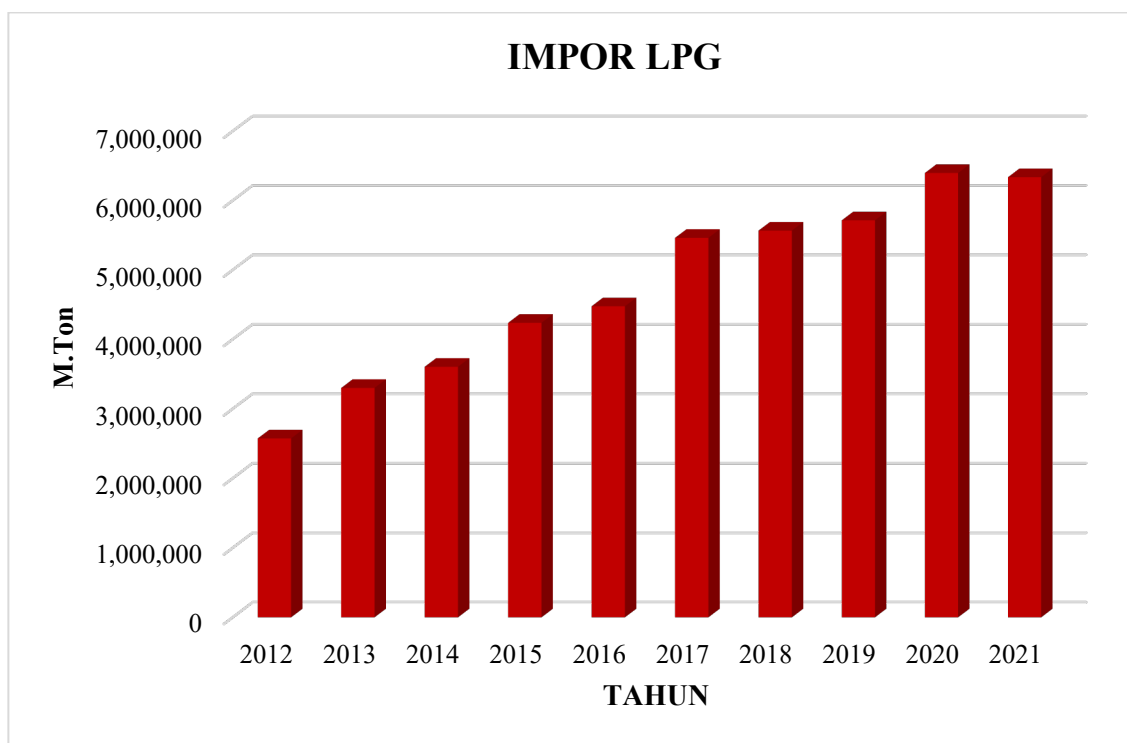
Tahun	Konsumsi (M.Ton)
2012	5.079.000
2013	5.607.430
2014	6.093.138
2015	6.376.990
2016	6.642.633
2017	7.200.853
2018	7.562.184
2019	7.777.990
2020	8.023.805
2021	8.358.499



Gambar 2. Konsumsi LPG Di Indonesia 2012 - 2021

Tabel 3. Impor LPG Di Indonesia 2012 - 2021

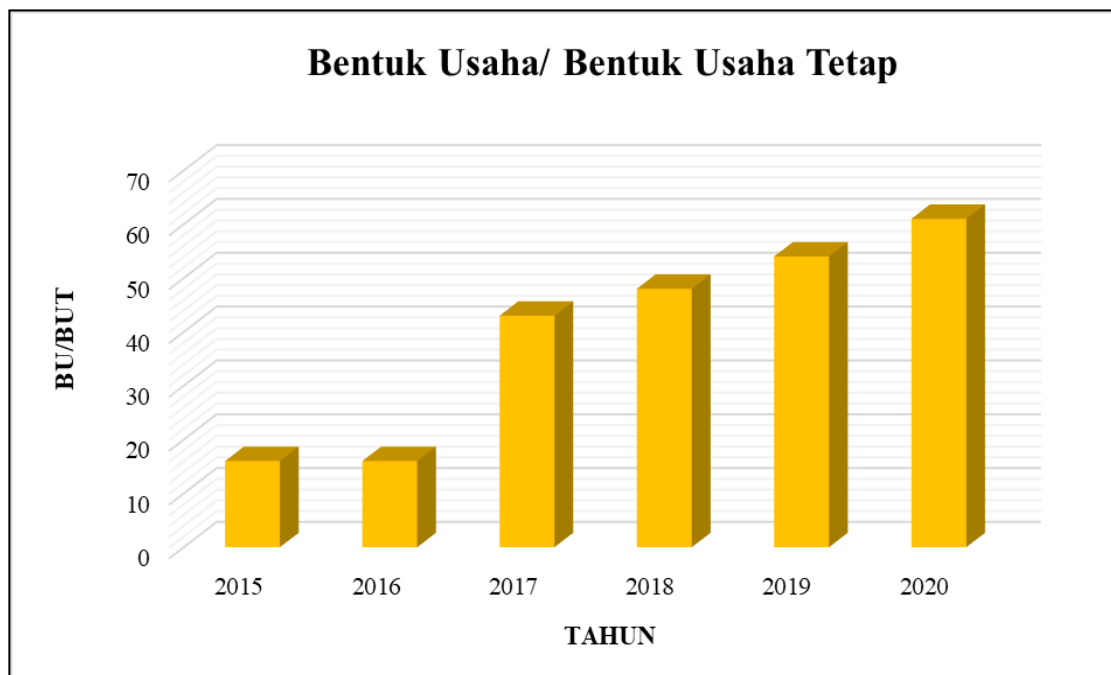
Tahun	Impor (M. Ton)
2012	2.573.670
2013	3.299.808
2014	3.604.009
2015	4.237.499
2016	4.475.929
2017	5.461.934
2018	5.566.572
2019	5.714.693
2020	6.396.962
2021	6.336.354



Gambar 3. Impor LPG Di Indonesia 2012 - 2021

Tabel 4. BU/BUT Pemanfaatan Gas Suar 2015 - 2020

Tahun	Bentuk Usaha/ Bentuk Usaha Tetap
2015	16
2016	16
2017	43
2018	48
2019	54
2020	61



Gambar 4. BU/BUT Pemanfaatan Gas Suar Bakar 2012 - 2020

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019a). Laporan Tahunan Capaian Program dan Kegiatan 2019.
- [2] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019b). Statistik Minyak dan Gas Bumi 2019.
- [3] Direktur Jenderal Energi Baru, T. dan K. E. (EBTKE). (2021). Capaian Kinerja 2020 Dan Rencana Kerja 2021 Subsektor EBTKE. 2021, 1–11. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/01/15/2767/capaian.kinerja.2020.dan.rencana.kerja.2021.subsektor.ebtke?lang=en>
- [4] Emam, E. A. (2015). GAS flaring in industry: An overview. *Petroleum and Coal*, 57(5), 532– 555.
- [5] Fitriana, Z. M. & Ma'rifah Marifah (2020). Prinsip Keselarasan Pengelolaan Dan Pemanfaatan Gas

- Suar Migas (Perbandingan Regulasi Gas Suar). *De Jure Critical Laws Journal*.
- [6] Handiko Gunard. 2012. Pemanfaatan Gas Suar Bakar Untuk Industri Sekitar Di Tiga Lokasi. Depok; Universitas Indonesia.
- [7] Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Pemanfaatan Dan Harga Jual Gas Suar Pada Kegiatan Usaha Hulu Minyak Dan Gas Bumi, (2017).
- [8] Rochmi, S. Z. N., Wahyudi, A., & Sofyan, A. (2019). Analisis Tekno – Ekonomi Pemanfaatan Gas Suar Menjadi Lpg Di Lapangan XXX Kaltim. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi Migaszoom*, 1(1), 36–49. <https://Doi.Org/10.37525/Mz/2019-1/226>Ningrum, E. T., & Tikasari, E. (2015). Pabrik Lpg Dari Natural Gas Dengan Proses Cryogenic. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Sari, M. S., Hadiyanto, & Muhammad, F. (2018). Flare gas recovery as one of the clean development mechanism (CDM) practices. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 200(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/200/1/012023>
- [10] Sugiarto. 2011. Pemanfaatan Gas Suar Bakar Untuk Jaringan Gas Rumah Tangga. Depok; Universitas Indonesia.
- [11] World Bank Group. (2004). Flared Gas Utilization Strategy; Opportunities for Small-Scale Uses of Gas. In *The World Bank*. www.worldbank.org

ANALISIS PENGARUH SHIFT KERJA TERHADAP KELELAHAN KERJA PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI

Tuah Rizky Harianja¹, Edison H. Manurung², Rustama Berangket³

Prodi Teknik Sipil Universitas Mpu Tantular^{1,2}

Prodi Teknik Sipil Universitas Tanri Abeng Indonesia³

trizkyharianja96@gmail.com¹, edisonmanurung2010@yahoo.com², rustama@tau.ac.id³

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh shift kerja terhadap tingkat kelelahan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi. Kelelahan kerja merupakan masalah yang sering terjadi di industri konstruksi, dan shift kerja yang tidak teratur dapat menjadi faktor yang berkontribusi terhadap tingkat kelelahan yang tinggi. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan mengumpulkan data dari pekerja konstruksi yang terlibat dalam proyek konstruksi. Data yang dikumpulkan meliputi pola shift kerja, tingkat kelelahan kerja, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi kelelahan kerja. Analisis statistik digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara shift kerja dan tingkat kelelahan kerja. Bekerja dalam jangka waktu yang berlebihan dapat meningkatkan tingkat kesalahan karena meningkatnya kelelahan dan kurangnya waktu tidur. Berdasarkan wawancara awal, sebanyak 60% dari 25 pekerja melaporkan hal seperti pegal-pegal tubuh, kelelahan sebelum bekerja, kantuk, dan terjadinya misscommunication pada pengawas serta pekerja. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak durasi kerja dengan tingkat kelelahan pekerja konstruk di Proyek X di Jakarta Timur. Metode penelitian yang digunakan adalah observasi analitik dan pendekatan cross sectional. Sampel diambil menggunakan metode purposive sampling, melibatkan 49 pekerja. Analisis data dilakukan dengan pendekatan univariat dan bivariat serta uji chi square dimana nilai $p < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara waktu kerja dan tingkat kelelahan pada pekerja konstruksi di Proyek X, dengan nilai p sebesar 0,002 dan Prevalence Ratio (PR) sebesar 3,130. Sebagai rekomendasi, disarankan agar perusahaan menerapkan manajemen kelelahan (fatigue management) untuk meningkatkan kesejahteraan pekerja.

Kata kunci — shift kerja, kelelahan kerja, proyek konstruksi

I. PENDAHULUAN

Tiap tahun, terjadi peningkatan jumlah kecelakaan kerja di Indonesia. Pada tahun 2011, tercatat 9.891 kasus kecelakaan akibat kerja, meningkat menjadi 21.735 kasus pada tahun 2012, 35.917 kasus pada tahun 2013, dan kemudian mengalami penurunan menjadi 24.910 kasus pada tahun 2014. Salah satu penyebab kecelakaan kerja yang signifikan adalah kelelahan yang disebabkan oleh jam kerja yang panjang atau beban kerja yang berlebihan, sebagaimana diindikasikan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 2015.

Kerja berlebihan dapat meningkatkan risiko kesalahan manusia karena tingginya tingkat kelelahan dan kurangnya waktu istirahat. Undang-Undang Nomor 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan mengatur jam kerja bagi pekerja di sektor swasta, terutama dalam pasal 77 hingga pasal 85. Pasal 77 ayat 1 menegaskan kewajiban pengusaha untuk mematuhi ketentuan jam kerja,

yang mencakup dua sistem: bekerja selama 7 jam per hari atau 40 jam per minggu selama 6 hari kerja dalam seminggu, atau bekerja selama 8 jam per hari atau 40 jam per minggu selama 5 hari kerja dalam seminggu.

Dua sistem jam kerja itu membatasi waktu kerja hingga 40 jam per minggu. Jika lebih dari batas ini, maka waktu kerja dianggap sebagai lembur. Pekerjaan berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif seperti kelelahan, masalah kesehatan, ketidakpuasan, stres kerja, dan risiko kecelakaan kerja (Odds Ratio = 2,52 dengan Interval Kepercayaan 95% antara 1,12 hingga 5,65) (Virtanen et.al, 2012; Rajaleid et.al, 2017).

Proyek X merupakan proyek pembuatan pabrik farmasi pada wilayah Jakarta yang melibatkan tiga kegiatan utama, yaitu pekerjaan mekanik yaitu, pemasangan pipa dan ducting, pekerjaan elektrik yaitu penarikan kabel feeder, dan pekerjaan kecil yaitu mengecor, menggali, dan mengecat. Menurut informasi dari perusahaan, terdapat dua

kejadian near miss yang terjadi pada 25 Januari dan 7 Februari 2017. Kejadian pertama melibatkan rusaknya sarung tangan pekerja akibat terlilit mata bor ketika mengebor partisi pipa. Sementara kejadian kedua terkait terjatuhnya platform akustik karena pekerja menarik kabel menggunakan rantai di atas platform akustik, menyebabkan kerusakan pada platform dan terjatuh ke bawah karena tertimpa rantai. Penting untuk dicatat bahwa platform akustik seharusnya tidak termasuk dalam daftar peralatan kerja pada lembar Job Safety.

Beberapa alasan dari pengaruh shift kerja terhadap kelelahan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi adalah sebagai berikut;

1. Sifat Kerja yang Demanding: Industri konstruksi dikenal sebagai salah satu industri yang memiliki sifat kerja yang fisik dan mental yang sangat demanding. Pekerja konstruksi seringkali terlibat dalam pekerjaan yang membutuhkan kekuatan fisik, ketahanan, dan konsentrasi yang tinggi. Hal ini dapat menyebabkan tingkat kelelahan yang tinggi pada pekerja.

2. Shift Kerja yang Tidak Teratur: Dalam industri konstruksi, seringkali diperlukan shift kerja yang tidak teratur, termasuk shift malam. Pekerja konstruksi seringkali harus bekerja pada waktu yang tidak biasa, termasuk di malam hari atau akhir pekan. Shift kerja yang tidak teratur dapat mengganggu pola tidur dan ritme sirkadian pekerja, yang dapat menyebabkan gangguan tidur dan kelelahan.

3. Risiko Kelelahan Kerja: Kelelahan kerja adalah kondisi di mana seseorang mengalami penurunan energi fisik dan mental akibat beban kerja yang berlebihan atau kurangnya waktu istirahat yang memadai. Kelelahan kerja dapat menyebabkan penurunan kinerja, peningkatan risiko kecelakaan, dan masalah kesehatan fisik dan mental. Dalam konteks pelaksanaan proyek konstruksi, kelelahan kerja dapat berdampak negatif pada produktivitas, kualitas pekerjaan, dan keselamatan pekerja.

4. Dampak Negatif pada Kesejahteraan Pekerja: Kelelahan kerja yang berkepanjangan dapat memiliki dampak negatif pada kesejahteraan pekerja. Pekerja yang mengalami kelelahan kerja cenderung mengalami peningkatan tingkat stres,

kelelahan kronis, gangguan tidur, dan masalah kesehatan fisik dan mental lainnya. Hal ini dapat berdampak pada kepuasan kerja, motivasi, dan kualitas hidup pekerja.

5. Kebutuhan untuk Perbaikan Kondisi Kerja: Mengingat dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh kelelahan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi, penting untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kelelahan kerja, termasuk pengaruh shift kerja. Dengan memahami pengaruh shift kerja terhadap kelelahan kerja, dapat dikembangkan strategi dan kebijakan yang lebih baik dalam manajemen shift kerja dan perencanaan proyek konstruksi untuk meningkatkan kondisi kerja dan kesejahteraan pekerja.

Adapun tujuan dari penelitian tentang pengaruh shift kerja terhadap kelelahan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi adalah sebagai berikut: Menganalisis pengaruh shift kerja terhadap tingkat kelelahan kerja pada pekerja konstruksi. Dengan mencapai tujuan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh shift kerja terhadap kelelahan kerja pada pelaksanaan proyek konstruksi dan memberikan dasar untuk perbaikan kondisi kerja yang lebih baik bagi pekerja konstruksi.

II. METODE PENELITIAN

Dari hasil pengumpulan data awal melalui interaksi wawancara dengan 25 tenaga kerja, ditemukan bahwa 15 di antaranya (60%) menghadapi tanda-tanda keletihan, seperti adanya keluhan kekakuan di seluruh tubuh, merasa lelah sebelum memulai aktivitas pekerjaan, mengalami rasa kantuk, dan seringkali terjadi ketidakjelasan komunikasi antara supervisor dan pekerja karena kurangnya fokus saat berkerja. Sejumlah 80% dari total 65 pekerja melaporkan bahwa mereka bekerja selama 12 jam setiap hari dalam satu minggu penuh, dengan waktu istirahat 1-2 jam sehari pada pukul 12:00-13:00 WIB dan pukul 18:00-19:00 WIB. Setelah istirahat, mereka melanjutkan pekerjaan hingga pukul 22:00 WIB. Lama kerja yang tinggi di Proyek X, mencapai 12 jam per hari, melebihi standar yang diatur dalam Undang-Undang No 13 Tahun 2003 yang menyarankan lama kerja yang ideal sekitar 7-8 jam per hari. Dengan adanya informasi bahwa

60% tenaga kerja mengungkapkan tanda-tanda kelelahan, peneliti merasa tertarik untuk menjalankan penelitian dengan maksud menilai pengaruh durasi waktu kerja terhadap tingkat kelelahan tenaga kerja konstruksi.

Penelitian ini mengadopsi metode kuantitatif dengan rancangan penelitian Cross Sectional untuk mengevaluasi dampak durasi jam kerja terhadap tingkat kelelahan pekerja. Subjek penelitian mencakup seluruh anggota tenaga kerja yang terlibat di Proyek X Jakarta, dengan jumlah total pekerja konstruksi sekitar 65 orang. Seleksi sampel dilakukan secara sengaja dengan mempertimbangkan kriteria tertentu, seperti jenis kelamin pria, usia di kisaran 20-49 tahun, kondisi kesehatan yang prima (tidak dalam perawatan medis, tidak sedang sakit, atau baru sembuh dari penyakit dalam seminggu terakhir), dan status gizi yang mencerminkan nilai Indeks Masa Tubuh (IMT) dalam rentang normal (18,5-25,0). Dari jumlah keseluruhan pekerja konstruksi sebanyak 65 orang, sejumlah 49 responden memenuhi persyaratan sampel sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Pengumpulan data dilakukan melalui teknik observasi dan wawancara. Data mengenai karakteristik individu, seperti berat dan tinggi badan, diukur dengan menggunakan timbangan injak dan roll meter. Sementara itu, informasi terkait jam kerja dan tingkat kelelahan diperoleh melalui kuesioner. Kuesioner yang digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan adalah Kuesioner Alat Ukur Perasaan Kelelahan Kerja (KAUPK2), yang telah melewati uji validitas dan reliabilitas. Tingkat kelelahan dihitung berdasarkan total skor kuesioner dan selanjutnya diklasifikasikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu: 1) Sangat lelah, apabila skor KAUPK2 >35; 2) Lelah, jika skor KAUPK2 berada dalam rentang 20-35; 3) Normal, jika skor KAUPK2 <20. Proses analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan univariat dan bivariat dengan menerapkan uji statistik chi-square, dan tingkat signifikansi yang diambil $p < 0,05$.

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menemukan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara durasi waktu kerja dan tingkat kelelahan tenaga kerja Proyek X Jakarta, dengan nilai p sebesar 0,002, Prevalence Ratio (PR) sebesar 3,130, dan Interval Kepercayaan 95% antara 1,137 hingga 8,168. Temuan ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa

ritme sirkadian tubuh (keadaan alamiah tubuh) dan ragam proses otonom tubuh yang seharusnya mendapatkan waktu istirahat selama malam, justru diteruskan dengan aktivitas kerja lembur. Kondisi ini mengakibatkan tubuh terpaksa mempertahankan keadaan siaga saat bekerja, yang pada gilirannya meningkatkan produksi asam laktat dalam tubuh dan akhirnya mengakibatkan kelelahan kerja. (Budiono, 2016).

Umumnya, individu mampu bekerja secara efektif selama 6-10 jam dalam sehari. Sisa waktu tersebut biasanya digunakan untuk aktivitas keluarga, interaksi sosial, istirahat, tidur, dan kebutuhan lainnya (Suma'mur, 2009). Pemanjangan jam kerja di luar batas kemampuan normal seringkali tidak diimbangi oleh peningkatan Kelebihan jam kerja dapat berdampak negatif pada efisiensi, efektivitas, dan produktivitas yang optimal, bahkan dapat menyebabkan penurunan kualitas dan hasil pekerjaan. Bekerja dalam durasi yang berlebihan dapat menimbulkan konsekuensi merugikan seperti kelelahan, masalah kesehatan, gangguan tidur, penyakit, ketidakpuasan kerja, dan bahkan meningkatkan risiko kecelakaan (Rau dan Tremier, 2004; Ridley, 2009). Kelebihan waktu kerja juga memiliki keterkaitan dengan risiko depresi, kecemasan, dan penyakit jantung koroner (Tamakoshi, 2014).

Seseorang umumnya dapat berkinerja optimal selama 40-50 jam dalam seminggu. Jika melebihi batas tersebut, kemungkinan besar akan muncul dampak negatif baik bagi kesejahteraan tenaga kerja maupun kualitas pekerjaannya. Semakin lama jam kerja dalam seminggu, semakin tinggi potensi terjadinya situasi yang tidak diinginkan (Suma'mur, 2009).

Jika seseorang terpaksa harus bekerja dalam waktu yang lama, perlu diingat bahwa hal ini dapat meningkatkan risiko beban kardiovaskular. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengambil istirahat yang cukup lama guna mengurangi dampak negatif tersebut, jika situasi waktu kerja yang panjang tidak dapat dihindari (Liu, dkk., 2018).

Jika tenaga kerja mengalami kelelahan dan dipaksa untuk terus bekerja, keadaan kelelahan tersebut cenderung meningkat, menghambat

kelancaran pekerjaan, dan berpotensi memberikan dampak negatif pada kesejahteraan tenaga kerja tersebut (Suma'mur, 2009). Pekerjaan di sektor konstruksi seringkali memerlukan upaya keras dari para pekerja, kadang-kadang melebihi batas kemampuan alamiah tubuh, yang dapat menyebabkan cedera dan kelelahan.

IV. HASIL

Hasil analisis data secara univariat dapat disimak pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Distribusi Responden Berdasarkan Waktu Kerja

Durasi Kerja	Frekuensi	Persentase (%)
≥ 8 Jam/Hari	36	73,5
≤ 8 jam/Hari	13	26,5
Total	49	100,0

Dari data yang tercantum dalam Tabel 1, dapat ditarik kesimpulan bahwa sebagian besar partisipan melakukan kegiatan kerja lembur. Sebanyak 36 responden, atau 73,5%, bekerja lebih dari 8 jam, sedangkan 13 responden, atau 26,5%, menjalani jam kerja normal selama 8 jam.

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Tingkat Kelelahan Kerja

Kelelahan Kerja	Frekuensi	Persentase (%)
Lelah	29	59,2
Normal	20	40,8
Total	49	100,0

Dari data yang terdapat dalam Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar responden mengalami kelelahan, yakni sebanyak 29 pekerja (59,2%). Sebanyak 20 pekerja, atau sekitar 40,8%, berada dalam keadaan tidak mengalami kelelahan atau dalam kondisi normal.

Hasil analisis data secara bivariat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Crosstab Waktu Kerja Terhadap Tingkat Kelelahan Kerja.

Kelelahan Kerja	P Value	PR	CI 95%
Waktu Kerja Lelah Normal Total	0,002	3,130	1,137-8,168
>8 jam/hari 26 36			
≤ 8 jam/hari 3 13			
Total 29 49	20		

Dari informasi yang tercantum dalam Tabel 3, dapat ditarik kesimpulan bahwa dari 36 responden yang terlibat dalam kerja lembur (lebih dari 8 jam per hari), sekitar 72,2% atau 26 responden mengalami kelelahan, sedangkan 27,8% atau 10 responden tidak mengalami kelelahan atau berada dalam kondisi normal. Di sisi lain, dari 13 responden yang tidak melakukan kerja lembur, sekitar 23,1% atau 3 responden mengalami kelelahan, sementara 76,9% atau 10 responden tidak mengalami kelelahan atau berada dalam keadaan normal.

Dari hasil analisis statistik menggunakan uji chi-square, ditemukan nilai p-value sebesar 0,02, yang menggambarkan adanya korelasi antara durasi waktu kerja dan tingkat kelelahan pada pekerja konstruksi di Proyek X Jakarta. Penelitian ini juga mengungkapkan nilai Prevalence Ratio (PR) sebesar 3,130, menandakan bahwa pekerja yang terlibat dalam kerja lembur memiliki risiko 3,130 kali lebih tinggi untuk mengalami kelelahan kerja.

V. KESIMPULAN

Terdapat korelasi antara durasi waktu kerja dan tingkat kelelahan pada tenaga kerja konstruksi di Proyek X Jakarta, yang dapat ditarik kesimpulan dari nilai signifikan p-value sebesar 0,002. Responden yang terlibat dalam kegiatan lembur memiliki risiko 3,130 kali lebih tinggi untuk merasakan kelelahan kerja.

VI. SARAN DAN REKOMENDASI

Berikut beberapa rekomendasi: Bagi pekerja konstruksi, disarankan untuk melaksanakan aktivitas peregangan otot, seperti menggerakkan

kepala, tangan, dan kaki selama pekerjaan atau saat waktu istirahat, agar sirkulasi darah tetap optimal di seluruh tubuh dan untuk menghindari keadaan statis yang berkepanjangan. Disarankan juga untuk meningkatkan asupan cairan dengan minum 6-8 gelas atau setara dengan 2 liter air putih setiap hari. Pentingnya memanfaatkan waktu istirahat secara optimal juga ditekankan untuk mengurangi kelelahan kerja.

Bagi manajemen Proyek X Jakarta, disarankan untuk membuat evaluasi dan pengujian kinerja tenaga kerja secara rutin untuk mendeteksi tanda-tanda kelelahan. Selain itu, dianjurkan untuk menerapkan kebijakan waktu lembur yang mematuhi batasan maksimal 14 jam per minggu, relevan dengan ketentuan UU No. 13 Tahun 2003 pasal 78 ayat (1). Jika diperlukan, perhatikan kemungkinan penambahan tenaga kerja dan penyesuaian shift kerja untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang dapat disebabkan oleh kelelahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiono, S. 2016. Bunga Rampai Hiperkes dan Kesehatan Kerja cetakanke6.Universitas Diponegoro.Semarang.
- [2] Kementrian Kesehatan RI. 2015. Situasi Kesehatan Kerja. Pusat Data dan Informasi. Jakarta.
- [3] Liu, X., H. Ikeda, F. Oyama, K. Wakisaka, dan M. Takahashi.2018.Hemodynamic Responses to Simulated Long Working Hours with Short and Long Breaks in Healthy Men, Scientific Report. September: 1-10. diakses dari: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32908-y>.
- [4] Rajaleid, K., C. Hellgren, dan P. Barckholst. 2017. The impact of reduced worktime on sleep and perceived stress – a group randomized intervention study using diary data, Scandinavian Journal of Work,Environment and Health. 43(2): 109–116.diakses dari: <https://doi.org/10.5271/sjweh.3610>.
- [5] Rau, R., dan A. Triemer. 2004. Overtime In Relation To Blood Pressure And Mood During Work, Leisure, and Night Time.Social Indicators Research. June 2004 1(2): 67; ProQuest. pg. 51.
- [6] Ridley,J.2009.Kesehatan dan Keselamatan Kerja.Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [7] Suma'mur, P. 2009. Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja. CV. Segung Seto. Jakarta.
- [8] Tamakoshi, A. 2014. The association between long working hours and health : A systematic review of epidemiological evidence. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. 40(1): 5–18. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3388>.
- [9] Undang Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.
- [10] Virtanen, M., S. A. Stansfeld, R. Fuhrer, J. E. Ferrie, dan M. Kivima. 2012. Overtime Work as a Predictor of Major Depressive Episode : A 5-Year Follow-Up of the Whitehall II Study. PLoS ONE. 7(1): 1–6. diakses dari: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030719>.