

Jurnal Teknosia Vol. 19 No. 02, Desember 2025

Analisis Geoteknik Dan Dinamik Struktur Untuk Perkuatan
Abutmen Jembatan Way Pagar Alam Yang Longsor Hal. 60-66

**Aminudin Syah¹, Fikri Alami², Ofik Taupik Purwadi³, Endro
Prasetyo Wahono⁴**

Analisis Kinerja Turbin Francis Horizontal Terhadap Variasi Debit
Pada Sistem Pltmh Aek Sigeaon (*The Performance Analysis Of
Horizontal Francis Turbine To Discharge Variations In The Aek
Sigeaon Micro Power Plant System*) Hal. 67-75

**Hotmariana R Hutasoit¹, Angky Puspawan², Nurul Iman Supardi³,
Jodi Trinaldi Manalu⁴**

Perbandingan Performa Algoritma Naive Bayes Dan Support
Vector Machine Pada Analisis Sentimen Implementasi Program
Kip-Kuliah Hal. 76-87

**Ni Putu Ana Rainita¹, I Md Dendi Maysanjaya²,
Gede Surya Mahendra³**

Resiliensi Arsitektur Masjid Pasca-Bencana : Kajian Peran Masjid
Sebagai Pusat Mitigasi Bencana Di Kota Palu Hal. 88-97

**Hariyadi Salenda^{1*}, Munarsi M², Sutradi Melissa Malik³, Luthfiah⁴,
Irfandi⁵, M. Rachmat Sayahrullah⁶**

Re-Desain Lengan Robot 6 Dof Berdasarkan Benchmarking
Menggunakan Permodelan 3d Pada Autodesk Inventor 2024 Hal. 98-106

**Elvyra Danotti¹, Steven Fernando Chu², Monika³, Handi Wilujeng
Nugroho^{4*}, Kurniawan Hamidi⁵.**

Perancangan Dashboard Berbasis Business Intelligence Untuk
Optimalisasi Manajemen Persediaan Di Cv Bali Treasures Hal. 88-97

**Anak Agung Istri Callysta Athalia^{1*}, I Md. Dendi Maysanjaya^{2*},
Gede Surya Mahendra^{3*}**



TIM REDAKSI

Jurnal **TEKNOSIA** Vol. 19 No. 02, Desember 2025
ISSN : 2798-0588 (Online) dan ISSN : 1978-8819 (Print)

Chief Editor : Helmizar
Scopus ID: 57189371610

Managing Editor : Yovan Witanto
SINTA ID : 6646174

Section Editor : Niska Ramadhani
SINTA ID: 6119627

Widhia Oktoberza KZ
SINTA ID: 6757207
Scopus ID: 56669681900

Hari Aspriyono
SINTA ID: 5999686

Copy Editor : Tessa Zulenita Fitri
SINTA ID : 6928191

Julia Purnama Sari
SINTA ID : 6703571

Suprpto
SINTA ID : 6024492
Scopus ID : 57191275006

Layout Editor : Adhadi Kurniawan
SINTA ID: 6692756

Panji Anom Ramawangsa
SINTA ID : 6703255



DAFTAR ISI

Jurnal **TEKNOSIA** Vol. 19 No. 02, Desember 2025
ISSN : 2798-0588 (Online) dan ISSN : 1978-8819 (Print)

SAMPUL
TIM REDAKSI
DAFTAR ISI

i
ii
iii

Analisis Geoteknik Dan Dinamik Struktur Untuk Perkuatan Abutmen Jembatan Way Pagar Alam Yang Longsor Hal. 60-66

Aminudin Syah¹, Fikri Alami², Ofik Taupik Purwadi³, Endro Prasetyo Wahono⁴

Analisis Kinerja Turbin Francis Horizontal Terhadap Variasi Debit Pada Sistem Pltmh Aek Sigean (*The Performance Analysis Of Horizontal Francis Turbine To Discharge Variations In The Aek Sigean Micro Power Plant System*) Hal. 67-75

Hotmariana R Hutasoit¹, Angky Puspawan², Nurul Iman Supardi³, Jodi Trinaldi Manalu⁴

Perbandingan Performa Algoritma Naive Bayes Dan Support Vector Machine Pada Analisis Sentimen Implementasi Program Kip-Kuliah Hal. 76-87

Ni Putu Ana Rainita¹, I Md Dendi Maysanjaya², Gede Surya Mahendra³

Resiliensi Arsitektur Masjid Pasca-Bencana : Kajian Peran Masjid Sebagai Pusat Mitigasi Bencana Di Kota Palu Hal. 88-97

Hariyadi Salenda^{1*}, Munarsi M², Sutrati Melissa Malik³, Luthfiah⁴, Ifandi⁵, M. Rachmat Sayahrullah⁶

Re-Desain Lengan Robot 6 Dof Berdasarkan *Benchmarking*
Menggunakan Permodelan 3d Pada *Autodesk Inventor 2024*

Hal. 98-106

***Elvyra Danotti¹, Steven Fernando Chu², Monika³, Handi Wilujeng
Nugroho^{4*}, Kurniawan Hamidi⁵.***

Perancangan Dashboard Berbasis Business Intelligence Untuk
Optimalisasi Manajemen Persediaan Di Cv Bali Treasures

Hal. 107 – 116

***Anak Agung Istri Callysta Athalia^{1*}, I Md. Dendi Maysanjaya^{2*},
Gede Surya Mahendra^{3*}***

ANALISIS GEOTEKNIK DAN DINAMIK STRUKTUR UNTUK PERKUATAN ABUTMEN JEMBATAN WAY PAGAR ALAM YANG LONGSOR

GEOTECHNICAL AND STRUCTURAL DYNAMICS ANALYSIS FOR ABUTMENT REINFORCEMENT OF THE WAY PAGAR ALAM BRIDGE FAILURE

Aminudin Syah¹, Fikri Alami^{2*}, Ofik Taupik Purwadi³, Endro Prasetyo Wahono⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

^{*}) Email: fikri.alami@eng.unila.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:
07 November 2025

Diterbitkan:
24 Desember 2025

Abstract: The Way Pagar Alam Bridge in Tanggamus Regency experienced failure at one of its widened abutments due to a combination of weak geotechnical conditions, rainfall infiltration, and riverbank erosion. This study aims to assess the structural and geotechnical conditions of the bridge and develop an effective reinforcement design. The methodology includes visual inspection, laboratory testing of soil, structural vibration monitoring, and slope stability analysis using limit equilibrium-based software. Vibration tests indicate that the bridge superstructure remains stiff, with vertical deflection well below the allowable limit. Subsurface investigations revealed the presence of expansive clay with low bearing capacity in shallow layers. Stability analysis shows that a combined reinforcement system comprising a retaining wall, gabion protection, and mini piles can enhance the slope safety factor to 1.99 (static) and 1.73 (dynamic), meeting applicable engineering standards. The proposed design is considered effective and applicable for bridge rehabilitation in tropical regions with soft subgrade conditions.

Keyword: bridge, slope stability, reinforcement, HYRCAN

Abstrak: Jembatan Way Pagar Alam di Kabupaten Tanggamus mengalami keruntuhan pada salah satu abutmen hasil pelebaran akibat kombinasi kondisi geoteknik lemah, infiltrasi air hujan, dan gerusan aliran sungai. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi struktur dan tanah di sekitar jembatan serta merancang sistem perkuatan yang efektif. Metode yang digunakan mencakup pengamatan lapangan, survei dan investigasi geoteknik, uji getaran struktur, serta analisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak berbasis keseimbangan batas. Hasil uji getar menunjukkan struktur atas jembatan masih kaku dengan defleksi vertikal berada di bawah batas izin. Investigasi tanah mengungkapkan lapisan lempung ekspansif dengan daya dukung rendah di kedalaman dangkal. Analisis stabilitas menunjukkan bahwa kombinasi dinding penahan tanah (DPT), bronjong, dan mini pile meningkatkan faktor keamanan lereng menjadi 1,99 (statis) dan 1,73 (dinamis), sesuai standar teknis. Desain ini dinilai efektif dalam mengatasi keruntuhan dan dapat menjadi acuan untuk rehabilitasi jembatan di wilayah bertanah lunak tropis.

Kata Kunci: jembatan, stabilitas lereng, perkuatan, HYRCAN

PENDAHULUAN

Ketahanan jembatan terhadap beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan menjadi isu strategis seiring bertambahnya usia infrastruktur dan meningkatnya intensitas cuaca ekstrem dalam dekade terakhir [1]; [2]. Keruntuhan lokal baik pada elemen struktur maupun fondasi dapat memutus jaringan logistik dan membahayakan keselamatan pengguna jalan. Studi-studi terkini menekankan pentingnya pendekatan terpadu yang melibatkan mekanika tanah, hidrologi, dan rekayasa struktur untuk menilai kerentanan jembatan [3]; [4].

Jembatan Way Pagar Alam di Jalan Karang Rejo, Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Lampung, yang memiliki bentang 12 m dan lebar 6,45 m termasuk trotoar 0,85 m di setiap sisi mengalami kerusakan pasca hujan lebat. Abutmen hasil pelebaran mengalami longsor sehingga kapasitas dukung tanah berkurang drastis dan sambungan struktur lama-baru retak. Kegagalan serupa telah banyak dilaporkan pada jembatan dengan tanah dasar lempung lunak-sedang di seluruh Asia Tenggara, terutama akibat kombinasi beban lalu lintas, ekspansi-susut musiman, dan gerusan sungai [5]; [6].

Penurunan kekuatan geser pada lempung berkadar montmorillonit tinggi dapat mencapai 40% setelah siklus basah-kering tiga musim [7]; [8]. Tanah jenis ini memiliki nilai potensi pengembangan tinggi yang menyebabkan ketidakstabilan lereng dan deformasi lateral abutmen [9]; [10]. Infiltrasi air hujan meningkatkan tekanan pori, sedangkan gerusan aliran terutama pada tikungan mengikis kaki abutmen dan menyebabkan hilangnya penopang lateral [11]. Retakan pada lempung akibat sifat kembang-susut yang tinggi terbukti mempercepat infiltrasi hujan secara mendalam melalui jalur preferensial, sehingga menurunkan faktor keamanan lereng hingga 13,4% dan memicu longsor melalui mekanisme bertahap mulai dari pembentukan retakan hingga kegagalan lereng akhir [12].

Analisis limit equilibrium modern yang terintegrasi dalam perangkat lunak HYRCAN 22, PLAXIS LE, dan SLOPE/W memudahkan simulasi variasi muka air dan parameter tidak jenuh [13]; [14]; [15]. Metode perkuatan terkini untuk abutmen jembatan mencakup kombinasi bronjong, dinding penahan tanah (DPT), dan mini pile. Studi eksperimental dan numerik menunjukkan bahwa konfigurasi ini mampu meningkatkan faktor keamanan lereng dibanding metode konvensional [16]; [17]. Penggunaan bronjong terbukti efektif dalam mereduksi kecepatan aliran, menurunkan kedalaman gerusan maksimum dan ramah lingkungan [18]. Mini pile berfungsi meningkatkan kekakuan lateral fondasi serta menahan gaya geser akibat deformasi lateral tanah.

Selain pendekatan geoteknik dan struktural, pemantauan dinamis jembatan melalui uji getar sistem juga digunakan untuk menilai integritas struktur. Uji getaran dengan akselerometer nirkabel dan truk bermassa tetap memungkinkan deteksi perubahan frekuensi alami akibat degradasi kekakuan [19]; [20]. Nilai defleksi vertikal akibat beban dinamis dibandingkan terhadap batas $L/800$ – $L/1000$ sesuai rekomendasi standar pelayanan struktur jembatan.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, kajian ini mengintegrasikan survei geoteknik, pengujian laboratorium tanah, analisis stabilitas lereng berbasis perangkat lunak HYRCAN 22, uji getaran sistem jembatan, serta desain perkuatan gabungan. Hasil kajian diharapkan menjadi rujukan teknik rehabilitasi jembatan di wilayah bertanah lempung lunak dan beriklim tropis, sekaligus memperkaya literatur terkait sistem pemantauan dan perkuatan berbasis analisis integratif.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting Jembatan Way Pagar Alam yang mengalami keruntuhan pada salah satu abutmennya dan untuk merancang sistem perkuatan

yang sesuai berdasarkan karakteristik geoteknik, struktur, dan hidrologi setempat. Jembatan ini berada di Kecamatan Ulubelu, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung dengan koordinat 5° 20' 06,7153" LS dan 104° 34' 46,3792" BT. Metode yang digunakan mencakup survei lapangan, pengujian laboratorium, dan analisis numerik berbantuan perangkat lunak. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman menyeluruh terhadap penyebab keruntuhan dan efektivitas rancangan perkuatan.

Kegiatan survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data primer mengenai kondisi aktual struktur jembatan dan karakteristik tanah di lokasi keruntuhan. Observasi visual dilakukan terhadap elemen struktur atas seperti pelat lantai, balok utama, sambungan ekspansi, dan elemen penyangga. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengidentifikasi indikasi kerusakan, seperti retak, korosi, deformasi, serta gejala ketidakstabilan lain pada sambungan antara struktur lama dan hasil pelebaran. Pengamatan lebih lanjut difokuskan pada area abutmen yang mengalami longsor. Dokumentasi dilakukan untuk mencatat karakteristik morfologi longsor, arah retakan, dan hubungan antara lereng dan aliran sungai di sekitarnya.

Pengukuran geometri struktur dilakukan pada bagian atas dan bawah jembatan untuk mendapatkan dimensi aktual bentang, lebar, tinggi abutmen, dan kemiringan lereng. Data ini digunakan sebagai input dalam pemodelan numerik struktur dan stabilitas lereng. Untuk memperoleh data geoteknik, dilakukan pengambilan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) di dua titik sekitar lokasi longsor. Sampel diuji di laboratorium untuk menentukan sifat fisik dan mekanik tanah, seperti kadar air, batas Atterberg, berat jenis, dan parameter geser melalui uji geser langsung dan konsolidasi.

Sebagai pelengkap, dua titik uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*) dilakukan di

sekitar abutmen jembatan. Data tahanan konus (q_c) yang diperoleh digunakan untuk menentukan kedalaman lapisan tanah keras dan kapasitas dukung tanah. Selain itu, dilakukan pula pengujian getaran struktur jembatan dengan memasang akselerometer pada lantai jembatan. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu tanpa beban dan saat dilewati truk berbobot 18 ton. Hasil pengujian digunakan untuk memperoleh frekuensi alami dan defleksi vertikal jembatan guna mengevaluasi kekakuan struktural serta mendeteksi potensi penurunan performa.

Analisis numerik dilakukan dalam dua pendekatan. Pertama, analisis stabilitas lereng di sekitar abutmen dilakukan menggunakan perangkat lunak HYRCAN 22 yang berbasis metode keseimbangan batas. Model lereng dibangun berdasarkan hasil uji sondir dan laboratorium, dengan mempertimbangkan dua skenario: tanpa perkuatan dan dengan kombinasi perkuatan berupa bronjong, dinding penahan tanah (DPT), dan mini pile. Data hasil uji getar digunakan untuk memvalidasi kekakuan model numerik terhadap kondisi lapangan.

Kombinasi pendekatan survei, laboratorium, dan pemodelan numerik ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif terhadap penyebab kegagalan dan efektivitas rancangan perkuatan pada jembatan yang terletak di wilayah bertanah lempung lunak dengan kondisi hidrologi aktif.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Investigasi Lapangan dan Uji Material

Investigasi lapangan dilakukan secara menyeluruh untuk memperoleh gambaran kondisi eksisting jembatan Way Pagar Alam pascakegagalan abutmen. Pengamatan visual menunjukkan bahwa bagian abutmen hasil pelebaran mengalami keruntuhan, dengan retakan signifikan pada sambungan struktur lama dan baru (Gambar 1). Retakan ini menandakan adanya deformasi lateral

akibat berkurangnya dukungan tanah di bawah fondasi.



Gambar 1. Retakan pada sambungan abutmen lama dan baru sesaat sebelum longsor

Uji getar sistem jembatan dilaksanakan menggunakan akselerometer yang dipasang pada sistem lantai jembatan. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi: tanpa beban kendaraan dan dengan beban truk 18 ton yang melintasi jembatan. Hasil menunjukkan frekuensi alami sebesar 15,74 Hz (tanpa beban) dan 15,67 Hz (dengan beban), dengan defleksi vertikal masing-masing sebesar 0,0692 mm dan 0,087 mm. Perbedaan frekuensi sebesar 0,44% menunjukkan bahwa sistem jembatan masih mempertahankan kekakuannya, dan estimasi defleksi akibat beban truk 30 ton masih berada jauh di bawah batas yang diizinkan menurut AASHTO ($L/800 \approx 15$ mm), yakni hanya sebesar 0,145 mm.

Dari sisi geoteknik, dua titik uji sondir (S1 dan S2 pada Gambar 2) menunjukkan bahwa tanah di sekitar abutmen terdiri dari lempung sangat lunak hingga sedang pada kedalaman 0-4 m, dan lapisan keras diperoleh pada kedalaman lebih dari 5 m. Hasil laboratorium pada dua sampel tanah (TP1 dan TP2) menunjukkan klasifikasi MH (lanau anorganik) dan SM (pasir berlanau), dengan plastisitas tinggi dan tingkat pengembangan sedang hingga tinggi. Kondisi ini menimbulkan risiko tinggi terhadap deformasi musiman dan keruntuhan lereng.



Gambar 2. Penyelidikan tanah di sekitar jembatan

Analisis Stabilitas dan Mekanisme Keruntuhan

Keruntuhan abutmen jembatan ditinjau melalui pendekatan visual, laboratorium, dan model numerik. Retakan awal yang terisi air hujan menjadi jalur infiltrasi yang meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan kekuatan geser tanah. Kombinasi antara susut musim kemarau dan pengembangan saat hujan pada tanah ekspansif menyebabkan deformasi diferensial yang signifikan. Gerusan sungai pada sisi abutmen juga berperan besar dalam menghilangkan penopang lateral, terutama karena aliran sungai membelok langsung ke arah abutmen.

Berdasarkan data sondir, daya dukung tanah pada kedalaman dangkal tidak cukup menopang beban struktural dan timbunan tambahan. Ini dikonfirmasi dengan nilai kapasitas dukung ijin tanah (q_n) yang rendah pada kedalaman (D_f) < 3 m (Tabel 1), sehingga fondasi tambahan tidak boleh diletakkan pada kedalaman tersebut.

Tabel 1. Kapasitas dukung dari uji sondir

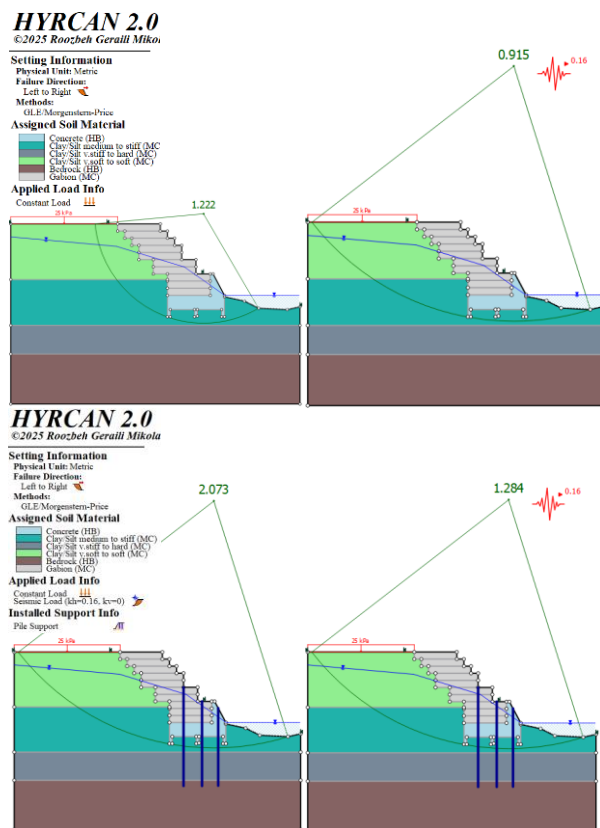
Sondir	$q_n(\text{kN/m}^2)$					
	$D_f=$ 2,5m	$D_f=$ 3,0m	$D_f=$ 3,5m	$D_f=$ 4,0m	$D_f=$ 4,5m	$D_f=$ 5,0m
S-1	71,19	75,94	66,45	56,96	90,18	189,85
S-2	11,86	71,19	272,92	474,64		

Evaluasi Perkuatan dan Faktor Keamanan

Strategi perbaikan difokuskan pada penguatan lateral dan vertikal melalui kombinasi dinding penahan tanah (DPT), bronjong, dan mini pile. Dua skenario dianalisis menggunakan metode keseimbangan batas dalam perangkat

lunak HYRCAN 22. Skenario 1 adalah berupa bronjong dan DPT hingga tanah lempung sedang. Skenario 2 adalah bronjong, DPT, dan mini pile menembus hingga lapisan tanah keras.

Hasil analisis menunjukkan bahwa skenario pertama menghasilkan faktor keamanan (SF) sebesar 1,222 (statis) dan 0,915 (dinamis), yang tidak memenuhi kriteria stabilitas lereng menurut SNI dan Bowles (1989). Sebaliknya, skenario kedua menghasilkan SF sebesar 2,073 (statis) dan 1,284 (dinamis), yang berada dalam rentang aman untuk semua standar desain. Hal ini menunjukkan bahwa elemen mini pile sangat krusial dalam meningkatkan stabilitas lereng dengan memperkuat fondasi hingga ke lapisan tanah keras.



Gambar 3. Hasil simulasi stabilitas dengan HYRCAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan integratif dengan uji getar sistem, investigasi geoteknik, dan simulasi numerik mampu memberikan dasar yang kuat untuk desain perbaikan jembatan. Perkuatan dengan kombinasi DPT, bronjong, dan mini pile terbukti meningkatkan stabilitas secara signifikan

dan memungkinkan jembatan tetap beroperasi dalam kondisi aman.

Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan. Pengujian dilakukan pada kondisi statik dan semi-dinamis, sehingga respon terhadap gempa atau aliran ekstrem belum diuji secara komprehensif. Selain itu, perubahan jangka panjang seperti pengendapan, perubahan pola aliran sungai, dan degradasi material struktur perlu dimonitor secara berkala. Oleh karena itu, disarankan penerapan sistem pemantauan jembatan jangka panjang berbasis sensor dinamis untuk deteksi dini kerusakan struktural.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil investigasi dan analisis, keruntuhan abutmen Jembatan Way Pagar Alam disebabkan oleh kombinasi tanah dasar lempung ekspansif, infiltrasi air hujan melalui retakan jalan, serta gerusan aliran sungai yang mengikis kaki fondasi. Sementara itu, hasil uji getar menunjukkan bahwa struktur atas jembatan masih dalam kondisi kaku dan aman digunakan, dengan nilai defleksi vertikal akibat beban 30 ton masih jauh di bawah batas ijin AASHTO. Uji sondir dan laboratorium tanah mengungkap bahwa daya dukung tanah sangat rendah hingga kedalaman 3 meter, sehingga tidak mampu menahan beban tambahan dari struktur dan lalu lintas.

Analisis stabilitas lereng menggunakan metode keseimbangan batas menunjukkan bahwa kombinasi perkuatan berupa bronjong, dinding penahan tanah (DPT), dan mini pile mampu meningkatkan faktor keamanan secara signifikan (1,99 statis dan 1,73 dinamis), melebihi standar minimum. Sebaliknya, sistem perkuatan tanpa mini pile tidak memenuhi kriteria aman. Dengan demikian, desain perbaikan yang diajukan berbasis pendekatan integratif struktur, geoteknik, dan hidrologi merupakan solusi efektif untuk memastikan kembali kestabilan dan fungsi jembatan secara berkelanjutan, terutama pada wilayah bertanah lunak dan beriklim tropis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung atas pendanaannya dalam kegiatan penelitian melalui hibah Penelitian DIPA FT Tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ettema, R., Ng, K., Chakradhar, R., Fuller, J., & Kempema, E. W. (2015). Failure of spill-through bridge abutments during scour: Flume and field observations. *Journal of Hydraulic Engineering*, 141(5), 04014093.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000996](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000996)
- [2] Nasr, A., Kjellström, E., Björnsson, I., Honfi, D., Ivanov, O. L., & Johansson, J. (2019). Bridges in a changing climate: a study of the potential impacts of climate change on bridges and their possible adaptations. *Structure and Infrastructure Engineering*, 16(4), 738–749.
<https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1670215>
- [3] Chen, W.-F., & Duan, L. (Eds.). (2014). *Bridge Engineering Handbook: Fundamentals* (2nd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/b15616>
- [4] Zhang, D., Xiong, W., Ma, X., Zhou, D., & Cai, C. S. (2024). Fragility evaluation of bridge shallow foundation piers under floods by coupling simulation in structural and hydraulic fields. *Ocean Engineering*, 311, 118952.
<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.118952>
- [5] Joseph, A., Anil, A., Biju, S.S., Pomson, S.S. (2025). Case Study on Embankment Failure of Bridge at Mahe–Thalassery Bypass, Kerala, India. In: Rujikiatkamjorn, C., Xue, J., Indraratna, B. (eds) *Proceedings of the 5th International Conference on Transportation Geotechnics (ICTG) 2024*, Volume 4. ICTG 2024. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 405. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-97-8225-3_17
- [6] Abdi, Ari & Ou, Chang-Yu. (2023). Failure Investigation of Braced Excavation in Soft Clays: Case Study on the Collapse of Nicoll Highway. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1184. 012010.
- [7] Briaud, J.-L. (2023). *Geotechnical engineering: Unsaturated and saturated soils* (2nd ed.). Wiley.
- [8] Wang, H., Wang, Y., & Jin, F. (2024). Stability of Expansive Soil Slopes under Wetting–Drying Cycles Based on the Discrete Element Method. *Water*, 16(6), 861.
<https://doi.org/10.3390/w16060861>
- [9] Dai ZJ, Guo JH, Luo HM, Li J, Chen SX (2020b) Strength characteristics and slope stability analysis of expansive soil with filled fissures. *Appl Sci* 10(13):4616.
- [10] Dai ZJ, Chen SX, Li J (2020a) Physical model test of seepage and deformation characteristics of shallow expansive soil slope. *Bull Eng Geol Env* 79:4063–4078.
<https://doi.org/10.1007/s10064-020-01811-0>
- [11] Dai, Z., Huang, K., Chi, Z. et al. Model test study on the deformation and stability of rainfall-induced expansive soil slope with weak interlayer. *Bull Eng Geol Environ* 83, 76 (2024).
<https://doi.org/10.1007/s10064-024-03576-2>
- [12] Jiao, W., Zhang, M., Li, P. et al. Evolution model and failure mechanisms of rainfall-induced cracked red clay slopes: insights from Xinshao County, China. *J. Mt. Sci.* 21, 867–881 (2024).
<https://doi.org/10.1007/s11629-023-8443-5>
- [13] Belew, A.Z., Belay, S.K., Wosenie, M.D. et al. A Comparative Evaluation of Seepage and Stability of Embankment Dams Using GeoStudio and Plaxis Models: the Case of Gomit Dam in Amhara Region, Ethiopia. *Water Conserv Sci*

- Eng 7, 429–441 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s41101-022-00152-1>
- [14] Cheng, H., Wu, Z., Chen, H. et al. Stability analysis of unsaturated–saturated soil slopes under rainfall infiltration using the rigorous limit equilibrium method. *Bull Eng Geol Environ* 83, 147 (2024).
<https://doi.org/10.1007/s10064-024-03623-y>
- [15] Mikola, R.G., HYRCAN: A Comprehensive Limit Equilibrium Software Package for 2D Slope Stability Analysis, University of California Berkeley Institute of Governmental Studies, February 2023.
- [16] Qin, D., Xia, H. & Wu, C. Analysis of Retaining Wall Combined with Micropiles to Reinforce Slope near Overhead Bridge. *Indian Geotech J* 54, 683–689 (2024).
<https://doi.org/10.1007/s40098-023-00768-7>
- [17] Turner, J. P., & Halvorson, M. (2013). Design method for slide-stabilizing micropile walls. In *Geo-Congress 2013: Stability and Performance of Slopes and Embankments III* (pp. 1971–1980). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- [18] Alsubih, ., Ahmed, M., Alqadhi, S. et al. Gabion water barrier structures as a sustainable approach to water and land conservation. *Environ Sci Pollut Res* 30, 126057–126071 (2023).
- [19] Oh, S.-H., Kim, H.-J., Park, K.-S., & Kim, J.-D. (2024). Evaluation of Static Displacement Based on Ambient Vibration for Bridge Safety Management. *Sensors*, 24(20), 6557.
<https://doi.org/10.3390/s24206557>
- [20] Li, J., Wen, F., Chen, J., Yang, C., Du, W., Xu, L., & Li, P. (2023). Experimental Study of Bridge Expansion Joint Damage Based on Natural Frequency. *Sensors*, 23(14), 6437.
<https://doi.org/10.3390/s23146437>

ANALISIS KINERJA TURBIN FRANCIS HORIZONTAL TERHADAP VARIASI DEBIT PADA SISTEM PLTMH AEK SIGEAON (THE PERFORMANCE ANALYSIS OF HORIZONTAL FRANCIS TURBINE TO DISCHARGE VARIATIONS IN THE AEK SIGEAON MICRO POWER PLANT SYSTEM)

¹Hotmariana R Hutasoit, ^{1*}Angky Puspawan, ¹Nurul Iman Supardi, ²Jodi Trinaldi Manalu

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,

²PLTMH Aek Sigeaon, PT Gading Energi Prima

*Email: apuspawan@unib.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

07 November
2025

Diterbitkan:

24 Desember 2025

Abstract: A Micro-Hydro Power Plant (MHPP) is a small-scale power generation system that utilizes low-discharge water flow as its driving energy source. The water used can originate from irrigation channels, rivers, or natural waterfalls. In general, an MHPP consists of three main components: a water source, a water turbine, and a generator. This study aims to analyze the effect of water discharge variation on the performance of a horizontal Francis turbine in the Aek Sigeaon MHPP system. The research focuses on observing changes in input power, output power, and turbine efficiency resulting from variations in water discharge in the field. Data collection was carried out using a SCADA monitoring system to obtain real-time operational parameters, including water discharge, pressure, current, and voltage. The results show that increasing water discharge generally leads to higher input and output power, although it does not always result in higher turbine efficiency. The maximum turbine efficiency of 68.58% was achieved at a discharge of 5.23 m³/s, while the lowest efficiency of 57.57% occurred at a discharge of 5.06 m³/s.

Keywords: Micro Hydro Power Plant, Francis Turbine, Water Flow Rate, Input Power, Output Power, Turbine Efficiency

Abstrak: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan air dalam debit kecil sebagai sumber penggerakannya. Air yang dapat dimanfaatkan pada teknologi PLTMH dapat bersumber dari saluran irigasi, sungai atau terjun alam. Secara umum PLTMH memiliki tiga komponen utama yakni air, turbin air, dan generator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi debit air terhadap kinerja turbin Francis horizontal pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Aek Sigeaon. Fokus utama penelitian ini adalah mengamati perubahan daya input, daya output, dan efisiensi turbin sebagai akibat dari variasi debit air yang terjadi di lapangan. Pengambilan data dilakukan menggunakan sistem *monitoring* SCADA untuk memperoleh parameter operasional secara *real time* seperti debit air, tekanan, arus, dan tegangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan debit air secara umum menyebabkan kenaikan daya input dan output, namun tidak selalu berbanding lurus dengan efisiensi turbin. Efisiensi turbin tertinggi sebesar 68,58% diperoleh pada debit air 5,23 m³/s, sedangkan efisiensi terendah sebesar 57,57% terjadi pada debit air 5,06 m³/s.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), Turbin Francis, Debit Air, Daya Masuk, Daya Keluar, Efisiensi Turbin

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) merupakan teknologi pembangkit listrik skala kecil yang dapat dikembangkan di daerah-daerah yang belum terjangkau jaringan listrik. Teknologi ini menjadi salah satu sumber energi yang ramah lingkungan karena memanfaatkan aliran air tanpa menghasilkan emisi yang signifikan. Keberagaman desain dan teknologi PLTMH memungkinkan sistem ini diintegrasikan dengan jaringan listrik yang sudah ada maupun dioperasikan secara mandiri di wilayah terpencil. Selain itu, PLTMH dapat dimanfaatkan secara komersial dalam skala kecil untuk mendorong kegiatan pembangunan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat perdesaan. Oleh karena itu, pengembangan PLTMH menjadi salah satu alternatif yang tepat dalam upaya pemenuhan kebutuhan energi listrik di berbagai daerah [1].

PLTMH Aek Sigeaon merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dikembangkan untuk mendukung penyediaan energi bersih di Provinsi Sumatera Utara. Pembangkit ini berlokasi di Kecamatan Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, dan memanfaatkan potensi aliran Sungai Aek Sigeaon yang memiliki debit stabil serta head menengah, sehingga sesuai untuk pengoperasian turbin Francis horizontal. Proyek ini dibangun dan dikelola oleh PT Gading Energiprima, sebuah perusahaan swasta nasional yang bergerak di bidang pengembangan energi baru dan terbarukan [2].

Turbin Francis horizontal merupakan salah satu jenis turbin air yang paling banyak digunakan pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Turbin ini bekerja pada rentang head antara 10 hingga 350 meter dan mampu menghasilkan energi listrik dengan efisiensi mencapai sekitar 90%. Sebagai turbin reaksi, desainnya mengombinasikan aliran radial dan aksial sehingga memungkinkan pemanfaatan energi hidrolik secara optimal. Turbin Francis pertama kali dikembangkan oleh James B.

Francis pada tahun 1848 M. Melalui pendekatan ilmiah dan serangkaian pengujian, ia berhasil merancang turbin dengan efisiensi tinggi serta membuktikan kinerjanya melalui perhitungan matematis dan analisis grafis [3].

Namun, dalam operasionalnya, turbin sering menghadapi berbagai tantangan yang dapat memengaruhi kinerja dan efisiensi sistem pembangkit. Beberapa permasalahan yang umum terjadi antara lain keausan pada sudu, penumpukan kotoran akibat kualitas air yang kurang baik, serta potensi kavitasi yang dapat menimbulkan kerusakan pada komponen turbin. Kondisi tersebut menuntut adanya pemeliharaan yang terencana dan berkelanjutan agar turbin dapat beroperasi secara optimal.

Perawatan turbin memegang peranan krusial dalam menjaga kontinuitas operasi, mencegah terjadinya *downtime*, serta memperpanjang umur pakai peralatan. Pelaksanaan program pemeliharaan yang efektif tidak hanya berkontribusi pada peningkatan efisiensi konversi energi, tetapi juga mampu mengurangi potensi kerugian operasional. Oleh karena itu, manajemen perawatan turbin menjadi bagian yang integral dalam pengelolaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), karena secara langsung memengaruhi keandalan pasokan energi listrik yang dihasilkan [4].

Penelitian ini berjudul "*Analisis Kinerja Turbin Francis Horizontal terhadap Variasi Debit*" dan dilaksanakan di PLTMH Aek Sigeaon Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mengenai pengaruh variasi debit air terhadap daya input, daya output, serta efisiensi turbin. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang bermanfaat dalam pengelolaan dan pengoperasian turbin, sehingga mendukung keandalan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dan mendukung pencapaian target produksi energi listrik perusahaan sekaligus menjamin pasokan listrik yang optimal bagi masyarakat sekitar.

TEORI

2.1 Cara Kerja Turbin Francis Horizontal

Turbin Francis merupakan salah satu jenis turbin reaksi dengan aliran campuran (radial-aksial) yang banyak digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Turbin ini dirancang untuk mengubah energi potensial dan energi tekanan air menjadi energi mekanik melalui putaran poros turbin. Aliran air dari saluran pesat (*penstock*) pertama-tama masuk ke rumah spiral (*spiral casing*), yang berfungsi membagi aliran air secara merata ke seluruh keliling turbin sekaligus mengubah tekanan menjadi kecepatan. Selanjutnya, aliran air diarahkan oleh *stay vane* dan diatur oleh *guide vane*, yang berperan dalam mengontrol jumlah debit serta sudut masuk air sesuai dengan kondisi operasi [6].

Air kemudian mengalir ke *runner*, yaitu komponen utama turbin yang memiliki sudu dengan bentuk aerodinamis. Di bagian ini terjadi konversi energi, di mana kombinasi gaya reaksi akibat perbedaan tekanan dan gaya impuls akibat perubahan momentum menyebabkan *runner* berputar. Putaran *runner* diteruskan ke poros turbin, yang selanjutnya dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan energi listrik. Setelah melewati *runner*, aliran air keluar melalui *draft tube*. Saluran ini memiliki bentuk melebar dan berfungsi untuk memperlambat kecepatan aliran serta memulihkan sebagian tekanan. Selain itu, *draft tube* juga membantu mengurangi risiko kavitasi pada sudu turbin [7].

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan sumbernya. Data yang digunakan meliputi data teoretis terkait mesin serta data hasil pengukuran yang diperoleh di lapangan.

Tabel 1. Data Teoritis

No	Item	Satuan
1.	Debit Teoritis (Q_{teoritis})	6,0 l/s
2.	Daya input Teoritis ($P_{\text{in teoritis}}$)	2700 kW
3.	Daya output teoritis ($P_{\text{out teoritis}}$)	2150 kW

4.	Efisiensi turbin air terotitis ($\eta_{\text{turbin air}}$)	94%
----	---	-----

3.2 Objek Yang Diamati

Objek yang diamati dalam penelitian ini adalah Turbin Francis Horizontal. Turbin Francis yang digunakan di PLTMH Aek Sigean merupakan turbin reaksi dengan aliran campuran (*mixed flow*), di mana air masuk ke *runner* secara radial dan keluar secara aksial. Turbin Francis horizontal sangat cocok digunakan pada sistem PLTMH karena mampu bekerja secara stabil pada variasi debit dan *head* yang sedang. Pada PLTMH ini, tinggi jatuh air (*head*) yang tersedia sekitar 14 m, dengan debit air yang dapat berubah sesuai kondisi cuaca dan musim. Bentuk Turbin Francis horizontal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Turbin Francis Horizontal

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan secara langsung pada sistem PLTMH Aek Sigean dengan memanfaatkan sistem monitoring SCADA yang mencatat berbagai parameter operasional Turbin Francis horizontal. Parameter utama yang diamati meliputi debit air (Q), tekanan (P), daya input (energi hidrolik), daya output (energi listrik), serta efisiensi turbin.

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi debit air memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja turbin. Peningkatan debit air umumnya menyebabkan peningkatan daya input dan daya output. Namun, kenaikan debit air tidak selalu diikuti oleh peningkatan efisiensi secara proporsional, menunjukkan bahwa efisiensi turbin dipengaruhi oleh kombinasi faktor hidrolik dan mekanik dalam sistem operasi.

Dari hasil pengukuran, efisiensi turbin tertinggi tercatat sebesar 68,58% pada debit 5,23 m³/s, sedangkan efisiensi terendah sebesar 57,57% pada debit 5,06 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa Turbin Francis horizontal bekerja lebih optimal pada debit rendah hingga menengah. Selain itu, hasil pengamatan juga memperlihatkan seiring meningkatnya debit, beban kerja turbin meningkat, namun sebagian energi hilang akibat faktor hidrolis dan mekanis, sehingga efisiensinya menurun. Dengan demikian, pengaturan debit yang tepat menjadi faktor penting untuk menjaga kinerja PLTMH agar tetap stabil dan optimal. Hasil pengamatan yang terekam pada sistem SCADA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Monitoring Digital (SCADA)

4.2 Metode Pengujian

Metode pengujian kinerja Turbin Francis horizontal pada sistem PLTMH Aek Sigeon dilakukan dengan pendekatan pengamatan langsung menggunakan sistem monitoring digital *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Sistem ini berfungsi untuk mencatat data operasional turbin secara *real-time*, sehingga parameter-parameter penting dapat diperoleh dengan akurat.

Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Menyalakan dan memastikan sistem turbin Francis serta generator Listrik berada dalam kondisi siap operasi, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Sistem Siap Operasi

2. Memastikan bahwa sistem monitoring digital *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dalam kondisi aktif dan berfungsi dengan baik, seperti terlihat pada Gambar 4.



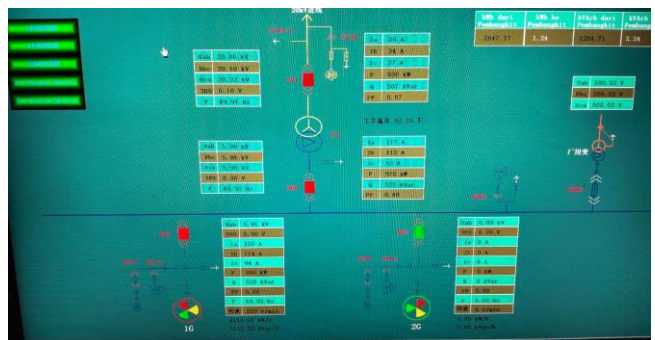
Gambar 4. Sistem Monitoring SCADA Aktif

3. Menyiapkan Komputer panel Kontrol yang terhubung ke sistem monitoring turbin Francis dan generator listrik untuk melihat dan mengeksport data seperti debit air, tekanan air, tegangan listrik (voltage Listrik), dan kuat arus Listrik, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Komputer Panel Kontrol

4. Melakukan pengambilan data dari kondisi pengujian, yaitu data debit air dan tekanan air pada inlet turbin, serta tegangan Listrik dan kuat arus listrik dari generator listrik. Data tersebut diperoleh melalui tampilan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengambilan Data

4.3 Hasil Pengujian

Hasil Pengujian kinerja turbin Francis horizontal pada sistem PLTMH dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran dari Pengujian

Waktu Operasi (WIB)	Debit (Q) (m ³ /s)	Tekanan (P) (Bar)	Tegangan (V) (Volt)	Arus (I) (Ampere)	Daya (PF) Nondimensional
08.00	5,23	4,50	20.000	95,0	0,85
09.00	5,23	4,63	20.000	90,7	0,85
10.00	5,06	4,67	20.000	82,3	0,85
11.00	5,13	4,67	20.000	85,0	0,85
12.00	5,33	4,57	20.000	95,0	0,85
13.00	5,18	4,73	20.000	91,3	0,85
14.00	5,15	4,83	20.000	88,3	0,85
15.00	5,07	4,85	20.000	85,0	0,85
16.00	5,06	4,62	20.000	88,0	0,85
17.00	5,03	4,77	20.000	81,3	0,85
Rerata	5,15	4,68	20.000	88,2	0,85

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan dari Pengujian

Waktu Operasi (WIB)	Debit Air Q (m ³ /s)	Tekanan Air P (Bar)	Daya Input P _{in} (MW)	Daya Output P _{out} (MW)	Efisiensi Turbin η_{Turbin} (%)
08.00	5,23	45,9	2,354	1,615	68,58
09.00	5,23	47,2	2,422	1,541	68,63
10.00	5,16	47,3	2,364	1,399	59,17
11.00	5,13	47,6	2,362	1,445	60,28
12.00	5,22	46,1	2,431	1,615	66,62
13.00	5,18	46,4	2,451	1,501	63,10
14.00	5,16	46,2	2,488	1,501	60,32
15.00	5,09	47,2	2,439	1,466	58,78
16.00	5,06	46,2	2,329	1,406	57,57
17.00	5,04	47,2	2,300	1,362	60,36
Rerata	5,15	46,7	2,394	1,485	62,34

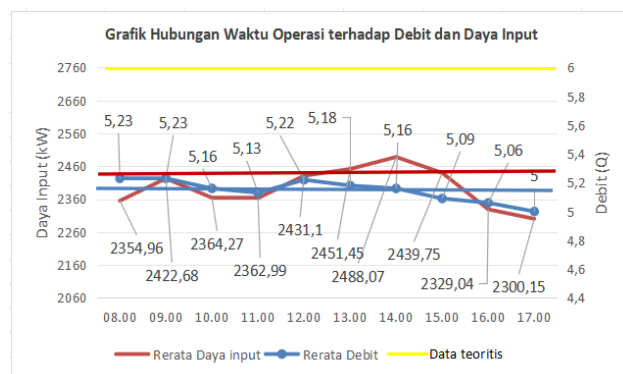
4.3 Pembahasan

Turbin Francis Horizontal merupakan salah satu jenis turbin reaksi yang umum digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Turbin ini mampu beroperasi pada berbagai variasi debit dan tinggi jatuh (*head*) menengah. Pada penelitian ini, analisis kinerja dilakukan terhadap Turbin Francis horizontal yang digunakan pada PLTMH Aek Sigeaon dengan memvariasikan debit aliran air yang masuk ke turbin. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi debit terhadap daya input, daya output, dan efisiensi sistem, sehingga dapat ditentukan debit optimal yang memberikan kinerja energi dan efisiensi terbaik.

Pada Penelitian sebelumnya meneliti perbandingan konfigurasi 5, 8, dan 10 *guide vane*, serta penggunaan 1 pipa dan 2 pipa masuk. Parameter yang diukur meliputi torsi, debit air, daya turbin, dan efisiensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi dengan 5 *guide vane* dan 2 pipa masuk menghasilkan daya maksimum sebesar 98 W dan efisiensi tertinggi sebesar 6,2%. Efisiensi turbin menurun seiring bertambahnya jumlah sudu, yang disebabkan oleh peningkatan hambatan aliran dan distribusi energi yang kurang optimal [8].

4.3.1 Analisis Waktu Operasi terhadap Debit dan Daya Input

Analisis waktu operasi terhadap debit dan daya output disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 7.

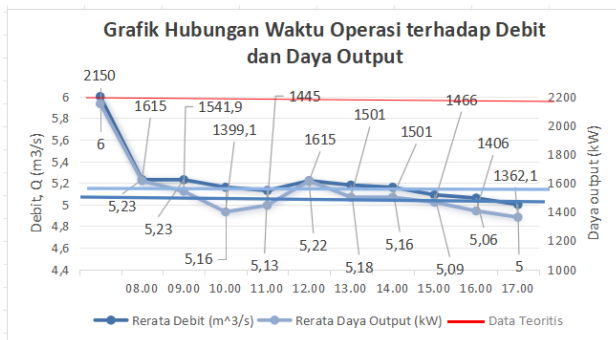


Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu Operasi terhadap Debit dan Daya Input

Berdasarkan grafik hubungan antara waktu, debit, dan daya input, terlihat bahwa semakin besar debit air, semakin tinggi pula daya input yang dihasilkan turbin. Misalnya, pada debit 5,23 m³/s, daya input tercatat sebesar 2.422 kW, sedangkan pada debit 5,04 m³/s hanya sebesar 2.300 kW. Meskipun selisih daya input tidak terlalu besar, hal ini menunjukkan bahwa debit air merupakan faktor utama yang menentukan besarnya energi hidrolik yang masuk ke turbin. Semakin besar debit air, volume air yang melewati turbin meningkat, sehingga energi potensial dan energi tekanan yang tersedia untuk dikonversi menjadi energi mekanik juga semakin besar, yang berdampak langsung pada peningkatan daya input.

4.3.2 Analisis Waktu Operasi terhadap Debit dan Daya Output

Analisis waktu operasi terhadap debit dan daya output disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Debit dan Daya Output

Berdasarkan grafik hubungan antara waktu, debit, dan daya output pada Turbin Francis horizontal di PLTMH Aek Sigeaon, terlihat bahwa peningkatan debit air cenderung menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi. Data menunjukkan bahwa pada debit 5,23 m³/s, daya output tercatat sebesar 1615 kW (1,6, sedangkan pada debit 5,04 m³/s, daya output hanya sebesar 1362 kW (1,362 MW). Fenomena ini menunjukkan adanya korelasi positif antara debit aliran air dengan daya listrik yang dihasilkan, karena debit yang lebih besar berarti volume air yang melewati turbin lebih banyak, sehingga energi hidrolik yang tersedia untuk dikonversi menjadi energi mekanik meningkat. Dengan kata lain, semakin besar aliran air yang masuk ke *runner*, semakin besar gaya dorong dan momentum yang bekerja pada sudu turbin, sehingga poros turbin berputar dengan daya yang lebih tinggi, dan akhirnya meningkatkan daya listrik yang dihasilkan oleh generator.

Meskipun demikian, kenaikan daya output tidak bersifat linier terhadap peningkatan debit. Hal ini terjadi karena adanya rugi-rugi energi yang selalu terjadi dalam sistem, baik di sisi mekanis maupun elektrik. Pada turbin, sebagian energi hidrolik hilang akibat gesekan antara air dan sudu, turbulensi aliran, serta kerugian akibat wake dan aliran balik di *draft tube*.

Selain itu, efisiensi mekanis poros dan sambungan juga memengaruhi seberapa besar energi yang berhasil diteruskan ke generator. Di sisi generator, tidak semua energi mekanis yang diterima oleh poros dapat dikonversi menjadi energi listrik secara sempurna. Rugi-rugi akibat hambatan elektrik, resistansi kawat tembaga, dan panas yang dihasilkan selama proses konversi menyebabkan daya output listrik tidak meningkat sebanding dengan peningkatan daya input atau debit air.

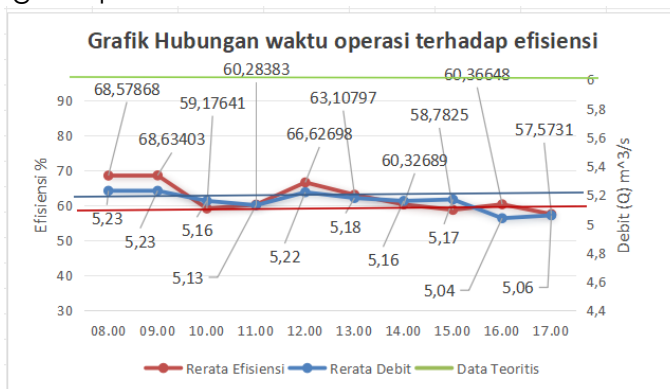
Selain faktor rugi-rugi, karakteristik turbin Francis itu sendiri juga memengaruhi hubungan debit dan daya output. Turbin ini memiliki debit optimal tertentu di mana efisiensi konversi energi maksimum dicapai. Pada debit yang lebih rendah dari kondisi optimal, energi hidrolik tidak sepenuhnya dimanfaatkan karena aliran air tidak cukup untuk memaksimalkan tekanan dan momentum pada sudu turbin. Sebaliknya, pada debit yang melebihi kapasitas optimal, energi tambahan yang masuk tidak dapat sepenuhnya dikonversi menjadi energi mekanis akibat keterbatasan desain sudu dan hambatan aliran, sehingga efisiensi menurun. Hal ini menjelaskan mengapa meskipun debit meningkat, daya output tidak selalu bertambah secara proporsional dan terkadang efisiensi sistem menurun.

Dari pengamatan ini, dapat disimpulkan bahwa pengaturan debit yang tepat menjadi faktor kunci untuk mencapai kinerja optimal Turbin Francis horizontal. Debit optimal tidak hanya memastikan daya output maksimal, tetapi juga menjaga efisiensi sistem agar kerugian energi dapat diminimalkan. Dalam pengoperasian PLTMH, manajemen debit yang baik sangat penting karena perubahan debit akibat musim atau kondisi hidrologi dapat memengaruhi kinerja keseluruhan pembangkit. Oleh karena itu, pemantauan secara *real-time* menggunakan sistem SCADA sangat membantu dalam menentukan strategi pengaturan debit sehingga daya output tetap stabil dan efisiensi turbin terjaga.

Dengan demikian, analisis ini menegaskan bahwa debit aliran air merupakan salah satu parameter terpenting dalam pengoperasian turbin Francis horizontal. Kenaikan debit meningkatkan potensi daya listrik, namun efisiensi dan daya output aktual tetap dipengaruhi oleh rugi-rugi hidraulik dan mekanis, serta karakteristik desain turbin itu sendiri. Pemahaman yang mendalam mengenai hubungan ini dapat membantu operator PLTMH dalam mengoptimalkan kinerja turbin dan memastikan pasokan listrik yang stabil bagi masyarakat serta pencapaian target produksi energi pembangkit.

4.3.3 Analisis Waktu Operasi terhadap Debit dan Efisiensi

Analisis waktu operasi terhadap debit dan daya output disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap Debit dan Efisiensi

Berdasarkan grafik hubungan antara waktu, debit, dan efisiensi, terlihat bahwa efisiensi tertinggi Turbin Francis horizontal dicapai pada debit menengah, yaitu 5,23 m³/s dengan nilai 68,63%. Sebaliknya, efisiensi terendah sebesar 57,57% terjadi pada debit 5,06 m³/s. Debit yang terlalu rendah menyebabkan energi air tidak dimanfaatkan secara penuh, sementara debit yang terlalu tinggi menimbulkan kerugian energi akibat turbulensi dan hambatan aliran. Dengan demikian, Turbin Francis bekerja paling optimal pada debit tertentu yang sesuai dengan desainnya, yang mampu menghasilkan aliran stabil dan efisiensi maksimum.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa debit air merupakan faktor utama yang menentukan efisiensi dan output listrik.

Dalam pengujian pada Pembangkit Listrik Nano Hidro (PLNH), pengurangan debit dari 0,9 liter/s menyebabkan penurunan signifikan pada kecepatan putar turbin (dari 445 menjadi 136 rpm), tegangan listrik (dari 4,32 menjadi 1,29 Volt), kuat arus listrik (dari 1,22 menjadi 0,28 Ampere), serta daya listrik (dari 1,4884 W menjadi 0,084 W) [9]. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan debit secara tepat sangat penting untuk mempertahankan kinerja turbin dan output listrik.

Pengujian skala laboratorium pada model Turbin Francis juga menunjukkan pola yang serupa. Dengan mengukur tekanan, torsi, pulsa, dan debit, kemudian dilakukan proyeksi ke skala prototipe berdasarkan prinsip kesetaraan skala (*model similarity*), hasil penelitian menunjukkan efisiensi turbin mencapai 94% pada model dan diproyeksikan mencapai 95% pada prototipe. Debit optimal menghasilkan aliran stabil, tekanan merata, dan efisiensi maksimum, sedangkan efisiensi menurun drastis saat debit berada di bawah desain nominal [10].

Hasil observasi pada PLTMH skala prototipe menunjukkan bahwa daya turbin maksimal Turbin Francis dapat mencapai 35,2 MW pada debit 46,7 m³/s, tinggi jatuh 77 m, dan putaran 272,7 rpm [11]. Pengujian model terhadap berbagai kondisi operasi juga menunjukkan efisiensi puncak model sebesar 94% dan efisiensi prototipe sebesar 95,03%. Kavitasi muncul pada beban parsial 50% tetapi hilang pada beban penuh, sementara fluktuasi tekanan tertinggi tercatat di inlet terendah pada *elbow draft tube* [12].

Analisis numerik menggunakan simulasi CFD pada Turbin Francis menunjukkan efisiensi hingga 90%, namun efisiensi sulit dipertahankan secara konsisten pada rentang debit yang luas karena variasi aliran dan parameter operasi [13]. Eksperimen lain untuk merancang dan membuat model PLTMH menunjukkan bahwa PLTMH dapat diimplementasikan secara efisien pada daerah dengan sumber daya air terbatas [14].

Selanjutnya, simulasi CFD dan pengujian eksperimental pada berbagai sudu pandu dan variasi beban/debit menunjukkan bahwa tekanan air berubah signifikan ketika debit keluaran bervariasi, dan amplitudo laju aliran cenderung meningkat pada beban parsial, mencerminkan ketidakstabilan aliran [15].

Secara keseluruhan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa debit air merupakan parameter kunci dalam menentukan efisiensi dan daya output Turbin Francis. Debit optimal memungkinkan turbin bekerja dengan stabil, memaksimalkan konversi energi hidraulik menjadi energi mekanik, dan meminimalkan kerugian energi akibat turbulensi, kavitasi, dan hambatan aliran. Oleh karena itu, pengaturan debit yang tepat menjadi faktor krusial dalam operasi PLTMH untuk mencapai kinerja maksimal serta efisiensi tinggi [15].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian serta pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi debit air berpengaruh signifikan terhadap daya input yang masuk ke turbin. Semakin besar debit, semakin tinggi daya input (energi hidraulik) yang diterima turbin. Daya input tertinggi tercatat sebesar 2.488 kW pada debit 5,16 m³/s, sedangkan daya input terendah sebesar 2.300 kW pada debit 5,04 m³/s.
2. Daya output listrik yang dihasilkan oleh generator cenderung meningkat seiring bertambahnya debit air. Daya output tertinggi diperoleh sebesar 1.615 kW pada debit 5,23 m³/s, sedangkan daya output terendah sebesar 1.362 kW pada debit 5,04 m³/s.
3. Efisiensi turbin tertinggi dicapai pada debit menengah, yaitu sebesar 68,58% pada debit 5,23 m³/s, sementara efisiensi terendah sebesar 57,57% terjadi pada debit 5,06 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa Turbin Francis horizontal bekerja paling optimal pada debit tertentu yang sesuai dengan desainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Siahaan, R., & Manalu, J. (2018). Analisis Sistem PLTMH dengan Turbin Aliran silang. *Jurnal Teknik Energi*, 3.
- [2]. Kusuma, D. (2019). Karakteristik Unjuk Kerja Turbin Francis pada PLTMH. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, Universitas Negeri Semarang.
- [3]. Zulfian, M. (2020). Uji Kinerja Turbin Francis Skala Laboratorium dengan Variasi Buka-an Katup. *Jurnal Mekanikal*, 6(1).
- [4]. Liu, J., Zhang, X., & Wang, L. (2016). *Experimental Flow Performance Investigation of Francis Turbines from Model to Prototype*. *Renewable Energy*, 85, 1012–1023.
- [5]. Widyantoro, H. (2020). Analisis Pengaruh Debit Air terhadap Kinerja Turbin pada Pembangkit Listrik Nano Hidro. *Jurnal Energi Terbarukan dan Konversi*, 4(1).
- [6]. PLN UID Sumatera Utara (2024). Laporan Operasional PLTMH Aek Sigeaon. PT. Gading Energiprima.
- [7]. PT Gading Energiprima. (2023). Profil Perusahaan dan Proyek PLTMH [Dokumen Internal Proyek Aek Sigeaon].
- [8]. Rahmawan, I. (2020). Analisis Mekanisme Turbin Pembangkit Bertenagakan Air. *Jurnal Reitims*, 6(1).
- [9]. Umar, B. M. (2024). *Experimental flow performance investigation of Francis turbines from model to prototype*. *Applied Sciences*, MDPI.
- [10]. Kale, S. (2022). Desain dan Analisis CFD Turbin Francis. *Jurnal Internasional Penelitian Teknik dan Sains*, 10.
- [11]. Li, S. (2025). *Influence of Load Variation on the Flow Field and Stability of the Francis Turbine*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(Eng).
- [12]. Joy, J. (2022). *Hydraulic Performance of A Francis Turbine with A Variable Draft Tube Guide Vane System to Mitigate Pressure Pulsation*. *Energies*, 15.
- [13]. Amini, A. (2023). *Upper Part-load Instability in A Reduced-scale Francis Turbine: An Experimental Study*. *Experimental Fluids*, 64.

- [14]. Departemen Energi Sumber Daya Mineral RI (2017), Pedoman Umum Pengembangan PLTMH, Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, Jakarta.
- [15]. A. Widodo, *Turbin Air dan Jenis-jenisnya*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.

PERBANDINGAN PERFORMA ALGORITMA NAIVE BAYES DAN SUPPORT VECTOR MACHINE PADA ANALISIS SENTIMEN IMPLEMENTASI PROGRAM KIP-KULIAH

Ni Putu Ana Rainita¹, I Md Dendi Maysanjaya², Gede Surya Mahendra³

^{1,2,3} Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha

E-mail: ana.rainita@undiksha.ac.id , dendi.ms@undiksha.ac.id , gmahendra@undiksha.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

07 November 2025

Diterbitkan:

24 Desember 2025

Abstract: *The selection of a suitable classification model is important in text-based sentiment analysis, especially in conditions of unbalanced data distribution. Naive Bayes and Support Vector Machine (SVM) are two algorithms that are often used in classification, but the comparison of their performance on unbalanced data still needs to be further reviewed. This study aims to compare the performance of the two algorithms in classifying public sentiment towards the Indonesia Smart Card (KIP) Lecture Program. The implementation of the KIP Lecture Program still faces challenges in the accuracy of aid distribution. This situation raises discussions and various controversies among the public, especially on the X platform. The data used were 1,644 tweets, with a distribution of negative sentiment of 1,392 tweets and positive tweets of 252. To overcome the imbalance of data class distribution, the Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) method is used. Based on the evaluation results, before SMOTE was applied, SVM obtained 92% accuracy and 91% precision, 77% recall, while Naive Bayes obtained 79% accuracy, 68% precision, and 78% recall. After the application of SMOTE, SVM performance significantly improved with accuracy, precision, and recall reaching 99%, while Naive Bayes improved to 95% on all metrics. These results show that although SVM excels in higher accuracy, Naive Bayes shows a more stable performance on the data neither after nor after the balancing process is performed.*

Keyword: KIP Kuliah, Sentiment Analysis, Naive Bayes, Support Vector Machine, SMOTE

Abstrak: Pemilihan model klasifikasi yang sesuai menjadi hal yang penting dalam analisis sentimen berbasis teks, terutama pada kondisi distribusi data yang tidak seimbang. Naive Bayes dan Support Vector Machine (SVM) merupakan dua algoritma yang kerap digunakan dalam klasifikasi, namun perbandingan performa keduanya pada data tidak seimbang masih perlu ditinjau lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa kedua algoritma dalam mengklasifikasikan sentimen masyarakat terhadap Program Kartu Indonesia Pintar (KIP) Kuliah. Implementasi Program KIP Kuliah masih menghadapi tantangan dalam ketepatan penyaluran bantuan. Situasi tersebut memunculkan diskusi dan berbagai kontroversi di kalangan masyarakat khususnya pada platform X. Data yang digunakan berjumlah 1.644 tweet dengan distribusi sentimen negatif 1.392 tweet dan tweet positif sebanyak 252. Untuk mengatasi ketidakseimbangan distribusi kelas data, digunakan metode Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE). Berdasarkan hasil evaluasi, sebelum SMOTE diterapkan, SVM memperoleh akurasi sebesar 92% dan presisi 91%, recall 77%, sedangkan Naive Bayes memperoleh akurasi 79%, presisi 68%, dan recall 78%. Setelah SMOTE diterapkan, SVM memperoleh akurasi, presisi, dan recall mencapai 99%, sementara Naive Bayes mencapai 95% pada semua metrik. Hasil ini

menunjukkan bahwa meskipun SVM unggul secara akurasi, Naive Bayes menunjukkan performa yang lebih stabil pada data yang tidak maupun setelah proses penyeimbangan dilakukan.

Kata Kunci: KIP Kuliah, Analisis Sentimen, Naive Bayes, Support Vector Machine, SMOTE

PENDAHULUAN

Kartu Indonesia Pintar (KIP) Kuliah merupakan pengembangan dari program Bidikmisi yang telah dilaksanakan sejak 2010, sebagai bagian dari Program Indonesia Pintar (PIP) di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Pada tahun 2021, program ini menjamin biaya pendidikan dan bantuan hidup lebih dari 150.000 mahasiswa di seluruh PTN dan PTS melalui berbagai jalur masuk (Negara, 2024). KIP Kuliah bertujuan mendorong mobilitas sosial dan peningkatan potensi ekonomi mahasiswa dari keluarga kurang mampu.

Meski memberikan dampak positif (Ekaptiningrum, 2024), implementasi program ini masih menghadapi masalah dalam ketepatan sasaran penerima. Beberapa kasus mencuat di media sosial, khususnya platform X, memperlihatkan penerima yang tidak mencerminkan kondisi ekonomi yang lemah (Puspapertiwi & Nugroho, 2024). Laporan Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) juga menyatakan bahwa dana PIP senilai Rp2,86 triliun yang disalurkan kepada 5.364.986 siswa tidak tepat sasaran (Yuliantri P, 2021). Salah satu contoh kasus terjadi di sebuah universitas di Semarang, di mana bantuan KIP diberikan kepada mahasiswi yang memamerkan gaya hidup mewah di media sosial (Adi Negara, 2024).

Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya evaluasi melalui pemahaman persepsi masyarakat. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah analisis sentimen berbasis *text mining*. Algoritma yang umum digunakan meliputi Naive Bayes, Support Vector Machine (SVM), Decision Tree, dan K-Nearest Neighbor (KNN). Penelitian Pramudita dkk. (2024) menggunakan Naive Bayes dan memperoleh akurasi 84,99%, namun merekomendasikan penggunaan algoritma lain dan jumlah data yang lebih

besar untuk hasil yang lebih komprehensif. Sementara itu, Amelia & Sarimole (2024) menggunakan SVM dan mencapai akurasi 86,27%, tetapi mengalami bias pada kelas positif akibat ketidakseimbangan data.

Ketidakseimbangan data merupakan kendala umum dalam analisis sentimen, karena model cenderung bias terhadap kelas mayoritas (Nugroho & Rilvani, 2023). Sebelum melakukan penyeimbangan data akan dianalisis terlebih dahulu distribusi masing-masing kelas. Pada penelitian ini menerapkan teknik SMOTE. Teknik SMOTE dipilih karena teknik ini mampu menghasilkan sampel sintetis baru berdasarkan kedekatan antar data minoritas. Teknik ini juga membantu meningkatkan representasi kelas minoritas tanpa memperbesar risiko *overfitting* seperti pada teknik *Random Oversampling*, serta lebih stabil dibandingkan metode ADASYN. SMOTE juga sesuai untuk data berdimensi tinggi seperti TF-IDF, sehingga membantu model mengidentifikasi pola sentimen secara lebih adil.

Penelitian oleh Iskandar & Nataliani (2021) membandingkan algoritma Naive Bayes, SVM, dan KNN dalam analisis sentimen komentar YouTube dan menemukan bahwa SVM unggul dalam akurasi (96,43%). SVM dikenal mampu menangani data berdimensi tinggi dengan baik dan lebih tahan terhadap *overfitting*, sementara Naive Bayes unggul dalam efisiensi dan kecepatan (Ilmawan & Mude, 2020).

Melihat hal tersebut, penting untuk membandingkan algoritma Naive Bayes dan SVM karena keduanya memiliki pendekatan yang berbeda dalam menangani ketidakseimbangan data. Naive Bayes unggul dalam efisiensi dan kemudahan implementasi. Metode ini bekerja dengan menghitung probabilitas

kemunculan kata. Di sisi lain, SVM lebih unggul dalam menangani data yang kompleks dan berdimensi tinggi.

Kedua metode ini dapat memberikan hasil yang lebih optimal terutama jika dikombinasikan dengan teknik resampling SMOTE, yang berfungsi menyeimbangkan distribusi data dengan menambahkan data sintetis pada kelas minoritas. Karena data opini di media sosial yang terkadang subjektif, tidak seimbang, dan dinamis, pemilihan metode yang tepat menjadi sangat penting. Oleh karena itu, membandingkan performa kedua algoritma ini menjadi langkah penting untuk mengetahui metode mana yang menghasilkan performa yang efektif dalam analisis sentimen yang akurat, adil, dan dapat mendukung evaluasi kebijakan seperti KIP Kuliah.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya maka dirancang sebuah penelitian yang berjudul, *Komparasi algoritma Naive Bayes dan SVM dalam analisis sentimen terhadap implementasi program KIP Kuliah*.

Mengingat bahwa setiap algoritma memiliki keunggulan dan karakteristik yang berbeda, maka perbandingan antara Naive Bayes dan SVM menjadi langkah yang krusial. Pemilihan metode klasifikasi yang tepat sangat menentukan tingkat akurasi, kemampuan model dalam melakukan generalisasi, serta efektivitasnya dalam mengelola ketidakseimbangan data yang kerap ditemukan dalam opini masyarakat di media sosial.

Penelitian ini tidak hanya berfokus pada perbandingan kinerja kedua algoritma dalam analisis sentimen terkait program KIP Kuliah, tetapi juga bertujuan menghasilkan rekomendasi algoritma yang paling optimal untuk digunakan dalam evaluasi kebijakan berbasis opini publik. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi sebagai dasar pertimbangan bagi pengambil kebijakan dalam meningkatkan ketepatan dan keadilan implementasi program di masa mendatang.

TINJUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma *Support Vector Machine* dan *Naive Bayes* banyak digunakan dalam analisis sentimen. Penelitian oleh Hakim dkk. (2021) pada ulasan *myIndiHome* menunjukkan bahwa SVM dengan linear kernel memiliki akurasi lebih tinggi mencapai 86,54% dibandingkan *Naive Bayes* sebesar 84,69%. Hasil serupa juga diperoleh pada penelitian oleh Hashfi dkk. (2022) pada analisis sentimen pelanggan *Indihome* melalui *Twitter* bahwa metode SVM memiliki performa lebih baik dengan akurasi 84%, dibandingkan *Naive Bayes* yang memperoleh akurasi 82%.

Selanjutnya penelitian Khaira dkk. (2023) menganalisis opini masyarakat terhadap bantuan kuota internet dan menunjukkan bahwa SVM lebih unggul dengan akurasi 80% dibandingkan *Naive Bayes* sebesar 64%. Penelitian oleh Pramudita dkk. (2024) menggunakan algoritma *Naive Bayes* dan pendekatan CRISP-DM untuk menganalisis sentimen terhadap Program KIP-K, dengan hasil akurasi 84,99%. Sementara itu, Amelia & Sarimole (2024) menggunakan SVM dalam analisis sentimen KIP Kuliah dan memperoleh akurasi 86,27%, meskipun ditemukan bias terhadap sentimen negatif.

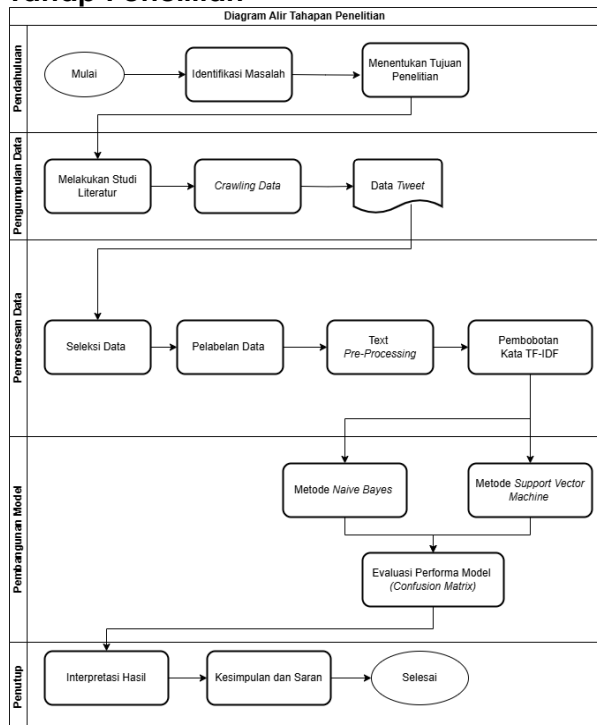
Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena memfokuskan pada sentimen terhadap program KIP Kuliah di media sosial X, dengan periode pengambilan data dari Februari 2020-September 2024 dengan menggunakan kata kunci seperti "KIP-K", "KIP Kuliah", serta tagar #KIPK dan #KIPKuliah. Penelitian ini membandingkan performa SVM dan *Naive Bayes* menggunakan fitur TF-IDF, serta mengevaluasi dampak ketidakseimbangan data melalui penerapan teknik *resampling*.

Kontribusi penelitian ini adalah memberikan wawasan mendalam mengenai kinerja dua algoritma klasifikasi yang berbeda saat diterapkan pada dataset *tweet* terkait Program Kartu Indonesia Pintar Kuliah. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai panduan untuk

mengembangkan model analisis sentimen yang lebih efektif.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahap Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan tahapan penelitian pada Gambar 1.

a. Pendahuluan

Tahapan pendahuluan merupakan tahapan awalan dari penelitian ini yang di dalamnya bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang akan diteliti, sekaligus juga mendefinisikan tujuan dilaksanakannya penelitian.

b. Pengumpulan Data

Tahapan yang kedua adalah pengumpulan data. Pada tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang bisa membantu mendukung penelitian. Pada penelitian ini ada dua buah cara yang digunakan dalam memperoleh data dan informasi, yang pertama melakukan studi literatur terhadap berbagai sumber, seperti artikel, jurnal, dan lainnya yang bertujuan untuk menambah informasi mengenai teori penelitian yang mendukung dan berkaitan. Tahapan yang kedua adalah melakukan *crawling* data pada sosial

media X untuk memperoleh dataset *tweet* dengan topik KIP Kuliah berdasarkan beberapa kata kunci tertentu. Metode pengumpulan data melalui media sosial X dengan bantuan tool yaitu *Tweet Harvest*. Data yang diambil berfokus pada topik KIP Kuliah dengan menggunakan kata kunci seperti "KIP-K", "KIP Kuliah", serta hashtag #KIP K dan #KIPKuliah, dalam rentang dari 21 Februari 2020 hingga 30 September 2024.

c. Pemrosesan Data

Tahapan ketiga merupakan proses pemrosesan data yang bertujuan untuk mempersiapkan data yang telah dikumpulkan agar menjadi lebih terstruktur. Data yang semula tidak terstruktur akan diolah sehingga lebih mudah dan optimal untuk dianalisis. Tahapan ini dimulai dengan menyeleksi data yang telah diperoleh. Proses seleksi *tweet* diawali dengan membersihkan data yang duplikat, dan menghapus *tweet* yang tidak berbahasa Indonesia untuk menjaga konsistensi analisis teks. Kemudian menghapus data *tweet* yang berasal dari sumber non-individu seperti akun pemerintahan, portal berita, akun institusi, atau akun promosi/iklan. Data *tweet* yang sudah terseleksi kemudian dilanjutkan ke proses pelabelan data. Pada tahap ini, data akan diklasifikasikan ke dalam dua kategori sentimen, yaitu positif dan negatif. Pelabelan ini dilakukan secara manual oleh dua orang pakar di bidang bahasa Indonesia guna memastikan akurasi klasifikasi.

Setelah pelabelan selesai, dilanjutkan ke tahap *preprocessing* yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu *case folding* untuk mengubah semua huruf menjadi huruf kecil, *cleaning* data untuk menyamakan bentuk kata dan menghapus karakter tidak penting, *stopword removal* untuk menghapus kata-kata umum yang tidak memiliki makna penting, *tokenizing* untuk memecah teks menjadi kata-kata atau token, normalisasi untuk mengubah kata tidak baku atau slang menjadi bentuk baku, serta *stemming* untuk mengubah kata ke

bentuk dasarnya. Tujuan dari *preprocessing* ini adalah untuk membersihkan data dari kesalahan atau kekurangan sehingga data menjadi lebih berkualitas dan mudah dianalisis.

Setelah itu, diterapkan algoritma TF-IDF untuk mengekstraksi fitur dari teks tweet, sehingga data teks dapat diubah menjadi bentuk numerik yang dapat digunakan dalam proses analisis lebih lanjut. Untuk mencari nilai TF-IDF, dapat menggunakan persamaan (1-3):

$$tf = ft, d \quad (1)$$

$$idf_d = \log\left(\frac{N}{dft}\right) \quad (2)$$

$$w_{(t,d)} = tf \times idf_d \quad (3)$$

Berdasarkan rumus perhitungan nilai TF-IDF, *term frequency* (TF) merepresentasikan frekuensi kemunculan suatu term (ft, d) dalam sebuah dokumen (d). Sementara itu, *inverse document frequency* (IDF) dihitung dengan mempertimbangkan jumlah total dokumen (N) dan jumlah dokumen yang mengandung term tertentu (dft). Hasil akhir dari perhitungan ini adalah bobot term ($w(t, d)$) pada dokumen d , yang menunjukkan seberapa penting term tersebut dalam konteks dokumen tersebut.

d. Pembangunan model

Tahapan keempat setelah data diproses *preprocessing* dan pembobotan maka selanjutnya melakukan analisis berdasarkan algoritma *Naive Bayes* dan *Support Vector Machine*. Pada tahapan ini ada dua metode yang akan dilakukan. Pertama model akan dibangun menggunakan metode *Naive Bayes* dan metode *Support Vector Machine*. Setelah itu dilakukan proses validasi menggunakan *10-fold cross validation*, selanjutnya untuk mengevaluasi kinerja algoritma yang dilakukan selama masa pengujian menggunakan *Confusion Matrix* dengan menggunakan tiga metrik yaitu akurasi, presisi, dan *recall*-nya.

e. Penutup

Tahapan yang terakhir adalah menyajikan hasil dari hasil komparasi dari kedua algoritma yang digunakan serta membuat kesimpulan mengenai proses penelitian yang sudah dilakukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada tahapan ini akan dilakukan implementasi tahapan penelitian, mulai dari pengumpulan data *tweets* sampai evaluasi model menggunakan *confusion matrix*.

1. Pengumpulan Data

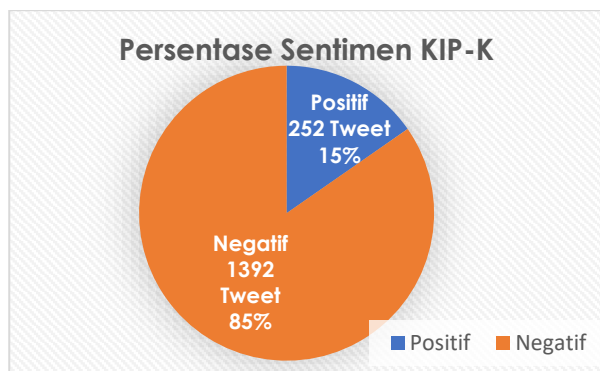
Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data *tweets* pada media sosial X terkait dengan topik KIP-Kuliah dengan menggunakan kata kunci dan rentang waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Berdasarkan tahapan pengumpulan data, maka didapatkan *tweets* terkait topik KIP-Kuliah dengan jumlah 5.110 *tweets*.

2. Seleksi Data

Data yang diperoleh dari hasil pengumpulan *tweets* berjumlah 5.110 *tweets*. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses seleksi data yaitu dengan menghapus *tweet* duplikat, menyaring *tweet* yang tergolong spam seperti promosi, konten berita, atau konten yang tidak bermakna. Setelah seluruh proses seleksi data dilakukan, tersisa 1.644 *tweet* yang digunakan dalam analisis.

3. Pelabelan Data

Selanjutnya dilakukan proses pelabelan dengan menggunakan dua kelas label yaitu positif dan negatif pada masing-masing *tweet*. Proses pelabelan ini dibantu oleh dua orang ahli dalam bidang bahasa Indonesia. Dari total 1.644 *tweets*, didapatkan sentimen positif berjumlah 252 *tweets*, sentimen negatif berjumlah 1.392 *tweets*. Perserbaran masing-masing sentimen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jumlah Masing-Masing Kelas Sentimen

4. Text-Preprocessing

Proses *text-preprocessing* terdiri dari *case folding*, *cleaning*, *tokenize*, *normalize*, *stopwords removal*, *stemming*.

a. Case folding

Hasil proses *case folding* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Case folding

Sebelum	Kecewa KIPK emg membantu, tapi bnyk yg dapet ga layak !!!
Sesudah	kecewa kipk emg membantu, tapi bnyk yg dapet ga layak !!!

b. Cleaning

Hasil proses *cleaning* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Cleaning

Sebelum	kecewa kipk emg membantu, tapi bnyk yg dapet ga layak !!!
Sesudah	kecewa kipk emg bantu tapi bnyk yg dapet ga layak

c. Tokenize

Hasil proses *tokenize* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tokenize

Sebelum	kecewa kipk emg bantu tapi bnyk yg dapet ga layak
Sesudah	["kecewa", "kipk", "emg", "bantu", "tapi", "bnyk", "yg", "dapet", "ga", "layak"]

d. Normalize

Hasil proses *normalize* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Normalize

Sebelum	["kecewa", "kipk", "emg", "membantu", "tapi", "bnyk", "yg", "dapet", "ga", "layak"]
Sesudah	["kecewa", "kipk", "memang", "bantu", "tapi", "banyak", "yang", "dapat", "tidak", "layak"]

e. Stopwords Removal

Hasil proses *stopwords removal* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Stopwords Removal

Sebelum	["kecewa", "kipk", "memang", "membantu", "tapi", "banyak", "yang", "dapat", "tidak", "layak"]
Sesudah	["kecewa", "kipk", "bantu", "banyak", "dapat", "tidak", "layak"]

f. Steeming

Hasil proses *steeming* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Steeming

Sebelum	["kecewa", "kipk", "membantu", "banyak", "dapat", "tidak", "layak"]
Sesudah	["kecewa", "kipk", "bantu", "banyak", "dapat", "tidak", "layak"]

5. Ekstraksi TF-IDF

Pada tahapan ekstraksi fitur, proses yang dilakukan perhitungan bobot untuk setiap *term* atau kata dari data yang sudah melewati tahapan *preprocessing*. Hasil dari perhitungan ini akan membentuk sebuah matriks dalam bentuk numerik. Tabel 7 merupakan nilai IDF dari *term* yang memiliki frekuensi kemunculan terbanyak pada dataset.

Tabel 7. Nilai IDF Top 10 Term

No	Term	IDF
1	Banget	2.659292
2	Beasiswa	2.155520
3	Iya	2.711764
4	KIP	2.404081
5	KIPK	1.289102
6	Kuliah	2.600361
7	Orang	2.362863
8	Salah	2.072216
9	Sasar	2.081137
10	Terima	2.006901

6. Model Klasifikasi

Untuk mengukur dan membandingkan performa masing-masing metode dalam analisis sentimen, dilakukan empat skenario pengujian dengan metode yang berbeda dengan menggunakan teknik *10-fold cross validation*. Setiap skenario mengombinasikan algoritma klasifikasi dengan atau tanpa penerapan teknik penyeimbangan data menggunakan SMOTE.

Berikut merupakan rincian dari masing-masing skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Skenario Pengujian Metode Klasifikasi dan SMOTE

Skenario	Metode
Skenario 1	Naive Bayes
Skenario 2	Support Vector Machine
Skenario 3	Naive Bayes + SMOTE
Skenario 4	Support Vector Machine + SMOTE

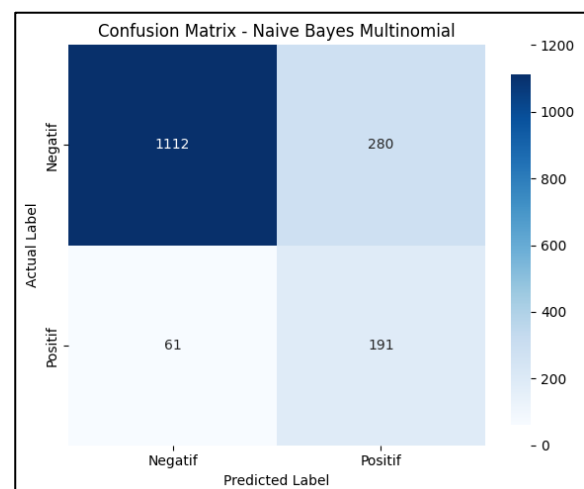
Skenario 1 (Model Naive Bayes)

Gambar 3 merupakan hasil performa model skenario pertama, yaitu menggunakan metode Naive Bayes.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.95	0.80	0.87	1392
Positif	0.41	0.76	0.53	252
accuracy			0.79	1644
macro avg	0.68	0.78	0.70	1644
weighted avg	0.86	0.79	0.82	1644

Gambar 3. Classification Report Model Naive Bayes

Berdasarkan hasil pengujian model yang dilakukan, skenario pertama menghasilkan nilai akurasi 79%. Berikut merupakan visualisasi *confusion matrix* pada skenario pertama.

**Gambar 4.** Confusion Matrix Naive Bayes

Berdasarkan visualisasi *confusion matrix* algoritma Naive Bayes pada Gambar 4, menunjukkan bahwa jumlah *tweet* yang *true positif* yaitu 191 *tweet*, 1.112 *tweet* yang *true negatif*. Sementara itu, terdapat 280 *tweet* yang diklasifikasikan sebagai *False Positive*, dan 61 *tweet False Negative*.

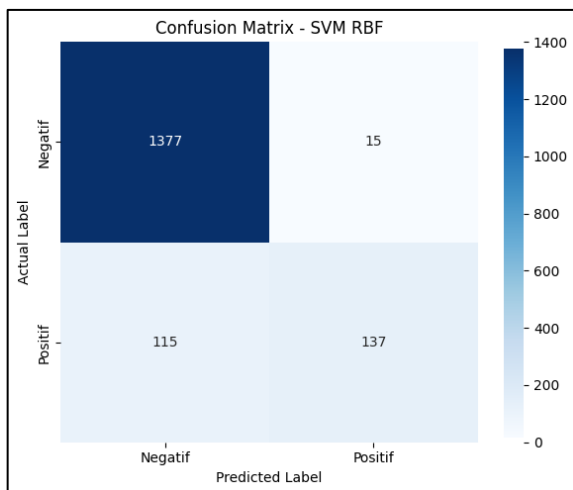
Skenario 2 (Model Support Vector Machine)

Selanjutnya untuk pengujian model pada skenario kedua menggunakan model SVM mendapatkan nilai akurasi 92% yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Classification Report untuk Seluruh Fold:				
	precision	recall	f1-score	support
0	0.92	0.99	0.95	1392
1	0.90	0.54	0.68	252
accuracy			0.92	1644
macro avg	0.91	0.77	0.82	1644
weighted avg	0.92	0.92	0.91	1644

Gambar 5. Classification Report Model SVM

Berikut merupakan hasil perhitungan dan visualisasi untuk *confusion matrix* model SVM yang ditunjukkan pada Gambar 6.

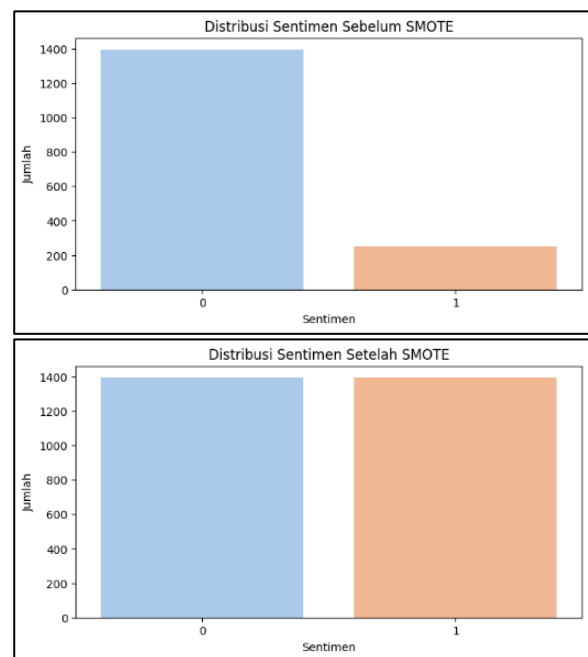


Gambar 6. Confusion Matrix SVM

Berdasarkan visualisasi *confusion matrix* algoritma SVM pada Gambar 6, menunjukkan bahwa jumlah *tweet* yang *true positif* yaitu 137 *tweet*, 1.377 *tweet* yang *true negatif*. Sementara itu, terdapat 115 *tweet* yang diklasifikasikan sebagai *False Positive*, dan 15 *tweet False Negative*.

Skenario 3 (Model Naive Bayes + SMOTE)

Pada skenario model ketiga dan keempat dilakukan proses *resampling* karena distribusi data sentimen yang tidak seimbang. Teknik *resampling* yang digunakan adalah *oversampling* dengan metode SMOTE. Gambar 7 menunjukkan persebaran data sebelum dan sesudah SMOTE.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Resampling

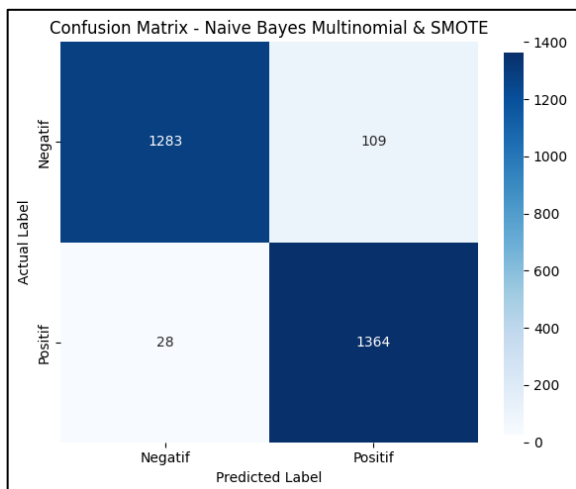
Berdasarkan Gambar 7, setelah dilakukannya proses *oversampling* menggunakan SMOTE, masing-masing jumlah sentimen menjadi seimbang, yaitu dengan jumlah 1.392 pada tiap sentimen. Sehingga saat ini dataset berjumlah 2.784. Setelah distribusi data seimbang, maka berikut merupakan hasil pelatihan model pada skenario ketiga menggunakan model Naive Bayes.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Negatif	0.98	0.92	0.95	1392
Positif	0.93	0.98	0.95	1392
accuracy			0.95	2784
macro avg	0.95	0.95	0.95	2784
weighted avg	0.95	0.95	0.95	2784

Gambar 8. Classification Report Model Naive Bayes + SMOTE

Berdasarkan Gambar 8, hasil pengujian model Naive Bayes dengan

SMOTE mendapatkan nilai akurasi 95%. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *confusion matrix* yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 9. *Confusion Matrix Naive Bayes & SMOTE*

Berdasarkan visualisasi *confusion matrix* algoritma Naive Bayes dengan menerapkan SMOTE pada Gambar 9, menunjukkan bahwa jumlah tweet yang *true positif* yaitu 1.364 tweet, 1.238 tweet yang *true negatif*. Sementara itu, terdapat 28 tweet yang diklasifikasikan sebagai *False Positive*, dan 109 tweet *False Negative*.

Skenario 4 (Model Support Vector Machine + SMOTE)

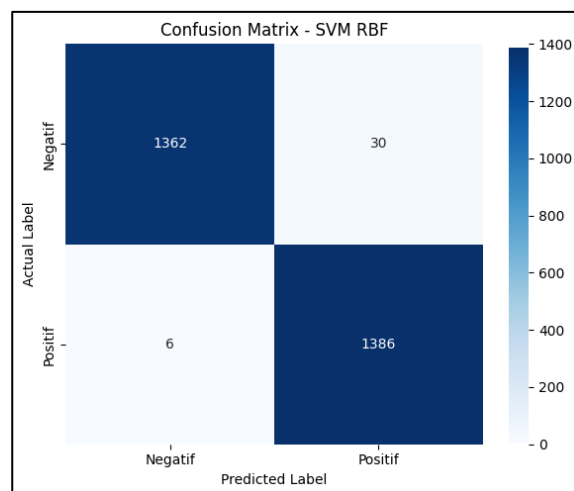
Pengujian model pada skenario keempat menggunakan model SVM dengan SMOTE menghasilkan nilai akurasi mencapai 99% yang ditunjukkan pada *classification report* pada Gambar 10.

Classification Report untuk Seluruh Fold:				
	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.98	0.99	1392
1	0.98	1.00	0.99	1392
accuracy			0.99	2784
macro avg	0.99	0.99	0.99	2784
weighted avg	0.99	0.99	0.99	2784

Gambar 10. *Classification Report SVM & SMOTE*

Berikut merupakan hasil perhitungan dan visualisasi untuk

confusion matrix model SVM yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. *Confusion Matrix SVM & SMOTE*

Berdasarkan visualisasi *confusion matrix* algoritma Support Vector Machine dengan menerapkan SMOTE pada Gambar 11, menunjukkan bahwa jumlah tweet yang *true positif* yaitu 1.386 tweet, 1.362 tweet yang *true negatif*. Sementara itu, terdapat 8 tweet yang diklasifikasikan sebagai *False Positive*, dan 30 tweet *False Negative*.

Perbandingan performa pada keempat model skenario analisis sentimen pada empat skenario analisis dapat dilihat pada Tabel 9.

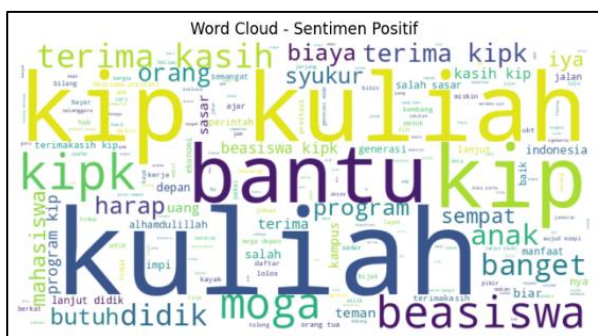
Tabel 9. *Perbandingan Performa Model Empat Skenario*

Skenario	Akurasi	Presisi	Recall
Skenario 1	79%	68%	78%
Skenario 2	92%	91%	77%
Skenario 3	95%	95%	95%
Skenario 4	99%	99%	99%

Berdasarkan Tabel 9 skenario 3 menggunakan metode Naive Bayes dan SMOTE memiliki performa yang lebih stabil dibandingkan dengan 3 skenario sebelumnya.

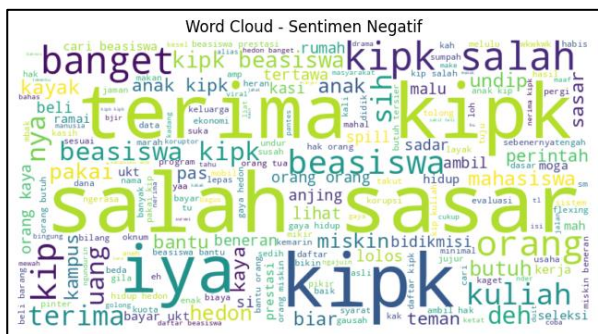
Untuk memahami lebih lanjut mengenai persebaran kata dalam masing-masing kategori sentiment, dilakukan visualisasi kata-kata yang paling sering muncul pada sentiment positif dan negatif. Visualisasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kata-kata dominan yang dapat mencerminkan topik utama yang

sering dibahas oleh masyarakat terkait program KIP-K.



Gambar 12. Word cloud pada Sentimen Positif

Gambar 12 menunjukkan visualisasi word cloud pada sentimen positif. Kata yang paling sering muncul pada sentimen positif adalah "kip", "kuliah", "bantu", "moga", "terima", "kasih", "syukur", "beasiswa".



Gambar 13. Word Cloud Sentimen Negatif

Gambar 13 menunjukkan visualisasi word cloud pada sentimen negatif. Kata yang sering muncul pada sentimen negatif adalah "salah", "sasar", "kip", "beasiswa", "terima", "uang".

Secara keseluruhan, respon masyarakat terhadap program KIP-Kuliah menunjukkan bahwa kelas sentimen negatif memiliki jumlah yang paling banyak yakni 1.392 tweet, hal ini berarti respon masyarakat cenderung bersikap negatif terhadap program tersebut.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian empat skenario yang dilakukan untuk mengevaluasi performa algoritma Naive Bayes dan Support Vector Machine dalam analisis sentimen Program Kartu Indonesia Pintar Kuliah (KIP-K), baik tanpa maupun dengan penerapan SMOTE sebagai solusi

untuk mengatasi ketidakseimbangan data, diperoleh sejumlah temuan penting. Pada skenario pertama, algoritma Naive Bayes tanpa SMOTE menunjukkan performa yang cukup baik dengan akurasi sebesar 79%, rata-rata presisi 68%, dan rata-rata recall 78%. Namun, terdapat ketimpangan antara presisi dan recall pada masing-masing kelas, di mana model lebih baik dalam mengidentifikasi tweet negatif dengan presisi mencapai 95%, sementara presisi untuk kelas positif hanya 41%. Hal ini menunjukkan adanya bias terhadap kelas negatif, di mana model cenderung mengklasifikasikan tweet positif sebagai negatif.

Pada skenario kedua, algoritma SVM menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan Naive Bayes, dengan akurasi 92%, presisi 91%, dan recall 77%. Namun, meskipun presisi untuk kelas positif mencapai 90%, recall-nya masih rendah, yaitu 54%, sementara recall untuk kelas negatif sangat tinggi, mencapai 99%. Ini juga menandakan adanya bias terhadap kelas negatif akibat distribusi data yang tidak seimbang, di mana tweet dengan sentimen negatif mendominasi. Oleh karena itu, pada skenario ketiga dan keempat diterapkan teknik oversampling menggunakan SMOTE untuk mengatasi ketidakseimbangan tersebut. Teknik ini dipilih karena data yang digunakan dalam penelitian ini tergolong kecil yaitu di bawah ratusan ribu sehingga pendekatan oversampling dinilai lebih efektif dibandingkan undersampling, serta tetap menjaga informasi penting dari data asli.

Setelah diterapkan SMOTE pada skenario ketiga, performa algoritma Naive Bayes meningkat secara signifikan. Akurasi, presisi dan recall naik menjadi 95%. Ini menunjukkan bahwa SMOTE berhasil meningkatkan performa model secara menyeluruh, terutama dalam mengenali kelas minoritas, yaitu tweet dengan sentimen positif. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Handoko & Aditya, 2025), yang menyatakan bahwa SMOTE efektif dalam meningkatkan performa klasifikasi pada data tidak seimbang. Skenario keempat juga

menunjukkan bahwa SVM mengalami peningkatan performa setelah SMOTE diterapkan. Akurasi meningkat menjadi 99%, presisi menjadi 99% , dan *recall* menjadi 99%, dengan rata-rata peningkatan seluruh metrik evaluasi sebesar 12,3%.

Secara keseluruhan, penerapan SMOTE berhasil meningkatkan performa kedua algoritma dan mengurangi bias terhadap kelas mayoritas. Naive Bayes menunjukkan performa yang lebih stabil dan seimbang dibandingkan SVM, terutama setelah diterapkan SMOTE. Hal ini menunjukkan keunggulan Naive Bayes dalam menangani klasifikasi pada data kecil dengan distribusi tidak seimbang, serta memiliki struktur yang lebih sederhana dan efisien secara komputasi dibandingkan SVM.

Dari hasil analisis sentimen terhadap Program KIP-K, ditemukan bahwa mayoritas tweet diklasifikasikan sebagai sentimen negatif. Hal ini menunjukkan tingginya ketidakpuasan masyarakat terhadap pelaksanaan program tersebut. Temuan ini diperkuat oleh analisis TF-IDF yang menunjukkan kata-kata seperti "beasiswa", "kip", "kuliah", "orang", "salah", "sasar", dan "terima" memiliki bobot tinggi, serta kemunculan kata-kata tersebut pada *word frequency* sentimen negatif. Hal ini mencerminkan adanya kritik masyarakat terhadap ketidaktepatan sasaran dan gaya hidup tidak mencerminkan kondisi ekonomi dari sebagian penerima bantuan.

Distribusi data juga menunjukkan ketimpangan antara jumlah tweet negatif dan positif, dengan 1.392 tweet bersentimen negatif dan hanya 252 tweet positif. Ini mengindikasikan bahwa opini publik di platform X cenderung negatif terhadap Program KIP-K. Berdasarkan temuan ini, perlu dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap pelaksanaan program, termasuk perbaikan dalam proses seleksi penerima melalui validasi data yang lebih ketat, survei lapangan, serta koordinasi dengan instansi terkait.

Monitoring berkala dan keterlibatan institusi pendidikan juga penting untuk memastikan bantuan tepat sasaran dan tidak disalahgunakan. Selain itu, transparansi dan edukasi publik mengenai program, kriteria penerima, serta etika penerima bantuan perlu ditingkatkan guna membangun kepercayaan masyarakat terhadap Program KIP-K.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode SMOTE secara signifikan meningkatkan performa algoritma Naive Bayes dan Support Vector Machine (SVM) dalam analisis sentimen terhadap program Kartu Indonesia Pintar Kuliah (KIP-K). Setelah SMOTE diterapkan, akurasi, presisi, dan *recall* Naive Bayes meningkat menjadi 95%, sementara SVM mencapai 99% pada seluruh metrik evaluasi. Meskipun SVM menunjukkan hasil evaluasi yang lebih tinggi, Naive Bayes dinilai lebih stabil dan konsisten. Mayoritas *tweet* dalam data diklasifikasikan sebagai sentimen negatif, yang mencerminkan ketidakpuasan masyarakat terhadap pelaksanaan program KIP-K. Oleh karena itu, perlu evaluasi terhadap sistem seleksi dan pemantauan program. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi metode *deep learning* dan teknik *oversampling* lainnya seperti ADASYN guna memperoleh hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, I., & Sarimole, F. M. (2024). Analisis Sentimen Tanggapan Pengguna Media Sosial X Terhadap Program Beasiswa KIP-Kuliah dengan Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (SVM). Dalam *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi (JIMIK)* (Vol. 5, Nomor 3). <https://journal.stmiki.ac.id>
- Ekaptiningrum, K. (2024, Agustus). Kisah Johar Penerima Beasiswa KIP-K Lulus Cumlaude di FEB UGM, Jadi Sarjana Pertama di Keluarga - FEB UGM. <https://feb.ugm.ac.id/id/berita/4765-kisah-johar-penerima-beasiswa-kip-k->

lulus-cumlaude-di-feb-ugm-jadi-sarjana-pertama-di-keluarga

<https://doi.org/10.33998/processor.2023.18.2.897>

- Hakim, S. N., Putra, A. J., & Khasanah, A. U. (2021). Sentiment Analysis on Myindihome User Reviews Using Support Vector Machine and Naïve Bayes Classifier Method. *International Journal of Industrial Optimization*, 2(2), 141.
<https://doi.org/10.12928/ijio.v2i2.4449>
- Handoko, C. B., & Aditya, C. S. K. (2025). Penerapan Teknik SMOTE Dalam Mengatasi Imbalance Data Penyakit Diabetes Menggunakan Algoritma ANN. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 14(1).
<https://doi.org/10.30591/smartcomp.v14i1.7045>
- Hashfi, F., Sugiarto, D., & Mardianto, I. (2022). Sentiment Analysis of An Internet Provider Company Based on Twitter Using Support Vector Machine and Naïve Bayes Method. *Ultimatics: Jurnal Teknik Informatika*, 14(1), 1–6.
<https://doi.org/10.31937/ti.v14i1.2384>
- Ilmawan, L. B., & Mude, M. A. (2020). Perbandingan Metode Klasifikasi Support Vector Machine dan Naïve Bayes untuk Analisis Sentimen pada Ulasan Tekstual di Google Play Store. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 12(2), 154–161.
<https://doi.org/10.33096/ilkom.v12i2.597.154-161>
- Iskandar, J. W., & Nataliani, Y. (2021). Perbandingan Naïve Bayes, SVM, dan k-NN untuk Analisis Sentimen Gadget Berbasis Aspek. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 5(6), 1120–1126.
<https://doi.org/10.29207/resti.v5i6.3588>
- Khaira, U., Aryani, R., & Hardian, R. W. (2023). Komparasi Algoritma Naïve Bayes Dan Support Vector Machine (SVM) Pada Analisis Sentimen Kebijakan Kemdikbudristek Mengenai Kuota Internet Selama Covid-19. *Jurnal PROCESSOR*, 18(2).
<https://doi.org/10.33998/processor.2023.18.2.897>
- Negara, R. A. (2024, Mei 4). Sudah Viral, Mahasiswa Penerima Bantuan Keluarga Miskin KIP Kuliah Sewa Pengacara Ancam Penjarakan yang Bongkar Identitas - Kilat. <https://www.kilat.com/nasional/84412585023/sudah-viral-mahasiswa-penerima-bantuan-keluarga-miskin-kip-kuliah-sewa-pengacara-ancam-penjarakan-yang-bongkar-identitas>
- Pramudita, D., Akbar, Y., & Wahyudi, T. (2024). Analisis Sentimen Terhadap Program Kartu Indonesia Pintar Kuliah Pada Media Sosial X Menggunakan Algoritma Naive Bayes. 4, 1420–1430.
<https://doi.org/10.57152/malcom.v4i4.1565>
- Puspapertiwi, E. R., & Nugroho, R. S. (2024, Mei 1). Ramai soal Mahasiswi Undip Penerima KIP Kuliah Bergaya Hidup Mewah, Mundur Usai Diungkap Warganet Halaman all - Kompas.com. <https://www.kompas.com/tren/read/2024/05/01/204500465/ramai-soal-mahasiswi-undip-penerima-kip-kuliah-bergaya-hidup-mewah-mundur?page=all>
- Yuliantri P, F. (2021, Juli 19). Hilangnya Hak Anak dalam Sengkarut Program Indonesia Pintar. <https://wartapemeriksa.bpk.go.id/?p=26572>

RESILIENSI ARSITEKTUR MASJID PASCA-BENCANA : KAJIAN PERAN MASJID SEBAGAI PUSAT MITIGASI BENCANA DI KOTA PALU

Hariyadi Salenda^{1*}, Munarsi M², Sutрати Melissa Malik³, Luthfiah⁴, Irfandi⁵, M. Rachmat Sayahrullah⁶.

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

*) Email: hariyadi@untad.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

07 November 2025

Diterbitkan:

24 Desember 2025

Abstract: *Palu City is one of the areas with a high level of disaster risk, particularly earthquakes, tsunamis, and liquefaction. The disaster on September 28, 2018, revealed that mosques, besides functioning as places of worship, also play a crucial role in social life and serve as emergency shelters. This study aims to examine the potential of mosques as disaster mitigation centers by assessing community emotional attachment, accessibility, supporting facilities, as well as building design and safety. A mixed-method approach was employed through in-depth interviews and Likert-scale surveys with six respondents who were survivors sheltered in the Baiturrahim Grand Mosque, Palu. The findings indicate that the community's social and emotional attachment to mosques is very strong, yet significant weaknesses remain in emergency facilities and evacuation signage. Meanwhile, the mosque structure is perceived as relatively strong and ready to serve as a temporary shelter. These results highlight the importance of strengthening the technical capacity of mosques through the provision of emergency facilities, basic logistics, and clear information systems, so that their role as disaster mitigation centers can be more effective in the future.*

Keyword: *Architectural Resilience, Post-Disaster Mosque, Disaster Mitigation Center, Place Attachment*

Abstrak: Kota Palu merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan bencana tinggi, khususnya gempa bumi, tsunami, dan likuifaksi. Peristiwa 28 September 2018 menunjukkan bahwa masjid, selain berfungsi sebagai ruang ibadah, juga memiliki peran vital dalam kehidupan sosial dan sebagai lokasi perlindungan darurat. Penelitian ini bertujuan untuk menilai potensi masjid sebagai pusat mitigasi bencana dengan meninjau keterikatan emosional masyarakat, aspek aksesibilitas, ketersediaan fasilitas pendukung, serta desain dan keamanan bangunan. Metode penelitian menggunakan pendekatan campuran melalui wawancara mendalam dan survei dengan skala Likert pada enam responden yang merupakan penyintas bencana di Masjid Agung Baiturrahim Lolu, Palu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterikatan sosial dan emosional masyarakat terhadap masjid sangat tinggi, namun masih terdapat kelemahan signifikan pada aspek fasilitas darurat dan petunjuk evakuasi. Sementara itu, struktur bangunan masjid dinilai cukup kokoh dan relatif siap sebagai tempat pengungsian. Temuan ini menegaskan pentingnya penguatan kapasitas teknis masjid melalui penyediaan fasilitas evakuasi, logistik dasar, serta sistem informasi yang jelas, agar peran masjid sebagai pusat mitigasi bencana dapat lebih optimal di masa mendatang.

Kata Kunci: Resiliensi arsitektur, Masjid, Mitigasi bencana, Keterikatan tempat.

PENDAHULUAN

Kota Palu, ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah, terletak di kawasan rawan bencana, terutama gempa bumi dan tsunami. Pada 28 September 2018, Kota Palu dilanda bencana besar yang melibatkan gempa bumi berkekuatan 7,4 Skala Richter, disusul dengan tsunami dan fenomena likuifaksi. Bencana tersebut tidak hanya mengakibatkan kerusakan fisik yang luar biasa, tetapi juga menimbulkan trauma sosial yang mendalam bagi masyarakat setempat. Dalam konteks ini, Masjid sebagai tempat ibadah memiliki peran sosial yang sangat penting, tidak hanya dalam aspek religius tetapi juga dalam kehidupan sosial dan kebudayaan masyarakat.

Masjid di Indonesia sering kali menjadi pusat kehidupan komunitas, yang digunakan untuk berbagai aktivitas sosial, pendidikan, dan kemasyarakatan. Pada saat bencana, Masjid dapat berfungsi sebagai tempat evakuasi, pusat distribusi bantuan, serta ruang pemulihan sosial. Oleh karena itu, kajian peran Masjid dalam mitigasi bencana menjadi sangat penting, terutama untuk memahami sejauh mana Masjid dapat memenuhi kebutuhan sosial masyarakat dalam situasi darurat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana Masjid berfungsi sebagai tempat evakuasi bencana selama dan setelah peristiwa bencana, seperti gempa dan tsunami, serta sejauh mana Masjid memenuhi kebutuhan sosial masyarakat dalam situasi darurat. Selain itu akan dilihat juga faktor-faktor apa saja yang mendukung atau menghambat penggunaan Masjid sebagai pusat mitigasi bencana, seperti desain arsitektur, kapasitas ruang, aksesibilitas, dan struktur bangunan.

Penelitian ini sangat relevan mengingat Kota Palu yang berada di kawasan rawan bencana, terutama gempa bumi dan tsunami. Bencana yang terjadi pada tahun 2018 mengungkapkan bahwa meskipun Masjid memainkan peran vital dalam kehidupan sosial masyarakat, banyak Masjid yang tidak dapat berfungsi maksimal sebagai tempat

evakuasi dan distribusi bantuan akibat keterbatasan desain dan infrastruktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan desain Masjid yang dapat menghambat fungsinya dalam mitigasi bencana, serta memberikan solusi desain yang lebih responsif terhadap potensi bencana di masa depan.

Pentingnya penelitian ini yaitu untuk memperkuat kapasitas mitigasi bencana melalui lembaga keagamaan, khususnya Masjid, yang sering kali menjadi pusat aktivitas komunitas selama bencana. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, serta memperkuat ketahanan sosial dan budaya dalam menghadapi bencana. Dengan memanfaatkan Masjid sebagai tempat evakuasi dan distribusi bantuan, maka komunitas dapat lebih cepat pulih dari dampak bencana.

TINJUAN PUSTAKA

Teori Place Attachment dan Penerapannya dalam Mitigasi Bencana

Penelitian ini akan mengkaji bagaimana Masjid dapat berfungsi secara optimal dalam menghadapi bencana, dengan fokus pada keterikatan emosional masyarakat terhadap Masjid. Teori keterikatan tempat (place attachment) memberikan dasar untuk memahami bagaimana hubungan emosional dan sosial masyarakat terhadap suatu tempat dapat mempengaruhi pemanfaatan tempat tersebut dalam situasi darurat. Dalam konteks Masjid, teori ini mengkaji seberapa kuat keterikatan masyarakat terhadap Masjid dan bagaimana keterikatan tersebut berperan dalam memilih Masjid sebagai tempat perlindungan selama bencana.

Place attachment adalah konsep yang mengacu pada hubungan emosional dan psikologis yang terjalin antara individu dengan tempat tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Vivita et al. (2020) menunjukkan bahwa keterikatan masyarakat terhadap Masjid di Banda Aceh dipengaruhi oleh makna

Masjid sebagai tempat suci dan budaya masyarakat yang kuat dalam menghargai keberadaan Masjid sebagai tempat pertemuan sosial dan perlindungan. Keterikatan ini menjadikan Masjid sebagai tempat pertama yang dipilih masyarakat ketika bencana terjadi, khususnya di daerah rawan bencana seperti tsunami.

Menurut Scannell dan Gifford (2010), keterikatan tempat terdiri dari tiga dimensi utama, yaitu makna tempat, fungsi tempat, dan bentuk tempat. Makna tempat mengacu pada nilai emosional yang dibawa oleh tempat tersebut, fungsi tempat mencakup peran tempat tersebut dalam kehidupan sosial dan budaya, sementara bentuk tempat berkaitan dengan aspek fisik dan desain yang mempengaruhi bagaimana tempat tersebut digunakan. Penelitian ini akan mengintegrasikan teori keterikatan tempat dengan konsep mitigasi bencana untuk menilai seberapa besar pengaruh keterikatan masyarakat terhadap Masjid dalam situasi darurat dan evakuasi bencana.

Peran Masjid dalam Mitigasi Bencana: Studi Terkait

Beberapa studi terkait dengan Masjid sebagai tempat evakuasi telah dilakukan di berbagai daerah rawan bencana. Penelitian oleh Vivita et al. (2020) mengungkapkan bahwa Masjid memiliki potensi besar untuk dijadikan tempat evakuasi tsunami di Banda Aceh. Namun, banyak Masjid yang tidak dapat berfungsi secara optimal dalam situasi bencana, terutama jika desain bangunan tidak memperhatikan faktor risiko bencana. Salah satu temuan utama adalah bahwa Masjid yang memiliki struktur bangunan yang kuat dan aksesibilitas yang baik sering kali dipilih oleh masyarakat sebagai tempat evakuasi.

Studi oleh Gunardi dan Barliana (2021) menekankan pentingnya peran Masjid dalam respons bencana dan memberikan rekomendasi untuk merancang Masjid yang dapat digunakan sebagai pusat pengungsian, pusat distribusi bantuan, serta layanan kesehatan dalam fase darurat. Penelitian ini juga mengusulkan pentingnya

memperhatikan desain yang inklusif dan fasilitas yang memadai agar Masjid dapat berfungsi optimal saat dibutuhkan dalam keadaan darurat.

Syarief et al. (2019) dalam penelitiannya di Padang, menunjukkan bahwa Masjid juga berperan dalam mitigasi bencana, khususnya tsunami, dengan menjadi pusat informasi dan tempat evakuasi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa distribusi Masjid yang merata di daerah pemukiman memungkinkan Masjid untuk berfungsi sebagai tempat perlindungan yang mudah dijangkau oleh masyarakat. Namun, kualitas desain dan struktur Masjid perlu ditingkatkan untuk memenuhi standar bangunan tahan bencana.

Masjid sebagai Bangunan Tahan Bencana: Desain dan Material

Berdasarkan penelitian Putrie et al. (2021), banyak Masjid di daerah rawan bencana yang tidak memenuhi kriteria bangunan tahan bencana, meskipun beberapa Masjid memiliki elemen desain yang mendukung perannya sebagai tempat evakuasi. Salah satu elemen penting yang perlu dipertimbangkan adalah struktur bangunan, termasuk material dan teknik konstruksi yang digunakan. Penelitian ini menyoroti pentingnya penggunaan material lokal dan teknik konstruksi tradisional yang terbukti dapat meningkatkan ketahanan bangunan terhadap bencana seperti gempa bumi dan tsunami.

Penerapan desain arsitektur yang responsif terhadap bencana sangat diperlukan untuk memastikan Masjid dapat berfungsi tidak hanya sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai tempat yang aman selama bencana. Penelitian oleh Putrie et al. (2021) dan Vivita et al. (2020) menyarankan bahwa Masjid yang dirancang untuk dapat digunakan sebagai tempat evakuasi harus memenuhi beberapa kriteria penting, seperti memiliki akses vertikal yang baik (misalnya tangga yang dapat digunakan untuk evakuasi), ruang yang luas, dan struktur yang tahan gempa. Selain itu, Masjid harus memiliki fasilitas sanitasi dan

air bersih yang memadai selama masa darurat.

Masjid dalam Pemulihan Sosial Pasca-Bencana

Penelitian oleh Kotani et al. (2023) di Jepang menunjukkan bahwa Masjid dapat berfungsi sebagai pusat rehabilitasi trauma dan bantuan psikososial, selain sebagai tempat pengungsian dan distribusi bantuan. Selain itu, Masjid juga berperan dalam membangun ketahanan sosial masyarakat dengan menyediakan ruang untuk berkumpul dan berbagi informasi.

Oleh karena itu, penelitian tentang Peran Masjid sebagai Pusat Mitigasi Bencana perlu dilakukan untuk memperkaya pemahaman kita mengenai bangunan public yang resilien, serta meningkatkan peran Masjid dalam mitigasi bencana.

Penelitian ini menunjukkan bahwa Masjid dapat memainkan peran ganda dalam mitigasi bencana: pertama sebagai tempat ibadah, dan kedua sebagai tempat perlindungan selama bencana. Untuk berfungsi dengan optimal, Masjid perlu dirancang dengan memperhatikan ketahanan bangunan, aksesibilitas, serta fasilitas yang dibutuhkan selama bencana. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan untuk memperkuat desain Masjid agar dapat adaptif terhadap bencana dan lebih efektif dalam menangani dampak bencana.

Penelitian ini mengintegrasikan teori keterikatan tempat dengan kajian peran Masjid dalam mitigasi bencana. Dengan menggunakan metode skala Likert untuk mengukur keterikatan masyarakat terhadap Masjid, penelitian ini akan memberikan kontribusi penting bagi desain Masjid yang lebih tahan terhadap bencana, serta memperkaya ilmu pengetahuan tentang bagaimana place attachment dapat meningkatkan fungsi sosial Masjid dalam kesiapsiagaan bencana.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Kota Palu, dengan studi kasus yaitu Masjid Agung Baiturrahim Lolu. Alasan dipilihnya Masjid ini sebagai objek studi kasus pada penelitian ini yaitu karena menurut informasi dari beberapa media elektronik seperti Kompas.com, menyebutkan bahwa masjid ini yang terbanyak menampung pengungsi pada saat gempa 28 September 2018 di Kota Palu yaitu 300 orang pengungsi. (Kompas.com, diakses pada 10 September 2025 dari <https://regional.kompas.com/read/2018/09/29/18565531/hampir-17000-orang-mengungsi-akibat-gempa-dan-tsunami-di-palu>).

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed method) yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan ini dipilih untuk memberikan gambaran yang lebih mendalam dan holistik mengenai peran Masjid dalam mitigasi bencana serta keterikatan sosial yang ada antara masyarakat dan Masjid.

a. Metode Kualitatif

Metode kualitatif digunakan untuk memahami konteks sosial, persepsi masyarakat, dan pengalaman mereka terkait dengan penggunaan Masjid selama bencana. Pendekatan ini juga berfokus pada pemahaman terhadap makna dan fungsi sosial Masjid dalam kehidupan sehari-hari dan saat bencana terjadi.

b. Metode Kuantitatif

Metode kuantitatif digunakan untuk mengukur tingkat keterikatan masyarakat terhadap Masjid sebagai tempat perlindungan dalam situasi bencana, dengan menggunakan skala Likert untuk mengukur place attachment (keterikatan tempat). Penelitian ini akan menilai bagaimana masyarakat menilai aksesibilitas, fasilitas, dan desain Masjid sebagai tempat evakuasi dalam bencana.

Teknik Pengumpulan Data

a. Wawancara Mendalam

Wawancara mendalam akan dilakukan dengan pengelola Masjid, imam, dan warga masyarakat yang pernah menggunakan Masjid sebagai tempat evakuasi. Wawancara ini bertujuan untuk mengumpulkan data kualitatif terkait dengan pengalaman, persepsi, dan pandangan mereka mengenai peran Masjid dalam mitigasi bencana dan pemulihan pasca-bencana.

Pertanyaan wawancara akan difokuskan pada:

1. Fungsi sosial Masjid selama bencana.
2. Keterikatan emosional masyarakat terhadap Masjid.
3. Kendala yang dihadapi dalam penggunaan Masjid selama bencana.
4. Fasilitas dan aksesibilitas Masjid sebagai tempat evakuasi.

b. Survei dengan Skala Likert

Survei akan dilakukan dengan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert untuk mengukur keterikatan tempat masyarakat terhadap Masjid. Kuesioner ini akan mencakup pertanyaan-pertanyaan yang mengukur dua dimensi utama dari place attachment:

1. Place Dependence: Sejauh mana masyarakat mengandalkan Masjid sebagai tempat evakuasi dan perlindungan.
2. Place Identity: Sejauh mana masyarakat merasa bahwa Masjid merupakan bagian penting dari identitas sosial dan budaya mereka.

Skala Likert yang digunakan akan memiliki lima pilihan jawaban: (1) Sangat Tidak Setuju, (2) Tidak Setuju, (3) Netral, (4) Setuju, (5) Sangat Setuju.

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data kualitatif yang dengan cara melakukan tanya jawab langsung antara peneliti dan responden untuk memperoleh informasi yang mendalam terkait topik penelitian. Adapun teknik yang digunakan yaitu *Purposive sampling* (atau sampling bertujuan).

Purposive sampling adalah teknik pengambilan sampel di mana peneliti secara sengaja memilih responden yang

dianggap paling relevan dan memiliki pengetahuan atau pengalaman khusus terkait masalah yang diteliti. Tujuannya adalah mendapatkan data yang kaya dan informatif dari individu yang dianggap dapat memberikan insight paling mendalam (Sugiyono, 2017).

Ketika dikombinasikan, wawancara dengan *purposive sampling* berarti peneliti melakukan wawancara terhadap responden yang dipilih secara sengaja karena dianggap memiliki informasi, pengalaman, atau perspektif yang sangat penting untuk menjawab rumusan masalah penelitian.

Teknik Analisis Data

a. Analisis Kualitatif

Data dari wawancara akan dianalisis menggunakan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola dan tema yang berulang terkait dengan peran Masjid dalam mitigasi bencana, serta pengalaman dan pandangan masyarakat mengenai Masjid sebagai tempat evakuasi.

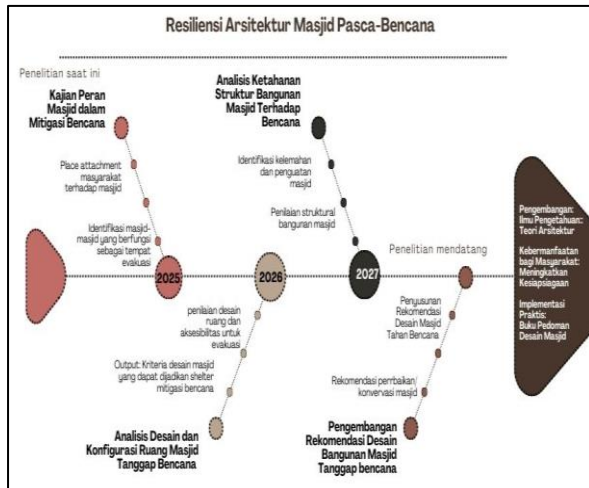
b. Analisis Kuantitatif

Data survei yang diperoleh melalui kuesioner skala Likert akan dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif, seperti frekuensi, persentase, dan rata-rata untuk menggambarkan tingkat keterikatan masyarakat terhadap Masjid. Hasil analisis ini akan memberikan pemahaman tentang pengaruh keterikatan sosial terhadap pemilihan Masjid sebagai tempat evakuasi selama bencana.

Road Map Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan berlanjut selama 2 tahun ke depan, dengan fokus penelitian yang akan lebih mendalam.

Adapun Road map penelitian ini yang telah dilakukan dan yang akan dilakukan di tahun-tahun berikutnya, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Bagan Road Map Penelitian Dengan Metode Fish Bond

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

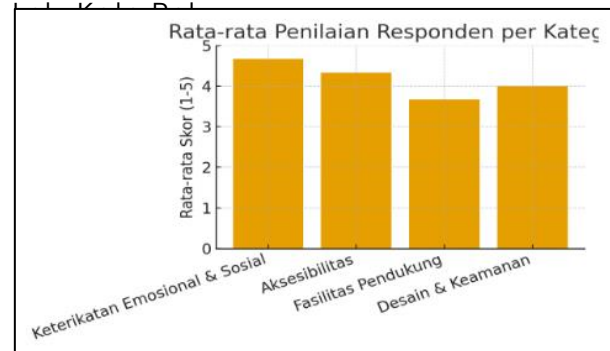
Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen kuesioner dengan 20 butir pertanyaan yang dikelompokkan ke dalam empat aspek utama: (1) keterikatan emosional dan sosial terhadap Masjid, (2) aksesibilitas Masjid, (3) fasilitas pendukung, serta (4) desain dan keamanan bangunan. Kuesioner yang diisi oleh responden menggunakan pilihan dengan basis skala Likert.

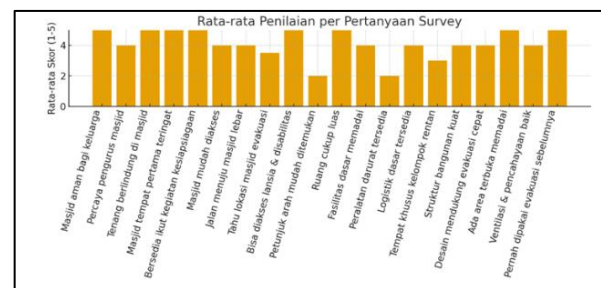
Hasil kuesioner yang diperoleh dari 6 (enam) responden memberikan gambaran mengenai sejauh mana Masjid Agung Baiturrahim Lolu dapat difungsikan sebagai pusat mitigasi bencana di Kota Palu.

Berikut grafik Kesimpulan hasil kuesioner yang diisi oleh enam koresponden yang terpilih. Pemilihan enam koresponden ini menggunakan teknik purposive sampling, yaitu peneliti secara sengaja memilih responden yang dianggap paling relevan dan memiliki pengetahuan atau pengalaman khusus terkait masalah yang diteliti. Sehingga enam koresponden ini dianggap sudah dapat mewakili tanggapan pengunjung-pengungsi yang pernah melakukan evakuasi di Masjid Agung Baiturrahim Lolu. Koresponden-koresponden ini merupakan

eks pengunjung gempa 2018 yang mengungsi di Masjid Agung Baiturrahim Lolu Kota Palu.



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Penilaian Responden per Kategori



Gambar 3. Grafik Rata-Rata per Pertanyaan Survey

Keterikatan Emosional dan Sosial

Berdasarkan grafik 2 dan 3, dapat terlihat bahwa aspek keterikatan emosional dan sosial memperoleh skor rata-rata 4,80 dari skala 5. Responden menyatakan bahwa Masjid tempat mereka mengungsi yaitu Masjid Agung Baiturrahim Lolu Kota Palu memberi rasa aman bagi mereka sekeluarga. Sehingga pada saat terjadi gempa Masjid ini menjadi tempat pertama yang terlintas sebagai tempat mitigasi bencana.

Nilai ini menunjukkan tingkat keterikatan yang sangat tinggi, selaras dengan teori *place attachment* yang menyebutkan bahwa dimensi *place meaning* dan *place identity* berperan penting dalam menentukan preferensi individu terhadap suatu lokasi (Scannell & Gifford, 2010).

Aksesibilitas

Berdasarkan grafik 3, penilaian reponden terhadap aksesibilitas Masjid Agung Baiturrahim Lolu Palu memperoleh skor rata-rata 4,50. Yaitu Indikator akses jalan utama, ketersediaan jalur yang lebar, dan kemudahan bagi kelompok lansia dan penyandang disabilitas dinilai baik. Namun demikian, aspek petunjuk arah menuju Masjid mendapat skor rendah (2,00), sementara kepastian lokasi evakuasi juga masih tergolong sedang (3,50). Hal ini menandakan bahwa meskipun keberadaan Masjid relatif mudah dijangkau, masih terdapat kelemahan pada aspek informasi dan navigasi, yang berpotensi menghambat proses evakuasi dalam situasi darurat.

Fasilitas Pendukung

Fasilitas pendukung memperoleh skor rata-rata 3,60. Beberapa aspek, seperti luas ruang yang memadai dan ketersediaan fasilitas dasar (air bersih, toilet, dan logistik sederhana), berada pada kategori cukup baik. Namun, ketersediaan peralatan darurat (P3K, genset, alat komunikasi) masih sangat rendah (2,00). Ketidadaan fasilitas yang mendukung kelompok rentan (ibu hamil, anak-anak, dan lansia) juga menjadi perhatian dengan skor hanya 3,00.

Desain dan Keamanan

Aspek desain dan keamanan memperoleh skor rata-rata 4,40, menandakan bahwa struktur bangunan Masjid Agung Baiturrahim Lolu Kota Palu dipersepsikan cukup kuat, dengan ketersediaan area terbuka, ventilasi, pencahayaan, dan pengalaman pernah digunakan sebagai lokasi evakuasi. Skor ini menunjukkan bahwa secara fisik Masjid relatif siap dijadikan sebagai titik pengungsian, meskipun aspek teknis fasilitas darurat masih menjadi kelemahan.

Pembahasan

Masjid sebagai Ruang dengan Keterikatan Emosional Tinggi

Tingkat keterikatan emosional dan sosial yang sangat tinggi (skor 4,80)

membuktikan bahwa Masjid bukan hanya ruang ibadah, melainkan juga ruang sosial dan psikologis yang memiliki makna mendalam bagi masyarakat. Hal ini sejalan dengan teori place attachment yang menekankan hubungan emosional antara manusia dengan lingkungannya (Scannell & Gifford, 2010). Studi Vivita et al. (2020) juga menunjukkan bahwa Masjid seringkali dijadikan titik berkumpul dan perlindungan dalam situasi krisis karena nilai simbolis dan spiritual yang melekat. Dengan demikian, keterikatan ini dapat menjadi modal sosial penting untuk menggerakkan partisipasi masyarakat dalam kegiatan mitigasi bencana.

Aksesibilitas: Potensi dan Hambatan

Aksesibilitas yang cukup baik memperlihatkan bahwa sebagian besar Masjid memiliki lokasi strategis dan mudah dijangkau, termasuk oleh kelompok rentan. Namun kelemahan serius terdapat pada aspek signage atau petunjuk arah, yang mendapatkan skor rendah. Literatur Syarief et al. (2019) menegaskan bahwa ketersediaan informasi dan jalur evakuasi yang jelas merupakan faktor krusial dalam efektivitas tempat pengungsian. Dengan demikian, tanpa adanya sistem informasi yang memadai, potensi kepanikan dan kesalahan jalur evakuasi tetap tinggi meskipun Masjid dekat dan mudah diakses.

Kesiapan Fasilitas Pendukung

Ketersediaan fasilitas pendukung yang terbatas menjadi temuan utama yang perlu mendapat perhatian. Rendahnya skor pada ketersediaan peralatan darurat mengindikasikan masih minimnya kesiapan teknis Masjid sebagai pusat mitigasi. Temuan ini mendukung kajian Putrie et al. (2021) yang menyebutkan bahwa peran Masjid dalam mitigasi bencana akan optimal jika dilengkapi dengan logistik dasar dan sarana penunjang kelompok rentan. Dengan demikian, meskipun Masjid memiliki fungsi sosial dan spiritual yang kuat, tanpa dukungan fasilitas darurat yang memadai perannya akan terbatas pada tahap awal evakuasi saja.



Gambar 4. Saran Toilet Wanita dan Pria Beserta Kelengkapannya Pada Masjid Agung Baiturrahim Lolu

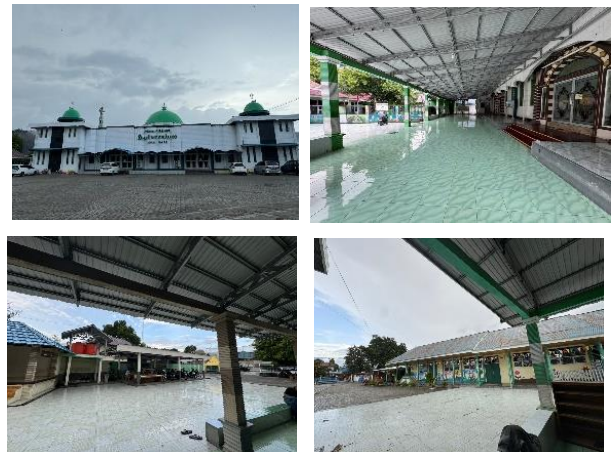
Desain dan Keamanan sebagai Faktor Pendukung

Skor yang tinggi pada aspek desain dan keamanan menunjukkan persepsi masyarakat bahwa Masjid relatif kokoh dan aman. Hal ini mendukung konsep resilient design sebagaimana dipaparkan oleh Gunardi dan Barliana (2021), yang menekankan pentingnya desain bangunan publik untuk mendukung fungsi darurat. Ketersediaan ruang terbuka, ventilasi, dan pencahayaan memperkuat fungsi Masjid tidak hanya sebagai tempat ibadah, tetapi juga sebagai tempat pengungsian sementara.



Gambar 5. Sistem Struktur Penopang Pada Masjid Agung Baiturrahim Lolu Kota Palu

Pada interior Masjid Agung Baiturrahim Lolu Kota Palu terlihat bahwa struktur kolom terdiri dari banyak kolom, sehingga hal ini juga menjadi salahsatu faktor kokoh dan amannya Masjid ini pada saat terjadinya Gempa.



Gambar 6. Teras dan Halaman Depan Masjid Agung Baiturrahim Lolu Yang Pada Saat Bencana Dapat Digunakan Sebagai Tempat Evakuasi

Ketersediaan ruang-ruang terbuka juga menjadi salahsatu faktor Masjid Agung Baiturrahim Lolu dipilih sebagai tempat evakuasi pada saat terjadi gempa atau bencana alam. Pada saat terjadi bencana alam seperti gempa, ruang-ruang terbuka ini dapat difungsikan sebagai tempat berdirinya tenda-tenda pengungsi.

Integrasi Dimensi Sosial dan Teknis

Hasil survei memperlihatkan adanya kesenjangan antara dimensi sosial (keterikatan emosional tinggi) dan dimensi teknis (fasilitas darurat rendah). Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan Masjid sebagai pusat mitigasi tidak hanya bergantung pada aspek sosial-budaya, tetapi juga kesiapan fisik dan teknis. Kotani et al. (2023) menunjukkan bahwa Masjid dapat berfungsi sebagai pusat pemulihan psikososial pasca-bencana, namun efektivitas tersebut hanya tercapai jika didukung oleh manajemen darurat yang memadai.

Implikasi Penelitian

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, penelitian ini mengimplikasikan beberapa hal:

1. Keterikatan emosional sebagai modal sosial: Masjid dapat menjadi pusat

edukasi dan simulasi mitigasi karena jamaah memiliki rasa keterikatan yang tinggi.

2. Perlu peningkatan fasilitas darurat: Ketersediaan logistik, peralatan darurat, serta ruang untuk kelompok rentan perlu diprioritaskan.
3. Peran pemerintah dan masyarakat: Kolaborasi antara pengurus Masjid, BPBD, dan masyarakat diperlukan untuk mengatasi kelemahan teknis seperti signage, SOP evakuasi, dan penyediaan fasilitas penunjang.
4. Arah penelitian lanjutan: Perluasan sampel dan audit teknis bangunan diperlukan untuk memperkuat rekomendasi ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan mengenai peran Masjid sebagai pusat mitigasi bencana, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keterikatan emosional dan sosial masyarakat terhadap Masjid sangat tinggi (mean 4,80). Masjid dipandang sebagai tempat yang aman, nyaman, dan menjadi pilihan utama saat terjadi bencana. Hal ini menunjukkan bahwa Masjid memiliki peran penting tidak hanya sebagai ruang ibadah, tetapi juga sebagai ruang sosial dan psikologis masyarakat.
2. Aksesibilitas Masjid cukup baik (mean 3,70), terutama dari segi lokasi yang strategis, kemudahan akses jalan, serta keterjangkauan bagi kelompok rentan. Namun, kelemahan signifikan terdapat pada aspek informasi dan petunjuk arah evakuasi (skor 2,00), yang berpotensi menghambat proses evakuasi darurat.
3. Fasilitas pendukung berada pada kategori sedang (mean 3,60). Ketersediaan ruang luas dan fasilitas dasar dinilai cukup memadai, tetapi peralatan darurat seperti P3K, genset, dan alat komunikasi masih sangat terbatas. Fasilitas khusus untuk kelompok rentan juga belum optimal.
4. Aspek desain dan keamanan relatif baik (mean 4,40). Masyarakat menilai struktur

bangunan Masjid kokoh, memiliki ventilasi dan pencahayaan yang baik, serta area terbuka yang memadai. Hal ini memperkuat potensi Masjid untuk dijadikan lokasi evakuasi dan pengungsian sementara.

5. Secara keseluruhan, Masjid memiliki potensi besar sebagai pusat mitigasi bencana dengan nilai rata-rata 4,13, namun terdapat kesenjangan antara kekuatan sosial (keterikatan masyarakat) dan kelemahan teknis (ketersediaan fasilitas darurat).

Saran/Rekomendasi

Berdasarkan kesimpulan diatas, beberapa rekomendasi yang dapat diajukan antara lain :

1. Peningkatan fasilitas darurat: Pengurus Masjid bersama pemerintah dan lembaga terkait perlu melengkapi Masjid dengan peralatan dasar darurat, seperti kotak P3K, genset, alat komunikasi, dan logistik sederhana.
2. Penyediaan signage dan jalur evakuasi: Pemasangan petunjuk arah, peta evakuasi, dan tanda jalur darurat di sekitar Masjid harus menjadi prioritas untuk memudahkan evakuasi dan mengurangi potensi kepanikan.
3. Fasilitas khusus bagi kelompok rentan: Masjid perlu menyediakan ruang aman dan akses khusus untuk lansia, anak-anak, ibu hamil, dan penyandang disabilitas agar tidak terabaikan saat bencana.
4. Penguatan kapasitas masyarakat: Kegiatan pelatihan, simulasi evakuasi, dan sosialisasi mitigasi bencana berbasis Masjid perlu dilakukan secara rutin untuk meningkatkan kesiapsiagaan jamaah.
5. Kolaborasi multi-pihak: Pengurus Masjid, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), pemerintah desa/kelurahan, serta masyarakat perlu membangun sistem koordinasi dan SOP bersama agar Masjid dapat berfungsi optimal sebagai pusat mitigasi.
6. Studi teknis lanjutan: Diperlukan kajian struktural yang lebih mendalam oleh tenaga ahli teknik sipil dan arsitektur untuk memastikan kekuatan bangunan Masjid serta kemungkinan dilakukan

retrofit sesuai standar bangunan tahan bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggia, R., Pratama, A., & Mahendrawan, T. (2022). Keterikatan Tempat dan Interaksi Sosial di Ruang Publik: Studi Kasus Teras Cihampelas, Bandung. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, 15(2), 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.jap.2021.12.005>
- Gunardi, H., & Barliana, E. (2021). Desain Masjid yang Resilien Terhadap Bencana Alam: Analisis terhadap Masjid di Daerah Rawan Bencana. *Jurnal Arsitektur Nusantara*, 30(1), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.jan.2021.07.008>.
- Kotani, M., Saito, T., & Kato, Y. (2023). Masjid sebagai Pusat Pemulihan Trauma Pasca-Bencana: Studi Kasus di Jepang. *Jurnal Mitigasi Bencana*, 8(3), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2023.04.002>
- Putrie, W., Haris, M., & Asri, T. (2021). Evaluasi Konstruksi Bangunan Masjid dalam Menghadapi Gempa dan Tsunami: Studi Kasus di Aceh. *Jurnal Konstruksi dan Arsitektur*, 19(4), 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.jka.2021.06.003>
- Scannell, L., & Gifford, R. (2010). Defining Place Attachment: A Tripartite Organizing Framework. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.09.006>
- Syarief, A., Mulya, B., & Sulaiman, Z. (2019). Peran Masjid dalam Mitigasi Tsunami: Studi Kasus di Padang. *Jurnal Perencanaan Kota*, 22(1), 49-61. <https://doi.org/10.1016/j.jpk.2019.04.005>
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Vivita, S., Pratiwi, N., & Suryani, D. (2020). Peran Masjid dalam Mitigasi Tsunami di Banda Aceh: Sebuah Studi Sosial-Budaya. *Jurnal Arsitektur dan Mitigasi Bencana*, 13(2), 78-91. <https://doi.org/10.1016/j.jamb.2020.07.005>
- Wulandari, R. (2021). Budaya ketahanan gempa pada arsitektur Masjid tradisional Indonesia. *Purbawidya: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Arkeologi*, 10(1), 87-102

RE-DESAIN LENGAN ROBOT 6 DOF BERDASARKAN BENCHMARKING MENGUNAKAN PERMODELAN 3D PADA AUTODESK INVENTOR 2024

6 DOF Robotic Arm Re-design Based on Benchmarking Using 3D Modeling on AutoDesk Inventor 2024

Elvyra Danotti¹, Steven Fernando Chu², Monika³, Handi Wilujeng Nugroho^{4*},
Kurniawan Hamidi⁵.

^{1,2,3,4,5} Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Universal.

*E-mail: handynugroho41@gmail.com

Informasi Naskah:

Diterima:

07 November 2025

Diterbitkan:

24 Desember 2025

Abstract: The industrial revolution 4.0 has encouraged the development of automation systems, including the 6 DOF robotic arm to enhance industrial production efficiency and effectiveness. This study aims to redesign a 6 DOF robotic arm based on benchmarking with Fanuc M-20iA and ABB IRB 2600 models using AutoDesk Inventor 2024. The method employed is benchmarking by comparing designs and specifications, followed by redesigning the Bill of Materials (BoM), Operation Process Chart (OPC), and assembly chart. The results show modifications such as redesigning the base into a square shape, adding rubber strips to the gripper, creating a separate panel for the motor driver and controller, and replacing the electromagnetic gripper with a mechanical one. The final design produces a simpler robotic arm with a production cost (HPP) of Rp105,554,924.00, which is more economical compared to similar products. The newly designed gripper is recommended for vertical object handling and positioning. Thus, the design successfully reduces maintenance costs, enhances precision, and maintains optimal performance for industrial applications.

Keyword: 6 DOF, Design improvement, Production Cost, Inventor, Robiotic arm.

Abstrak: Revolusi industri 4.0 telah mendorong pengembangan sistem otomasi, salah satunya berupa lengan robot 6 DOF untuk mendukung efektivitas dan efisiensi produksi industri. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan improvisasi desain lengan robot 6 DOF berbasis *benchmarking* terhadap produk Fanuc M-20iA dan ABB IRB 2600 menggunakan AutoDesk Inventor 2024. Metode yang digunakan adalah *benchmarking* dengan membandingkan desain dan spesifikasi, serta melakukan perancangan ulang BoM, OPC, dan *assembly chart*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dilakukan modifikasi pada desain base menjadi persegi, penambahan *rubber strip* pada *gripper*, pembuatan panel terpisah untuk *driver motor* dan *controller*, serta penggantian *gripper* elektromagnetik menjadi mekanik. Desain ini menghasilkan lengan robot yang lebih sederhana, dengan HPP sebesar Rp105.554.924,00, lebih ekonomis dibandingkan produk sejenis. *Gripper* hasil rancangan direkomendasikan untuk pengambilan dan pemosisian benda secara vertikal. Dengan demikian, desain ini mampu

mengurangi biaya perawatan, meningkatkan presisi, dan mempertahankan kinerja optimal untuk aplikasi industri.

Kata Kunci: 6 DOF, Biaya Produksi, *Inventor*, Lengan Robot, Perbaikan Desain.

PENDAHULUAN

Perkembangan revolusi industri memunculkan urbanisasi akibat terbentuknya kota-kota yang digunakan untuk pusat produksi (Fernando & Fahrudin, 2023). Revolusi industri sudah dimulai sejak abadi ke-18 (Kurniawan & Sri Pudjiarti, 2024) dengan penemuan mesin uap (Huda & Sri Pudjiarti, 2024). Inovasi lain dari revolusi industri yakni penggunaan jalur kereta api (1.0), listrik, mesin, produksi massal (2.0) (Nagy, 2022), teknologi otomatisasi (3.0) (Maharani et al., 2023), hingga kehadiran kecerdasan buatan (4.0) (Leitao et al., 2020). Hal yang mempengaruhi revolusi industri adalah globalisasi (Mikoláš & Vozňáková, 2020). Di tengah perkembangan era globalisasi yang mendunia, terdapat tuntutan untuk meminimalkan risiko kecelakaan dengan menekan biaya dan waktu produksi seminimal mungkin serta memiliki arah yang sama berupa berkelanjutan.

Implementasi pembuatan produk berkelanjutan di revolusi industri 4.0 adalah lengan robot (Permen No. 7 Tahun 2018 tentang Rencana Aksi Nasional TPB/SDGs, 2018; PP No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, 2017; PP No. 111/2022 tentang Pelaksanaan Pencapaian TPB/SDGs, 2022). Lengan robot dapat bergerak dengan enam derajat kebebasan sesuai dengan fungsi yang diperintahkan oleh sistem sebagai pendukung kontrol DOF (Zebua et al., 2024). Lengan robot dalam dunia industri memiliki pengaruh signifikan terhadap proses produksi industri berupa peningkatan *output*, produktivitas, dan biaya operasional terhadap nilai jual produk (Nurcipto et al., 2020). Contoh penerapannya adalah lengan robot 6 DOF di Perusahaan Skoda dalam produksi mobil Skoda Octavia. Namun, tentunya dibutuhkan biaya awal berupa investasi jangka panjang yang besar dan terdapat keterbatasan SDM.

Dengan demikian, penulis berinisiatif melakukan perancangan dan permodelan kembali produk lengan robot 6 DOF dengan mengimplementasikan sejumlah inovasi melalui pendekatan *benchmarking*. *Benchmarking* meliputi identifikasi komponen yang digunakan dari masing-masing jenis lengan robot dan biaya komponen hingga menjadi satu produk utuh. *Software* yang digunakan untuk menunjang permodelan ini adalah *AutoDesk Inventor 2024*. *AutoDesk Inventor 2024* merupakan *software Computer Aided Design* (Ningtyas et al., 2021) yang digunakan untuk membuat atau memodifikasi sketsa produk atau prototipe 2D dan kemudian dimodifikasi menjadi bentuk 3D yang sudah di-assembly (Muhamadin et al., 2023).

TINJUAN PUSTAKA

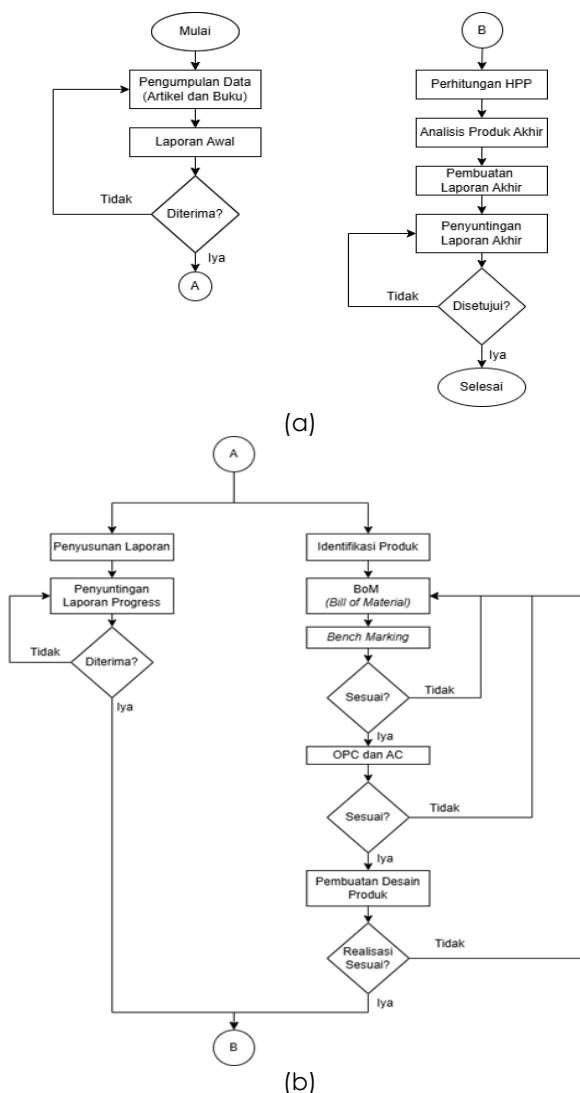
Lengan robot merupakan teknologi revolusi industri 4.0 dalam sistem otomatisasi robotika yang digunakan dalam industri untuk membantu menggantikan kegiatan produksi manusia yang berbahaya (Nurcipto et al., 2020). Lengan robot dalam implementasinya menggunakan karakteristik lengan manusia dengan derajat kebebasan atau *Degree of Freedom* (DOF) yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi dan jenisnya (Marsono et al., 2018). Menurut (Agni et al., 2020), lengan robot secara umum terdiri dari beberapa bagian seperti *mechanical arm*, *end-effector*, *actuator*, *transducer*, dan *controller*.

Perancangan desain produk 2D dan 3D ini tidak terlepas pada pembuatan BoM, OPC dan AC. BoM berbentuk diagram dibuat sebagai landasan informasi permodelan dengan menguraikan komponen atau material penyusun struktur produk secara menyeluruh (Affiyanti et al., 2021). OPC berfungsi sebagai informasi alur operasi yang dilalui produk secara jelas dan sistematis, sedangkan *assembly chart* guna mengetahui hubungan

masing-masing komponen yang telah dibentuk berdasarkan BoM menjadi suatu produk akhir (Affiyanti et al., 2021). Metode *benchmarking* dilakukan dengan membandingkan dan menganalisis perbedaan jenis komponen yang digunakan maupun desain perancangannya, sehingga dapat berdampak positif dan menciptakan adanya inovasi baru (Widodo et al., 2023). Permodelan desain dilakukan perhitungan Harga Pokok Produksi (HPP), yakni biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memproduksi suatu produk akhir *costing* (Gina et al., 2024).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *benchmarking* dengan alur sebagai berikut:

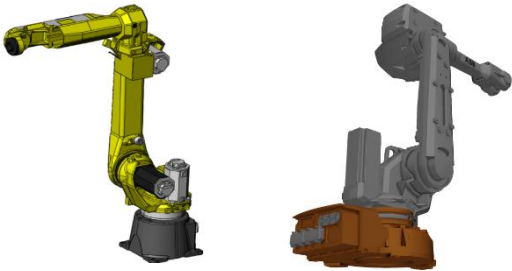


Gambar 1. (a) (b) Flowchart Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelusuran yang dilakukan, dapatkan dua sampel lengan robot untuk pemosisian berupa Fanuc M-20iA dan ABB IRB 2600 dengan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Desain Fanuc M-20iA dan ABB IRB 2600

	Fanuc M-20iA	ABB IRB 2600
		

Sumber : 3cadbrowser.com.

Tabel 2. Perbandingan Spesifikasi Fanuc M-20iA dan ABB IRB 2600

Spesifikasi	Lengan Robot	
	Fanuc M-20iA	ABB IRB 2600
Axis	6	6
Payload	20 kg	20 kg
Repeatability	0,03 mm	0,04 mm
Reach	1811 mm	1650 mm
Weight	250 kg	284 kg

Sumber : Website resmi Fanuc dan ABB IRB

Berdasarkan hasil *benchmarking* tersebut, dilakukan penyusunan BoM, OPC dan *assembly chart*. Diketahui terdapat tiga level yang harus dicapai yakni level 0 (lengan robot 6 DOF), level 1 dan level 2. Item base dan panel memiliki *decision make* karena melalui proses pembuatan pada OPC, sementara itu *joint 1* hingga *end-effector* melalui proses *assembly* sebelum menjadi satu produk akhir. Sementara itu, satu DOF lengan robot harus memiliki minimal satu pasang servo motor dan driver motor, dibuktikan dalam Seminar Nasional Teknik Elektro oleh (Kafila et al., 2019), dalam keberadaannya driver motor dan servo motor memiliki hubungan keterkaitan erat satu sama lain dalam pengoperasian sistem. Berdasarkan perancangan BoM, diketahui jumlah kebutuhan servo motor dan driver motor masing-masingnya sebanyak enam buah untuk menggerakkan enam DOF positioning. Enam driver motor ini diletakkan pada satu papan controller

Arduino Uno ATmega 16U2 pada kotak panel. Adapun locknut pada BoM memuat baut dan mur dengan ukuran M4. Tabel BoM kemudian dirancang dalam bentuk diagram dengan penomoran part dan jumlah yang diperlukan sesuai dengan level-nya. Data diagram BoM linear dengan data yang berada di tabel BoM.

Tabel 3. Bill of Material Lengan Robot 6 DOF Pemosisian

Lengan Robot 6 DOF Pemosisian			
Level	Item	Kuantitas	Decision
1	Base	1	Make
1	Joint 1	1	Make
1	Arm	1	Make
1	Joint 2	1	Make
1	Forearm	1	Make
1	End-Effector	1	Make
1	Panel	1	Make
1	Locknut	10	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Tabel 4. Bill of Material Joint 1

Joint 1			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Joint Stopper	2	Buy
2	Motor Servo	2	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Tabel 5. Bill of Material Arm

Arm 1			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Motor Servo	1	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Tabel 6. Bill of Material Joint 2

Joint 2			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Motor Servo	1	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Tabel 7. Bill of Material Forearm

Forearm 1			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Motor Servo	1	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Tabel 8. Bill of Material End-Effector

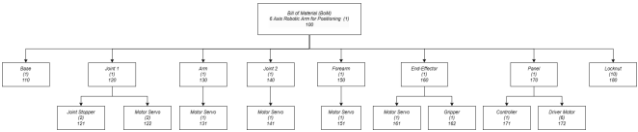
End-Effector			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Gripper	1	Buy
2	Motor Servo	1	Buy

Sumber : (Danotti et al., 2025)

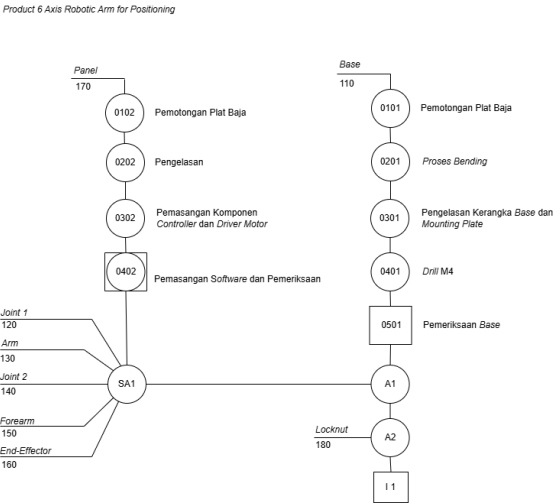
Tabel 9. Bill of Material Panel

Panel			
Level	Item	Kuantitas	Decision
2	Controller	1	Buy
2	Driver Motor	1	Buy

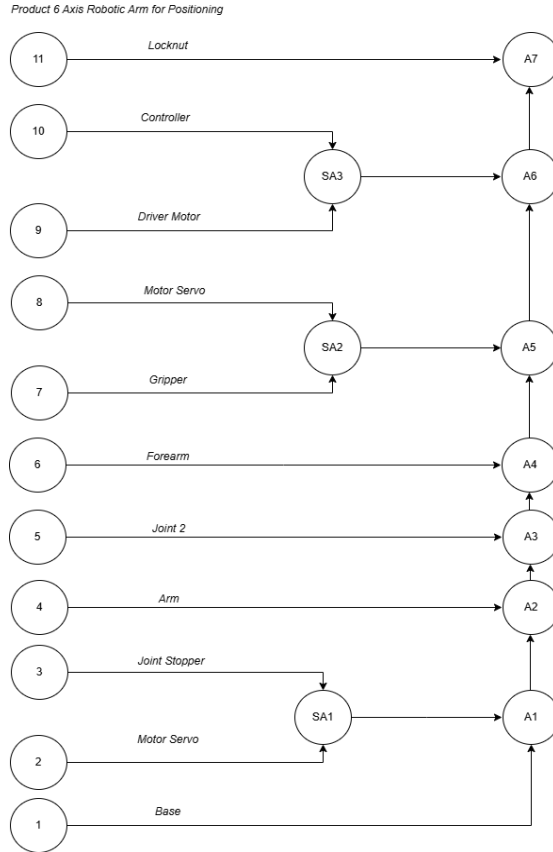
Sumber : (Danotti et al., 2025)



Gambar 2. BoM Lengan Robot 6 DOF Pemosisian



Gambar 3. OPC Lengan Robot 6 DOF Pemosisian

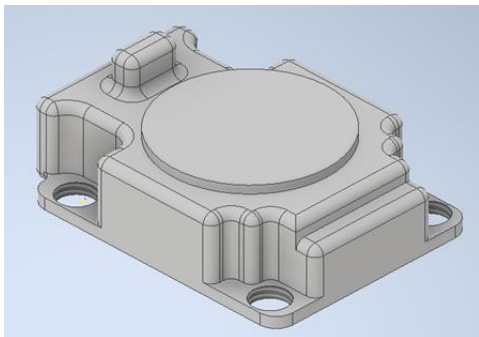


Gambar 4. AC Lengan Robot 6 DOF Pemosisian

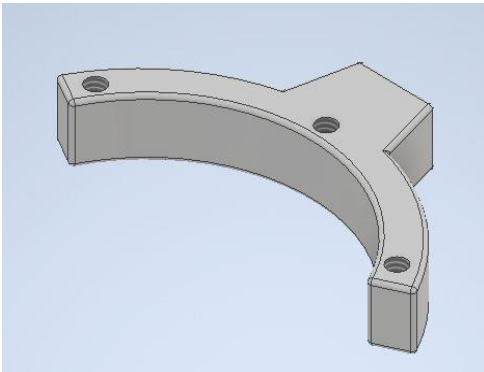
Modifikasi dilakukan berdasarkan referensi Fanuc M-20iA dan ABB IRB 2600. Desain dibuat dengan menurunkan tingkat kompleks gambar produk dengan meminimalisir penurunan fungsi komponen pada pengaplikasian lengan robot sebagai *positioning*.



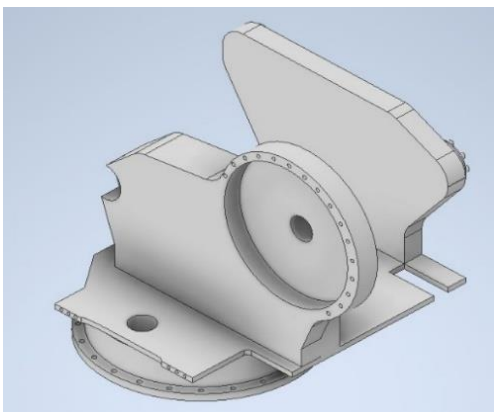
Gambar 5. Hasil 3D Produk Lengan Robot 6 DOF Pemosisian



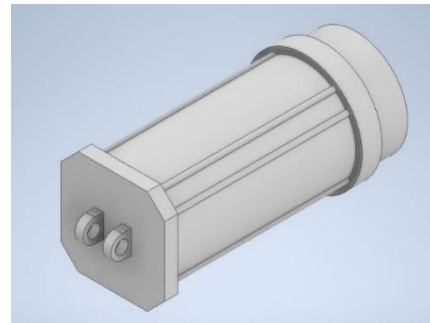
Gambar 6. Hasil 3D Base



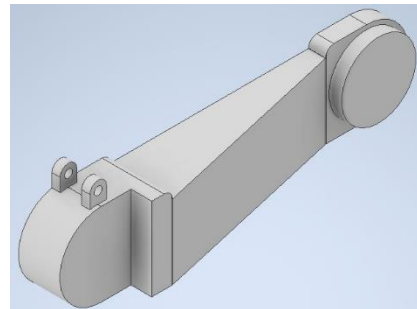
Gambar 7. Hasil 3D Joint Stopper



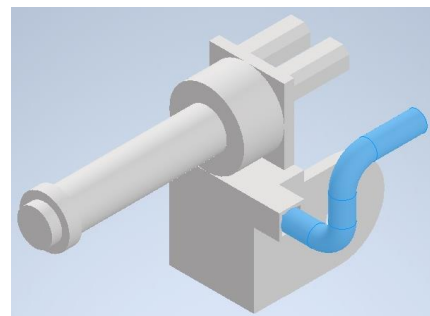
Gambar 8. Hasil 3D Joint 1



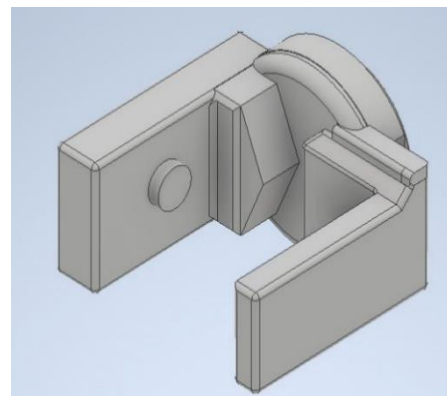
Gambar 9. Hasil 3D Arm



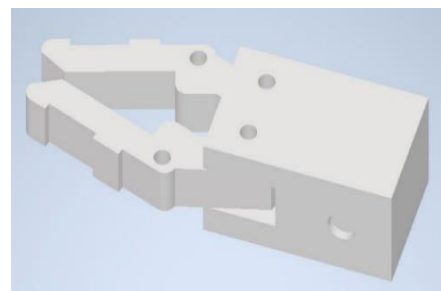
Gambar 10. Hasil 3D Joint 2



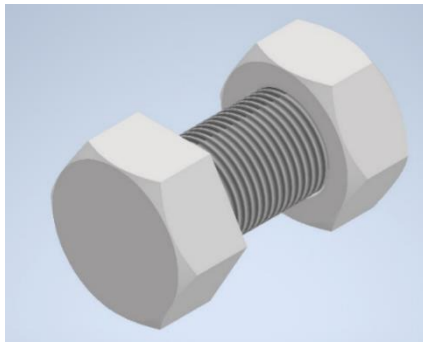
Gambar 11. Hasil 3D Forearm



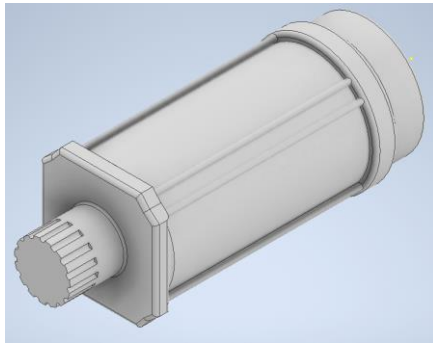
Gambar 12. Hasil 3D End-Effector



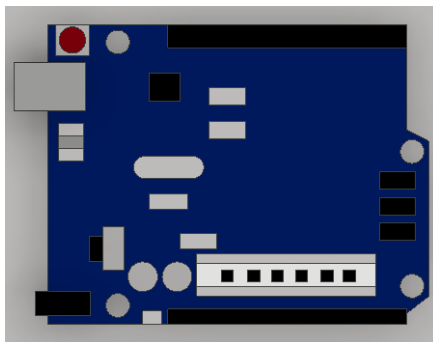
Gambar 13. Hasil 3D Gripper



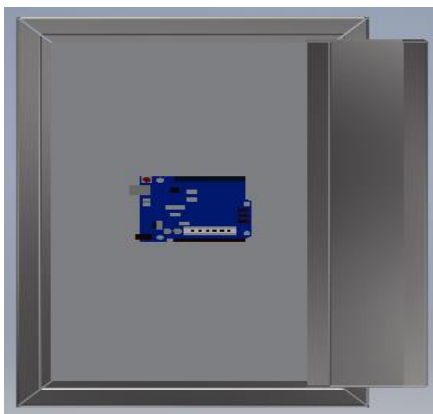
Gambar 14. Hasil 3D Locknut



Gambar 15. Hasil 3D Motor Servo



Gambar 16. Hasil 3D Driver Motor dan Controller



Gambar 17. Hasil 3D Panel

Penulis merancang bentuk *base* dalam bentuk persegi dari *mounting plate* untuk meningkatkan tingkat kestabilan dalam penggunaannya, sehingga memperkecil kemungkinan lengan robot tidak kuat menahan beban benda saat

memposisikannya dibandingkan dengan *base* berbentuk lingkaran sebagai dasarnya (referensi Fanuc M-20iA). Perancangan ini juga dilakukan untuk meminimalkan mudah terlepasnya *locknut* pada proses *positioning*. *Joint stopper* dibuat dengan bentuk ujung berukuran lebih kecil dan ditarik dari radius lingkaran *base* bertujuan untuk memperkecil jumlah ruang yang digunakan pada saat pengoperasian lengan robot. Bentuk ini juga dianggap lebih menyesuaikan bentuk *base* saat dipasangkan dengan *joint 1* berupa lingkaran, dibandingkan Fanuc M-20iA yang berbentuk persegi panjang.

Adapun *controller* dan *driver motor* diletakkan dalam satu *panel* di luar lengan robot dengan hasil modifikasi desain yang lebih simpel. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam perancangan desain dan pembuatan bentuk *panel* secara mandiri. *Controller* dan *driver motor* diletakkan terpisah dari lengan robot memiliki keunggulan dalam perawatan dan perbaikan. Apabila *controller* dan *driver motor* tergabung dalam lengan robot digunakan dalam jangka waktu yang panjang kemudian mengalami kerusakan, diperlukan waktu dan alat untuk pendinginannya sebelum dilakukan perbaikan. Sehingga, kurang efektif dalam penggunaan waktu. Penyesuaian desain juga tergambar pada jumlah komponen yang digunakan pada *gripper* yakni tiga dibandingkan dengan referensi menggunakan lima komponen. Hal ini dilakukan untuk menurunkan kompleksitas perancangan desain dan pembuatan realisasi produk. Jumlah *motor servo* yang digunakan pada *forearm* hasil akhir produk memang lebih banyak dibandingkan referensi ABB IRB 2600, karena terdapat perbedaan daya untuk memenuhi kebutuhan torsi. Masing-masing *motor servo* memiliki jumlah daya yang berbeda. Namun, modifikasi ini dilakukan agar meminimalkan biaya perbaikan apabila terjadi kerusakan pada *motor servo*. Sehingga, apabila salah satu *motor servo* saja yang rusak dapat segera diperbaiki dengan biaya perbaikan lebih minimum. Walaupun demikian, secara

fungsi *motor servo* dapat bekerja dengan baik setelah syarat kebutuhan torsi telah tercapai.

Berdasarkan *benchmarking* yang dilakukan, harga pokok produksi yang didapatkan untuk sebuah lengan robot 6 DOF pemosisian adalah Rp105.554.924,00. Ini didapatkan dari penjumlahan material yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk yaitu sebesar Rp35.554.924, kemudian biaya tenaga kerja yang diperlukan yaitu 5 orang pekerja yang masing-masing dengan gaji 8.000.000, dan terakhir biaya *overhead* yaitu biaya utilitas, biaya penyusutan dan biaya lainnya senilai Rp 30.000.000. Rincian perhitungan Harga Pokok Produksi (HPP) dirincikan sebagai berikut:

Tabel 11. Perhitungan HPP Lengan Robot 6 DOF Pemosisian

Harga Pokok Produksi (HPP)			
Lengan Robot 6 DOF Pemosisian			
Komponen	Unit	Harga	Total
Material			
Base	1	30.000.000	30.000.000
Joint Stopper	2	653.790	1.307.580
Motor Servo	6	455.976	2.735.856
Gripper	1	1.425.510	1.425.510
Panel (Driver Motor dan Controller)	1	80.778	80.778
Baut	10	475	4750
Mur	10	45	450
Total Material		32,616,574	35,554,924
Tenaga Kerja	5	8.000.000	40.000.000
Biaya Overhead	1	30.000.000	30.000.000
Total HPP		70.616.574	105.554.924

Sumber : (Danotti et al., 2025)

Berdasarkan perhitungan HPP yang telah dilakukan, dapat dianalisis bahwa biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu produk akhir lebih rendah dibandingkan dengan produk sejenis lainnya. Hal dilatarbelakangi adanya penyesuaian kembali penggunaan tipe dari masing-

masing komponen, seperti melakukan pembuatan *base* dan *panel* dari plat baja. Pembuatan mandiri kedua komponen ini akan mengeluarkan biaya yang lebih rendah dibandingkan membeli komponen jadi. Penurunan biaya juga terlihat pada aspek biaya operasional dan pemeliharaan dalam jangka panjang dengan melakukan modifikasi penggantian *gripper* elektromagnetik yang membutuhkan daya listrik, biaya perbaikan dan perawatan, serta kalibrasi yang lebih tinggi dibandingkan *gripper* mekanik. Walaupun demikian, *gripper* GSWZ-S1 dari Jinan Aotto Automation Co., Ltd. (Alibaba) merupakan *gripper* Hot Product 2023 dengan bersertifikasi ISO 9001:2008. *Gripper* GSWZ-S1 ini dapat beroperasi pada temperatur -20-1050°C serta memiliki *clamping force* 1000N sehingga penggunaannya bertahan lama dalam kondisi kerja berat, khususnya di dunia industri. Hal ini dibuktikan dengan diperlukannya *balancer* pada lengan robot skala industri guna mempertimbangkan beratnya beban dengan jumlah daya torsi yang digunakan pada *servo motor* untuk dapat mengoperasikan lengan robot dengan stabil.

Motor servo yang digunakan berasal dari Ningbo Hirden Industrial Control System Co., Ltd. (Alibaba). Motor servo ODM/OEM ini memiliki fitur pelindung tahan air dengan nilai daya 400W, *rated speed* 3000, *rated voltage* 220V, *rated torque* 1.3, hingga IE 2. Supplier Ningbo ini juga memiliki layanan lain seperti *sample-based customization* maupun *full customization* dengan *on-time delivery rate* 100.0%, sehingga menjadi pertimbangan penulis untuk memilih toko ini. Adapun ATmega16U2 didesain ideal untuk aplikasi di ruang terbatas dengan tetap mempertahankan kinerja andal dan umur daya tahan yang panjang. Selain itu, dalam deksripsi produk mengenai ATmega16U2 pada Shenzhen Chipskey Technologi Co., Ltd. (Alibaba) menyatakan, komponen ini bebas timbal dan telah sesuai dengan RoHS. Oleh karena itu, aman untuk pengguna, industri, dan lingkungan. Adapun model SH-Stainless Steel Metal Locking Nut dari

Hengshui Shunhai Kehua Import and Export Co., Ltd. ini dipilih dalam penyesuaian jenis komponen karena menggunakan standar DIN dengan bersertifikasi RoHS, SGS, CE, dan ISO, 100% inspeksi menyeluruh, dan *supplier* telah melakukan banyak penjualan impor serta ekspor.

Tenaga kerja untuk membuat satu produk akhir diperkirakan membutuhkan lima orang. masing-masing pekerja memiliki *job description* dalam pengerjaannya. Peran dalam pembuatan satu produk melibatkan insinyur *robotic* sebagai perancang desain dan *prototype* produk; *programmer* untuk menguji segala sistem *software* berkaitan dengan pengoperasian kerja; pemantauan kinerja dan hasil kerja oleh teknisi pemeliharaan; penanggung jawab dalam menilai, memberikan perlindungan keamanan produk dari spesialis keamanan; dan analisis data yang bertanggungjawab dalam menangkap, mengumpulkan, serta memproses data demi mengoptimalkan kinerja lengan robot. Ditunjukkan jumlah biaya *overhead* yang masuk dalam kategori rendah yakni Rp 30.000.000,00. Sehingga, dari hasil perkiraan biaya *overhead* tersebut mengindikasikan adanya efisiensi dan menciptakan kondisi keuntungan lebih banyak dengan HPP sebesar 28,4%.

KESIMPULAN

Desain lengan robot 6 DOF dibuat menggunakan *AutoDesk Inventor 2024* berdasarkan referensi ABB IRB 2600 dan Fanuc M-20iA. Peneliti melakukan modifikasi berupa desain *base*, *joint stopper*, *gripper*, membuat *panel* untuk *driver motor* dan *controller* lebih sederhana, hingga mengganti jenis *gripper* menjadi mekanik. Penggantian jenis *gripper* dilakukan untuk mengurangi biaya perawatan yang diperlukan dengan mempertahankan presisi yang baik. Selain itu, desain ini menggunakan tiga *motor servo* dengan daya lebih kecil untuk memenuhi kebutuhan torsi dengan mengantisipasi pengeluaran biaya perbaikan yang besar. Desain *gripper* yang telah dirancang ini direkomendasikan untuk mengambil dan

memposisikan benda secara vertikal dengan HPP sebesar Rp105.554.924,00

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Handi Wilujeng Nugroho, S.T., M.T. dan Kurniawan Hamidi, S.T., M.T. yang telah membimbing peneliti sejak awal perancangan hingga akhir penyusunan jurnal serta teman-teman Teknik Industri Universitas Universal yang senantiasa mendukung kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Affiyanti, M. N., Purwandari, A. T., & Pratama, A. J. (2021). Perancangan SOP dan Tata Letak Lantai Produksi Pada LCC Respira V.01 PAPR (Powered Air Purifying Respirator). *JURNAL AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, 6(1), 43–56. <https://doi.org/10.36722/sst.v6i1.655>
- Agni, M., Rafi, A., & Tahtawi, A. (2020). Perancangan Robot Lengan Lima Derajat Kebebasan untuk Misi Pick and Place Berbasis Inverse Kinematics. *SEMNASTERA (SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI DAN RISET TERAPAN)*, 2.
- Fernando, D. D., & Fahrudin. (2023). History of The Industrial Revolution. *Jurnal Sejarah, Pendidikan, Dan Humaniora*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.36526/js.v3i2>
- Gina, I. N., Afif, M. N., & Kusuma, I. C. (2024). Analisis Perhitungan Harga Pokok Produksi Dalam Menentukan Harga Jual pada Perusahaan Berkah Foldinggate. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 3(11), 3207–3220.
- Huda, M., & Sri Pudjiarti, E. (2024). Peran Otomatisasi dan Robotika dalam Era Digital: Trasformasi Bisnis Melalui Otomatisasi dan Robotika dalam Era Digital. *Transformasi: Journal of Economics and Business Management*, 3(1), 254–272. <https://doi.org/10.56444/transformasi.v3i1.1739>
- Kafila, R. I., Saputra, H. M., & Nurhakim, A. (2019). *Sistem Auto Homing pada Motor Servo Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Auto Homing System for Servo Motor Based On Programmable Logic Controller (PLC)*.
- Kurniawan, Y., & Sri Pudjiarti, E. (2024). Mengurangi Jejak Sejarah Revolusi Industri 4.0: Dari Konsep Hingga Realisasi. *Transformasi: Journal of Economics and*

- Business Management*, 3(1), 178–192. <https://doi.org/10.56444/transformasi.v3i1.1663>
- Leitao, P., Pires, F., Karnouskos, S., & Colombo, A. W. (2020). Quo Vadis Industry 4.0? Position, Trends, and Challenges. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 1(August), 298–310. <https://doi.org/10.1109/OJIES.2020.3031660>
- Maharani, A., Adawiyah, D. R., Prisilia, F. A., Yovitasari, T. Z., Saputra, W., & Korespondensi, A. (2023). Perkembangan dan Penggunaan E-Commerce Sebagai Salah Satu Dampak Revolusi Industri 4.0 di Lingkungan Bisnis. *Jurnal Pijar Studi Manajemen Dan Bisnis*, 1(2), 304–314.
- Marsono, Ari Elbaith Zaeni, I., & Qolik, A. (2018). Prototype Arm Robotic 6 Axis Untuk Menyiapkan Kompetensi Pemrograman Matakuliah Mekatronika Mahasiswa Prodi D3 Teknik Mesin. *Jurnal Teknik Mesin Dan Pembelajaran*, 1(2), 1–7.
- Mikoláš, Z., & Vozňáková, I. (2020). EVOLUTIONARY MODEL FAMILY BUSINESS - concept of special model. *SHS Web of Conferences*, 83, 01047. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20208301047>
- Muhamadin, R. C., Ningtyas, A. H. P., Pahlawan, I. A., Hidayatullah, R. A., Dagmar, A. V., Sudirjo, P., Hidayat, B., & Wijaya, R. (2023). Pengenalan Software Autodesk Inventor Untuk Meningkatkan Kompetensi Pelajar SMK di Kabupaten Gresik Introduction of Autodesk Inventor Software to Improve the Competency of Vocational School Students in Kabupaten Gresik. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia (JPPMI)*, 2(4), 76–84. <https://doi.org/10.55606/jppmi.v2i3.765>
- Nagy, R. (2022). A Literature Review of Contemporary Industrial Revolutions as Decision Support Resources. *Journal of Agricultural Informatics*, 13(1), 19–25. <https://doi.org/10.17700/jai.2022.13.1.656>
- Ningtyas, A. H. P., Ayuaning, K., Prambudiarto, B. A., & Maulana, I. (2021). Implementasi Penggunaan Software AutoDesk Inventor Dalam Meningkatkan Kompetensi. *AD/ WIDYA Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 161–169.
- Nurciptio, D., Mayasari, D. A., Kurniatie, M. D., Artikel, I., Robot, T., & Frs, G. (2020). Deteksi Objek Tangan Robotik Nirkabel. *Jurnal Ilmiah Setrum*, 9(1), 92–106.
- Permen No. 7 Tahun 2018 tentang Rencana Aksi Nasional TPB/SDGs. (2018). *Permen No. 7 Tahun 2018 tentang Rencana Aksi Nasional TPB/SDGs*.
- PP No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan. (2017). *PP No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan*.
- PP No. 111/2022 tentang Pelaksanaan Pencapaian TPB/SDGs. (2022). *PP No. 111/2022 tentang Pelaksanaan Pencapaian TPB/SDGs*.
- Widodo, I. G., Hartono, B., Tjahyono, E., Safriana, T., Zara, A., Program, S., D3, T., Mesin, J. T., Mesin, N., Semarang, J. H., Soedarto, S. H., Semarang, K., & Tengah, J. (2023). Desain dan Analisis Model Lengan Robot untuk Memindahkan Material. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 18, Issue 2).
- Zebua, N. E., Setyawan, G. C., & Juri Damai Lase, K. (2024). Rancang Bangun Remote Control Robot Lengan 6DOF Dengan Protokol ESP-NOW. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 20(2), 991–1001.

PERANCANGAN DASHBOARD BERBASIS BUSINESS INTELLIGENCE UNTUK OPTIMALISASI MANAJEMEN PERSEDIAAN DI CV BALI TREASURES

Anak Agung Istri Callysta Athalia^{1*}, I Md. Dendi Maysanjaya^{2*}, Gede Surya Mahendra^{3*}

^{1,2,3} Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha

*E-mail: anak.agung.istri.11@undiksha.ac.id, dendi.ms@undiksha.ac.id, gmahendra@undiksha.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

07 November 2025

Diterbitkan:

24 Desember 2025

Abstract: The global landscape is undergoing a digital transformation marked by the Fourth Industrial Revolution and the move toward society 5.0. Companies are expected to manage data efficiently. CV Bali Treasures, a percussion instrument manufacturer, still records wood-based production data manually using Microsoft Excel, complicating trend analysis and decision-making. This study implements a Business Intelligence (BI) dashboard using Microsoft Power BI to improve raw material inventory management. The methodology follows the BI Roadmap using data from the Processed Wood Inventory Mutation Report (LMHHKO) from March 2019 to September 2024. System evaluation was conducted through User Acceptance Testing (UAT) involving five users. The results show the dashboard effectively visualizes inventory data, supports data historical analysis, and speeds up decision-making. Users confirmed the dashboard met their needs and was easy to use. This BI implementation is expected to support digital transformation and enhance the company's efficiency and competitiveness.

Keyword: Business Intelligence, Dashboard Visualization, Inventory Management

Abstrak: Dunia saat ini memasuki era transformasi digital dan Revolusi Industri 4.0 menuju society 5.0, di mana perusahaan dituntut mengelola data secara efektif. CV Bali Treasures, produsen instrumen musik perkusi, masih mencatat data produksi kayu secara manual menggunakan Microsoft Excel, sehingga menyulitkan analisis tren dan pengambilan keputusan. Penelitian ini mengimplementasikan dashboard Business Intelligence (BI) menggunakan Microsoft Power BI untuk membantu manajemen persediaan bahan baku. Metodologi mengacu pada tahapan Business Intelligence Roadmap dengan data Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO) dari Maret 2019 hingga September 2024. Evaluasi sistem dilakukan melalui User Acceptance Testing (UAT) yang melibatkan lima pengguna. Hasil menunjukkan dashboard mampu memvisualisasikan data persediaan, mendukung analisis data historis, dan mempercepat pengambilan keputusan. Pengguna juga menyatakan dashboard sesuai kebutuhan dan mudah digunakan. Implementasi ini diharapkan mendukung transformasi digital serta meningkatkan efisiensi dan daya saing perusahaan.

Kata Kunci: Business Intelligence, Visualisasi Dashboard, Manajemen Persediaan

PENDAHULUAN

Dunia, khususnya Indonesia, saat ini sudah memasuki era revolusi industri 4.0 menuju *society 5.0*. Sejalan dengan lonjakan pesat teknologi, dunia industri dituntut agar mampu bersaing dengan competitor (Ceng Giap, 2020). Oleh karena itu, setiap instansi dan perusahaan dituntut untuk memanfaatkan teknologi, terutama dalam analisis data, guna memperoleh keunggulan dalam efisiensi operasional, pemasaran yang tepat sasaran, serta inovasi produk sebagai kunci menghadapi persaingan yang semakin ketat (Sulistiani et al., 2020). Seiring bertumbuhnya bisnis, volume data yang dihasilkan juga meningkat (Tasriq & Kunang, 2023). Jika tidak dikelola dengan baik, perusahaan berisiko kehilangan peluang strategis dan efisiensi operasional.

Salah satu perusahaan yang menghadapi tantangan ini adalah CV Bali Treasures, produsen *djembe* dan *cajon* sejak 1998 yang telah mengekspor lebih dari 250.000 instrumen ke lebih dari 50 negara setiap tahunnya. Meskipun skala produksi besar, pencatatan data produksi masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel, yang menyebabkan keterbatasan dalam analisis dan pengambilan keputusan berbasis data. Padahal, banyak perusahaan manufaktur lain telah mengadopsi teknologi untuk mendukung strategi bisnis mereka (Fernando Oroh et al., 2022).

Salah satu tantangan utama adalah pengelolaan data persediaan bahan baku kayu, yang tercatat dalam Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO). Data ini mencakup persediaan awal, perolehan, pengurangan akibat penjualan, serta persediaan akhir tiap jenis kayu secara bulanan. Tanpa sistem visualisasi yang baik, pemahaman terhadap data menjadi terbatas. Pemanfaatan alat visualisasi akan membantu perusahaan dalam pengelolaan bahan baku secara efisien dan mendukung pengambilan keputusan yang cepat serta akurat.

Adapun beberapa penelitian atau studi sejenis sudah dilakukan sebelumnya, penelitian oleh (Purnama Annas et al., 2022), berhasil menghasilkan informasi dalam bentuk visualisasi data menggunakan Power BI untuk mengetahui perkembangan laku penjualan sebagai landasan dalam mengambil keputusan bisnis. Penelitian lainnya oleh (Kurniawan Hidayat, 2023), pula berhasil dalam membuat *dashboard* pemantauan jumlah pengguna Transjakarta setiap bulan dengan *software* Power BI. Begitu pula diteliti oleh (Febiyanti Widyantari et al., 2022), telah berhasil membuat *dashboard business intelligence* pada PT. XYZ yang meliputi data tentang karyawan, logistik serta data penjualan dengan Power BI. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan beberapa kesuksesan dalam menggunakan visualisasi data atau analisis pasar secara terpisah dengan menggunakan *software* Microsoft Power BI. Namun, integrasi spesifik manajemen persediaan dan analisis pasar dapat mengoptimalkan pengambilan keputusan yang belum sepenuhnya dieksplorasi sebelumnya. Persamaan dari tiga penelitian tersebut adalah menggunakan Microsoft Power BI sebagai *tools* visualisasi *dashboard*, karena, menghasilkan visualisasi yang terpadu, sederhana, dan skalabel, maka dari itu, penelitian ini akan menggunakan *tools* Microsoft Power BI. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa implementasi visualisasi *dashboard* dengan Microsoft Power BI dapat membantu perusahaan dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi.

Business Intelligence (BI) hadir sebagai solusi untuk menyederhanakan pengelolaan data dan menyajikannya dalam bentuk *dashboard* interaktif. *BI* memungkinkan perusahaan memahami tren, pola, dan hubungan antar data secara cepat. Dengan pendekatan *BI Roadmap*, implementasi *dashboard* yang tepat dapat mempercepat transformasi *digital* perusahaan. Dalam penelitian ini, Power BI digunakan untuk membangun *dashboard* manajemen persediaan, dan diuji melalui metode *User Acceptance*

Testing (UAT) untuk memastikan fungsionalitas sesuai kebutuhan pengguna.

Dengan menerapkan visualisasi *dashboard* berbasis *BI*, CV Bali Treasures memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses pengambilan keputusan, dan memperkuat daya saing di pasar global. Transformasi ini merupakan langkah strategis untuk keluar dari sistem manual dan beralih menuju digitalisasi yang adaptif dan berkelanjutan.

TINJUAN PUSTAKA

Dalam era digital dan persaingan bisnis global, pemanfaatan *business intelligence* menjadi sangat penting bagi perusahaan, termasuk perusahaan manufaktur seperti CV Bali Treasures. *Business intelligence (BI)* adalah penggunaan data yang tersedia melalui berbagai model matematika dan teknik analisis untuk menghasilkan informasi dan pengetahuan yang mendukung pengambilan keputusan kompleks, serta ekstraksi aset bisnis perusahaan atau organisasi untuk memanfaatkan data yang ada demi memperoleh keuntungan (Rahman, 2024). *BI* menggunakan teknologi dan alat analisis untuk mengubah data mentah menjadi wawasan yang dapat diandalkan. Ini membantu perusahaan merencanakan strategi, meningkatkan efisiensi operasional, dan menghadapi tantangan pasar yang semakin kompetitif. *BI* adalah proses mengolah data mentah menjadi informasi yang berguna untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan bisnis (Fauzi et al., 2023). Dengan demikian, *BI* bukan hanya digunakan untuk menganalisis data, tetapi juga sebagai kunci untuk mendapatkan keunggulan kompetitif melalui pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi bisnis dan tren yang sedang berkembang.

Manfaat serta keuntungan yang bisa didapatkan oleh perusahaan yaitu meningkatkan efisiensi data dan informasi perusahaan dengan menggabungkan

semua data untuk membantu membuat prediksi tentang skenario bisnis. Hal ini memungkinkan semua tingkat organisasi untuk membuat keputusan yang lebih baik. *BI* juga mempermudah pengukuran kinerja perusahaan melalui penggunaan indikator kinerja utama (*KPI*), sehingga pencapaian *KPI* dapat ditunjukkan dengan cepat dan akurat. Selain itu, *BI* mendukung langkah-langkah dalam mengatasi masalah yang mungkin terjadi. Teknologi ini juga dapat menambah nilai pada investasi sistem informasi yang sudah ada, tanpa perlu menggantinya. Dengan mempercepat proses kerja, menghemat waktu dalam mencari data, dan menyederhanakan operasi perusahaan, *BI* membantu mengurangi biaya secara keseluruhan.

Salah satu bentuk implementasi *BI* adalah visualisasi *dashboard*, yang memungkinkan pengguna melihat tren data dengan cepat dan akurat. *Dashboard* adalah visualisasi informasi penting yang diperlukan untuk mencapai suatu tujuan, yang disusun dan disajikan dalam satu layar. Informasi ini dirancang agar dapat dipahami dengan cepat dan mudah, sehingga memungkinkan pengguna untuk melihatnya sekilas tanpa memerlukan waktu lama untuk memahami isi yang ditampilkan (Rio Aryanto et al., 2024). *Dashboard* seringkali menggabungkan data dan metrik yang relevan agar pengguna dapat melihat kinerja, tren, atau status terbaru dari berbagai aspek yang penting. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan *business intelligence* dan visualisasi data dapat meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan. Peneliti sebelumnya memanfaatkan *BI* menggunakan *Power BI* untuk menganalisis permintaan barang, meskipun masih bergantung pada kualitas data dan proses integrasi sistem yang cukup kompleks (Cahyo Nugroho et al., 2021). Selanjutnya, pengembangan *dashboard BI* digunakan untuk memantau keterlambatan pembayaran klien dan menyusun kebijakan, namun masih menghadapi kendala pada keakuratan

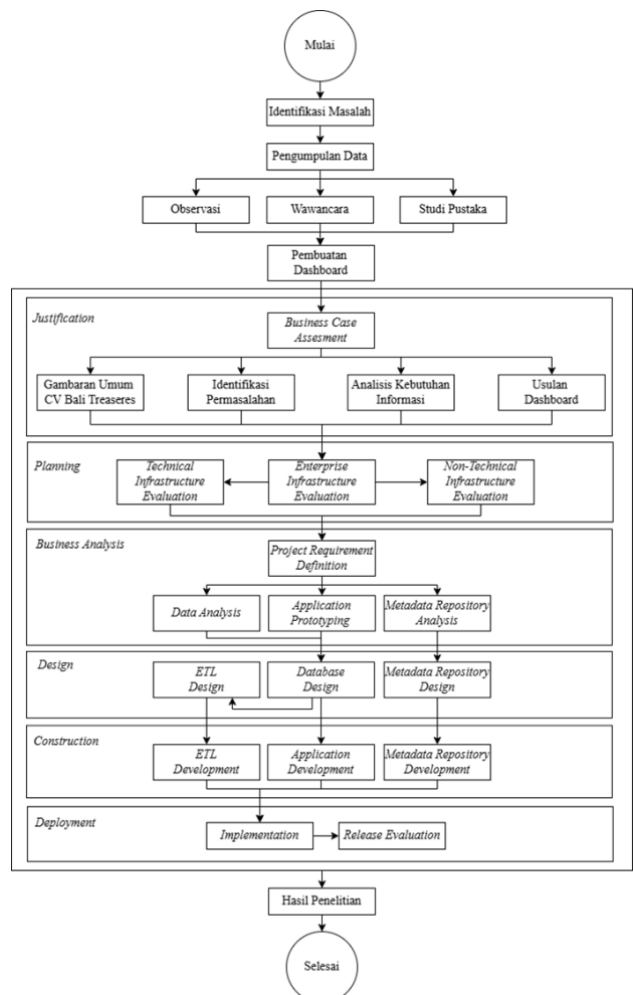
data dan lemahnya sanksi (Putra, 2022). Power BI digunakan pula pada penelitian lainnya untuk membantu distributor alpukat dalam pengambilan keputusan pemasaran, tetapi analisis tetap sangat bergantung pada keakuratan data (Nurdin et al., 2022). Penelitian lainnya menerapkan *BI Roadmap* dan Power BI untuk menganalisis data penjualan dan loyalitas pelanggan guna mendukung strategi bisnis, namun menghadapi tantangan pada biaya dan kebutuhan keahlian teknis (Anhar Mahebu et al., 2023). Sementara itu, penelitian selanjutnya memanfaatkan Tableau untuk memetakan data UMKM pangan, yang memudahkan identifikasi potensi produksi dan investasi, namun masih terbatas oleh kualitas data dan kemampuan pengguna dalam mengoperasikan *tools* tersebut (Yadi & Fitriasyah, 2023).

Berbeda dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini memvisualisasikan data LMHHKO terkait persediaan kayu bulanan untuk mendukung operasional CV Bali Treasures dan memberikan kontribusi sebagai referensi dalam pengelolaan persediaan berbasis data historis. Penelitian ini mengintegrasikan *BI* dan visualisasi *dashboard* menggunakan Microsoft Power BI untuk membantu CV Bali Treasures, produsen alat musik perkusi, dalam mengelola persediaan kayu, menganalisis tren produksi, dan meningkatkan efisiensi operasional.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis pengelolaan persediaan kayu olahan pada CV Bali Treasures serta mengimplementasikan *dashboard* untuk mendukung pengambilan keputusan. Objek penelitian berupa data Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO) dari bulan Maret tahun 2019 hingga September 2024. Penelitian dilaksanakan di CV Bali Treasures, Ubud, Bali. Data diperoleh melalui dokumentasi laporan LMHHKO serta wawancara dengan pihak operasional. Alat utama yang digunakan meliputi Microsoft Excel dan Power BI untuk mengolah dan memvisualisasikan data.

Variabel dalam penelitian ini mencakup persediaan awal, perolehan, pengurangan, persediaan akhir, serta hasil visualisasi *dashboard*. Analisis data dilakukan melalui tahapan pembersihan data, persiapan, visualisasi, dan evaluasi untuk menghasilkan informasi yang mendukung efisiensi dalam pengelolaan persediaan.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Business Intelligence Roadmap* dari Moss & Atre (2003), seperti yang tertera pada Gambar 1 terdiri dari enam tahap: *Justification*, *Planning*, *Business Analysis*, *Design*, *Construction*, dan *Deployment*. Berikut adalah penjelasan tahapan dalam penelitian:

1. *Justification*, yang merupakan tahap awal untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi perusahaan, seperti kesulitan dalam manajemen data bahan baku karena pencatatan manual.

- Peneliti melakukan *business case assessment* untuk memahami kebutuhan dan potensi solusi yang relevan, yaitu visualisasi data menggunakan *dashboard*.
2. *Planning* (perencanaan), peneliti merencanakan infrastruktur teknis dan non-teknis yang dibutuhkan. Evaluasi dilakukan terhadap kesiapan perangkat keras dan lunak untuk instalasi Microsoft Power BI, serta kesiapan data dalam format excel.
 3. *Business Analysis*, tahapan ini melibatkan analisis kebutuhan *dashboard*, kualitas data, dan desain awal visualisasi (*application prototyping*). Data yang digunakan adalah LMHHKO dari Bulan Maret tahun 2019 hingga September 2024 yang mencakup perolehan, persediaan, dan pengurangan kayu dengan total file berjumlah 67 file karena dicatat secara bulanan.
 4. *Design*, peneliti merancang struktur *database* dan model visualisasi. Desain dilakukan untuk halaman pemakaian bahan baku, data historis penjualan dan perolehan, serta logistik dan penyimpanan. Jenis visualisasi seperti *pie chart*, *stacked bar chart*, dan *area chart* dipilih agar mudah dipahami pengguna.
 5. *Construction*, yang meliputi proses *Extract, Transform, Load (ETL)* untuk membersihkan dan menyatukan data, pembuatan *dashboard* di Power BI, serta penyusunan *metadata repository*. *Dashboard* dibangun untuk menampilkan pola dan performa manajemen persediaan kayu.
 6. *Deployment*, *dashboard* diuji melalui *User Acceptance Testing (UAT)*. Pengujian pada penelitian ini dilakukan bersama pengguna dari CV Bali Treasures untuk menilai efisiensi, efektivitas, dan kepuasan terhadap visualisasi yang telah dibuat dari bidang operasional, kargo, dan produksi.

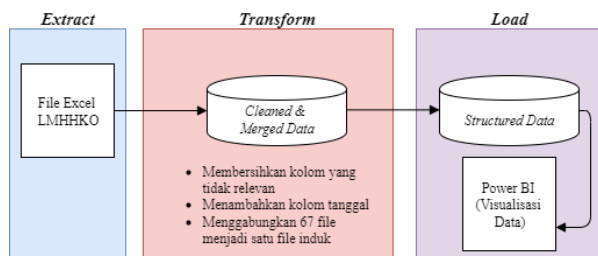
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kerangka penelitian pada Gambar 1, hasil identifikasi menunjukkan bahwa hingga saat ini CV Bali Treasures belum menggunakan media visual seperti *dashboard* untuk mendukung analisis data produksi, sehingga proses pelaporan manajemen persediaan masih dilakukan secara manual. Akibatnya, perusahaan mengalami kesulitan dalam memberikan laporan persediaan. Selain itu, terdapat kebutuhan akan akses informasi yang lebih efektif mengenai manajemen persediaan bahan baku untuk produksi alat musik perkusi, yang nantinya dapat membantu pengambilan keputusan terkait penyediaan dan konsumsi bahan baku. Maka dari itu, perancangan *dashboard* yang memanfaatkan *tool* Microsoft Power BI akan menyajikan informasi mengenai data historis produksi dan ketersediaan bahan baku kayu secara visual dengan fitur visualisasi dari data total bahan baku, stok bahan baku setiap bulan, serta pemakaian bahan baku secara ringkas agar lebih mudah dipahami.

Pada tahap desain, *dashboard* disusun berdasarkan kebutuhan analisis persediaan bahan baku kayu di CV Bali Treasures. Berdasarkan kebutuhan pengguna, *dashboard* dirancang menjadi tiga halaman utama yaitu *Dashboard Pemakaian Bahan Baku (batang)*, *Dashboard Data Historis (penjualan & perolehan)*, dan *Dashboard Logistik (m³)*. Struktur data mencakup kolom jenis kayu, persediaan awal dan akhir, penjualan dalam dan luar negeri, serta perolehan dari sumber internal maupun pemasok, baik dalam satuan batang maupun volume (m³). Setiap kolom berfungsi untuk mendukung filter analisis dan memberikan informasi ringkas mengenai pergerakan stok dalam satu periode. *Dashboard* dirancang menggunakan beberapa jenis visualisasi. *Pie chart* digunakan untuk menampilkan proporsi penjualan dalam negeri dan luar negeri, sedangkan *stacked column chart* digunakan untuk membandingkan perolehan bahan baku dari pemasok dan produksi sendiri. Visualisasi ini memberikan gambaran

kontribusi masing-masing sumber perolehan secara lebih jelas. Selain itu, ditampilkan pula indikator persediaan awal, persediaan akhir, serta total penjualan untuk menunjukkan perubahan stok setiap periode. Data historis penjualan dan perolehan divisualisasikan menggunakan area chart untuk menampilkan pola fluktuasi dari waktu ke waktu. Grafik ini membantu pengguna mengidentifikasi tren kenaikan dan penurunan secara lebih mudah dan menjadi dasar dalam melakukan evaluasi kebutuhan bahan baku serta perencanaan pengadaan.

Proses *ETL (Extract, Transform, Load)* merupakan tahapan yang bertujuan untuk memastikan data-data yang digunakan dalam *dashboard BI* telah melalui tahapan validasi dan transformasi yang disesuaikan dengan kebutuhan analisis data. *ETL* merupakan tahapan yang penting dalam pembangunan *BI* karena proses ini mencakup pembersihan, pengelolaan, dan penyesuaian format data dari data mentah menjadi data yang sudah siap dianalisis dengan tampilan *dashboard*.



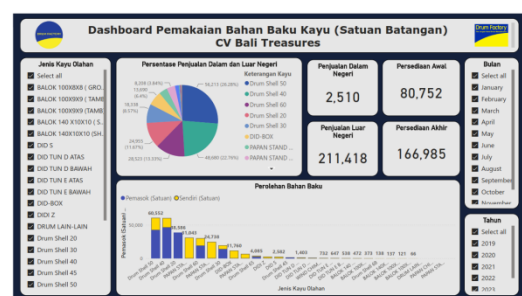
Gambar 2. Proses ETL Development

Gambar 2 menampilkan alur proses *ETL (Extract, Transform, Load)* yang digunakan dalam pengolahan data Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO) dari CV Bali Treasures. Proses dimulai dengan ekstraksi data dari dokumen *hardcopy* menjadi format digital menggunakan Microsoft Excel. Dokumen yang mencakup data produksi kayu dari Maret 2019 hingga September 2024 ini kemudian dikonversi menjadi 67 file Excel bulanan, dengan struktur kolom yang mencakup jenis kayu, persediaan awal, perolehan, pengurangan, penjualan, hingga persediaan akhir.

Tahap transformasi dilakukan dengan membersihkan data yang tidak relevan, seperti kolom pengurangan yang seluruh nilainya nol. Seluruh file kemudian digabung menjadi satu dokumen induk, dan ditambahkan kolom tanggal untuk mendukung fitur filter waktu dalam *dashboard Power BI*. Selanjutnya, tahap *load* dilakukan dengan mengimpor data tersebut ke Power BI, mengatur tipe data, serta menambahkan kolom bulan, bulan angka, dan tahun untuk keperluan analisis waktu. Proses ini diakhiri dengan validasi dan penyimpanan *dataset* untuk keperluan visualisasi lebih lanjut.

Penelitian ini menghasilkan sebuah *dashboard* berbasis *Business Intelligence* yang dibangun menggunakan Microsoft Power BI. *Dashboard* ini ditujukan untuk membantu CV Bali Treasures dalam memantau dan menganalisis manajemen persediaan bahan baku kayu secara lebih efisien dan informatif. Data yang digunakan berupa Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO) dari bulan Maret 2019 hingga September 2024. Terdapat tiga halaman utama dalam *dashboard* sebagai berikut:

1. Halaman Pemakaian Bahan Baku (Satuan Batangan)

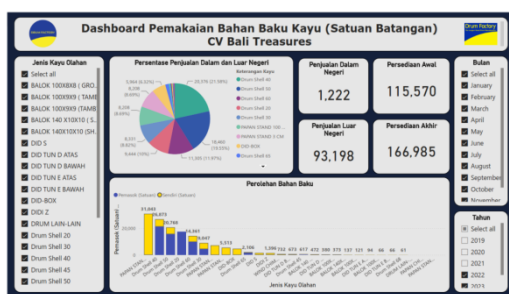


Gambar 3. Halaman Persediaan

Halaman pada Gambar 3 menyajikan informasi penggunaan bahan baku dalam satuan batang, dilengkapi dengan tiga filter utama yaitu jenis kayu, bulan, dan tahun. Terdapat empat *card* yang menampilkan data total penjualan dalam dan luar negeri, persediaan awal, serta persediaan akhir. Visualisasi *stacked bar chart* digunakan untuk menunjukkan perolehan kayu berdasarkan sumber (pemasok dan produksi sendiri),

sedangkan *pie chart* menampilkan persentase penjualan masing-masing jenis kayu.

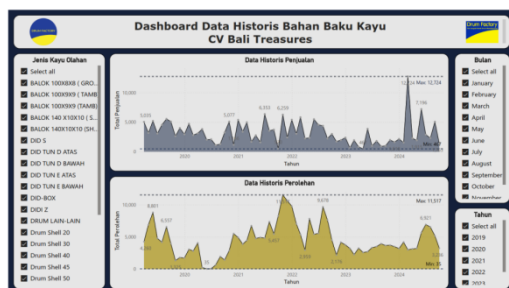
Berdasarkan hasil visualisasi pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penjualan luar negeri jauh lebih tinggi dibandingkan penjualan dalam negeri. Mayoritas produk yang terjual berasal dari kelompok *Drum Shell*, khususnya *Drum Shell 50* dan *Drum Shell 40*, yang juga menjadi jenis dengan perolehan tertinggi. Visualisasi ini membantu pengguna melihat dominasi jenis kayu tertentu dan memahami sumber perolehannya secara lebih jelas untuk kebutuhan analisis persediaan. Visualisasi pada *dashboard* akan menyesuaikan secara otomatis berdasarkan filter yang dipilih oleh pengguna. Berikut merupakan contoh tampilan *dashboard* dengan kombinasi filter yang berbeda.



Gambar 4. Kombinasi Filter Persediaan

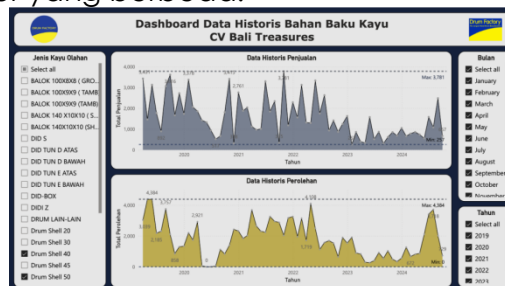
Gambar 4 menyajikan tampilan *dashboard* pada halaman persediaan dengan satuan batangan untuk tiga tahun terakhir, yaitu 2022, 2023, dan 2024. Terlihat bahwa jenis *Drum Shell* merupakan produk dengan penjualan tertinggi, namun perolehan tertingginya justru berasal dari Papan *Stand 100 cm*.

2. Halaman Data Historis



Gambar 5. Halaman Data Historis

Gambar 5 merupakan halaman yang berisi dua *area chart* utama yang menunjukkan data historis penjualan dan data historis perolehan bahan baku dari waktu ke waktu. Fitur filter tersedia di kiri dan kanan *dashboard* agar pengguna dapat menyaring data berdasarkan jenis kayu, bulan, dan tahun. Grafik historis penjualan menunjukkan fluktuasi dari akhir 2019 hingga 2021, dengan puncak sekitar 6.353 batang. Pada 2022–2023, penjualan cenderung menurun dan berada di bawah 2.000 batang per bulan. Lonjakan signifikan terjadi pada Februari 2024 mencapai 12.724 batang, namun kembali menurun pada bulan-bulan berikutnya. Pola ini menggambarkan ketidakstabilan permintaan yang perlu dianalisis lebih lanjut untuk mendukung strategi penjualan. Sementara itu, data historis perolehan juga menunjukkan pola naik turun dengan puncak awal sekitar 8.801 batang pada 2020, penurunan drastis hingga 35 batang, serta pemulihan bertahap pada 2021. Puncak tertinggi terjadi pada Oktober 2021 sebesar 11.517 batang. Setelah itu perolehan menurun sepanjang 2022 hingga pertengahan 2023, sebelum kembali meningkat pada akhir 2023 hingga pertengahan 2024 dengan puncak 6.921 batang, lalu menurun kembali di akhir 2024. Tren ini menunjukkan dinamika pasokan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pengadaan bahan baku. Visualisasi pada *dashboard* akan menyesuaikan secara otomatis berdasarkan filter yang dipilih oleh pengguna. Berikut merupakan contoh tampilan *dashboard* dengan kombinasi filter yang berbeda.

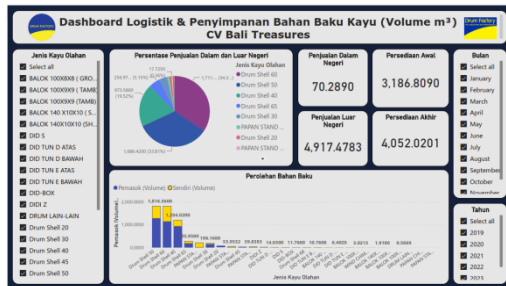


Gambar 6. Kombinasi Filter Data Historis

Gambar 6 menyajikan tampilan *dashboard* pada halaman data historis

Drum Shell 40 dan 50 pada seluruh tahun dan bulan. Terlihat jelas bahwa baik pola penjualan maupun perolehan bahan baku kayu mengalami pasang surut yang signifikan dari bulan ke bulan dan tahun ke tahun.

3. Halaman Logistik dan Penyimpanan (Satuan m³)

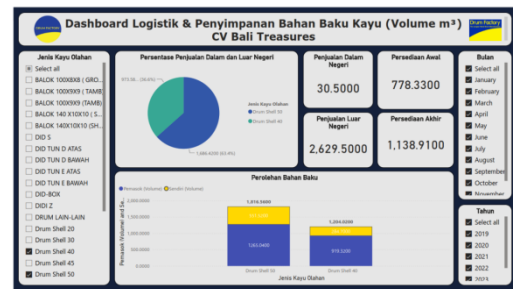


Gambar 7. Halaman Logistik

Halaman yang ditunjukkan pada Gambar 7 difokuskan pada volume bahan baku dalam satuan volume (m³), yang penting dalam pengelolaan logistik dan kapasitas gudang. Visualisasi terdiri dari empat card, satu *stacked bar chart*, dan satu *pie chart*. Filter juga memungkinkan penyaringan berdasarkan jenis kayu, bulan, dan tahun.

Dashboard volume menampilkan total penjualan dalam dan luar negeri, serta persediaan awal dan akhir berdasarkan jenis kayu, bulan, dan tahun. Data menunjukkan bahwa penjualan luar negeri jauh lebih dominan dibandingkan penjualan dalam negeri, dengan persediaan akhir pada September 2024 mencapai 4.052,0201 m³. Porsi penjualan berdasarkan volume didominasi oleh produk *Drum Shell*, khususnya *Drum Shell 60* dan *Drum Shell 50* yang menyumbang lebih dari 60% dari total penjualan. Pada sisi perolehan, *Drum Shell 50* memiliki volume perolehan tertinggi, diikuti oleh *Drum Shell 60* dan *Drum Shell 40*, dengan kontribusi yang berasal dari pemasok maupun produksi sendiri. Pola ini menunjukkan bahwa kelompok *Drum Shell* merupakan komponen utama baik dalam penjualan maupun perolehan volume kayu olahan. Visualisasi pada *dashboard* akan menyesuaikan secara otomatis berdasarkan filter yang dipilih oleh pengguna. Berikut merupakan contoh

tampilan *dashboard* dengan kombinasi filter yang berbeda.



Gambar 8. Kombinasi Filter Logistik

Gambar 8 memberikan gambaran umum tentang pergerakan volume kayu untuk CV Bali Treasures, khususnya jenis *Drum Shell 40* dan *50*. Terlihat jelas bahwa berdasarkan volume, penjualan luar negeri mendominasi, selain itu, perusahaan terlihat sangat bergantung pada pemasok eksternal untuk memperoleh bahan baku.

Pengujian sistem dilakukan dengan metode *User Acceptance Testing (UAT)* untuk menilai fungsi dan manfaat dari *dashboard* yang telah dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. *Dashboard* dinilai efisien karena mempercepat proses analisis data dibandingkan metode manual sebelumnya.
2. Visualisasi dianggap efektif dalam menyampaikan informasi, terutama karena tampilannya yang sederhana dan interaktif.
3. Sebagian besar pengguna menyatakan puas terhadap desain visual seperti *font*, warna, dan tata letak.

Implementasi *dashboard* ini terbukti memberikan dampak positif terhadap proses operasional CV Bali Treasures. Pengambilan keputusan menjadi lebih terarah karena adanya akses visual terhadap tren data yang sebelumnya tersembunyi dalam laporan manual. *Dashboard* juga membantu mengurangi ketergantungan pada proses manual dan potensi kesalahan dalam rekap data produksi. Selain itu, visualisasi data melalui Power BI memberikan fleksibilitas dalam mengamati perubahan stok bahan baku

dan pola distribusi ke pasar domestik dan ekspor. Penggunaan filter interaktif memungkinkan pengguna melakukan analisis spesifik berdasarkan jenis kayu, periode waktu, atau tujuan penjualan. Dengan adanya implementasi ini, perusahaan dapat lebih siap dalam menanggapi kebutuhan pasar dan mengoptimalkan rantai pasok bahan baku, serta memperkuat daya saing di pasar global.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi visualisasi *dashboard* berbasis *business intelligence* menggunakan Microsoft Power BI dapat menjadi solusi efektif dalam mengoptimalkan manajemen persediaan bahan baku pada CV Bali Treasures. Melalui pemrosesan data Laporan Mutasi Hasil Hutan Kayu Olahan (LMHHKO) dari Maret 2019 hingga September 2024, *dashboard* yang dikembangkan mampu menyajikan informasi penting secara visual dan interaktif.

Dashboard ini memberikan manfaat nyata dalam mempermudah proses analisis data, meningkatkan efisiensi operasional, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Hasil pengujian menggunakan metode *User Acceptance Testing* (UAT) juga menunjukkan bahwa pengguna merasa sistem ini efisien, efektif, dan memuaskan dari segi tampilan maupun fungsi. Dengan demikian, penggunaan *dashboard BI* tidak hanya membantu digitalisasi proses produksi, tetapi juga menjadi langkah strategis untuk meningkatkan daya saing perusahaan di tengah tuntutan industri 4.0 dan *society 5.0*. Implementasi ini juga dapat menjadi referensi bagi perusahaan manufaktur lainnya dalam mengelola data bahan baku secara lebih cerdas dan terintegrasi.

Berdasarkan penelitian ini, peneliti memberikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar manfaatnya lebih optimal. Penelitian lanjutan disarankan untuk

mengembangkan fitur prediktif berbasis tren historis, seperti peramalan kebutuhan bahan baku dan prediksi kekurangan stok. Selain itu, integrasi data dari sumber lain yang relevan perlu dipertimbangkan agar analisis lebih menyeluruh dan strategis. Pengembangan *dashboard* juga dapat dilakukan dengan menambahkan indikator kinerja utama (*Key Performance Indicators*) yang relevan untuk mendukung evaluasi dan pengambilan keputusan secara lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada CV Bali Treasures atas kesempatan dan dukungan yang telah diberikan selama proses pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih khusus disampaikan kepada tim operasional yang telah membantu dalam penyediaan data, memberikan wawasan melalui wawancara, serta berpartisipasi dalam pengujian sistem.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini. Dukungan tersebut menjadi bagian penting dalam mewujudkan hasil penelitian yang bermanfaat ini. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan sistem informasi berbasis *Business Intelligence* di lingkungan industri manufaktur, khususnya dalam manajemen persediaan bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Moss, L. T., & Atre, S. (2003). *Business intelligence roadmap: the complete project lifecycle for decision-support applications*. Addison-Wesley Professional.
- Anhar Mahebu, M., Sefina Samosir, R., Informasi, S., Ilmu Komputer dan Desain, F., & Teknologi dan Bisnis Kalbis Jalan Pulomas Selatan Kav, I. (2023). Visualisasi Data Penjualan CV. Waskat Karya Metal Menggunakan Pendekatan *Business intelligence*. In

Jurnal Sains dan Teknologi (Vol. 10, Issue 02).

- Cahyo Nugroho, J., Yudi, N., Wijaya, A., Agung, A., & Redioka, N. (2021). Penerapan Aplikasi Business Intelligence pada Manajemen Report Guna Menunjang Pengambilan Keputusan. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 10(2), 335–346.
- Ceng Giap, Y. (2020). Penerapan Business Intelligence pada CV. Tanggamas Chemichal Dengan Metode OLAP. *JURNAL ALGOR*, 2(1). <https://jurnal.buddhidharma.ac.id/index.php/algorg/index>
- Fauzi, A., Aji Nugroho, A., Kevin Monte, A., Angelia Ignesia, A., Nafis Makruf, M., Andreas, R., & Rahmah Nur Hasanah, S. (2023). Pemanfaatan Business Intelligence Dalam Pembuatan Strategi dan Pengambilan Keputusan Bisnis. *Jurnal Manajemen Dan Bisnis*, 2(3), 212–218.
- Febiyanti Widyantari, Ghazali Khakim, & Indrawanti Annisaa Sri. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Dashboard Penjualan, Logistik dan Tenaga Kerja di PT.XYZ. *Departemen Teknik Informatika*, 11(2).
- Fernando Oroh, F., Eko Indrajit, R., Dazki, E., & Hindarto, D. (2022). Kajian Enterprise Resource Planning pada Industri Manufaktur Pengolahan Bambu menggunakan Arsitektur Enterprise. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 11(2), 335–346.
- Kurniawan Hidayat, M. (2023). Perancangan Dashboard Untuk Visualisasi Data Jumlah Penumpang Transjakarta. In *Sains Teknik Elektro* (Vol. 4, Issue 1). http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/insan_tek32
- Nurdin, A. A., Salmi, G. N., Sentosa, K., Wijayanti, A. R., & Prasetya, A. (2022). Utilization of Business Intelligence in Sales Information Systems. *Journal of Information System Exploration and Research*, 1(1), 39–48. <https://doi.org/10.52465/joiser.v1i1.101>
- Purnama Annas, Wijaya I Nyoman Yudi Anggara, & Sudiatmika Ida Bagus Kresna. (2022). Penerapan Business Intelligence Untuk Menganalisis Data Penjualan Menggunakan Power BI. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains*, 4(2), 118–123.
- Putra, R. F. N. (2022). Pengembangan Business Intelligence Pengelolaan Properti di PT. XYZ (Vol. 4).
- Rahman, E. (2024). Aplikasi Business Intelligence Pada Sistem Penjualan CV. Muda Jeans.
- Rio Aryanto, D., Hidayah, Q. H., & Sekti, B. A. (2024). Sistem dashboard untuk visualisasi data pendapatan dan pengeluaran berbasis web PT. XYZ.
- Sulistiani, H., Alita, D., & Dellia, P. (2020). Pemanfaatan Analisis Biaya dan Manfaat dalam Perhitungan Kelayakan Investasi Teknologi Informasi. In *Jurnal Ilmiah Edutic* (Vol. 6, Issue 2).
- Tasriq, T., & Kunang, S. O. (2023). Penerapan Metode Double Exponential Smoothing dan Visualisasi Dashboard untuk Menganalisa Data Transaksi Penjualan pada Kemitraan PT Natural Nusantara (Studi Kasus: Stockis BG.3005 Muara Enim). *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 8(1), 254–265. <https://doi.org/10.29100/jipi.v8i1.3441>
- Yadi, I. Z., & Fitriasyah, A. R. (2023). Pemanfaatan Business Intelligence untuk Visualisasi Data Industri Kecil Menengah Sektor Pangan menggunakan Tableau (Studi Kasus Dinas Perindustrian Kota Palembang). *Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(2), 962–972.