

## Analisis Strategi Promosi Kuliner oleh Influencer Lokal di Kota Malang menggunakan AISAS Model

Dennaya Cintya Danastr<sup>1)</sup>, Gilang Rizky Gardianto<sup>2)</sup>, Ery Mintorini<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Desain Komunikasi Visual, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

<sup>2)</sup>Desain Komunikasi Visual, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

<sup>3)</sup>Desain Komunikasi Visual, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro

<sup>1)</sup>Email : dennaya.cintya@dsn.dinus.ac.id

<sup>2)</sup>Email : gilang.rizky@dsn.dinus.ac.id

<sup>3)</sup>Email : ery.mintorini@dsn.dinus.ac.id

*Abstrak – Teknologi informasi terus berkembang. Penelitian dan pengembangan teknologi telah membawa perubahan besar dalam beberapa waktu terakhir. Media sosial merupakan salah satu perkembangan paling signifikan dalam komunikasi modern. Dimulai dengan munculnya platform seperti Yahoo Messenger, yang akhirnya memunculkan platform seperti Facebook, dan baru-baru ini TikTok yang memikat jutaan orang dengan video-videonya yang pendek dan menarik. Dalam ekosistem digital yang dinamis ini, muncul jenis baru selebritas internet—yang umumnya dikenal sebagai influencer. Influencer tidak hanya memberikan gambaran sekilas tentang kehidupan pribadi mereka, tetapi mereka juga bermitra dengan berbagai brand, memanfaatkan pengikut mereka yang cukup banyak untuk mempromosikan produk dan layanan dengan cara yang inovatif dan relevan. Di saat akan bekerja sama dengan influencer, Engagement Rate (ER) dan bidang konten patut dipertimbangkan. Pada bidang kuliner, influencer TikTok sering diajak kerja sama oleh brand untuk mencicipi dan mempromosikan produk mereka. Di Kota Malang sering dijumpai bisnis kuliner yang tidak luput dari ulasan influencer lokal. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menemukan adanya pengaruh konten kuliner yang dibuat oleh influencer lokal pada media TikTok terhadap keputusan konsumen. Teknik yang dipakai dalam penghitungan tiap tahapan mulai dari Attention, Interest, Search, Action, and Share (AISAS) menggunakan SMART PLS (Smart Partial Least Square). Kemudian diketahui adanya keterkaitan pada setiap tahapan, sehingga dapat disimpulkan bahwa strategi promosi melalui Influencer TikTok Lokal ini cukup efektif.*

**Kata Kunci :** Influencer, Media Sosial, TikTok, Promosi

### PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, teknologi informasi terus berkembang dengan kemajuan dan inovasi baru yang muncul secara berkala. Perkembangan yang berkelanjutan ini mencakup berbagai bidang, termasuk media sosial. Media sosial mencakup berbagai platform daring yang memungkinkan pengguna membuat, berbagi, dan terlibat dengan konten dengan mudah (Nitami, 2023). Media ini sering digunakan sebagai tempat individu untuk mengekspresikan pikiran dan ide mereka, menghubungkan teman dan komunitas, memungkinkan berbagi informasi secara kolaboratif, hingga menjadi tempat diskusi. Melalui berbagai saluran ini, media sosial menumbuhkan lingkungan yang kaya untuk kreativitas dan komunikasi. Media sosial pun juga turut berkembang, mulai dari kemunculan platform seperti Yahoo Messenger. Layanan pesan instan awal ini membuka jalan bagi pengembangan situs jejaring sosial yang lebih besar seperti Facebook. Kemudian, dalam beberapa tahun terakhir, platform seperti TikTok telah memperoleh popularitas yang signifikan, memikat jutaan orang dengan format video pendek dan menarik. Tik Tok adalah aplikasi yang memungkinkan penggunaannya membuat video berdurasi 15 detik atau lebih dengan filter, musik, hingga beberapa fitur lainnya (Adawiyah, 2020).

Berkembangnya media sosial ini yang kemudian memunculkan istilah baru yang saat ini sudah tidak asing didengar, yaitu influencer. Influencer adalah orang yang bisa memberikan pengaruh terhadap hal yang disampaikan lantaran mempunyai jumlah pengikut yang banyak (Hariyanti & Wirapraja, 2018). Influencer media sosial adalah individu yang telah memantapkan diri sebagai pemimpin sosial dalam komunitas daring mereka (Sarathy & Patro, 2023). Mereka dapat membuat pengikut (*followers*) yang besar untuk mempromosikan dan memperkuat standar, nilai, dan perilaku tertentu di antara audiens mereka. Melalui

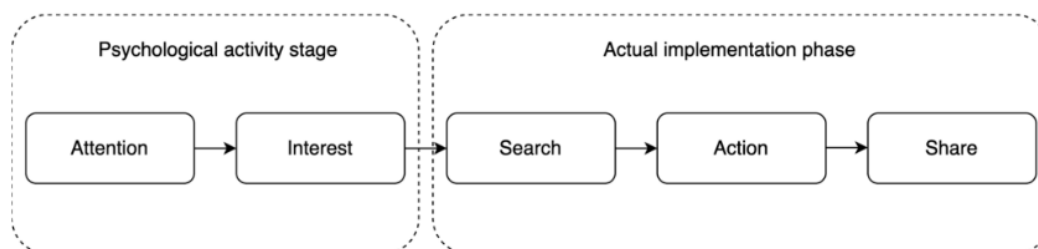
konten dan interaksi mereka, influencer media sosial memainkan peran penting dalam membentuk perilaku audiens komunitas digital ini.

Influencer tidak hanya berbagi pemikiran menarik tentang kehidupan pribadi mereka seperti menampilkan segala hal mulai dari rutinitas harian hingga pengalaman unik, tetapi mereka juga terlibat dalam kolaborasi dengan berbagai brand. Banyak brand yang melakukan promosi mengenai produk atau jasanya dengan bantuan influencer. Promosi adalah metode komunikasi strategis yang dirancang untuk menyampaikan pesan yang bertujuan memengaruhi keputusan pelanggan maupun calon pelanggan (Cheah et al., 2019). Melalui promosi dari influencer, brand dapat menjangkau audiens yang lebih tepat dengan memanfaatkan kredibilitas dan daya tarik influencer tersebut (Muzakki & Andarini, 2024).

Di Kota Malang, terdapat beberapa influencer lokal yang kontennya sering dinikmati oleh masyarakat. Influencer asal kota ini, berkolaborasi mempromosikan beberapa hal salah satunya adalah produk kuliner. Setiap influencer memiliki angka keterlibatan dalam konten yang dibuatnya seperti berapa banyak audiens yang menyukai, meninggalkan komentar, menyebarkan, dan menyimpan. Bisnis kuliner di Kota Malang mulai menjamur. Semakin banyak pesaing, maka makin besar pula usaha yang perlu dilakukan untuk mengenalkan kuliner yang mereka tawarkan. Banyak yang berlomba-lomba melakukan promosi melalui konten digital. Menurut Tresnawati dan Prasetyo (2022), kemudahan pada penggunaan media digital telah mendorong pengusaha terutama pada bidang bisnis kuliner untuk memaksimalkan media ini. Meskipun demikian, promosi kuliner yang disajikan dalam bentuk konten influencer masih diragukan keefektifannya. Oleh karena itu, maka dilakukanlah penelitian untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh konten yang disajikan influencer lokal Kota Malang sebagai strategi bisnis kuliner di kota tersebut. Influencer yang dipilih adalah influencer lokal yang menggunakan platform Tik Tok sebagai tempat konten promosinya.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah sebuah metode penelitian yang dilakukan secara sistematis serta kausalitas hubungan-hubungannya yang dapat diukur secara statistic (Abdullah et al., 2021). Pada penelitian ini, data diperoleh dari hasil kuesioner dan studi literasi. Pertanyaan pada kuesioner dibuat menggunakan acuan AISAS Model. Model ini Model ini mencakup lima tahapan yang akan dilalui yaitu *Attention*, *Interest*, *Search*, *Action*, dan *Share*. Perhatian (*attention*) konsumen terhadap suatu jasa atau produk. Konsumen mulai timbul ketertarikan (*interest*). Kemudian konsumen mulai mencari informasi mengenai jasa atau produk yang ditawarkan (*search*). Terciptanya keputusan untuk melakukan penggunaan jasa atau pembelian produk (*action*). Setelah itu konsumen mulai membagikan informasi mengenai hal tersebut (*share*).



Gambar 1. Alur pada AISAS Model  
(Sumber: Li & Pan, 2023)

Kuisoner disebarakan secara acak dengan target masyarakat yang pernah menetap di Kota Malang. Data tersebut diolah menggunakan SmartPLS. Iba dan Wardhana (2023) menjelaskan bahwa SmartPLS (*Smart Partial Least Square*) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk analisis statistik dalam konteks riset ilmiah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuesioner yang telah dibuat perlu dilakukan pengukuran variabel terlebih dahulu. Pengukuran variabel ini dilakukan untuk mengetahui, apakah pertanyaan (indikator) pada kuesioner sudah sesuai dengan variable yang kita butuhkan. Pada tabel di bawah ini, uji validitas menunjukkan bahwa semua nilai *load* ( $\lambda$ ) lebih dari 0.70 sehingga indikator tersebut dinyatakan valid untuk mengukur variabelnya masing-masing (Hair et al., 2019). Kemudian penelitian ini juga mengevaluasi validitas diskriminan menggunakan nilai *average variance extracted* (AVE) dengan batas nilai minimum 0.50. Berdasarkan tabel di bawah menunjukkan nilai AVE masing-masing variable lebih dari 0.50 maka dinyatakan memenuhi validitas diskriminan. Selanjutnya penelitian ini juga menguji reliabilitas menggunakan nilai *cronbach's alpha* dan *composite reliability* dengan batas minimum 0.8 (Hair et al., 2019). Penghitungan ini menggunakan Smart-PLS yang menghasilkan data sebagai berikut:

**Tabel 1. Measurement Item**

	Indicator (item)	Load ( $\lambda$ )	AVE	Cronbach's $\alpha$	CR
<b>Attention</b>					
Att1	<i>Aktivitas video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok menarik minat saya.</i>	0.897			
Att2	<i>Aktivitas video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok menarik perhatian saya sepenuhnya.</i>	0.854	0.751	0.836	0.900
Att3	<i>Aktivitas video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok lebih menggugah selera makan saya.</i>	0.848			
<b>Interest</b>					
Int1	<i>Aktivitas promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok membuat saya tertarik pada tempat makan tersebut</i>	0.863			
Int2	<i>Aktivitas promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok membuat saya tertarik pada makanan atau minuman di tempat makan tersebut</i>	0.910	0.694	0.778	0.871
Int3	<i>Aktivitas promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok membuat kesan yang bagus pada saya tentang tempat makan tersebut</i>	0.713			
<b>Search</b>					
Sea1	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin mencari informasi mengenai tempat makan tersebut di internet</i>	0.887	0.637	0.720	0.840
Sea2	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin</i>	0.750			

*mencari online review mengenai tempat makan tersebut di internet*

Sea3	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin mencari perbandingan harga mengenai makanan atau minuman tersebut di internet</i>	0.749			
<b>Action</b>					
Act1	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya percaya makanan tersebut layak untuk dicoba</i>	0.746			
Act2	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya bersedia pergi ke tempat makan tersebut</i>	0.824	0.641	0.723	0.843
Act3	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya merasa nilai tempat makan tersebut bertambah</i>	0.829			
<b>Share</b>					
Sha1	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin membagikan ulang video tersebut di platform media sosial saya</i>	0.846			
Sha2	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin membagikan video tentang kuliner tersebut ke teman saya</i>	0.908	0.755	0.843	0.902
Sha3	<i>Setelah menonton video promosi kuliner yang melibatkan Influencer di TikTok, saya ingin membagikan informasi mengenai tempat makan tersebut ke teman saya</i>	0.851			

Setelah itu perlunya menguji angka pada *discriminant validity* untuk mengonfirmasi bahwa adanya keterkaitan antar variabel. *Heterotrait-monotrait ratio of correlations* (HTMT) konstruk yang berbeda dapat menangkap konsep yang berbeda. Apabila angka yang muncul di bawah 0.85, maka variabel tersebut telah memenuhi syarat validitas diskriminan (Hair et al., 2019). Pada tabel di bawah ini telah disajikan data bahwa semua variabel berada di bawah angka 0.85 yang mana telah memenuhi syarat validitas.

**Tabel 2. Discriminant Validity**

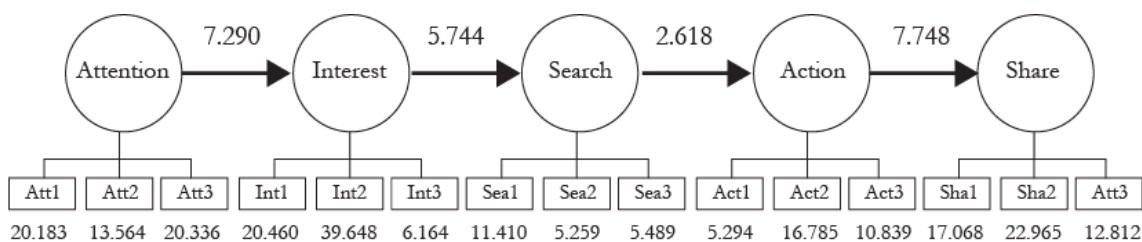
	Action	Attention	Interest	Search	Share
<b>Action</b>					
<b>Attention</b>	0.513				
<b>Interest</b>	0.814	0.720			
<b>Search</b>	0.451	0.653	0.692		
<b>Share</b>	0.704	0.497	0.656	0.608	

Penelitian ini juga mempertimbangkan untuk mengevaluasi kesesuaian kerangka penelitian. Pada penelitian ini, digunakan *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR) dan *Normed Fit Index* (NFI) untuk mengevaluasi kesesuaian. Nilai pada SRMR harus kurang dari 0.10, sedangkan nilai pada NFI harus mendekati 1. Seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini, bahwa semua skor evaluasi kesesuaian model (SRMR dan NFI) penelitian ini telah memenuhi kriteria.

**Tabel 3. Model Fit**

<b>SRMR</b>	0.096	0.184
<b>d_ ULS</b>	1.117	4.059
<b>d_ G</b>	0.646	0.791
<b>Chi-Square</b>	178.658	200.778
<b>NFI</b>	0.607	0.559

Setelah melakukan pengujian pada soal kuesioner yang hasilnya sudah telah valid dan memenuhi kriteria. Maka kuesioner disebar. Ditemukan pula keterkaitan berdasarkan jawaban yang telah diberikan oleh responden. Berdasarkan hasil kuesioner didapatkan bahwa konten dari influencer TikTok berpengaruh dalam strategi promosi bisnis kuliner di Kota Malang. Hal tersebut di lihat dalam Gambar 2 berikut. Adanya keterkaitan antar variabel.



Gambar 2. Bagan Arus Variabel dan Indikator

**KESIMPULAN**

Fenomena ramainya konten influencer lokal dalam memberikan review terhadap suatu produk atau jasa menjadi salah satu pengaruh dari perkembangan teknologi informatika. Konten dari influencer lokal di TikTok ini cukup berpengaruh sebagai strategi promosi. Konten yang dibuat sering menjadi rekomendasi masyarakat ketika hendak berwisata kuliner, terutama di Kota Malang. Sebagian orang yang melihat konten influencer lokal Kota Malang ini merasa tertarik untuk mencoba kuliner tersebut. Setelah itu, audiens mulai mencari informasi lebih lanjut hingga mengunjungi, ingin mencicipi, atau bahkan membeli produknya. Kemudian, audiens membagikan postingan influencer lokal atau membagikan ulasan terkait tempat kuliner tersebut kepada orang lain. Hal ini dapat dilihat dari hasil penghitungan tiap indikator pada setiap variabel AISAS (*Attention, Interest, Search, Action, dan Share*) yang diukur menggunakan Smart-PLS yang telah teruji validitasnya.

**SARAN**

Kedepannya, penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut melalui cakupan pembahasan. Perlunya ada riset terhadap platform lainnya untuk mencari data lebih lengkap terkait tempat audiens memperoleh informasi. Hal ini untuk mendapatkan hasil yang lebih valid, dikarenakan tidak semua audiens menggunakan aplikasi TikTok.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Dian Nuswantoro atas dukungannya dalam kegiatan penelitian ini. Dukungan yang telah diberikan tersebut sangat membantu dalam proses pengerjaan penelitian sampai mendapatkan hasil temuan, sehingga dapat termuat dalam artikel ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, K., Jannah, M., Aiman, U., Hasda, S., Fadilla, Z., Taqwin, Masita, Ardiawan, K. N., & Sari, M. E. (2021). *METODOLOGI PENELITIAN KUANTITATIF*. Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Adawiyah, D. P. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Aplikasi TikTok Terhadap Kepercayaan Diri Remaja di Kabupaten Sampang. *Jurnal Komunikasi*, 14(2), 135–148. <https://doi.org/10.21107/ilkom.v14i2.7504>
- Cheah, J. H., Ting, H., Cham, T. H., & Memon, M. A. (2019). The effect of selfie promotion and celebrity endorsed advertisement on decision-making processes: A model comparison. *Internet Research*, 29(3), 552–577. <https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0530>
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
- Hariyanti, N. T., & Wirapraja, A. (2018). Pengaruh Influencer Marketing Sebagai Strategi Pemasaran Digital Era Moderen (Sebuah Studi Literatur). *Jurnal Eksekutif*, 15(1), 133–146.
- Iba, Z., & Wardhana, A. (2023). *Metode Penelitian*. Eureka Media Aksara.
- Li, H., & Pan, Y. (2023). Impact of Interaction Effects between Visual and Auditory Signs on Consumer Purchasing Behavior Based on the AISAS Model. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 18(3), 1548–1559. <https://doi.org/10.3390/jtaer18030078>
- Muzakki, F. D. P., & Andarini, S. (2024). Pengaruh Influencer Marketing dan Content Marketing Terhadap Brand Awareness Produk Avoskin (Studi pada Instagram @avoskinbeauty). *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 14(1), 188–194.
- Nitami, L. I. (2023). Perkembangan Media Sosial Terhadap Perubahan Sosial Masyarakat Di Indonesia Tahun 2000-Sekarang. *KALA MANCA: JURNAL PENDIDIKAN SEJARAH*, 11(2), 69–74. <https://doi.org/10.69744/kamaca.v11i2.214>
- Sarathy, P. S., & Patro, S. (2023). Influencer Marketing: An Integrative Model. *South Asian Journal of Management*, 30(3), 33–54. <https://doi.org/10.62206/sajm.30.3.2023.33-54>
- Tresnawati, Y., & Prasetyo, K. (2022). Pemanfaatan Digital Marketing Bagi Usaha Mikro Kecil dan Menengah Bisnis Kuliner. *Journal of New Media and Communication*, 1(1), 43–57. <https://doi.org/10.55985/jnmc.v1i1.5>

## PENGARUH VARIASI WAKTU TEMPERING TERHADAP NILAI KEKERASAN MATERIAL STAINLESS STEEL 17-4 PH

Murtanto Yoga Ajisena<sup>1</sup>, Putri Anggi Permata Suwandi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : [tantoyoga11@gmail.com](mailto:tantoyoga11@gmail.com)<sup>1</sup>, [putrianggi.permata2@gmail.com](mailto:putrianggi.permata2@gmail.com)<sup>2</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi waktu tempering terhadap nilai kekerasan material stainless steel 17-4 pH. Spesimen dibagi menjadi 3 bagian yang mana nantinya setiap spesimen akan dibedakan waktu pada saat tempering dengan suhu yang sama. Sebelumnya ketiga spesimen sudah melalui proses heat treatment dengan mengacu standar American Society For Testing and Material (ASTM) A 747 dan Aerospace Material Specification (AMS) 5862 dengan pendinginan di ruang terbuka. Kemudian spesimen ditemper kembali dengan variasi waktu 90 menit, 150 menit, dan 210 menit di suhu yang sama 480°C dan selanjutnya dilakukan pendinginan udara. Dengan dilakukan proses tempering maka baja akan memperoleh kombinasi antara kekerasan, kekuatan dan ketangguhan yang tinggi. Metod pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan metode brinell, dari hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi didapat di suhu 90 menit suhu 480°C, sedangkan suhu 150 menit dan 210 menit nilai kekerasannya semakin menurun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama spesimen ditahan didalam tungku furnace maka nilai kekerasan juga akan semakin menurun.

**Kata Kunci:** Tempering, Hardness, Brinell

### I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dunia industri yang semakin maju khususnya pada industri logam dituntut adanya kualitas yang baik dari logam itu sendiri. Sampai saat ini baja merupakan logam yang masih dominan dipakai dalam berbagai bidang industri. Dalam pemakaian teknik diperlukan sifat-sifat yang sesuai untuk operasi sehingga pemakaiannya dapat memberikan kinerja yang optimal (Wijaya et al., 2016). Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan karena banyak sekali jenisnya dengan sifat dan karakter yang berbeda-beda (Wijaya et al., 2016).

Baja memiliki kekerasan yang tinggi sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan. Objek yang dianalisis pada penelitian ini adalah material logam stainless steel 17-4 pH yang diberi perlakuan panas atau heat treatment 1050°C yang mengacu pada standar American Society For Testing and Material (ASTM) A747 dan Aerospace Material Specification (AMS) 5862, dengan melakukan variasi waktu tempering 90 menit, 150 menit dan 210 menit pada suhu yang sama 480°C untuk ketiga spesimen dan di quenching dengan menggunakan air cooling atau diruang terbuka. Dengan melakukan variasi waktu tempering akan berpengaruh terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro dari material logam stainless steel 17-4 pH.

Uji kekerasan digunakan untuk melihat dan menganalisis kemampuan suatu bahan dalam menahan beban atau tekanan serta abrasi (142-Article Text-339-1-10-20200831 (1).Pdf, n.d.). Pengujian kekerasan pada bahan teknik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik bahan, hal tersebut sangatlah penting mengingat sifat mekanik bahan harus diteliti sehingga dapat digunakan pada khalayak umum sesuai dengan manfaat, tujuan dan fungsinya, baik untuk industri manufaktur maupun industri kecil menengah.

Pada pengujian kekerasan memiliki berbagai jenis pengujian dalam mengukur tingkat kekerasan permukaan logam atau material, untuk mengukur tahanan material diperlukan mesin yang standart terhadap penetrator (Wahhab & Rumendi, 2014). Ada berbagai tipe pengujian yang telah digunakan dalam menentukan kekerasan suatu material, adapun jenis-jenis pengujian kekerasan tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load
		Side View	Top View	
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P
Rockwell and superficial Rockwell	{ <ul style="list-style-type: none"> <li>Diamond cone;</li> <li><math>\frac{1}{16}</math>, <math>\frac{1}{8}</math>, <math>\frac{1}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> in.-diameter steel spheres</li> </ul>	 	 	60 kg } 100 kg } Rockwell 150 kg } 15 kg } 30 kg } Superficial Rockwell 45 kg }

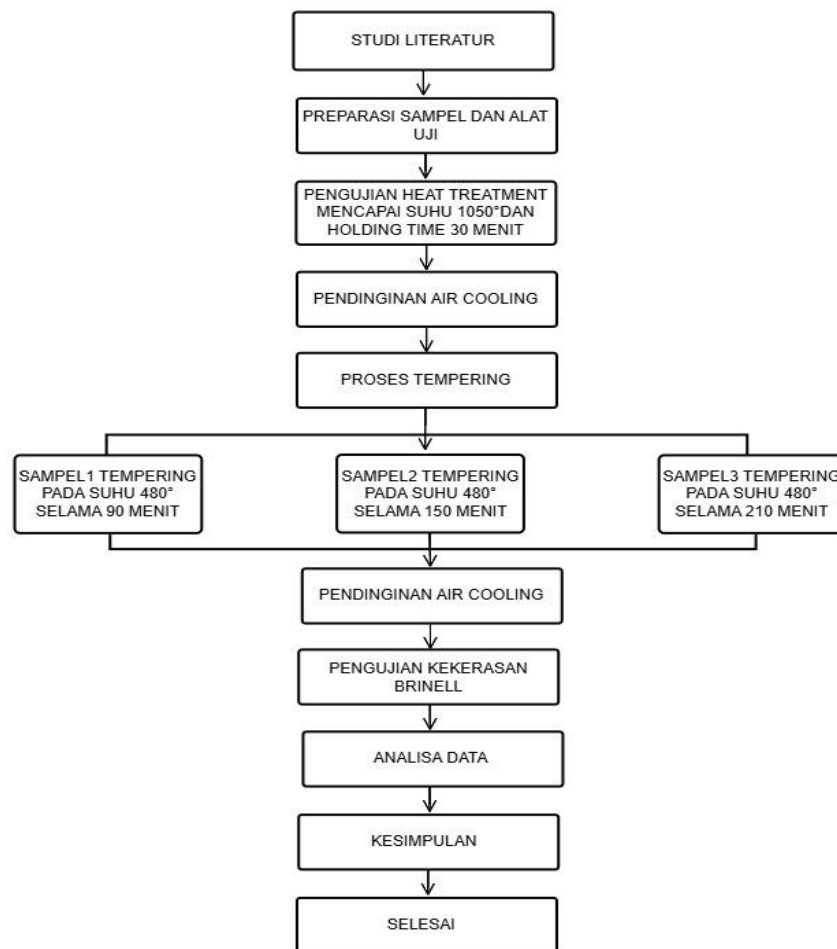
Gambar 1 jenis-jenis pengujian kekerasan (Abelson, 1988)

Dalam penelitian ini digunakan material logam stainless steel 17-4 pH dikarenakan material tersebut diaplikasikan pada komponen turbin *blade* PLTP yang membutuhkan ketahanan terhadap suhu tinggi, beban *thermal* dan struktur yang terjadi pada saat *blade* berputar pada porosnya. Tujuan dari penelitian ini meliputi pengamatan dan pengujian dimana hasil dari pengujian dilakukan analisis pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *brinell* untuk mengetahui nilai kekerasan material logam stainless steel 17-4 pH.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut ini,





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

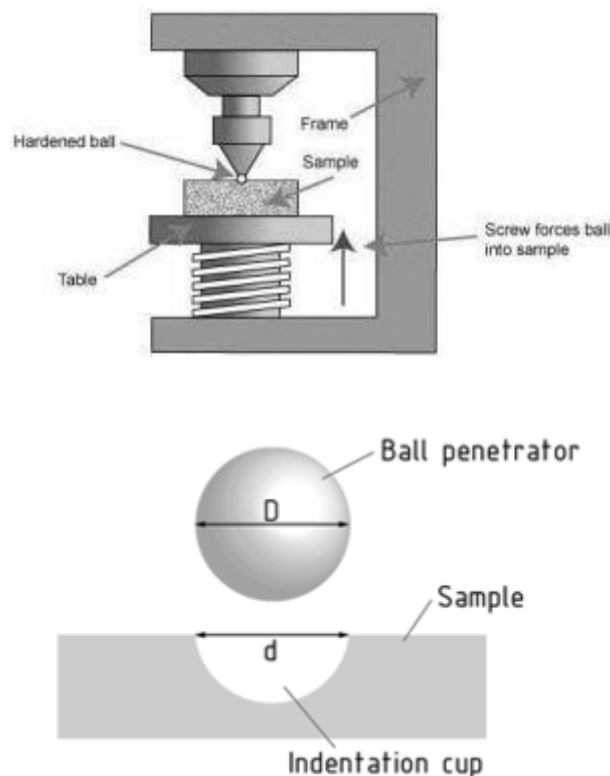
Diagram alir diatas merupakan alur dari penelitian, lokasi penelitian yang akan dilakukan di Pusat Riset Material Struktur dan Industri – Badan Riset dan Inovasi Nasional. Metode ini sangat membantu dalam melakukan penyusunan rencana penelitian dan penyelesaian masalah penelitian. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan.

- Tahap pertama adalah kajian literatur terkait dengan material logam yang akan di teliti. studi literatur meliputi mempelajari komposisi material, material yang digunakan adalah jenis stainless steel *Precipitate Hardening*, yaitu 17-4 pH. *Precipitation Hardened* stainless steel banyak digunakan sebagai bahan struktural untuk kimia dan pembangkit listrik karena kombinasi mereka yang seimbang dari mekanik yang baik sifat dan ketahanan korosi yang memadai.
- Tahap kedua yaitu preparasi sampel dan persiapan alat uji seperti memotong spesimen menjadi bentuk koin.. Kemudian mempersiapkan alat uji seperti tungku *furnace*, *face sheild*, *thermo imager*, penjepit material, dan *saftey hand glove* untuk persiapan proses heat treatment, sedangkan untuk pengujian kekerasan digunakan mesin *brinell hardness test*.
- Tahap ketiga adalah melakukan perlakuan panas pada temperatur tinggi dimana material akan dipanaskan dari suhu 0°C sampai 750°C kemudian di *holding time* selama 30 menit setelah itu dipanaskan kembali mencapai suhu 1050°C kemudian di *holding time* lagi selama 30 menit dan terakhir di dinginkan di ruang terbuka.
- Tahap keempat adalah *tempering* dengan memanaskan spesimen di suhu yang sama 480°C dengan variasi waktu yang berbeda, spesimen pertama dipanaskan selama 90 menit, spesimen kedua dipanaskan selama 150 menit, dan spesimen ketiga dipanaskan selama 210 menit. Ketiga spesimen di dinginkan di ruang terbuka baru kemudian dilakukan proses grinding, dilakukan dengan *grinding* dengan menggunakan kertas amplas 100, 120, 240, 320, 400,

600, 800, 1000, 1200 dan 2000 serta di *polishing* sampai material terlihat mengkilap dan dapat digunakan untuk berkaca.

- Tahap kelima adalah pengujian laboratorium meliputi pengujian kekerasan ketiga spesimen dengan menggunakan mesin *brinell hardness test*.
- Tahap akhir adalah analisis data setelah pengujian, sehingga diperoleh hasil pengujian untuk diolah dan dianalisis serta digunakan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, standar pengujian pada penelitian ini digunakan *Standard Test Methods For Brinell Hardness Of Metallic Materials* ASTM E 10. Pengujian dengan metode ini untuk menentukan kekerasan *brinell* dari material logam. Bola baja digunakan untuk menekan spesimen uji seperti yang terlihat pada (Gambar 3),



Gambar 3. Metode Pengujian Kekerasan Brinell

Pada (Gambar 3) diatas terdapat bagian-bagian yang ada pada mesin *brinell hardness test*. Dibagian ujung mesin terdapat ball penetrator yang fungsinya untuk menekan sampel untuk mengetahui tingkat kekerasan material sampel. Cara kerja dari mesin *brinell* ini dapat dengan menekan material sampel di beberapa titik dengan cara dan titik yang sudah ditentukan, kemudian perlahan mesin akan menekan material sampel dan akan menimbulkan bekas. Akibat dari penekanan tersebut dapat diketahui berapa nilai kekerasan material sampel dan juga berapa kedalaman penekanan setiap titik nya.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan data sebagai berikut,

Tabel 1. Hasil Pengujian

Kode Sampel	Jumlah Pengambilan Uji					Kekerasan rata-rata HB
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
I	516,5	516,5	523,5	516,5	523,5	519,3
II	498,5	492,7	495,6	492,7	492,7	494,4
III	471,4	475,6	471,4	475,6	471,4	473,1

Pada tabel hasil pengujian diatas terdapat kode sampel I, II, III maksud dari sampel tersebut adalah waktu saat material dikeluarkan dari dalam tungku furnace. Kode sampel I artinya material dikeluarkan pertama pada menit 90 pada suhu 480°C, Kode sampel II artinya material dikeluarkan kedua pada menit 150 pada suhu 480°C, dan untuk sampel III artinya material dikeluarkan terakhir pada menit 210°C pada suhu 480°C

Dari hasil pengujian kekerasan dapat di analisa bahwa hasil dari *heat treatment* dengan pendinginan diruang terbuka terdapat perbedaan pada nilai kekerasan rata-rata yang didapatkan antara spesimen I, II, dan III. Selisih nilai kekerasan rata-rata antara spesimen I,II, dan III terdapat perbedaan dimana spesimen I dan II terdapat perbedaan sebesar 24,9 HB, sementara untuk spesimen II dan III terdapat perbedaan sebesar 21,3 HB.

#### 1. DAFTAR NOTASI (satuan harus menggunakan system Satuan Internasional (SI))

°C = derajat celcius

HB = angka kekerasan brinell

### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah dilaksanakan sesuai dengan target sebelumnya, penelitian ini memilih material logam stainless steel 17-4 pH sebagai sampel penelitian. Pemilihan spesimen stainless steel 17-4 pH dikarenakan material tersebut digunakan sebagai komponen blade PLTP yang membutuhkan terhadap ketahanan terhadap suhu tinggi, beban *thermal* dan struktur yang terjadi pada saat *blade* berputar pada porosnya. Pada pengujian sampel I didapat nilai kekerasan rata-rata 519,3 HB, pengujian sampel II didapat nilai kekerasan rata-rata 494,4 HB dan pengujian sampel III didapat nilai kekerasan rata-rata 473,1. Dari hasil kekerasan rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi waktu tempering berpengaruh terhadap nilai kekerasan material, semakin lama material di tahan didalam tungku furnace maka nilai kekerasannya juga akan semakin menurun.

### VI. REFERENSI

142-Article Text-339-1-10-20200831 (1).pdf. (n.d.).

Abelson, P. H. (1988). Materials science. *Science*, 239(4836), 125. <https://doi.org/10.1126/science.239.4836.125>

Wahhab, M. H., & Rumendi, U. (2014). Analisis Struktur Mikro Dan Kekerasan Permukaan Baja St 37 Carburized Melalui Proses Dekarburasi Oleh Air. *Steman, April*, 1–8.

Wijaya, D. I., Literatur, S., Dugaan, A., Energi, L., Tube, P., Sulisty, E., Prasetyo, F., Material, I., High, T., Economizer, P., Nurhasanah, R., Penambahan, P., Suction, L., Terhadap, E., Mesin, P., Perlakuan, P., Terhadap, P., Mekanis, S., Rusjdi, H., ... Untuk, P. (2016). *PowerPlant*. 4(2).

# RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN JENIS SAVONIUS 3 BLADE UNTUK AERATOR TAMBAK

Zidni Sa'dan<sup>1</sup>, Althesa Androva<sup>2</sup>, Agus Mukhtar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : zidnisadan@gmail.com<sup>1</sup>, althesaandrova@upgris.ac.id<sup>2</sup>, agusmukhtar@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

Masyarakat yang tinggal didaerah pesisir dengan mayoritas penduduknya bekerja disektor perikanan atau petani tambak masih menggunakan energi fosil sebagai sumber tenaga aerator untuk aerasi tambak. Energi angin adalah energi dari alam yang terbentuk karena perbedaan suhu dan perbedaan tekanan udara sehingga mengalir menjadi energi kinetik angin. Salah satu pemanfaatannya yaitu berupa turbin angin. Turbin angin merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi sebuah energi mekanik yang berupa putaran poros. Putaran poros tersebut diteruskan untuk memutar kincir air yang dimanfaatkan sebagai sistem aerasi tambak. Dalam penelitian ini merancang bangun turbin angin jenis savonius 3 blade berbahan galvalum ketebalan 0,30 mm dengan diameter turbin angin 700 mm, panjang turbin 850 mm dan lengkung blade 180° berjumlah 3 buah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dan nilai koefisien daya optimum turbin angin savonius 3 blade. Pengujian turbin menggunakan variasi kecepatan angin 1,75 m/s, 2 m/s, 2,25 m/s, 2,50 m/s, 2,75 m/s dan 3 m/s. Setelah dilakukan pengujian, turbin angin savonius tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 46,8 rpm, dan memperoleh  $C_p$  0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 85,2 rpm, dan memperoleh  $C_p$  0,525 dengan efisiensi turbin 88,5%. Selanjutnya pengujian turbin angin savonius dengan beban kincir air diperoleh hasil pada kecepatan angin 1,75 menghasilkan putaran turbin 16,0 rpm, dan memperoleh  $C_p$  0,533 dengan efisiensi turbin 89,9%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 26,5 rpm, dan memperoleh  $C_p$  0,526 dengan efisiensi turbin 88,7%.

**Kata Kunci:** Energi Angin, Turbin Angin Savonius, Blade, Aerator

## I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat kaya terutama energi dari tambang, air, dan angin. Berdasarkan jenisnya energi digolongkan menjadi dua, yaitu energi terbarukan (*renewable energy*) dan energi tidak terbarukan (*non-renewable energy*). Energi angin, biomassa, biogas, dan kayu adalah contoh sumber energi yang dapat diperbarui, sementara sumber energi seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui atau dapat habis. Energi fosil terutama bahan bakar minyak, akan segera habis. Para ahli memperkirakan bahwa cadangan gas alam habis dalam 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batubara habis dalam 200 hingga 300 tahun lagi. Kondisi ini sangat berbahaya, terutama untuk kelangsungan hidup manusia [1].

Masyarakat yang tinggal didaerah pesisir dengan mayoritas penduduknya bekerja disektor perikanan atau petani tambak masih menggunakan energi fosil sebagai sumber tenaga aerator untuk aerasi tambak. Aerasi merupakan usaha meningkatkan kandungan oksigen dalam air, yang bertujuan membuat ikan ataupun udang didalam air tumbuh lebih cepat dan sehat.

Kualitas air yang buruk selama masa pemeliharaan ikan ataupun udang adalah faktor yang sering dialami petani tambak sebagai penyebab kegagalan produksi. Kualitas air ini sangat dipengaruhi oleh oksigen terlarut yang merupakan kebutuhan dasar kehidupan organisme didalam air. Kekurangan oksigen dapat menyebabkan organisme menjadi lebih rentan terhadap penyakit, *stress*, menghambat pertumbuhan, dan bahkan kematian sehingga mengurangi produktivitas [2].

Kelangkaan dan kurangnya bahan bakar fosil mendorong pemerintah untuk meningkatkan pemanfaatan energi alternatif yaitu energi baru terbarukan. Energi angin merupakan salah satu energi baru terbarukan yang sangat sederhana dan mudah dimanfaatkan. Energi angin adalah energi potensial dari alam yang terbentuk karena perbedaan suhu dan perbedaan tekanan udara sehingga mengalir menjadi energi kinetik angin [3]

Daerah-daerah pesisir di Indonesia memiliki kapasitas angin yang cukup besar dan memungkinkan untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga angin yang sifatnya terbarukan, berkelanjutan dan ramah lingkungan. Turbin angin merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi sebuah energi mekanik yang berupa putaran poros. Putaran poros tersebut diteruskan untuk memutar kincir air yang dimanfaatkan sebagai sistem aerasi tambak.

Turbin angin jenis Savonius dianggap ideal untuk digunakan di Indonesia dengan kecepatan angin rata-rata kurang dari 2 m/s dan arah angin yang berubah-ubah [4]. Turbin angin Savonius dapat beroperasi pada kecepatan angin yang rendah dan tidak bergantung pada arah angin. Selain itu, dapat berputar sendiri (*self-starting*). Sudu turbin angin savonius dibagi menjadi tiga, yaitu turbin angin savonius tipe-s, turbin angin savonius tipe-u, dan turbin angin savonius tipe-l. Keunggulan utama sudu tipe-u adalah kecepatan putar tinggi karena angin dapat disirkulasikan di bagian tengah poros turbin.

Tujuan dari penelitian ini, yaitu : 1. Merancang bangun turbin angin savonius 3 *blade* untuk system aerasi tambak 2. Mengetahui nilai koefisien daya optimum turbin angin 3. Mengetahui efisiensi turbin angin yang dihasilkan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan atau dikenal *Research and Development (R&D)*. Penelitian ini merupakan suatu metode atau langkah untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada kemudian diuji. Pada penelitian ini, turbin angin jenis savonius 3 *blade* dirancang untuk menghasilkan tenaga yang dimanfaatkan untuk mengaerasi tambak. Turbin angin jenis savonius 3 *blade* dipilih karena memiliki beberapa keunggulan yaitu mampu berputar pada kecepatan angin rendah, desain sederhana dan mengurangi penggunaan listrik maupun bahan bakar. Agar terwujudnya hal tersebut maka diperlukan uji efisiensi dan efektivitas terhadap turbin angin jenis savonius 3 *blade* agar berfungsi secara baik dan memutar kincir air untuk sistem aerasi tambak. Dari pengujian tersebut dapat mengetahui seberapa efektivitas dan efisiensi turbin angin jenis savonius 3 *blade*.



Gambar 1. Turbin Angin Savonius 3 *Blade*

Tabel 1. Spesifikasi Alat

Komponen Utama	Spesifikasi
----------------	-------------

Turbin Angin Savonius	Bahan Galvalum Ketebalan 0,30 mm, Diameter 700 mm, Tinggi 850 mm, Lebar Blade 350 mm, Jumlah Blade 3 Buah, Lengkung Blade 180°
Rangka Turbin Angin	Bahan Besi Siku ukuran 4 cm x 4 cm, Panjang 1300 mm, Tinggi 1795 mm dan Lebar 900 mm.
Bearing	Bearing Tipe UCP 204.
Poros AS	Bahan <i>Stainless Stell</i> , Diameter 16 mm, Panjang 1700 mm.
Kincir Air	Bahan Galvalum, Diameter Luar 40 cm, Diameter Dalam 16 mm

## 2. Pengujian Dan Pengambilan Data Turbin Angin Savonius 3 Blade

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang. Kipas blower digunakan sebagai media daya angin, pada pengujian turbin angin savonius 3 blade dilakukan bertahap dari kecepatan angin terendah hingga kecepatan angin tertinggi. Pengujian tersebut dimulai dari pengujian tanpa beban kincir air dan pengujian dengan beban kincir air. Pengambilan data terdiri dari pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer dan pengukuran putaran poros turbin menggunakan tachometer.



Gambar 2. Pengujian dan Pengambilan Data Turbin Angin Savonius 3 Blade

## 3. Perhitungan Kinerja Turbin Angin

Untuk memudahkan dalam melakukan analisis data, diperlukan beberapa teori dan rumus sebagai berikut:

### Tip Speed Ratio

Tip Speed Ratio adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, tip speed ratio akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

$$\lambda = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot v} \quad [5]$$

Dimana :

$\lambda$  : Tip speed ratio

D : Diameter rotor (m)

n : Putaran rotor (rpm)

v : Kecepatan angin (m/s)

### Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja mengelilingi sebuah titik yang dalam penerapannya digunakan untuk memutar benda.

$$T = \frac{v^2 r^3}{\lambda} \quad [6]$$

Dimana :

T : Torsi (Nm)

v : Kecepatan angin (m/s)

$r$  : Jari-jari turbin (m)

$\lambda$  : *Tip speed ratio*

### Daya Mekanik Turbin

Nilai daya mekanik turbin adalah daya keluaran dari turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan putar dari turbin, nilai daya mekanik turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{mekanik} = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60} \quad [7]$$

Dimana:

$P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)

$n$  : Putaran poros (rpm)

$T$  : Torsi (Nm)

### Daya Angin

Nilai daya angin adalah daya masukan turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan angin setiap satuan waktu, nilai daya angin diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \cdot A \quad [8]$$

Dimana:

$P_{angin}$  : Daya angin (W)

$\rho$  : Massa jenis udara ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V^3$  : Kecepatan udara (m/s)

$A$  : Luas sapuan sudu turbin ( $\text{m}^2$ )

### Koefisien Daya

Nilai koefisien daya merupakan perbandingan dari daya keluaran dan daya masukan pada turbin angin, persamaan untuk memperoleh nilai koefisien daya adalah sebagai berikut:

$$C_p = \frac{P_{mekanik}}{P_{angin}} \quad [7]$$

Dimana:

$C_p$  : Koefisien daya

$P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)

$P_{angin}$  : Daya angin (W)

### Efisiensi Turbin

Baik atau tidaknya kinerja dari turbin angin dapat diketahui melalui efisiensi turbin angin itu sendiri. Efisiensi turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan rasio antara koefisien daya (*power coefficient*, CP) dengan *Betz limit*,  $Betz\ limit = 16/27 = 0,593$ . *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* yang merupakan seorang fisikawan Jerman pada tahun 1919, nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik. Untuk memperoleh nilai efisiensi dari turbin angin dengan menggunakan metode *Betz limit* dapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{C_p \cdot 27}{16} \times 100\% \quad [7]$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi turbin angin

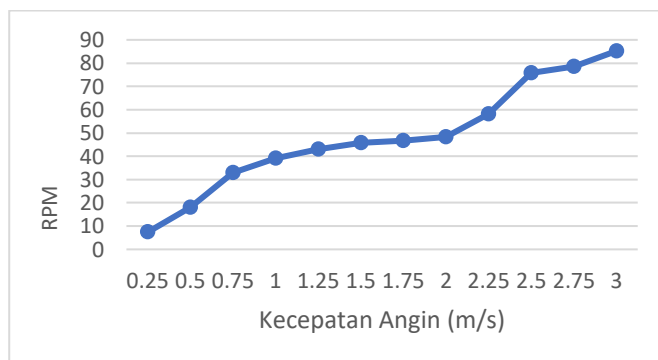
$C_p$  : Koefisien daya

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Tabel 1. Hasil Pengujian Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (rpm)
0,25	7,4
0,50	18,1
0,75	32,9
1	39,2
1,25	43,1
1,50	45,7
1,75	46,8
2	48,3
2,25	58,2
2,50	75,9
2,75	78,6
3	85,2



Grafik 1. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap RPM Tanpa Beban

Dari grafik 1 menunjukkan hasil dari hubungan kecepatan angin terhadap RPM turbin angin savonius 3 *blade* tanpa beban kincir air, turbin mulai berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan



nilai rpm 7,4. Serta mampu berputar pada kecepatan angin hingga 3 m/s diperoleh nilai rpm 85,2. Kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran baling-baling pada turbin. besar jumlah putaran yang dihasilkan suatu turbin bergantung dari besar kecepatan angin yang diberikan. Dengan demikian, semakin besar kecepatan angin yang diberikan pada turbin, akan menghasilkan putaran yang semakin tinggi. Serta semakin besar kecepatan angin akan berdampak semakin besar daya output yang dihasilkan pada turbin angin.

Tabel 2. Data Perhitungan Kinerja Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Tip Speed Ratio ( $\lambda$ )	Torsi (Nm)	Daya Mekanik Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya (Cp)	Efisiensi Turbin (%)
1,75	0,979	0,134	0,656	1,236	0,530	89,4
2	0,884	0,194	0,980	1,846	0,530	89,4
2,25	0,947	0,229	1,394	2,628	0,530	89,4
2,50	1,112	0,240	1,906	3,606	0,528	89,1
2,75	1,046	0,309	2,755	4,799	0,574	96,8
3	1,040	0,371	3,308	6,290	0,525	88,5

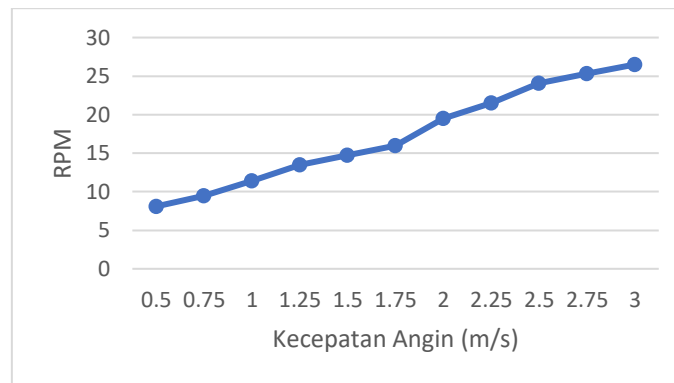
Berdasarkan tabel 3 turbin angin savonius 3 blade tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,979, torsi 0,134 Nm, daya mekanik turbin 0,656 watt, daya angin 1,236 watt, koefisien daya 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Dan pada kecepatan angin 3 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 1,046, torsi 0,371 Nm, daya mekanik turbin 3,308 watt, daya angin 6,290 watt, koefisien daya 0,525 dengan efisiensi turbin 88,5%.

#### B. Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Beban Kincir Air

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (rpm)
0,50	8,1
0,75	9,5
1	11,4
1,25	13,4
1,50	14,7
1,75	16,0
2	19,5
2,25	21,5

2,50	24,1
2,75	25,3
3	26,5



Grafik 2. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap RPM Dengan Beban

Dari grafik 2 menunjukkan hasil dari hubungan kecepatan angin terhadap RPM turbin angin savonius 3 *blade* dengan beban kincir air, turbin mulai berputar pada kecepatan angin 0,50 m/s dengan nilai rpm 8,1. Serta mampu berputar pada kecepatan angin hingga 3 m/s diperoleh nilai rpm 26,5. Kecepatan angin berbanding lurus dengan putaran baling-baling pada turbin. besar jumlah putaran yang dihasilkan suatu turbin bergantung dari besar kecepatan angin yang diberikan. Dengan demikian, semakin besar kecepatan angin yang diberikan pada turbin, akan menghasilkan putaran yang semakin tinggi. Serta semakin besar kecepatan angin akan berdampak semakin besar daya output yang dihasilkan pada turbin angin.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Turbin Angin Dengan Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Tip Speed Ratio ( $\lambda$ )	Daya			Koefisien Daya (Cp)	Efisiensi Turbin (%)
		Torsi (Nm)	Mekanik Turbin (Watt)	Daya Angin (Watt)		
1,75	0,334	0,393	0,659	1,236	0,533	89,9
2	0,356	0,481	0,981	1,846	0,531	89,6
2,25	0,351	0,618	1,390	2,628	0,528	89,1
2,50	0,352	0,761	1,919	3,606	0,532	89,7
2,75	0,336	0,965	2,555	4,799	0,532	89,7
3	0,323	1,194	3,311	6,290	0,526	88,7

Berdasarkan tabel 5 turbin angin savonius 3 *blade* dengan beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,334, torsi 0,393 Nm, daya mekanik turbin 0,659 watt, daya angin 1,236 watt, koefisien daya 0,533 dengan efisiensi turbin 89,9%. Dan pada

kecepatan angin 3 m/s memperoleh hasil nilai *tip speed ratio* 0,323, torsi 1,194 Nm, daya mekanik turbin 3,311 watt, daya angin 6,290 watt, koefisien daya 0,526 dengan efisiensi turbin 88,7%.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien daya optimum pada turbin angin tanpa adanya beban kincir air sebesar 0,574. Dan pada pengujian turbin angin savonius dengan beban kincir air memperoleh nilai koefisien daya optimum sebesar 0,533.
2. Efisiensi turbin tertinggi yang dihasilkan tanpa adanya beban kincir air sebesar 96,8%. Dan diperoleh efisiensi turbin tertinggi yang dihasilkan dengan beban kincir air sebesar 89,9%

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Ibunda dan Ayah tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada henti kepada penulis, serta mengucapkan terima kasih kepada Bapak Althesa Androva, S.T., M.Eng. dan Bapak Agus Mukhtar, S.Pd., M.T. yang telah memberikan pendampingan selama penelitian.

#### VI. REFERENSI

- S. Thaha, A. R. Idris, and Nurjannah, "Prosiding NCIET Vol. 2 (2021) B55-B65 2," vol. 2, pp. 55–65, 2021.
- S. P. Febri, S. Fonna, S. Huzni, and D. Darwin, "Aplikasi Turbin Savonius sebagai Penggerak Aerator: Sebuah Alternatif Penyelesaian Permasalahan Petani Tambak Tradisional di Rantau Selamat, Aceh Timur," *E-Dimas J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 13, no. 1, pp. 24–28, 2022, doi: 10.26877/e-dimas.v13i1.4244.
- Y. Kurniawan and I. Bagus Dharmawan, "Prototipe Turbin Angin Savonius Variasi Extra Layers dengan Pengujian Real Wind Condition Prototype Savonius Wind Turbine Extra Layers Variation With Experiment Real Wind Condition," *J. Polimesin*, vol. 19, no. 1, pp. 48–52, 2021.
- Y. Kurniawan, I. B. Dharmawan, W. Anhar, and P. N. Balikpapan, "P-31 Studi Eksperimental Pengaruh Kombinasi Sudu Experimental Study the Effect of Combination of Blade," pp. 2–7, 2021.
- V. Valentino, I. Yusuf, and A. Hiendro, "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 09, no. 02, pp. 1–9, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48903%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/48903/75676590359>
- A. Turbin, A. Sumbu, and V. Dengan, "Muhammad Suprpto," vol. 02, no. 01, pp. 52–57, 2016.
- G. Natayuda, "Analisa Aerodinamika dan Kinerja Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal Menggunakan Computational Fluid Dynamics," *Univ. Jendral Achmad Yani*, no. September 2017, 2017, doi: 10.13140/RG.2.2.36558.15689.
- I. Arif, "Analisis Dan Pengujian Kinerja Turbin Angin Savonius 4 Sudu," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 3, no. 2, p. 46, 2019, doi: 10.31543/jtm.v3i2.307.

## RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN DARRIEUS TIPE H UNTUK AERATOR TAMBAK

Dimas Firdaus<sup>1)</sup>, Althesa Androva<sup>2)</sup>, Agus Mukhtar<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>2)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>3)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>1)</sup>Email : dimasfirdauz27@gmail.com

<sup>2)</sup>Email : althesaandrova@upgris.ac.id

<sup>3)</sup>Email : agusmukhtar@gmail.com

*Abstrak – Energi angin merupakan salah satu energi yang berpotensi untuk dikembangkan, karena energi angin merupakan energi yang jumlahnya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Pemanfaatan energi angin dapat digunakan dengan alat berupa turbin angin. Akan tetapi pada penelitian ini turbin angin digunakan sebagai penggerak kincir. Penelitian ini dilakukan dengan cara merancang turbin angin jenis savonius bertingkat sebagai penggerak kincir melalui poros yang berputar. Desain turbin angin savonius dibuat tiga tingkat dengan diameter 800mm dan tinggi 908mm. Diameter blade turbin angin dengan diameter 150mm sebanyak 6 buah. Setiap tingkat terdapat 2 buah blade. Nilai koefisien daya turbin angin tanpa kincir pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,519 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,477. Nilai koefisien daya turbin angin dengan kincir pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,507 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,520. Nilai efisiensi turbin angin savonius bertingkat dengan kincir pada kecepatan angin 1,75 yaitu 85,55% dan pada kecepatan angin 3m/s yaitu 87,75%.*

**Kata Kunci :** Turbin angin, Turbin angin savonius, Aerator, Efisiensi turbin.

### PENDAHULUAN

Energi memiliki peranan penting bagi masyarakat diseluruh dunia, termasuk Indonesia. Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk Indonesia semakin bertambah dan memungkinkan penggunaan energi yang meningkat pula. Kebutuhan energi di masyarakat sebagai ujung tombak berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan ekonomi. Pengembangan energi terbarukan seperti energi angin, energi air dan energi surya dapat mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil, yang semakin tahun ketersediaannya semakin menipis. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi angin. Energi angin merupakan salah satu energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan, karena energi angin merupakan energi yang jumlahnya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Potensi angin di Indonesia pada umumnya memiliki kecepatan angin yang rendah berkisar antara 3 m/s-7 m/s, sehingga jenis turbin angin vertikal dirasa sangat cocok untuk digunakan pada kondisi kecepatan angin rendah. Pemanfaatan energi angin dapat digunakan dengan alat berupa turbin angin. Turbin angin adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi gerak berupa putaran rotor dan poros generator untuk menghasilkan energi listrik. Akan tetapi pada penelitian ini turbin angin digunakan sebagai penggerak pedal kincir. Energi gerak yang berasal dari angin akan diteruskan menjadi gaya gerak dan torsi pada poros yang kemudian diteruskan untuk menggerakkan pedal kincir.

### METODE

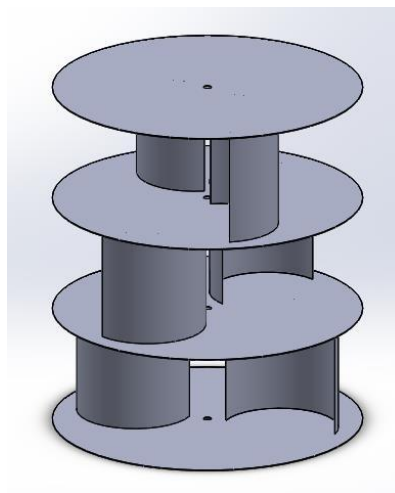
#### A. PENDEKATAN PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi desain dan perancangan turbin angin jenis savonius tiga tingkat dengan jumlah 6 buah sudu berbahan galvalum. Pengambilan data dilakukan dengan

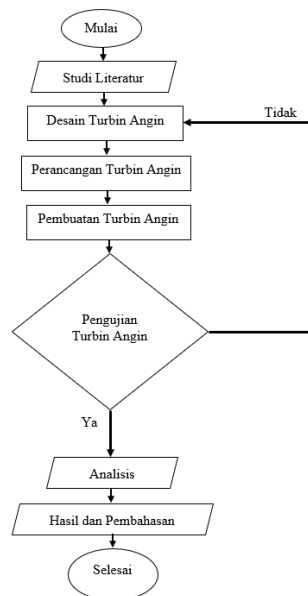
melakukan pengujian untuk mengetahui putaran turbin dengan perhitungan teoritis untuk setiap variasi kecepatan turbin.

**B. DESAIN PENELITIAN**

Desain penelitian adalah rangkaian prosedur dan metode yang dipakai untuk menganalisis dan menghimpun data untuk menentukan variabel yang akan menjadi topik penelitian. Desain penelitian merupakan strategi yang dilakukan peneliti untuk menghubungkan setiap elemen penelitian dengan sistematis agar lebih efektif dan efisien. Desain penelitian Moh. Pabundu Tika (20015: 12) adalah suatu rencana tentang cara mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data secara sistematis dan terarah agar penelitian dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif sesuai dengan tujuan penelitian. Pada pembuatan desain awal turbin angin dirancang sebagaimana yang telah dipertimbangkan oleh peneliti. Gambaran desain awal turbin angin ditunjukkan pada gambar 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Desain Penelitian



Gambar 2. Flowchart Desain Penelitian

**C. ALAT DAN BAHAN**

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini diperlukan beberapa alat dan bahan untuk membuat desain dan rancangan alat ini. Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	
Galvalum	Meteran
Besi Hollow	Gunting Plat
Paku Rivet	As Besi
Tang Rivet	Mesin Gerinda
Las Listrik	Laptop

#### D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Mengetahui kecepatan angin minimal yang dapat menggerakkan atau membuat turbin angin berputar sebagai penggerak kincir yang akan di salurkan ke dalam air

#### E. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif, sehingga analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik.

Data hasil penelitian kemudia dituangkan menjadi kalimat yang mudah dipahami, untuk mempresentasikan data tersebut agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dan sebagai jawaban dari permasalahan yang di teliti oleh peneliti.

#### Persamaan

##### 1. *Tip Speed Ratio*

*Tip Speed Ratio* (Rasio Kecepatan Ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertrentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

Dimana :

- $\lambda$  : *Tip Speed Ratio*
- $D$  : Diameter rotor (m)
- $n$  : Putaran rotor (rpm)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)

##### 2. Torsi

$$T = \frac{v^2 r^3}{\lambda}$$

Dimana :

- $T$  : Torsi (N/m)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)
- $r$  : jari-jari turbin (m)
- $\lambda$  : *Tip Speed Ratio*

##### 3. Daya Mekanik Turbin

Nilai daya mekanik turbin adalah daya keluaran dari turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan putar dari turbin, nilai daya mekanik turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut.

$$P_{mekanik} = \frac{2\pi.n.T}{60}$$

Dimana :

- $P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $n$  : Kecepatan putar turbin (rpm)  
 $T$  : Torsi turbin (Nm)

#### 4. Daya Angin

Nilai daya angin adalah daya masukan turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan angin setiap satuan waktu, nilai daya angin diperoleh berdasarkan persamaan berikut.

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho V^3 A$$

Dimana :

- $P_{angin}$  : Daya angin (W)  
 $\rho$  : Massa jenis udara ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $V$  : Kecepatan udara (m/s)  
 $A$  : Luas sapuan sudu turbin ( $\text{m}^2$ )

#### 5. Koefisien Daya

Nilai koefisien daya merupakan perbandingan dari daya keluaran dan daya masukan pada turbin angin, persamaan untuk memperoleh nilai koefisien daya adalah nsebagai berikut.

$$C_p = \frac{P_{mekanik}}{P_{angin}}$$

Dimana :

- $C_p$  : Koefisien daya  
 $P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $P_{angin}$  : Daya angin (W)

#### 6. Efisiensi Turbin

Baik atau tidaknya kinerja dari turbin angin dapat diketahui melalui efisiensi turbin angin itu sendiri. Efisiensi turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan rasio antara koefisien daya (*power coefficient*, CP) dengan *Betz limit*,  $Betz\ limit = 16/27 = 0,593$ . *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* yang merupakan seorang fisikawan Jerman pada tahun 1919, nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik. Untuk memperoleh nilai efisiensi dari turbin angin dengan menggunakan metode *Betz limit* dapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{C_p \cdot 27}{16} \times 100$$

Dimana:

- $\eta$  : Efisiensi Turbin  
 $C_p$  : Koefisien Daya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, turbin angin jenis savonius bertingkat dirancang untuk menghasilkan tenaga yang dimanfaatkan untuk mengaerasi tambak. Turbin angin jenis savonius bertingkat dipilih karena memiliki beberapa keunggulan yaitu mampu berputar pada kecepatan angin rendah, desain sederhana dan mengurangi penggunaan listrik maupun bahan bakar. Agar terwujudnya hal tersebut maka diperlukan uji efesiensi dan efektivitas terhadap turbin angin jenis savonius bertingkat agar berfungsi secara baik dan memutarakan kincir untuk sistem aerasi tambak.

**A. PENGUJIAN TURBIN ANGIN TANPA BEBAN KINCIR AIR**

Adapun hasil yang didapat setelah dilakukanya pengujian tanpa adanya beban kincir air dan didapatkan hasil putaran poros turbin. Hasil tersebut ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2. Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air.

No	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar Turbin (Rpm)
1	0,25	19.4
2	0,50	22.2
3	0,75	25.5
4	1	29.5
5	1,25	32.8
6	1,50	35.3
7	1,75	37.9
8	2	41.2
9	2,25	44.5
10	2,50	51.7
11	2,75	53.6
12	3	58.4

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s tanpa adanya beban kincir air dengan nilai 19,4 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 58,4 rpm.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

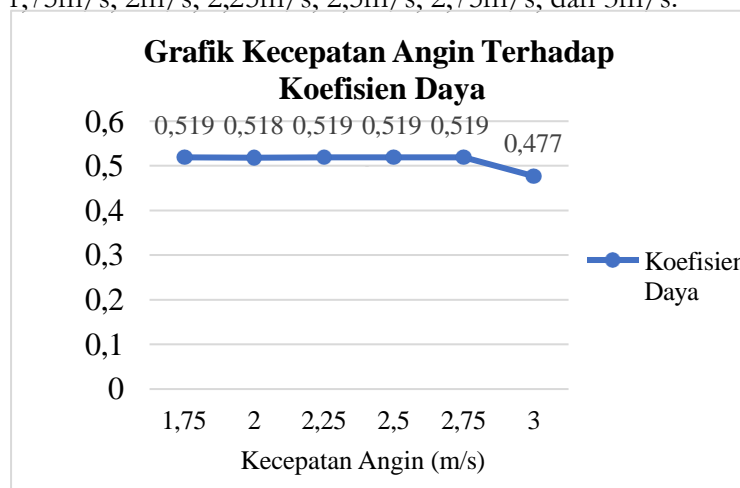


Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin savonius bertingkat sebagai penggerak kincir yang telah dibuat. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin yang menumbuk sudu turbin. Turbin angin savonius bertingkat mulai berputar pada kecepatan angin 0,25m/s dengan nilai 19,9 rpm hingga pada kecepatan angin 3m/s dengan nilai 58,4 rpm.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

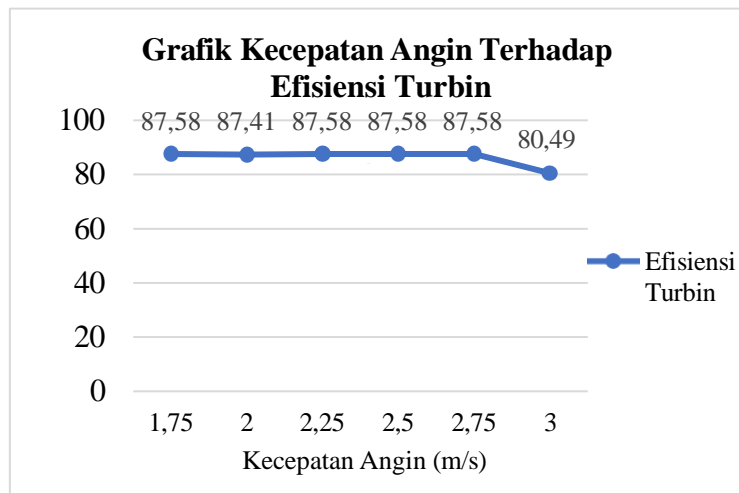
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Turbin (%)
1.	1,75	0,906	0,216	1,649	0,856	0,519	87,58
2.	2	0,862	0,296	2,461	1,276	0,518	87,41
3.	2,25	0,827	0,391	3,505	1,821	0,519	87,58
4.	2,5	0,865	0,462	4,808	2,500	0,519	87,58
5.	2,75	0,816	0,593	6,399	3,326	0,519	87,58
6.	3	0,814	0,707	8,308	3,966	0,477	80,49

Dari hasil pengujian di Laboratirium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



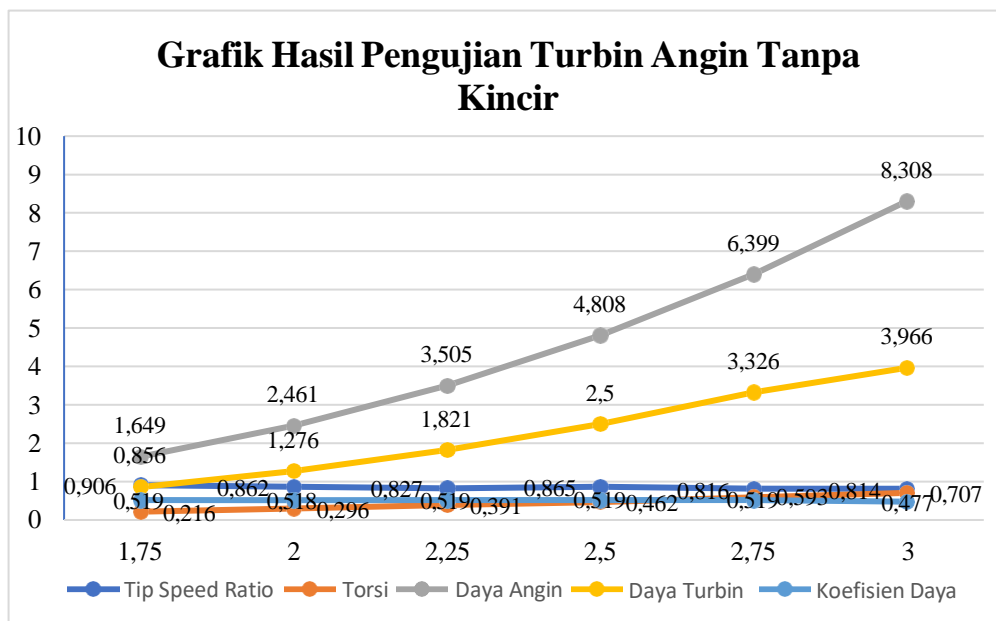
Gambar 4. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Adanya Beban Kincir Air

Grafik 4 merupakan grafik kecepatan angin terhadap koefisien daya turbin angin savonis bertingkat tanpa kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,519 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,477.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

merupakan grafik kecepatan angin terhadap efisiensi turbin angin savonis bertingkat tanpa kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 87,58% dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 80,49%.



Gambar 6. Grafik Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin darrieus tanpa adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

## B. PENGUJIAN TURBIN ANGIN DENGAN ADANYA BEBAN KINCIR AIR

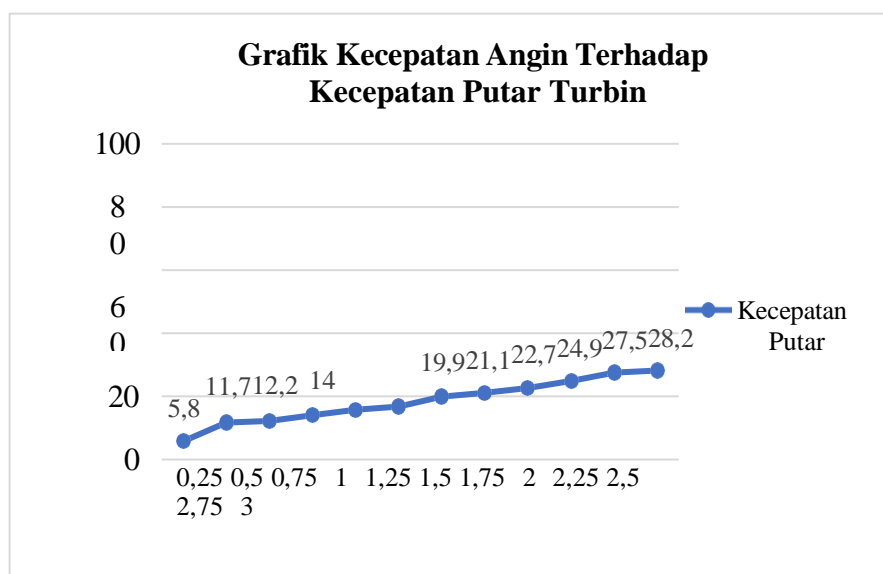
Pengujian turbin angin dengan beban kincir air adalah proses evaluasi performa dan efisiensi turbin angin saat dihubungkan dengan beban berupa kincir air. Metode ini bertujuan untuk memahami seberapa efektif turbin angin dapat menghasilkan energi dalam kondisi spesifik ketika

energi yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan kincir air sebagai beban. Dalam pengujian ini, faktor-faktor seperti kecepatan angin, kecepatan putaran turbin, serta beban yang diberikan oleh kincir air akan diukur dan dianalisis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
0,25 m/s	5,8 rpm
0,5 m/s	11,7 rpm
0,75 m/s	12,2 rpm
1 m/s	14,0 rpm
1,25 m/s	15,8 rpm
1,5 m/s	16,8 rpm
1,75 m/s	19,9 rpm
2 m/s	21,1 rpm
2,25 m/s	22,7 rpm
2,5 m/s	24,9 rpm
2,75 m/s	27,5 rpm
3 m/s	28,2 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan adanya beban kincir air dengan nilai 5,8 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 28,2 rpm.



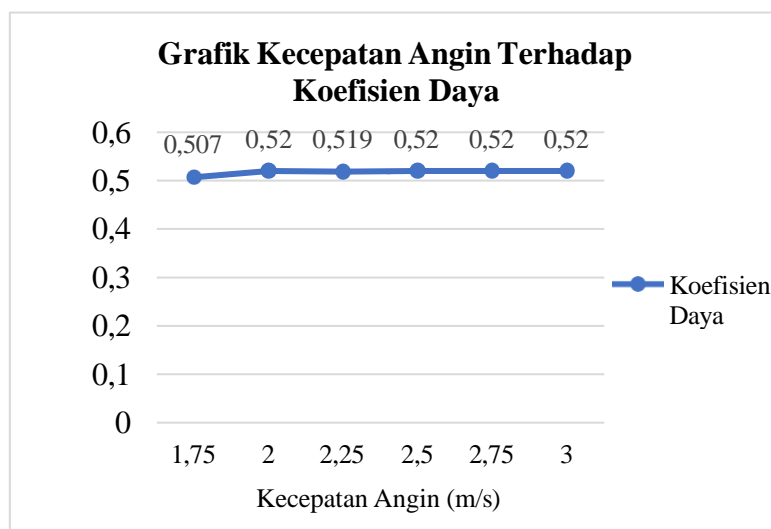
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin darrieus dengan adanya beban kincir air. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan angin ,025 m/s turbin mulai mengalami perputaran dengan nilai rpm 5,8 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 28,2.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

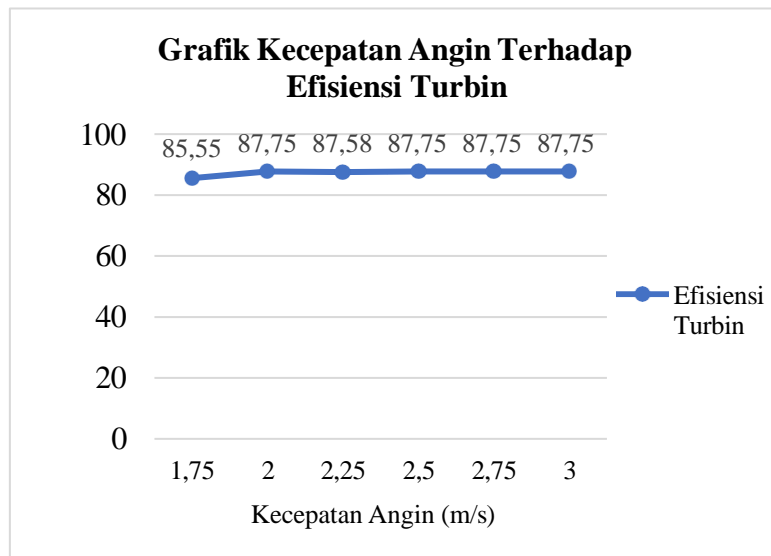
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Daya (%)
1.	1,75	0,475	0,412	1,689	0,858	0,507	85,55
2.	2	0,441	0,580	2,461	1,280	0,520	87,75
3.	2,25	0,422	0,767	3,505	1,822	0,519	87,58
4.	2,5	0,416	0,961	4,808	2,504	0,520	87,75
5.	2,75	0,418	1,157	6,399	3,330	0,520	87,75
6.	3	0,393	1,465	8,308	4,324	0,520	87,75

Dari hasil pengujian di Laboratirium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



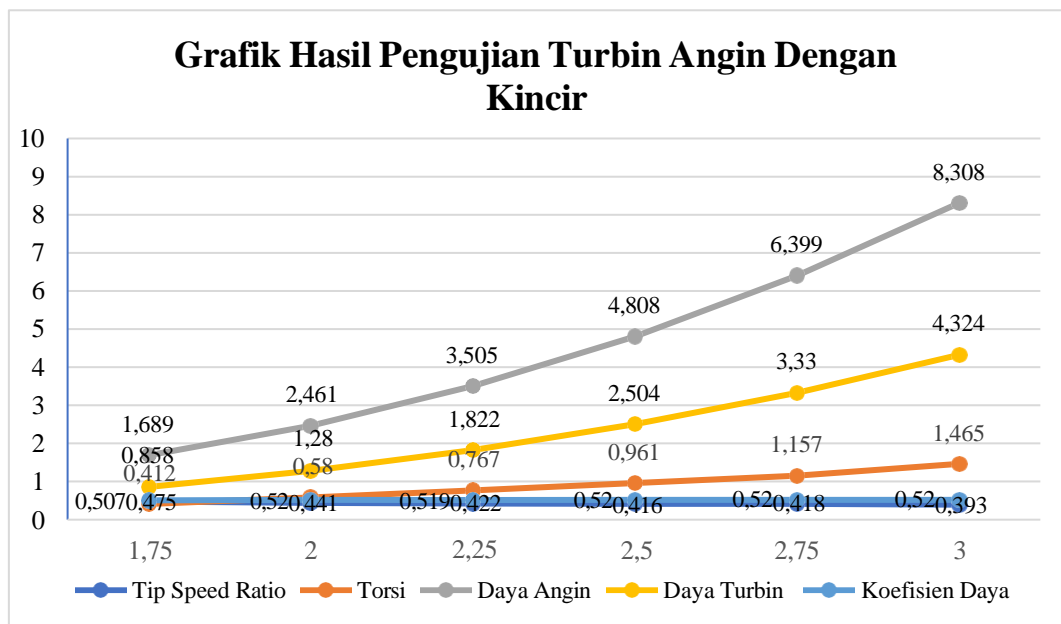
Gambar 8. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Dengan Adanya Beban Kincir.

Grafik 8. Merupakan grafik kecepatan angin terhadap koefisien daya turbin angin savonius bertingkat dengan kincir. Pada kecepatan angin 1,75m/s mendapatkan hasil 0,507 dan pada kecepatan angin 3m/s mendapatkan hasil 0,520.



Gambar 9. Grafik Efisiensi Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil efisiensi turbin tanpa beban kincir air terhadap kecepatan angin. Dari grafik menunjukkan nilai tertinggi efisiensi turbin sebesar 87,75%.



Gambar 10. Grafik Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin savonius bertingkat dengan adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

## KESIMPULAN

Merancang bangun turbin angin darrieus dengan menggunakan *solidwork* 2020 dengan tinggi 800 mm, dengan tinggi 908mm dan diameter blade turbin angin 150mm sebanyak 6 buah. Setiap tingkat terdapat 2 buah blade dengan menggunakan bahan galvalum.

Pada hasil pengujian memperoleh nilai koefisien daya tertinggi pada turbin angin tanpa adanya beban kincir air sebesar 0,531 dan pada hasil pengujian turbin angin dengan adanya beban kincir air memperoleh nilai koefisien tertinggi sebesar 0,531.

Nilai efisiensi turbin tertinggi dihasilkan tanpa adanya beban kincir air sebesar 87,58% dan nilai efisiensi turbin tertinggi pada pengujian dengan adanya beban kincir air sebesar 87,75%.

## SARAN

Untuk penelitian selanjutnya supaya di kaji ulang dapat mengubah variasi desain turbin angin savonius darrieus sebagai perbandingan efisiensi koefisien daya yang dihasilkan.

Untuk penelitian lebih lanjut pada bahan yang akan digunakan dalam membuat turbin angin disarankan menggunakan bahan yang lebih ringan agar turbin dapat berputar pada kecepatan angin rendah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ibu. Dr. Sri Suciati, M.Hum Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Ibnu Toto Husodo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Althesa Androva, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I. Terima kasih kepada Bpk. Agus Mukhtar, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing II. Terima kasih kepada Seluruh Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmunya untuk kami selama menempuh perkuliahan. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan bimbingan kepada penulis. Terima kasih kepada Teman-teman seperjuangan dalam menyelesaikan tugas akhir Zidni Sa'dan, Miftah Faizal Mubarak dan Diyon Aji Pramana. Terima kasih kepada teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Natayuda, G. (2017). Analisa Aerodinamika dan Kinerja Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Universitas Jendral Achmad Yani, September 2017*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36558.15689>
- Muttaqin, I., & Suprpto, M. (2021). Pembuatan Turbin Angin Savonius Bertingkat Berbahan Alumunium. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 4(1), 2–6. <https://doi.org/10.31602/jieom.v4i1.5444>
- Suprpto, M. (2016). Analisa Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan 4, 6, Dan 8 Sudu. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 52–57.

## RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN DARRIEUS TIPE H UNTUK AERATOR TAMBAK

Miftah Faizal Mubarok<sup>1)</sup>, Althesa Androva<sup>2)</sup>, Agus Mukhtar<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>2)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>3)</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>1)</sup>Email : miftahfaiz1602@gmail.com

<sup>2)</sup>Email : althesaandrova@upgris.ac.id

<sup>3)</sup>Email : agusmukhtar@gmail.com

*Abstrak – Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia saat ini semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi yang meningkat. Salah satu bentuk energi alam yang dapat diperoleh melalui konversi energi kinetik adalah angin. Energi angin ini akan menjadi salah satu cara untuk menggantikan bahan bakar fosil. Turbin angin inilah yang akan digunakan untuk mengaerasi tambak yang kemudian diteruskan ke kincir air sebagai aerator tambak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efisiensi turbin dan nilai koefisien daya optimum turbin angin darrieus. Dalam penelitian ini merancang bangun turbin angin jenis darrieus berbahan galvalum ketebalan 0,30 mm dengan diameter turbin angin 800 mm, panjang turbin 850 mm dan lebar blade 300 mm. Pengujian turbin menggunakan variasi kecepatan angin rendah yaitu 1,75 m/s, 2 m/s, 2,25 m/s, 2,50 m/s, 2,75 m/s dan 3 m/s. Setelah dilakukan pengujian, turbin angin darrieus tanpa beban kincir air pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 38,8 rpm, dan memperoleh Cp 0,528 dengan efisiensi turbin 89,1%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 81,4 rpm, dan memperoleh Cp 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%. Selanjutnya pengujian turbin angin darrieus dengan beban kincir air diperoleh hasil pada kecepatan angin 1,75 m/s menghasilkan putaran turbin 34,3 rpm, dan memperoleh Cp 0,531 dengan efisiensi turbin 89,9%. Serta pada kecepatan angin 3 m/s menghasilkan putaran turbin 62,9 rpm, dan memperoleh Cp 0,530 dengan efisiensi turbin 89,4%.*

**Kata Kunci :** Energi Angin, Turbin Angin Darrieus, Aerator.

### PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi di Indonesia saat ini semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi yang meningkat. Energi fosil yang selama ini menjadi sumber energi utama sangat terbatas dan mengalami krisis energi. Energi fosil membutuhkan waktu yang lama untuk diproduksi kembali oleh proses alam. Jika tidak segera dibuat sumber energi alternatif untuk menggantikan energi fosil, kita akan kehabisan energi. Energi angin ini akan menjadi salah satu cara untuk menggantikan bahan bakar fosil. Energi angin diperlukan untuk menghasilkan energi listrik sehingga dibutuhkan alat berupa turbin angin. Turbin angin sumbu vertikal adalah salah satu jenis turbin. Turbin ini memiliki sumbu tegak dan gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada arah manapun. Turbin angin sumbu vertikal memiliki poros yang berputar tegak lurus terhadap aliran angin. Kecuali untuk turbin angin tipe darrieus yang menggunakan sudu berpenampang *airfoil* dan perputaran rotor disebabkan oleh gaya angkat yang lebih dominan daripada gaya hambat. Beberapa faktor termasuk tipe *airfoil*, dimensi rotor, jumlah Reynolds, dan sudut *pitch* memengaruhi prestasi turbin angin darrieus. Kecepatan angin dan rpm yang ditunjukkan dalam perbandingan kecepatan tip memengaruhi prestasi turbin angin. Turbin angin sumbu vertikal memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menangkap angin dari arah mana pun dibandingkan dengan turbin angin sumbu horisontal. Namun, karena rasio kecepatan tip yang rendah kecepatan putar rotornya juga rendah. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan potensi penggunaan turbin angin sebagai aerator tambak terutama dalam hal oksigenasi air. Penelitian ini akan memfokuskan pada evaluasi efektivitas turbin angin dalam meningkatkan kualitas air tambak dengan memperbaiki sirkulasi air dan distribusi oksigen di dalamnya.

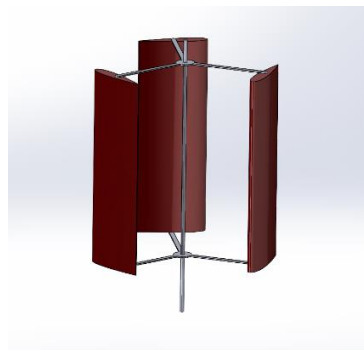
## METODE

### F. PENDEKATAN PENELITIAN

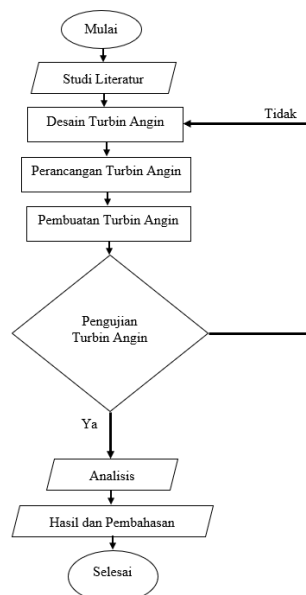
Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen dengan tujuan mengembangkan dan menguji turbin angin baru. Dalam penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)*. Penelitian ini adalah penelitian yang menghasilkan suatu benda atau alat yang kemudian diuji. Penelitian pengembangan (*Research and development / R&D*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji produk tersebut.

### G. DESAIN PENELITIAN

Desain penelitian adalah rangkaian prosedur dan metode yang dipakai untuk menganalisis dan menghimpun data untuk menentukan variabel yang akan menjadi topik penelitian. Desain penelitian merupakan strategi yang dilakukan peneliti untuk menghubungkan setiap elemen penelitian dengan sistematis agar lebih efektif dan efisien. Desain penelitian Moh. Pabundu Tika (20015: 12) adalah suatu rencana tentang cara mengumpulkan, mengolah, dan menganalisis data secara sistematis dan terarah agar penelitian dapat dilaksanakan secara efisien dan efektif sesuai dengan tujuan penelitian. Pada pembuatan desain awal turbin angin dirancang sebagaimana yang telah dipertimbangkan oleh peneliti. Gambaran desain awal turbin angin ditunjukkan pada gambar 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Desain Penelitian



Gambar 2. Flowchart Desain Penelitian



## H. ALAT DAN BAHAN

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini diperlukan beberapa alat dan bahan untuk membuat desain dan rancangan alat ini. Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	
Galvalum	Meteran
Besi Hollow	Gunting Plat
Paku Rivet	As Besi
Tang Rivet	Mesin Gerinda
Las Listrik	Laptop

## I. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Penelitian dilakukan secara langsung yaitu teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap hasil dari proses pengujian agar memudahkan mengumpulkan data yang dibutuhkan.

Dengan menggunakan teknik kepustakaan, yaitu dengan cara mengumpulkan data dari buku, jurnal ataupun skripsi yang ada kaitannya dengan penelitian yang dilakukan.

## J. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif, sehingga analisis data dilakukan dengan cara mengolah data yang diperoleh dari eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik.

Data hasil penelitian kemudia dituangkan menjadi kalimat yang mudah dipahami.

## Persamaan

### 7. *Tip Speed Ratio*

*Tip Speed Ratio* (Rasio Kecepatan Ujung) adalah rasio kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin bebas. Untuk kecepatan angin nominal yang tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan putar rotor.

$$\lambda = \frac{\pi D n}{60 v}$$

Dimana :

- $\lambda$  : *Tip Speed Ratio*
- $D$  : Diameter rotor (m)
- $n$  : Putaran rotor (rpm)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)

### 8. Torsi

Torsi adalah gaya yang bekerja mengelilingi sebuah titik yang dalam penerapannya digunakan untuk memutar benda (Yeni Yusuf, 2006).

$$T = \frac{v^2 r^3}{\lambda}$$

Dimana :

- $T$  : Torsi (N/m)
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)

$r$  : jari-jari turbin (m)  
 $\lambda$  : Tip Speed Ratio

### 9. Daya Mekanik Turbin

Nilai daya mekanik turbin adalah daya keluaran dari turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan putar dari turbin, nilai daya mekanik turbin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut.

$$P_{mekanik} = \frac{2\pi.n.T}{60}$$

Dimana :

$P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $n$  : Kecepatan putar turbin (rpm)  
 $T$  : Torsi turbin (Nm)

### 10. Daya Angin

Nilai daya angin adalah daya masukan turbin angin yang berubah ubah seiring dengan kecepatan angin setiap satuan waktu, nilai daya angin diperoleh berdasarkan persamaan berikut.

$$P_{angin} = \frac{1}{2} \rho V^3 A$$

Dimana :

$P_{angin}$  : Daya angin (W)  
 $\rho$  : Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $V$  : Kecepatan udara (m/s)  
 $A$  : Luas sapuan sudu turbin ( $\text{m}^2$ )

### 11. Koefisien Daya

Nilai koefisien daya merupakan perbandingan dari daya keluaran dan daya masukan pada turbin angin, persamaan untuk memperoleh nilai koefisien daya adalah nsebagai berikut.

$$C_p = \frac{P_{mekanik}}{P_{angin}}$$

Dimana :

$C_p$  : Koefisien daya  
 $P_{mekanik}$  : Daya mekanik turbin (W)  
 $P_{angin}$  : Daya angin (W)

### 12. Efisiensi Turbin

Baik atau tidaknya kinerja dari turbin angin dapat diketahui melalui efisiensi turbin angin itu sendiri. Efisiensi turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan rasio antara koefisien daya (*power coefficient*, CP) dengan *Betz limit*,  $Betz\ limit = 16/27 = 0,593$ . *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* yang merupakan seorang fisikawan Jerman pada tahun 1919, nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik. Untuk memperoleh nilai efisiensi dari turbin angin dengan menggunakan metode *Betz limit* dapat dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{C_p \cdot 27}{16} \times 100$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi Turbin  
 $C_p$  : Koefisien Daya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada rancangan blade turbin angin jenis darrieus dirancang untuk mengurangi estimasi biaya penggunaan listrik maupun bahan bakar yang digunakan sebagai aerator tambak. Untuk meningkatkan estimasi biaya yang dikeluarkan oleh pemilik tambak tanpa mempengaruhi perkembangan maupun pertumbuhan ikan dan udang. Untuk menopang terwujudnya hal tersebut maka diperlukan efektivitas dan efisiensi terhadap

blade turbin angin agar dapat berputar secara maksimal dan dapat menggerakkan kincir air sebagai aerator tambak. Dari pengujian tersebut akan menentukan seberapa efektivitas dan efisiensi blade turbin angin darrieus.

### C. PENGUJIAN TURBIN ANGIN TANPA BEBAN KINCIR AIR

Adapun hasil yang didapat setelah dilakukannya pengujian tanpa adanya beban kincir air dan didapatkan hasil putaran poros turbin. Hasil tersebut ditunjukkan pada tabel

Tabel 2. Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
0,25 m/s	16,3 rpm
0,5 m/s	18,9 rpm
0,75 m/s	20,6 rpm
1 m/s	22,5 rpm
1,25 m/s	29,1 rpm
1,5 m/s	34,3 rpm
1,75 m/s	38,8 rpm
2 m/s	42,8 rpm
2,25 m/s	45,2 rpm
2,5 m/s	50,6 rpm
2,75 m/s	63,2 rpm
3 m/s	81,4 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s tanpa adanya beban kincir air dengan nilai 16,3 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 81,4 rpm.



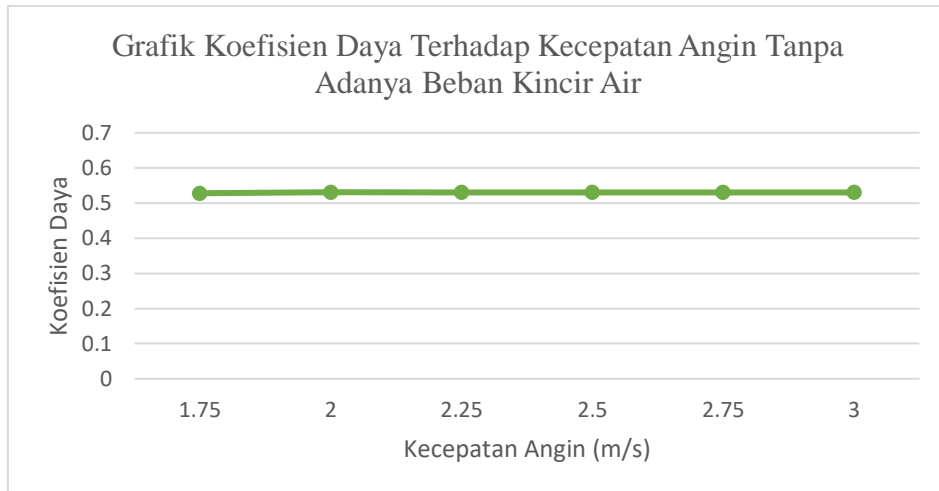
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin darrieus tanpa adanya beban kincir air. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan angin 0,25 m/s turbin mulai mengalami perputaran dengan nilai rpm 16,3 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 81,4.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

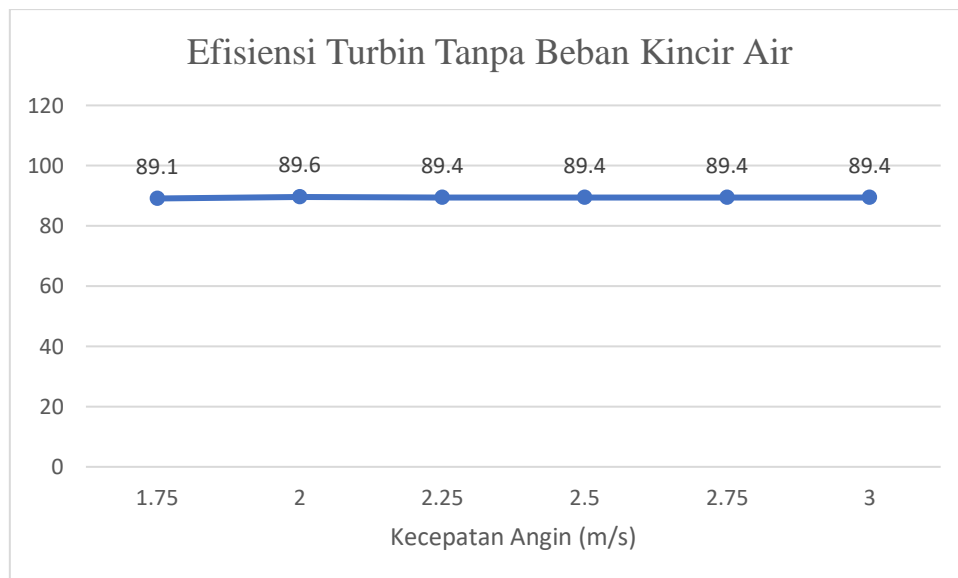
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Turbin (%)
1.	1,75	0,921	0,212	0,854	1,615	0,528	89,1
2.	2	0,895	0,286	1,281	2,411	0,531	89,6
3.	2,25	0,841	0,385	1,821	3,433	0,530	89,4
4.	2,5	0,847	0,472	2,499	4,71	0,530	89,4
5.	2,75	0,962	0,503	3,327	6,268	0,530	89,4
6.	3	1,135	0,507	4,319	8,138	0,530	89,4

Dari hasil pengujian di Laboratirium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



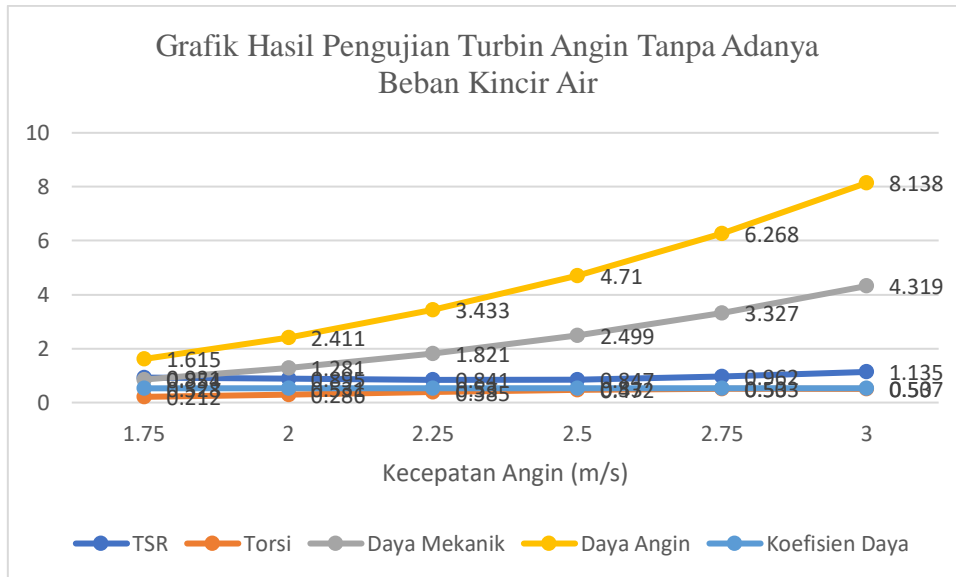
Gambar 4. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Adanya Beban Kincir Air

Grafik 4 menunjukkan nilai koefisien daya terhadap kecepatan angin tanpa adanya beban kincir air. Nilai koefisien daya turbin angin darrieus tipe H tertinggi sebesar 0,531. Menurut fisikawan Jerman pada tahun 1919, *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* bahwa nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil efisiensi turbin tanpa beban kincir air terhadap kecepatan angin. Dari grafik menunjukkan nilai tertinggi efisiensi turbin sebesar 89,6%.



Gambar 6. Grafik Pengujian Turbin Angin Tanpa Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin darrieus tanpa adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

#### D. PENGUJIAN TURBIN ANGIN DENGAN ADANYA BEBAN KINCIR AIR

Pengujian turbin angin dengan beban kincir air adalah proses evaluasi performa dan efisiensi turbin angin saat dihubungkan dengan beban berupa kincir air. Metode ini bertujuan untuk memahami seberapa efektif turbin angin dapat menghasilkan energi dalam kondisi spesifik ketika energi yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan kincir air sebagai beban. Dalam pengujian ini, faktor-faktor seperti kecepatan angin, kecepatan putaran turbin, serta beban yang diberikan oleh kincir air akan diukur dan dianalisis.

Tabel 4. Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putaran Turbin (rpm)
0,25 m/s	13,0 rpm
0,5 m/s	15,2 rpm
0,75 m/s	16,6 rpm
1 m/s	20,5 rpm
1,25 m/s	26,5 rpm
1,5 m/s	30,3 rpm
1,75 m/s	34,3 rpm
2 m/s	38,8 rpm
2,25 m/s	40,6 rpm
2,5 m/s	49,1 rpm

2,75 m/s	57,3 rpm
3 m/s	62,9 rpm

Turbin angin mulai bekerja atau berputar pada kecepatan angin 0,25 m/s dengan adanya beban kincir air dengan nilai 13,0 rpm. Kemudian pada kecepatan angin 3 m/s turbin angin berputar dengan maksimal dengan nilai 62,9 rpm.



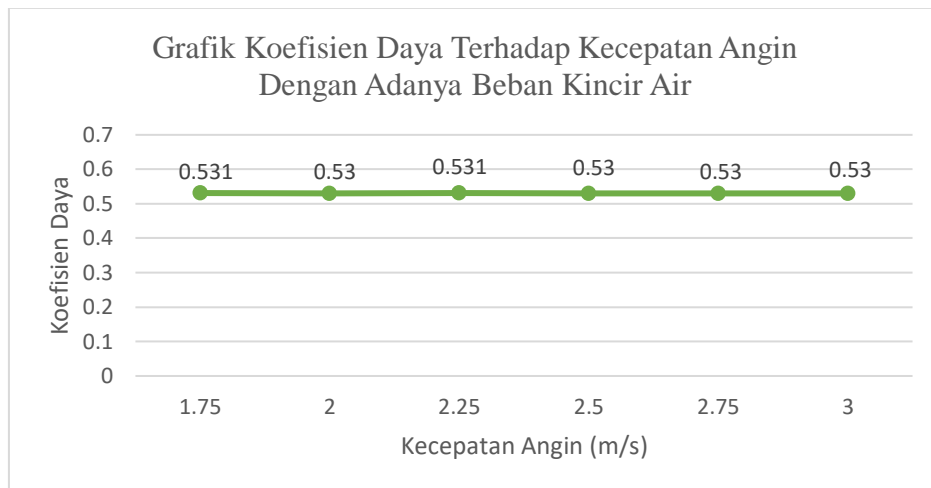
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik diatas menunjukan hasil pengujian turbin angin darrieus dengan adanya beban kincir air. Hasil pengujian mengalami kenaikan nilai rpm seiring bertambahnya kecepatan angin. Pada kecepatan angin ,025 m/s turbin mulai mengalami perputaran dengan nilai rpm 13,0 hingga pada kecepatan angin 3 m/s dengan nilai rpm 62,9.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

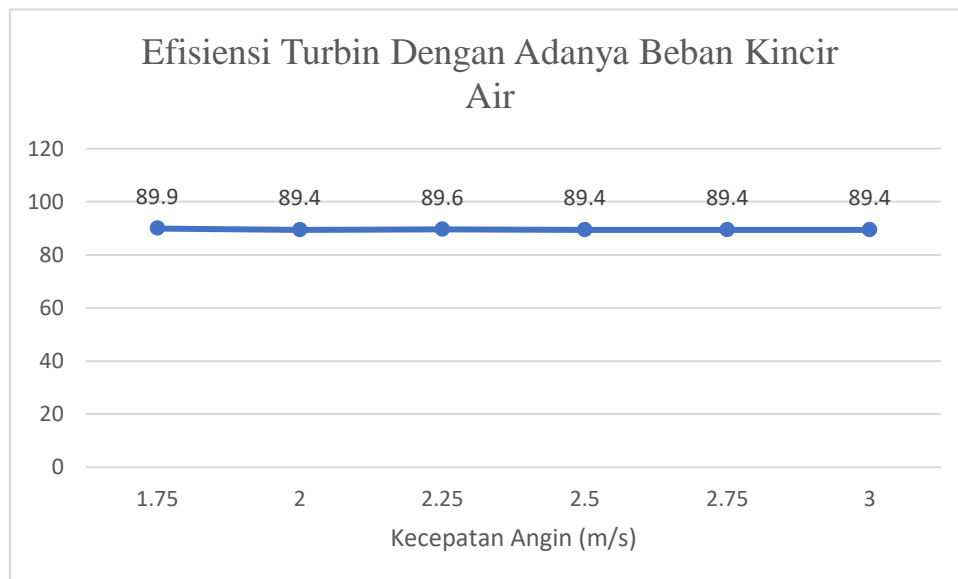
No.	Kecepatan Angin (m/s)	TSR	Torsi (Nm)	Daya Mekanik (Watt)	Daya Angin (Watt)	Koefisien Daya	Efisiensi Daya (%)
1.	1,75	0,820	0,239	0,858	1,615	0,531	89,9
2.	2	0,812	0,315	1,279	2,411	0,530	89,4
3.	2,25	0,755	0,429	1,823	3,433	0,531	89,6
4.	2,5	0,822	0,486	2,497	4,71	0,530	89,4
5.	2,75	0,872	0,555	3,328	6,268	0,530	89,4
6.	3	0,877	0,656	4,18	8,138	0,530	89,4

Dari hasil pengujian di Laboritrium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang memperoleh hasil *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya. Pengujian turbin angin ini digerakan oleh angin yang bersumber dari kipas angin yang kemudian diukur dengan anemometer dengan kecepatan angin 1,75m/s, 2m/s, 2,25m/s, 2,5m/s, 2,75m/s, dan 3m/s.



Gambar 8. Grafik Koefisien Daya Terhadap Kecepatan Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

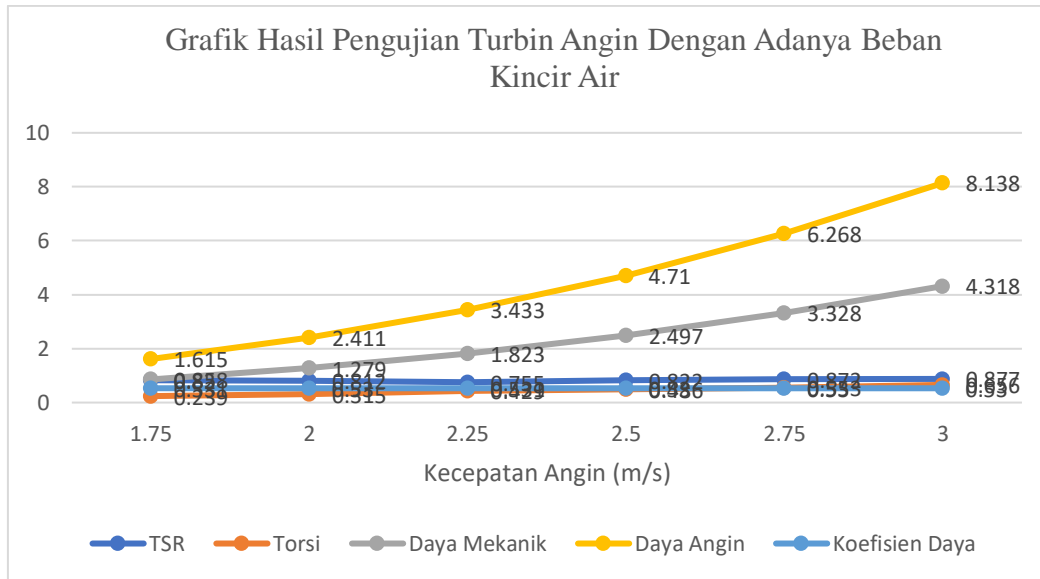
Grafik 4. 12 menunjukkan nilai koefisien daya terhadap kecepatan angin dengan adanya beban kincir air. Nilai koefisien daya turbin angin darrieus tipe H tertinggi sebesar 0,531. Menurut fisikawan Jerman pada tahun 1919, *Betz limit* telah dirumuskan oleh *Albert Betz* bahwa nilai 0,593 merupakan nilai maksimum dari efisiensi turbin angin yang mengkonversikan energi kinetik ke energi mekanik.



Gambar 9. Grafik Efisiensi Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil efisiensi turbin tanpa beban kincir air terhadap kecepatan angin. Dari grafik menunjukkan nilai tertinggi efisiensi turbin sebesar 89,9%.





Gambar 10. Grafik Pengujian Turbin Angin Dengan Adanya Beban Kincir Air

Grafik di atas menunjukkan hasil pengujian turbin angin darrieus dengan adanya beban kincir air. Data yang ditampilkan meliputi hubungan antara *Tip Speed Ratio*, torsi, daya mekanik, daya angin dan koefisien daya.

**KESIMPULAN**

Merancang bangun turbin angin darrieus dengan menggunakan *solidwork* 2022 dengan tinggi 850 mm, lebar blade 300 mm dan panjang lengan turbin 400 mm dengan menggunakan bahan galvalum.

Pada hasil pengujian memperoleh nilai koefisien daya tertinggi pada turbin angin tanpa adanya beban kincir air sebesar 0,531 dan pada hasil pengujian turbin angin dengan adanya beban kincir air memperoleh nilai koefisien tertinggi sebesar 0,531.

Nilai efisiensi turbin tertinggi dihasilkan tanpa adanya beban kincir air sebesar 89,6% dan nilai efisiensi turbin tertinggi pada pengujian dengan adanya beban kincir air sebesar 89,9%.

**SARAN**

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan desain turbin angin darrieus yang lain untuk dijadikan sebagai perbandingan efisiensi turbin.

Untuk penelitian lebih lanjut pada bahan yang akan digunakan dalam membuat turbin angin disarankan menggunakan bahan yang lebih ringan agar turbin dapat berputar pada kecepatan angin rendah.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada Ibu. Dr. Sri Suciati, M.Hum Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Ibnu Toto Husodo, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang. Terima kasih kepada Bpk. Althesa Androva, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing I. Terima kasih kepada Bpk. Agus Mukhtar, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing II. Terima kasih kepada Seluruh Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmunya untuk kami selama menempuh perkuliahan. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan bimbingan kepada penulis. Terima kasih kepada Teman-teman seperjuangan dalam

menyelesaikan tugas akhir Zidni Sa'dan, Dimas Firdaus dan Diyon Aji Pramana. Terima kasih kepada teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, I., Nurdin, J., & Teknik Mesin, J. (2016). Kajian Potensi Energi Angin di Daerah Kawasan Pesisir Pantar. *Teknik Mesin ITM*, 2(1), 31–38.
- Andi Mulkan. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Pembangkit Energi Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida*, 3(1), 74–83. <https://doi.org/10.55616/jitu.v3i1.308>
- Arsad, A. M., Hartono, F., Jeans, G., & Darrieus, M. (2015). Pembuatan Kode Desain Dan Analisis Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H. *Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 7 No. 2 Desember 2009:93-100*, 1, 93–100.
- Natayuda, G. (2017). Analisa Aerodinamika dan Kinerja Turbin Angin Tipe Sumbu Horizontal Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Universitas Jendral Achmad Yani, September 2017*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36558.15689>
- Sidik, M. (2019). Perancangan dan Pengembangan E-commerce dengan Metode Research and Development. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 4(1), 99–107.
- Suprpto, M. (2016). Analisa Turbin Angin Sumbu Vertikal Dengan 4, 6, Dan 8 Sudu. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 52–57.
- Valentino, V., Yusuf, I., & Hiendro, A. (2021). Rancang Bangun Turbin Angin Savonius untuk Penerangan Penginapan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 09(02), 1–9. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48903%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/download/48903/75676590359>

## PEKERJAAN STRUKTUR BALOK DAN PELAT LANTAI PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL FAVE SEMARANG

<sup>1</sup>Nurul Hidayah, <sup>2</sup>Farida Yudaningrum, S.T., M.T.

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>1</sup>Email : [nurulhidayah130402@gmail.com](mailto:nurulhidayah130402@gmail.com)

<sup>2</sup>Email : [faridayudaningrum@upgris.ac.id](mailto:faridayudaningrum@upgris.ac.id)

### Abstrak

Pekerjaan Struktur Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Hotel Fave Semarang menggunakan metode pelaksanaan yang didalamnya terdapat berbagai rangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang telah dirancang dan mengikuti prosedur sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Pekerjaan yang telah diamati selama dua bulan terfokus pada pelaksanaan pekerjaan Balok dan Pelat Lantai Hotel Fave Semarang. Tahapan yang dilakukan diantaranya: Tahap Persiapan, Tahap Pembekistingan, Tahap Penulangan, Tahap Pengecoran Balok dan Pelat Lantai, Tahap Pembongkaran Bekisting, Tahap Perawatan. Pada Proyek Pembangunan Hotel Fave Semarang terdapat enam tipe balok (B1, B2, B3, BA1, BA2, BK) dengan tulangan dengan tulangan utama D16 dan D19, sengkang  $\phi 10$  untuk tumpuan dan lapangan. Plat lantai menggunakan tulangan utama D10- 150mm. Spesifikasi beton yang digunakan yaitu mutu beton K-300 dengan nilai slump  $10 \pm 2$  cm. Untuk menjamin kualitas struktur bangunan perlu dilakukan pengawasan pekerjaan dan pengendalian mutu. Pada pelaksanaan pekerjaan tentunya tidak luput dari permasalahan dan perlu dilakukan solusi dengan melihat kondisi di lapangan dan sesuai dengan prosedur kerja.

**Kata Kunci :** Balok, Plat Lantai, Pelaksanaan Pekerjaan, Pengendalian Mutu, Permasalahan dan Solusi.

### I. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Seiring berkembangnya pariwisata dan pesatnya kemajuan di suatu daerah, membuat para pebisnis berlomba-lomba untuk mendirikan hotel atau penginapan. Kota Semarang yang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah sekaligus kota metropolitan pun menjadi incaran para pebisnis untuk meningkatkan usahanya. Dalam meningkatkan mobilitas orang-orang yang datang ke Kota Semarang baik hanya untuk berpariwisata, urusan bisnis, maupun yang lainnya, maka Proyek Pembangunan Hotel Fave juga nantinya akan memenuhi kebutuhan tempat tinggal sementara yang berfungsi untuk hunian sementara bagi pendatang maupun wisatawan.

Hotel Fave yang berlokasi di Jl. Durian Raya No.14 Srandol Wetan, Kec. Banyumanik, Kota Semarang, Jawa Tengah 50263 merupakan hotel swakelola oleh PT. Rosivan Nusa Sejahtera yang mulai dibangun pada Oktober 2023- Juli 2025. Pembangunan yang sedang dilaksanakan yaitu pembangunan dengan 6 (enam) lantai gedung dan 1 (satu) lantai atap.

#### Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan pelaksanaan Kerja Praktek bagi mahasiswa Teknik Sipil yaitu sebagai berikut:

1. Menambah ilmu pengetahuan, wawasan serta pengalaman mahasiswa, khususnya pada dunia konstruksi.
2. Mahasiswa mampu mengembangkan ilmu teori yang didapatkan pada saat pembelajaran di kelas dengan ilmu pada dunia kerja atau di lapangan.

3. Mahasiswa mampu mengetahui permasalahan yang timbul serta mencari solusi dari masalah- masalah yang timbul pada saat di proyek.

## II. METODE PENELITIAN

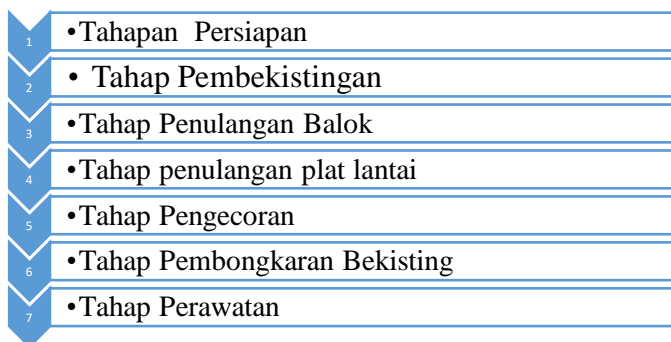
Metode yang digunakan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam penyusunan laporan ini yaitu sebagai berikut:

1. Metode Observasi (Pengamatan), yaitu dengan melakukan pengamatan terhadap proses pekerjaan yang berlangsung di proyek Pembangunan Hotel Fave Semarang.
2. Metode Interview (Wawancara), yaitu dengan proses tanya jawab kepada semua pihak yang berada di lokasi proyek.
3. Metode Pustaka (Literatur), yaitu pencarian data dan informasi yang dibutuhkan melalui internet, jurnal atau buku.
4. Metode Instrumen, pelaksanaan penyusunan laporan yang dilakukan dengan memerlukan alat bantu seperti kamera dan alat tulis pada setiap pekerjaan yang di amati di lokasi proyek.

## III. PEMBATASAN MASALAH

Dalam penulisan laporan kerja praktik ini dititik beratkan pada pekerjaan struktur balok dan plat lantai. Balok merupakan bagian struktur bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Sedangkan plat lantai merupakan struktur yang bukan berada diatas tanah secara langsung karena struktur ini dibingkai oleh balok beton yang kemudian ditopang oleh kolom.

Tahapan Pelaksanaan Pembangunan



Gambar 1. Bagan Urutan Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Plat Lantai

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Umum

- a. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Fave Hotel
- b. Lokasi Proyek : Jl. Durian Raya No.14 Srandol Wetan, Kec. Banyumanik, Kota Semarang, Jawa Tengah 50263
- c. Nilai Kontrak : Rp. 59.389.948.843,00

- d. Pemilik Proyek : PT. Rosivan Nusa Sejahtera
- e. Sumber Dana : PT. Rosivan Nusa Sejahtera
- f. Waktu Pelaksanaan : 22 Bulan (Oktober 2023- Juli 2025)
- g. Kontraktor Pelaksana : PT. Kemiko Savitri Sejahtera
- h. Konsultan Perencana : PT. Bangun Setai Duta Jaya
- i. Konsultan Supervisi : Dodot Sri Wigati, S.T. dan Team

## 2. Data Teknis

- a. Jumlah Lantai : 6 lantai bangunan, 1 lantai atap
- b. Fungsi Bangunan : Hotel
- c. Mutu Beton : K-300
- d. Pondasi : Borepile

## 1. Pedoman Pelaksanaan Pekerjaan

Dasar-dasar dalam pelaksanaan pekerjaan yang akan dilaksanakan harus menggunakan pedoman-pedoman yang berfungsi sebagai acuan kerja supaya pekerjaan dapat berjalan dengan lancar dan selesai sesuai dengan yang sudah direncanakan, meliputi:

1. Gambar kerja (Shop Drawing) yang sudah disetujui oleh pihak kontraktor dan pihak konsultan pengawas.
2. Rencana kerja dan syarat-syarat umum mengenai proyek yang tercantum dalam dokumen kontrak.
3. Peraturan-peraturan umum mengenai pekerjaan konstruksi yang berlaku.

### A. Balok

Pekerjaan balok merupakan pekerjaan beton bertulang yang direncanakan untuk menahan tegangan tarik yang diakibatkan oleh beban lentur. Penulangan balok terdiri dari tulangan pokok D16 dan D19 dan sengkang (beugel)  $\phi$  10-125. Pada proyek pembangunan Hotel Fave Semarang menggunakan beberapa jenis balok yaitu diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1. Balok 1 : 35 x 70 cm
- 2. Balok 2 : 30 x 60 cm
- 3. Balok 3 : 35 x 60 cm
- 4. Balok anak 1 : 20 x 40 cm
- 5. Balok anak 2 : 20 x 40 cm
- 6. Balok kantilever : 20 x 40 cm

CHECKING DETAIL PENULANGAN BALOK			KETERANGAN	
	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN		STATUS
BALOK 1			DETAIL BALOK TYPE B1 70X35	
			TUL. TARIK	5-D19
			TUL. PINGGANG	2-D13
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. TEKAN	5-D19
BALOK 2			DETAIL BALOK TYPE B2 60X30	
			TUL. TARIK	7-D19
			TUL. PINGGANG	2-D13
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. BAWAH	4-D19
BALOK 3			DETAIL BALOK TYPE B3 60X35	
			TUL. TARIK	6-D19
			TUL. PINGGANG	2-D13
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. BAWAH	4-D19
BALOK ANAK 1			DETAIL BALOK ANAK 1 40X20	
			TUL. ATAS	3-D16
			TUL. TARIK	2-D16
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. BAWAH	3-D16
BALOK ANAK 2			DETAIL BALOK ANAK 2 40X20	
			TUL. ATAS	3-D16
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. PINGGANG	2-D12
			TUL. BAWAH	3-D16
BALOK KANTILEVER			DETAIL BALOK KANTILEVER 40X20	
			TUL. ATAS	3-D12
			TUL. BEGEL	Ø10
			TUL. PINGGANG	Ø12
			TUL. BAWAH	3-D12

Gambar 2. Detail Penulangan Balok

## B. Plat Lantai

Plat lantai merupakan struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian menyalurkannya ke sistem struktur rangka yang lain. Pelat juga merupakan salah satu elemen struktur yang lebih dominan memikul momen lentur dan gaya geser. Pada proyek pembangunan Hotel Fave Semarang dikerjakan pekerjaan plat lantai secara konvensional dengan menggunakan BJTS (D10-150) dan mutu beton K-300 dengan nilai slump  $10 \pm 2$  cm dan tebal plat 12 cm. Dimensi dan tulangan menyesuaikan dengan kondisi pembebanan dan perhitungan perencanaan.

### Pelaksanaan Pekerjaan Balok dan Plat Lantai

1. Tahap Persiapan
  - a. Pemahaman dalam pembacaan gambar shop drawing yang dimana berisi dokumen dengan detail informasi dari pekerjaan yang akan dilakukan.
  - b. Penentuan tinggi elevasi balok dan plat lantai harus dilakukan secara teliti agar didapat elevasi yang sama antar balok dan plat lantai
  - c. Mempersiapkan komponen-komponen dari *scaffolding* yang diantaranya ada *jack base*, *main frame*, *joint pin*, *ladder frame*, *U-head*, dan *cross brace*.
  - d. Pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan menggunakan *bar cutter* dan *bar bending*.
2. Tahap Pembekistingan
  - a. Pemasangan *Scaffolding*
    - 1.) Pemasangan jack base sesuai dengan titik-titik antara as balok.
    - 2.) Kemudian dilanjutkan dengan penyetelan kerangka *main frame*.
    - 3.) Pemasangan cross brace agar perancah dapat berdiri dengan kokoh.

- 4.) Apabila ketinggian dari main frame dirasa kurang, barulah dilanjutkan dengan pemasangan joint pin dan ladder untuk menambah ketinggian perancah serta dipasang cross brace sebagai penguat antar frame.
  - 5.) Setelah itu, pemasangan *u-head* atau *base* plat sebagaiudukan balok besi (girder).
  - 6.) Ketinggian perancah dapat di setel sesuai dengan ketinggian rencana balok melalui *u-head* atau *jack base*.
  - 7.) Jika semuanya sudah sesuai, maka perancah sudah siap untuk digunakan.
- b. Pembekistingan Balok
- 1.) Pemasangan panel bawah atau bodeman bekisting balok induk dan balok anak yang sebelumnya telah dibuat secara pabrikasi di lokasi proyek.
  - 2.) Posisi dan elevasi balok induk dapat mengikuti posisi kolom dan elevasinya dapat diukur dengan acuan yang sudah dibuat pada semua kolom. Tetapi, untuk posisi balok anak  $\frac{1}{2}$  panjang balok induk dan elevasinya mengacu pada elevasi balok induk.
  - 3.) Untuk pemasangan panel samping bekisting balok dilakukan setelah selesainya penulangan, bersamaan dengan pemasangan bekisting plat lantai.



Gambar.2 Bekisting Balok

- c. Pembekistingan plat lantai
- 1.) Mengatur *u-head* pada *scaffolding* yang dipasang besi girder melintang dan di atasnya dipasang besi hollow dengan arah melintang.
  - 2.) Pemasangan kaso untuk penyangga plywoodnya sebagai alas dan memasang dinding untuk tepi pada plat dan dijepit menggunakan besi siku. Perlu diperhatikan pada saat pemasangan plywood harus serapat mungkin agar tidak ada rongga yang dapat menyebabkan kebocoran pada saat proses pengecoran.



Gambar. 4 Bekisting Platantai

### 3. Tahap Penulangan

a. Penulangan Balok

- 1.) Tahap terpenting yaitu pembacaan shop drawing untuk melihat letak posisi balok, bentuk serta ukurannya.
- 2.) Melakukan pemotongan dan pembengkokan besi menggunakan alat sesuai dengan dimensi balok.
- 3.) Perakitan tulangan dengan tulangan utama disusun terlebih dahulu dengan D19, selanjutnya tulangan pinggang D13 dan tulangan sengkang D10. Hal ini disesuaikan dengan jenis balok yang setiap jenisnya tulangannya berbeda-beda.
- 4.) Pengikatan tulangan dengan kawat bendrat dengan jarak 120 mm untuk daerah tumpuan, jarak 150 mm untuk daerah lapangan.
- 5.) Penambahan beton decking untuk bagian sisi yang berhimpitan dengan besking.



Gambar 5. Penulangan Balok

b. Penulangan Plat Lantai

- 1.) Membaca shop drawing untuk melihat letak posisi plat lantai, bentuk, dan ukurannya.
- 2.) Pemotongan dan pembengkokan besi "S" D10 menggunakan alat pembengkok besi.
- 3.) Perakitan tulangan diawali dengan perakitan tulangan lapis pertama arah melintang dan dilanjutkan pemasangan tulangan lapis pertama arah memanjang (menyilang dari lapis pertama).
- 4.) Setiap tulangan diberi jarak yang sama yaitu 25 cm kemudian diikat dengan kawat bendrat pada setiap senggang 2 pertemuan tulangan.
- 5.) Pemasangan beton *decking*.
- 6.) Pemasangan besi "S" untuk penyangga atau pemberi jarak antara tulangan plat lapis pertama dan lapis kedua dengan jarak kurang lebih 1 meter.
- 7.) Pemasangan tulangan plat lantai lapis kedua yang dipasang tidak sejajar dengan tulangan plat lantai lapis pertama, melainkan dimulai dari tengah antara dua tulangan plat lantai lapis pertama.
- 8.) Pengikatan dengan kawat bendrat dengan jarak 12,5 cm.





Gambar 6. Penulangan Plat Lantai

#### 4. Tahap Pengecoran

- 1.) Melakukan *slump test* terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecoran. Pada pengecoran proyek ini dihasilkan dengan penurunan sebesar 11 cm dan telah memenuhi syarat yang telah ditentukan yaitu  $10 \pm 2$  cm dengan mutu beton K-300.
- 2.) Pengecoran menggunakan *ready mix* dan penyaluran adukan tersebut disalurkan menggunakan *concrete pump* untuk menjangkau lokasi pengecoran.
- 3.) Pengecoran dimulai dari balok dan pertemuan antar balok dan kolom agar plat tidak melendut baru kemudian dilanjutkan pada plat lantai. Jarak jatuh pengecoran harus sedekat mungkin dan tidak lebih dari 1,50 m untuk menghindari terjadinya segregasi akibat penanganan kembali atau segregasi akibat pengaliran.

#### 5. Tahap Perawatan

Tahap perawatan (*curing*) merupakan proses perawatan beton yang dilakukan untuk menjaga agar beton tetap lembab dan dalam kondisi yang baik selama periode pematangan atau pengerasan. Proses ini sangat penting karena beton memerlukan cukup kelembaban untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Pada tahap perawatan *curing* ini dilakukan selama 7 hari.

#### 6. Tahap Pembongkaran Bekisting

- 1.) Setelah kualitas beton sudah cukup dan pada umur 14 hari telah mendapat persetujuan dari pihak pengawas (Manajemen Konstruksi) maka bekisting balok dan plat sudah dapat dibongkar.
- 2.) Dimulai dari pengenduran *u-head* pada susunan *scaffolding* penyangga bekisting balok dan plat lantai. Kemudian dilanjut pelepasan pipa galvanis pada daerah yang akan dibongkar.
- 3.) Kemudian, dilanjutkan pembongkaran plywood.
- 4.) Pembongkaran *scaffolding* penyangga plat. Setelah itu, pembongkaran pada bodeman balok.
- 5.) Pembongkaran suri-suri dan gelagar.
- 6.) Lakukan pekerjaan sampai semua bekisting terlepas dan tidak ada bekisting yang tersisa.
- 7.) Pembongkaran bekisting dilakukan secara manual sampai selesai.

## 2. Pengendalian Mutu

Pengendalian mutu beton dilakukan dengan tujuan agar beton yang akan digunakan sesuai dengan mutu/kualitas yang telah direncanakan. Mutu beton yang digunakan pada pekerjaan balok dan plat yaitu menggunakan K-300. Pengendalian mutu beton dilakukan dengan melakukan berbagai pengujian diantaranya *slump test* dan uji kuat tekan beton.

### 1. *Slump Test*

Pengujian ini menggunakan sampel adukan beton yang akan digunakan untuk mengecor dari truck mixer. Alat yang digunakan yaitu kerucut abrams yang berbentuk kerucut atau corong baja yang berlubang pada kedua ujungnya dengan bagian bawah berlubang diameter 10 cm dan tinggi corong adalah 30 cm. Pada proyek pembangunan Hotel fave Semarang menggunakan mutu beton K-300 dengan pengujian slump test yang menghasilkan penurunan tinggi beton segar 11 cm sesuai dengan syarat yaitu  $10 \pm 2$  cm.



Gambar 7. *Slump Test*

### 2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 1974:2011 dengan benda uji silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan. Cetakan silinder ini berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji silinder tersebut kemudian di uji kuat tekannya untuk menentukan kuat tekan karakteristiknya pada umur 7, 14, dan 28 hari.

### 3. Permasalahan dan Solusi

Selama pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan, ada beberapa permasalahan yang terjadi baik dari faktor alam maupun teknis. Beberapa masalah yang terjadi yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi cuaca pada saat pengecoran yang tidak dapat diprediksi.

Solusi:

Kontraktor dapat memberlakukan jam kerja lembur atau mengganti waktu pengecoran misalnya dari siang menjadi malam hari untuk mengatasi terlambatnya progres pekerjaan.

2. Kondisi lingkungan yang dekat dengan komplek pemukiman warga dan akses jalan yang sempit menyebabkan terganggunya warga saat pekerjaan jam lembur dan kemacetan saat pengecoran sedang berlangsung.

Solusi:

Solusi untuk permasalahan tersebut yaitu adanya komunikasi bersama antara warga dan pihak proyek terkait dengan intensitas pelaksanaan jam lembur sehingga para warga dapat memahami dengan pelaksanaan pekerjaan yang lewat dari waktu normal kerja. Untuk solusi kemacetan, pihak proyek dapat bekerjasama dengan suatu instansi seperti polisi maupun babinsa untuk mengatur lalu lintas ketika pengecoran.

3. Beberapa pekerja tidak memakai APD.

Solusi:

Pihak kontraktor menerapkan pelatihan prosedur- prosedur terkait K3 dan pengecekan rutin pada semua pekerja yang ada di lapangan agar para pekerja lebih sadar dan lebih patuh untuk menggunakan APD demi keselamatan jiwanya.

4. Pemasangan bekisting yang kurang kuat dan benar menyebabkan kebocoran saat pengecoran.

Solusi:

Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penambalan dari bawah bekisting plat lantai dan menambah penopang kayu dan papan untuk bekisting kolom.

5. Kurang tepatnya penggetaran dengan alat vibrator sehingga menyebabkan beberapa permukaan balok dan plat terlihat keropos.

Solusi:

Pengawasan ketat pada saat pengecoran dengan memperhatikan kualitas dan tersedianya alat untuk proses pengecoran sehingga akan menghasilkan kualitas yang baik dan tidak ada yang cacat pada produk yang telah di cor.

6. Pembongkaran bekisting yang asal-asalan menyebabkan permukaan plat dan balok terkikis.

Solusi:

Solusi untuk permasalahan tersebut adalah dengan penambahan pelumas pada bekisting sebelum dilakukan pengecoran sehingga pada saat beton sudah siap umur untuk pembongkaran bekisting dapat dilepas dengan mudah. Selain itu juga, perlu dilakukan pengawasan yang ketat untuk memastikan kualitas struktur bangunan yang baik.

## V. KESIMPULAN

- a. Pengamatan yang dilakukan di proyek adalah pekerjaan struktur balok dan plat lantai 1 yang dimulai dari persiapan hingga selesainya pekerjaan yang ditinjau.
- b. Beton yang digunakan adalah beton dengan mutu K-300 kg/cm<sup>2</sup> atau fy 25 Mpa dan mutu baja tulangan fy 420 Mpa.
- c. Pengujian slump test dengan penurunan 10 cm dan batas toleransinya  $\pm 2$  cm. Hal ini dilakukan di setiap pekerjaan pengecoran.
- d. Semua peralatan yang dipakai dan tersedia di proyek ini meskipun kurang lengkap tapi cukup memadai sehingga pekerjaan dapat terlaksana dengan baik.
- e. Pada proyek ini, beberapa para pekerja tidak memperhatikan dan tidak menerapkan K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja) dengan tidak memakai helm proyek dan sepatu safety.
- f. Diperlukan ketelitian dan pemahaman gambar kerja agar tidak terjadi kesalahan pada saat penerapan pekerjaan di lapangan.
- g. Pengendalian mutu pekerjaan struktur beton dengan mutu yang sesuai spesifikasi dilakukan dengan pengujian yang meliputi uji slump test dan uji kuat tekan beton.

## VI. SARAN

- a. Terjalannya koordinasi dan komunikasi yang baik antara pihak- pihak yang terlibat dalam proyek merupakan hal yang dapat membuat semua pelaksanaan pekerjaan menjadi lebih terkoordinir dan terantau sehingga hasil pekerjaan dapat sesuai dengan yang diinginkan.

- b. Pelaksanaan dan pengaplikasian unsur-unsur K3 pada semua pelaku yang berada pada lingkup pekerjaan di lapangan seperti penggunaan helm proyek, sepatu safety, sarung tangan, dan APD lainnya.
- c. Penyimpanan material bangunan harus lebih diperhatikan, terutama untuk besi yang mudah korosif yang dapat berpengaruh pada mutu dan kekuatan material tersebut
- d. Untuk pelaksana dan pengawas harus lebih memperhatikan dan mengecek ulang semua pekerjaan yang ada di lapangan terutama untuk pekerjaan pembesian apakah sudah sesuai gambar kerja atau tidak.
- e. Sebelum dilakukan pengeoran balok dan plat lantai, perlu di cek lagi kebesrian dari beberapa smapah seperti sisa paku, kawat, serbuk kayu, dan lain sebagainya. Selain itu juga, perlu mengecek kekuatan dan kekokohan bekisting agar tidak terjadi kebocoran dan lepasnya bekisting pada proses saat pengecoran.

## VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang turut seta membantu dan memeberikan dukungannya dalam proses pelaksanaan kerja praktik ini sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan ini dengan baik dan lancar.

## VIII. DAFTAR PUSTAKA

- Ary Wibowo, U. D. (2011). PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM, BALOK DAN PELAT LANTAI PADA PROYEK PEMBANGUNAN ARMADA TOWN SQUARE MAGELANG (Structural Work of CoLumn, Beam and Plate at The Project of Armada Town Square Building Magelang).
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Baja Tulangan Beton. *Sni 2052-2017*, 13.
- JOKO SUPRIYANTO, PUTRI ANGGI P S, A. K. (2022). PEKERJAAN STRUKTUR KOLOM PROYEK PEMBANGUNAN. 7(Sens 7).
- M. Dede Pardede, F. O. (n.d.). Pengendalian Suhu Beton Massa 3500m<sup>3</sup> Menggunakan Balok Es Dan Pengaruhnya. 19(2), 158–168.
- Massie, M., & Fabian J. Manoppo, A. K. T. D. (2022). STUDI PENERAPAN PENGENDALIAN WAKTU, BIAYA, DAN MUTU PELAKSANAAN PROYEK BOULEVARD PANTAI AMURANG KABUPATEN MINAHASA SELATAN. 12(1).
- Tunas, F., Tjakra, J., Inkiriwang, R. L., Teknik, F., Teknik, J., Universitas, S., Ratulangi, S., & Belakang, L. (2020). METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN BALOK DAN PLAT LANTAI DUA PADA PEMBANGUNAN MALL PELAYANAN PUBLIK ( MPP ) MANADO. 8(6).
- USM. (2000). Material Konstruksi. 6–20.
- Yogyakarta, U. A. J. (1985). Bekisting. 6–29.

## Systematic Literature Review : Analisis Dampak Otomasi Rantai Pasok Terhadap Kesejahteraan Pekerja di Sektor Industri Berkelanjutan

Toni Wijanarko Adi Putra<sup>1)</sup>, Solikhin<sup>2)</sup>, M.Zakki Abdillah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Universitas Sains dan Teknologi Komputer

<sup>2)</sup>Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Himsya

<sup>3)</sup>Universitas Nasional Karangturi

<sup>1)</sup>Email : [toni.wijanarko@stekom.ac.id](mailto:toni.wijanarko@stekom.ac.id)

<sup>2)</sup>Email : [silikhin@stmik-himsya.ac.id](mailto:silikhin@stmik-himsya.ac.id)

<sup>3)</sup>Email : [m.zakki.abdillah@gmail.com](mailto:m.zakki.abdillah@gmail.com)

**Abstrak** – Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak otomasi rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja dalam sektor industri berkelanjutan melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Transformasi yang didorong oleh teknologi Industry 4.0 seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain, telah menghadirkan tantangan dan peluang yang signifikan. Kajian ini mengidentifikasi dampak otomasi terhadap aspek ekonomi, sosial, dan psikologis pekerja, termasuk perubahan kebutuhan keterampilan, pengurangan lapangan kerja manual, serta pengaruhnya terhadap kesehatan mental. Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya keberlanjutan dalam implementasi otomasi, dengan menyeimbangkan efisiensi ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Dengan mengintegrasikan hasil kajian dari berbagai literatur, penelitian ini memberikan rekomendasi untuk kebijakan yang mendukung keberlanjutan dan inklusivitas sosial, serta panduan strategis bagi industri dalam mengadopsi otomasi rantai pasok secara berkelanjutan.

*Abstrak ditulis dalam format satu kolom.*

**Kata Kunci** : Otomasi Rantai Pasok, Industry 4.0, Kesejahteraan Pekerja, Industri Berkelanjutan, Keberlanjutan, Systematic Literature Review.

## PENDAHULUAN

Dalam era Industri 4.0, otomasi dalam rantai pasok menjadi pendorong transformasi di berbagai sektor industri. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain meningkatkan efisiensi, mempercepat pengambilan keputusan, dan menekan biaya operasional. Meski membawa banyak manfaat, dampak otomasi terhadap kesejahteraan pekerja masih menjadi perdebatan (Baryannis et al., 2019)(Ivanov et al., 2019).

Di satu sisi, otomasi dapat mengurangi beban kerja fisik, meningkatkan keselamatan, dan menciptakan peluang kerja berbasis keterampilan tinggi. Namun, di sisi lain, otomasi sering dikaitkan dengan pengurangan tenaga kerja manual dan potensi meningkatnya pengangguran, terutama di sektor yang bergantung pada tenaga kerja manusia (Autor, 2015).

Dalam konteks ini, industri berkelanjutan membutuhkan keseimbangan antara efisiensi ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial, termasuk perlindungan hak pekerja. Penting untuk memahami dampak otomasi terhadap kesejahteraan pekerja dari sisi ekonomi, sosial, dan psikologis. Artikel ini membahas bagaimana otomasi memengaruhi kualitas kerja, biaya produksi, kesehatan mental buruh, (Wijaya et al., 2024) serta dampaknya terhadap produktivitas, pertumbuhan PDB, dan perubahan lapangan kerja di Indonesia hingga tahun 2030 (Yang & Berubah, 2019).

Selain itu, pembahasan meluas pada variabel ekonomi dan non-ekonomi, seperti kesejahteraan pekerja dan dampak lingkungan, yang memengaruhi kinerja rantai pasok berkelanjutan. Artikel ini juga mengeksplorasi model dan indikator yang relevan untuk menilai keberlanjutan di industri skala kecil (Abuzawida et al., 2023), memberikan kerangka untuk memahami bagaimana keberlanjutan dapat diintegrasikan dalam rantai pasok melalui pendekatan berbasis data.

Penelitian sebelumnya menawarkan wawasan tentang aspek keberlanjutan dalam penilaian kinerja rantai pasok, metodologi yang digunakan, kriteria model yang ideal, serta indikator kinerja rantai pasok berkelanjutan. Studi ini secara khusus membahas penerapan model tersebut pada industri skala kecil, memberikan panduan praktis bagi pelaku industri dalam mengembangkan sistem rantai pasok yang lebih inklusif dan berkelanjutan (Amrullah & Yasmi, 2023).

Untuk mengidentifikasi dampak otomasi dalam rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja, penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR). Hasil kajian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan kebijakan dan praktik otomasi yang tidak hanya berfokus pada efisiensi ekonomi, tetapi juga mengutamakan keberlanjutan dan inklusivitas sosial.

### Literature review

Penelitian ini akan membahas bagaimana otomasi dalam rantai pasok dapat mempengaruhi kesejahteraan pekerja, terutama dalam konteks industri berkelanjutan. Penelitian ini akan menganalisis pergeseran dalam keterampilan yang dibutuhkan, potensi pengurangan pekerjaan, serta bagaimana perusahaan dapat mengimplementasikan strategi pelatihan untuk mempersiapkan pekerja menghadapi perubahan ini. Fokus pada aspek etika dan sosial dari otomasi juga akan menjadi bagian penting dari penelitian ini. Pengetahuan dalam sains bersifat kumulatif, karena setiap penelitian baru dibangun di atas pekerjaan sebelumnya dan memperluas pengetahuan di bidang tertentu (Anwar et al., 2024; Krooi et al., 2024; Okoli, 2015; Tebaldi et al., 2018).

### Industry 4.0

Teknologi Industri 4.0 menjadi fokus utama dalam persaingan global pada era Revolusi Industri Keempat, namun penelitian terkait faktor yang memengaruhi inovasinya masih terbatas, terutama di negara berkembang (Li, 2022; Mantravadi et al., 2023; Marino et al., 2024; Ozyurt et al., 2024)(Qin et al., 2024). Studi terhadap data perusahaan di Bursa Efek A (2007–2021) menunjukkan bahwa kompleksitas teknologi industri berkontribusi pada peningkatan kualitas

audit, khususnya di perusahaan yang memimpin penerapan teknologi (Liu & Xia, 2024). Penelitian lain menemukan bahwa Augmented Reality (AR) dapat meningkatkan kinerja dan mengurangi beban kognitif selama proses perakitan, dengan panduan AR berbasis tablet terbukti lebih efektif, terutama bagi pemula, dibandingkan metode konvensional (Marino et al., 2024). Selain itu, pendekatan berbasis Deep Residual Networks dan Blockchain ringan diterapkan untuk kontrol kualitas dalam Industri 4.0 dan Zero Defect Manufacturing (ZDM), meningkatkan akurasi klasifikasi hingga 3–10% dan mempercepat waktu inferensi hingga 2,2 kali. Kerangka kerja IoT berbasis Blockchain pada Private Ethereum juga diusulkan untuk mendukung akuntabilitas dalam aplikasi industri seperti perakitan baterai dan pembuatan antena (Bharathi S et al., 2024; Leontaris et al., 2023).

### **Circular Supply Chain Management (CSCM)**

Manajemen rantai pasokan sirkular (CSCM) menghadapi tantangan dalam pengadaan ramah lingkungan akibat kompleksitas data dan minimnya alat pendukung keputusan (Mughal et al., 2023)(van Capelleveen et al., 2021). Untuk mengatasinya, dikembangkan prototipe sistem rekomendasi dengan visualisasi interaktif yang membantu mengidentifikasi peluang bisnis berkelanjutan, seperti simbiosis industri berbasis sektor, guna meningkatkan pemahaman, kontrol, transparansi, dan efisiensi pengguna (van Capelleveen et al., 2021). Dalam manajemen rantai pasokan konstruksi di Yordania (DTCSCM), transformasi digital dieksplorasi melalui tinjauan pustaka dan survei, menunjukkan kesadaran tinggi terhadap manfaat teknologi digital meskipun masih menghadapi kendala infrastruktur, interoperabilitas, dan keamanan siber. Untuk itu, kerangka evaluasi berbasis enam faktor dirancang sebagai panduan strategis (Matarneh & Mohsen, 2024). Sementara itu, dalam distribusi pangan, kehilangan buah dan sayur akibat ketidaksesuaian pasokan dan infrastruktur diatasi melalui Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria berbasis fuzzy, yang memprioritaskan "kapasitas muat" dan "manajemen teknologi informasi." Solusi ini memberikan panduan strategis bagi pemangku kepentingan untuk mengoptimalkan keberlanjutan rantai pasokan pangan. Inovasi berbasis teknologi ini secara keseluruhan menawarkan solusi praktis untuk tantangan keberlanjutan di berbagai sektor (Raut et al., 2019).

### **Supply Chain Management**

Kerentanan rantai pasokan global akibat pembatasan perdagangan, pandemi COVID-19, dan konflik geopolitik menekankan pentingnya rantai pasokan yang tangguh dan fleksibel. Dalam hal ini, rantai pasokan otonom (ASC) muncul sebagai solusi dengan kemampuan prediktif dan pengambilan keputusan mandiri, meskipun masih menghadapi keterbatasan penelitian (Aguiar et al., 2019; Mughal et al., 2023; Mukhsin & Suryanto, 2022; van Capelleveen et al., 2021). Artikel ini mengusulkan pendekatan berbasis multiagen (A2SC) untuk desain ASC, yang diuji melalui studi kasus rantai pasokan daging (Xu et al., 2024). Selain itu, penelitian juga mengeksplorasi tantangan integrasi teknologi informasi (TI) dan teknologi operasional (OT) dalam manufaktur, di mana penerapan IIoT, MES, dan MOM menjadi kunci untuk membangun pabrik pintar berbasis Industri 4.0. Studi kasus di Denmark mengidentifikasi tujuh tema implementasi utama, meskipun kendala seperti pemanfaatan data dari peralatan lama tetap menjadi tantangan (Mantravadi et al., 2023). Di sisi lain, Analisis Data Besar (BDA) di rantai pasokan manufaktur di India mengungkap 12 hambatan utama, termasuk kurangnya dukungan manajemen dan finansial (Raut et al., 2021). Dengan mengintegrasikan ASC, IIoT, dan BDA, artikel ini memberikan panduan strategis untuk memperkuat rantai pasokan global yang tangguh, efisien, dan terintegrasi.

### **Sustainability**

Penelitian ini mengkaji dampak praktik rantai pasokan berkelanjutan (SSCP) terhadap kinerja ekonomi (EP) dengan mempertimbangkan peran mediasi kinerja sosial (SP) dan lingkungan (ENP) serta moderasi Industri 4.0, di mana analisis terhadap 439 perusahaan manufaktur di Turki menunjukkan bahwa SSCP meningkatkan EP melalui SP dan ENP, dengan

dampak lebih signifikan pada perusahaan yang telah mengadopsi teknologi Industri 4.0 (Dewi et al., 2023; Jayashree et al., 2021; Khan et al., 2022; Nur et al., 2023; Wibowo et al., 2021), [6]. Selain itu, di Brasil, efisiensi rantai pasokan (SC) masih rendah, terutama dalam keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan, sehingga adopsi Kendaraan Terpandu Otomatis (AGV) menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan menekan biaya energi, yang juga memerlukan identifikasi faktor keberhasilan implementasi (ISF) melalui pendekatan pemodelan persamaan struktural (SEM) (Abdulhameed et al., 2024; Hudecová & Pešta, 2024; Leong et al., 2019)(Aguiar et al., 2019). Tinjauan literatur lebih luas terhadap inovasi rantai pasokan berkelanjutan menunjukkan tren peningkatan penelitian pada inovasi, dengan kebutuhan kajian lebih lanjut terkait sektor tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan, serta menghasilkan kerangka kerja yang mendukung penelitian dan implementasi di bidang ini (Tebaldi et al., 2018).

### **Dataset**

Bagian ini menjelaskan proses studi bibliometrik literatur ilmiah tentang Dampak Otomasi Rantai Pasok Terhadap Kesejahteraan Pekerja di Sektor Industri Berkelanjutan yang diambil dari basis data Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan IEEE Xplore. Sejalan dengan (Sánchez et al., 2017), tujuan studi ini bukan menilai kualitas makalah, melainkan melakukan analisis kuantitatif deskriptif terkait topik tersebut.

Manufaktur cerdas berbasis data kini menggunakan teknologi digital dan sensor untuk mengumpulkan data, termasuk deret waktu yang penting untuk Klasifikasi Deret Waktu (TSC). Penelitian ini menguji 36 algoritme dari 92 metode TSC terbaru menggunakan 22 set data manufaktur. Algoritme terbaik yang ditemukan adalah ResNet, DrCIF, InceptionTime, dan ARSENAL dengan rata-rata akurasi 96,6%, berkat kemampuan kernel konvolusional dalam menangkap fitur temporal. Selain itu, algoritme berbasis RNN seperti LSTM, BiLSTM, dan TS-LSTM juga efektif dalam mengolah data deret waktu. Namun, metode ini hanya diuji pada data publik yang belum mencerminkan kondisi industri nyata (Farahani et al., 2025).

AutoVI diperkenalkan sebagai kumpulan data industri untuk inspeksi visual cacat di jalur perakitan otomotif. Dataset ini mencakup enam tugas inspeksi dan dirancang sebagai tolok ukur untuk menilai metode deteksi cacat dalam kondisi nyata. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode deteksi yang ada masih perlu ditingkatkan, sehingga AutoVI tersedia secara publik untuk mendukung pengembangan metode yang lebih sesuai dengan kebutuhan industri (Carvalho et al., 2024).

Tantangan dalam aplikasi industri adalah pemilihan objek dengan estimasi pose 6 Derajat Kebebasan, yang melibatkan deteksi, pengenalan, dan prediksi pose. Meski Pembelajaran Mendalam, terutama Jaringan Syaraf Konvolusional (CNN), telah membuat kemajuan besar, penerapannya di dunia nyata masih terkendala oleh kebutuhan data beranotasi dan model yang lebih andal. Penelitian ini memperkenalkan kumpulan data sintesis baru dan metode penyempurnaan untuk mengatasi kesenjangan antara simulasi dan realitas. Melalui eksperimen dengan robot Universal Robot UR5e, pendekatan ini berhasil mencapai tingkat keberhasilan 75% dalam pengambilan objek baru, serta menyediakan data dan alur kerja untuk mendukung penelitian lanjutan di bidang ini (Govi et al., 2024).

Studi menggunakan pendekatan Latent Dirichlet Allocation (LDA) berhasil mengungkap pola tersembunyi dalam penelitian Industri 4.0. Dari 8.584 artikel di basis data Scopus (2011–2022), artikel dikategorikan ke dalam 12 topik, dengan tiga topik utama: “Sistem Siber-Fisik Cerdas,” “Transformasi Digital dan Manajemen Pengetahuan,” serta “Ilmu Data dalam Energi.” Temuan ini memberikan wawasan penting tentang tren dan arah penelitian di Industri 4.0 (Ozyurt et al., 2024).

### **METODE**



Metodologi systematic literature review yang diadopsi dalam penelitian ini didasarkan pada rekomendasi Kitchenham, yang terdiri dari tiga tahap sebagai berikut (Kitchenham & Brereton, 2013):

- 1) Tahap Perencanaan: Bertujuan memastikan perlunya SLR, dengan langkah-langkah seperti mengidentifikasi kebutuhan review, memulai review, menyusun pertanyaan penelitian, dan mengembangkan protokol.
- 2) Tahap Pelaksanaan: Melibatkan lima langkah:
  - a. Identifikasi Studi: Melakukan pencarian menyeluruh untuk menemukan artikel dan studi relevan.
  - b. Pemilihan Studi Primer: Menyaring artikel berdasarkan kriteria inklusi.
  - c. Penilaian Kualitas Studi: Mengevaluasi kualitas penelitian yang dipilih.
  - d. Ekstraksi dan Pemantauan Data: Mengumpulkan dan mengorganisasi data yang relevan untuk dianalisis.
  - e. Sintesis Data: Menganalisis dan merangkum temuan untuk mengidentifikasi pola atau tren.
- 3) Tahap Pelaporan: Mengkomunikasikan hasil tinjauan kepada pemangku kepentingan.

#### A. Menyusun Research Questions

Pertanyaan penelitian merupakan aspek yang paling penting untuk diidentifikasi dan ditangani dalam tinjauan pustaka sistematis (SLR) (Kitchenham & Brereton, 2013). Sepanjang tinjauan, berbagai upaya dilakukan untuk mengenali dan menangani pertanyaan penelitian berdasarkan referensi Kitchenham (Kitchenham & Brereton, 2013). PICOC merupakan akronim untuk Populasi, Intervensi, Perbandingan, Hasil, dan Konteks. Penjelasan PICOC untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) dapat disusun sebagai berikut:

**P (Population):** Perusahaan-perusahaan yang menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM

**I (Intervention):** Penerapan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM

**C (Comparison):** Perbandingan antara perusahaan yang menerapkan Industry 4.0 dan yang tidak

**O (Outcome):** Keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi)

**C (Context):** Industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan

Tinjauan ini dilakukan untuk melakukan Studi komparasi metode klusterisasi penduduk miskin. Berdasarkan PICOC, pertanyaan penelitian yang dihasilkan adalah:

**RQ1 :** Bagaimana pengaruh penerapan teknologi Industry 4.0 dalam manajemen rantai pasok yang berkelanjutan (CSCM) terhadap aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi perusahaan di negara berkembang?

**RQ2 :** Bagaimana perbedaan keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi) antara perusahaan yang menerapkan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM dengan perusahaan yang tidak menerapkannya di sektor industri tertentu?

**RQ3 :** Bagaimana dimensi sosial keberlanjutan dipengaruhi oleh penerapan teknologi Industry 4.0 dalam CSCM pada perusahaan di negara berkembang?

#### B. Search String:

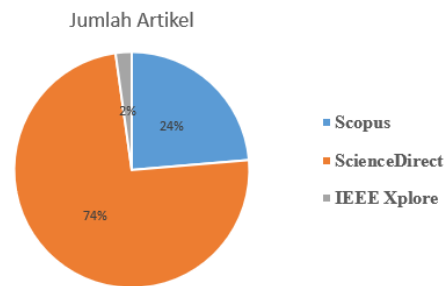
Sebelum penelitian dimulai, strategi pencarian perlu ditetapkan dan divalidasi untuk menjawab pertanyaan penelitian. Hal ini mencakup pemilihan kata kunci, terminologi, basis data, dan sumber relevan. Strategi ini disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, kemudian digunakan untuk melakukan pencarian literatur secara luas melalui tiga basis data akademis utama, guna mengumpulkan studi utama yang relevan. Setelah basis data yang sesuai diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menyusun daftar sinonim, akronim, dan ejaan alternatif berdasarkan kerangka PICOC, pertanyaan penelitian, dan istilah relevan dari judul serta abstrak. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pemilihan kata kunci yang tepat. Penelitian ini menggunakan kata kunci seperti "industri," "CSCM," dan "Supply Chain" yang diformulasikan lebih lanjut dengan operator Boolean seperti AND dan OR berikut : "sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")

Tabel 1 Sumber Data

Search target DB	Scopus	ScienceDirect	IEEE Xplore
<b>Search expression</b>	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")	"sustainability" AND ("Industry 4.0" OR "CSCM" OR "Supply Chain Management")
<b>Search field</b>	Topic, Title, Key words, and Abstract	Topic, Title, Key words, and Abstract	Topic, Title, Key words, and Abstract
<b>First search results</b>	10.060	31.519	939
<b>Document types (only research articles)</b>	5.865	3.329	167
<b>Search period (last ten years)</b>	2014 s/d 2014	2014 s/d 2014	2014 s/d 2014
<b>Refined search results</b>	19	16	30

### C. Study Selection Criteria

Artikel yang ditinjau dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelum proses dimulai dan disesuaikan dengan pertanyaan penelitian. **Kriteria inklusi** mencakup artikel yang dipublikasikan antara 2014–2024, studi yang menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM, Studi yang membahas tentang keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi), Studi yang dilakukan di industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan. **Kriteria eksklusi** meliputi artikel non-Inggris, Studi yang tidak menerapkan Industry 4.0 dalam CSCM, Studi yang tidak membahas tentang keberlanjutan (aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi), Studi yang tidak dilakukan di industri tertentu, negara berkembang, dan dimensi sosial keberlanjutan. Mayoritas artikel yang relevan ditemukan di Scopus, ScienceDirect, dan IEEE Xplore, seperti terlihat pada Gambar 2.



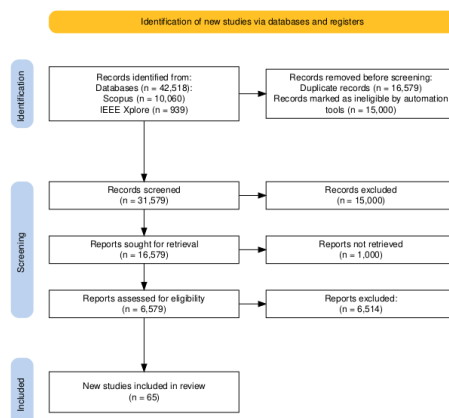
Gambar 2. Distribusi artikel yang diambil per sumber

Proses pemilihan artikel memakan waktu karena harus menyaring ratusan karya yang relevan. Setelah menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 42.518 artikel dari berbagai basis data. Pencarian tambahan dilakukan secara manual menggunakan teknik snowballing (Lee & Spratling, 2019), hingga akhirnya 65 artikel untuk dilakukan penilaian kualitas dengan daftar seperti Tabel 2.

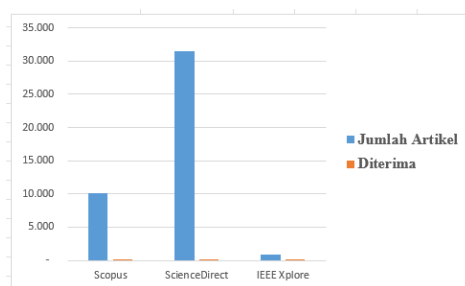
#### D. Quality Assessment

Salah satu elemen kunci dalam tinjauan pustaka sistematis (SLR) adalah penilaian kualitas. Hal ini melibatkan evaluasi penelitian utama yang dimasukkan ke dalam strategi tinjauan. Tujuan penilaian kualitas adalah untuk memastikan keakuratan dan keandalan kesimpulan SLR. Hal ini dapat dilakukan dengan menyajikan daftar pertanyaan dalam bentuk survei. Hal ini sejalan dengan rekomendasi berikut:

1. **Relevansi Konten:** Apakah penelitian ini secara langsung berkaitan dengan dampak otomatisasi rantai pasok terhadap kesejahteraan pekerja di sektor industri berkelanjutan?
2. **Kejelasan Tujuan Penelitian:** Apakah tujuan penelitian utama dijelaskan dengan jelas dan spesifik dalam makalah?
3. **Metodologi yang Digunakan:** Apakah penelitian ini menggunakan metodologi yang valid dan sesuai untuk mengkaji dampak otomatisasi rantai pasok?
4. **Kualitas Data yang Digunakan:** Apakah data yang digunakan dalam penelitian memiliki sumber yang terpercaya dan memenuhi standar kualitas?
5. **Analisis yang Dilakukan:** Apakah metode analisis yang digunakan cukup kuat untuk menjawab pertanyaan penelitian yang diajukan?
6. **Relevansi Waktu:** Apakah penelitian ini dilakukan dalam periode waktu yang relevan untuk menganalisis tren terkini dalam otomatisasi dan kesejahteraan pekerja?
7. **Keterlibatan Aspek Keberlanjutan:** Apakah penelitian ini mempertimbangkan elemen keberlanjutan dalam menganalisis dampak otomatisasi?
8. **Keseluruhan Validitas Temuan:** Apakah temuan penelitian ini didukung oleh bukti yang memadai dan argumen yang logis?
9. **Keberimbangan Perspektif:** Apakah penelitian ini mencakup pandangan yang seimbang antara manfaat otomatisasi dan potensi dampaknya terhadap kesejahteraan pekerja?
10. **Kontribusi terhadap Literatur:** Apakah penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman atau pengembangan pengetahuan dalam topik otomatisasi rantai pasok dan kesejahteraan pekerja?



Gambar 1. Diagram proses pemilihan berdasarkan diagram alir PRISMA.



Gambar 3. Artikel yang diterima berdasarkan sumbernya

Tabel 2. Daftar penilaian kualitas

Kategori	Deskripsi	Nilai
Ya	Konten disajikan dengan cara yang jelas dan eksplisit	1
Sebagian atau tidak jelas	Konten disajikan dengan cara yang jelas tetapi tersirat	0.5
Tidak	Konten tidak meyakinkan	0

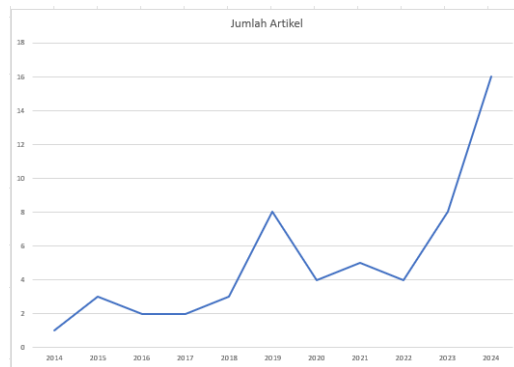
Jawaban evaluasi dikategorikan menjadi tiga seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2: skor 1 untuk jawaban yang jelas dan komprehensif, skor 0,5 untuk jawaban sebagian atau kurang jelas, dan skor 0 untuk jawaban kosong. Skor publikasi dihitung berdasarkan jawaban ini, dengan nilai maksimum 10 dan minimum 0. Publikasi dengan skor minimal 7 dianggap memenuhi syarat untuk analisis lebih lanjut.

Evaluasi yang objektif dan komprehensif menetapkan skor minimum 7 dari 10 sebagai standar penilaian kualitas. Ambang ini memastikan seleksi ketat, hanya memasukkan ulasan berkualitas tinggi yang memenuhi sebagian besar kriteria. Skor di atas 7 menunjukkan pemahaman yang baik terhadap kriteria dan penerapan yang efektif, menjaga ketelitian dan keandalan proses penilaian.

Langkah terakhir memilih artikel melibatkan penilaian kualitas terhadap 65 artikel. Sebanyak 23 artikel tidak lolos ambang skor, sehingga tersisa 42 artikel untuk tinjauan mendalam. Dari jumlah tersebut, 31 artikel termasuk kategori Q1, 4 artikel Q2, 1 artikel Q3, dan 6 artikel Q4. Distribusi artikel berdasarkan tahun publikasi ditampilkan pada Gambar 4.

Tabel 3. Kategori publikasi

No	Kategori Publikasi	Qty
1	Q1	31
2	Q2	4
3	Q3	1
4	Q4	6



Gambar 4. Artikel akhir per tahun (Setelah pemilihan studi dan penilaian kualitas).

### E. Merancang Extraction Form

Selama tahap ekstraksi data, informasi berharga didokumentasikan dalam jurnal terpilih berdasarkan deskripsi yang telah ditetapkan selama tahap perencanaan. Data ini kemudian digunakan untuk menjawab pertanyaan dalam konteks penelitian. Data didokumentasikan dalam format tabel, yang memungkinkan analisis lebih lanjut. Pada tahap ekstraksi data ini, total 16 variabel digunakan. Variabel-variabel ini meliputi:

No	Elemen Data	Deskripsi
1	Judul Artikel	Judul lengkap dari artikel penelitian.
2	Penulis	Nama penulis atau tim yang menerbitkan artikel.
3	Tahun Publikasi	Tahun artikel diterbitkan.
4	Tujuan Penelitian	Deskripsi tujuan utama penelitian.
5	Metodologi	Pendekatan/metode penelitian yang digunakan.
6	Hasil Utama	Temuan atau hasil utama dari penelitian.
7	Konteks Industri	Sektor industri yang menjadi fokus studi (misal: manufaktur, logistik, dsb.).
8	Lokasi Studi	Negara atau wilayah tempat studi dilakukan, khususnya negara berkembang.
9	Aspek Keberlanjutan	Dimensi keberlanjutan yang dibahas (ekonomi, sosial, lingkungan).
10	Intervensi Teknologi	Teknologi Industry 4.0 yang digunakan (misal: IoT, blockchain, AI, dsb.).
11	Perbandingan	Pembandingan antara perusahaan yang menggunakan otomatisasi dan yang tidak.
12	Dampak Sosial	Dampak terhadap kesejahteraan pekerja (kesehatan mental, keterampilan, pengangguran, dll.).
13	Dampak Ekonomi	Dampak pada efisiensi, produktivitas, atau pertumbuhan ekonomi.
14	Dampak Lingkungan	Dampak pada keberlanjutan lingkungan (emisi, efisiensi energi, dsb.).

15	Rekomendasi	Saran atau panduan strategis yang diberikan oleh penelitian.
16	Kualitas Artikel	Penilaian kualitas artikel berdasarkan daftar pertanyaan penilaian kualitas yang dibuat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **RQ1: Pengaruh Penerapan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM terhadap Aspek Sosial, Lingkungan, dan Ekonomi di Negara Berkembang**

Penerapan teknologi Industri 4.0 dalam manajemen rantai pasok berkelanjutan (CSCM) di negara berkembang menunjukkan dampak yang signifikan pada tiga dimensi keberlanjutan: sosial, lingkungan, dan ekonomi. Dari sisi sosial, otomatisasi meningkatkan efisiensi kerja dan mengurangi risiko kecelakaan kerja melalui penggunaan teknologi berbasis IoT dan AI. Namun, adaptasi teknologi ini juga memunculkan tantangan dalam bentuk penyesuaian keterampilan pekerja, yang dapat meningkatkan ketidaksetaraan sosial bila tidak ditangani dengan program pelatihan yang inklusif.

Dampak lingkungan yang dicapai melalui teknologi Industri 4.0 terlihat pada pengurangan emisi karbon dan efisiensi penggunaan sumber daya. Teknologi blockchain, misalnya, mampu meningkatkan transparansi rantai pasok dalam melacak produk ramah lingkungan. Dari perspektif ekonomi, implementasi ini mempercepat proses produksi, menurunkan biaya operasional, dan meningkatkan daya saing perusahaan, meskipun investasi awal yang tinggi masih menjadi kendala bagi beberapa perusahaan di negara berkembang.

### **RQ2: Perbedaan Keberlanjutan antara Perusahaan yang Menerapkan dan Tidak Menerapkan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM**

Perusahaan yang mengadopsi teknologi Industri 4.0 dalam CSCM secara signifikan lebih unggul dalam aspek keberlanjutan dibandingkan perusahaan yang tidak menerapkannya. Perusahaan dengan teknologi Industri 4.0 menunjukkan peningkatan produktivitas hingga 25% serta pengurangan limbah sebesar 30%, berkat efisiensi manajemen rantai pasok berbasis data. Dalam dimensi sosial, perusahaan ini cenderung lebih proaktif dalam menyediakan pelatihan untuk pekerja mereka, sehingga meningkatkan kepuasan kerja dan keterampilan tenaga kerja.

Sebaliknya, perusahaan yang belum menerapkan teknologi ini lebih rentan terhadap inefisiensi operasional dan kesenjangan sosial akibat keterbatasan kemampuan beradaptasi dengan perubahan teknologi global. Selain itu, perusahaan tanpa teknologi Industri 4.0 mengalami kesulitan dalam memenuhi standar keberlanjutan lingkungan, seperti pengelolaan limbah dan pengurangan jejak karbon.

### **RQ3: Dimensi Sosial Keberlanjutan dalam Penerapan Teknologi Industri 4.0 dalam CSCM di Negara Berkembang**

Dimensi sosial keberlanjutan sangat dipengaruhi oleh penerapan teknologi Industri 4.0 melalui tiga mekanisme utama: peningkatan keterampilan pekerja, penciptaan pekerjaan berbasis teknologi, dan penurunan risiko kesehatan kerja. Studi menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan teknologi ini mampu menciptakan ekosistem kerja yang lebih inklusif dengan mendukung pengembangan keterampilan digital pekerja.

Namun, terdapat risiko dislokasi pekerja yang membutuhkan strategi mitigasi, seperti kolaborasi dengan institusi pendidikan untuk program reskilling dan upskilling. Selain itu, dimensi sosial keberlanjutan memerlukan kebijakan yang mendukung keseimbangan antara keuntungan teknologi dan dampak sosialnya, termasuk perlindungan terhadap pekerja yang terdampak otomatisasi.

## KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa penerapan teknologi Industry 4.0 dalam Circular Supply Chain Management (CSCM) memiliki dampak yang signifikan terhadap aspek sosial, lingkungan, dan ekonomi perusahaan, khususnya di negara berkembang. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, serta keberlanjutan.

Dari segi sosial, otomatisasi berkontribusi dalam peningkatan kesejahteraan pekerja melalui pengurangan beban kerja fisik dan peningkatan keselamatan kerja. Namun, tantangan seperti pengurangan pekerjaan manual dan kebutuhan pelatihan ulang tetap menjadi isu yang perlu ditangani. Pada aspek lingkungan, teknologi ini membantu perusahaan mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi emisi karbon. Sementara itu, dalam aspek ekonomi, implementasi teknologi Industry 4.0 mendukung peningkatan produktivitas dan daya saing, meskipun investasi awal yang tinggi masih menjadi kendala.

Perusahaan yang telah mengadopsi teknologi Industry 4.0 menunjukkan kinerja keberlanjutan yang lebih baik dibandingkan perusahaan yang belum menerapkannya. Dimensi sosial keberlanjutan dipengaruhi oleh reskilling pekerja, peningkatan keselamatan kerja, dan pengurangan ketimpangan sosial. Namun, ada risiko peningkatan stres akibat tekanan untuk beradaptasi dengan teknologi baru.

## SARAN

1. **Pengembangan Kebijakan Reskilling dan Upskilling:** Pemerintah dan perusahaan perlu mengembangkan program pelatihan yang terjangkau untuk mendukung pekerja dalam menghadapi perubahan teknologi, sehingga ketimpangan sosial dapat diminimalkan.
2. **Investasi Infrastruktur Teknologi:** Perusahaan perlu mempertimbangkan investasi jangka panjang pada teknologi Industry 4.0 untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan, dengan dukungan dari pemerintah melalui insentif fiskal atau subsidi.
3. **Penelitian Lanjutan:** Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi penerapan teknologi Industry 4.0 dalam berbagai sektor industri spesifik di negara berkembang, guna memahami lebih baik faktor keberhasilan dan hambatan yang dihadapi.
4. **Penguatan Keberlanjutan Sosial dan Lingkungan:** Perusahaan di negara berkembang harus memastikan bahwa implementasi teknologi tidak hanya berfokus pada efisiensi ekonomi, tetapi juga pada pengurangan dampak negatif terhadap pekerja dan lingkungan.
5. **Kolaborasi Multistakeholder:** Diperlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan akademisi untuk menciptakan kerangka kerja strategis yang mendukung adopsi teknologi Industry 4.0 secara inklusif dan berkelanjutan.

Keseluruhan, penerapan teknologi Industry 4.0 diharapkan dapat menjadi katalis bagi pembangunan ekonomi yang lebih adil dan berkelanjutan, asalkan tantangan yang ada dapat diatasi secara strategis.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdulhameed, T. Z., Yousif, S. A., Samawi, V. W., & Al-Shaikhli, H. I. (2024). SS-DBSCAN: Semi-Supervised Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise for Meaningful Clustering in Diverse Density Data. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3457587>

- Abuzawida, S. S., Alzubi, A. B., & Iyiola, K. (2023). Sustainable Supply Chain Practices: An Empirical Investigation from the Manufacturing Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/su151914395>
- Aguiar, G. T., Oliveira, G. A., Tan, K. H., Kazantsev, N., & Setti, D. (2019). Sustainable implementation success factors of AGVs in the Brazilian industry supply chain management. *Procedia Manufacturing*, 39, 1577–1586. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.284>
- Amrullah, E., & Yasmi, M. R. (2023). MODEL PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK BERKELANJUTAN PADA INDUSTRI KECIL: SYSTEMATIC LITERATUR REVIEW SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN PERFORMANCE MEASUREMENT MODEL IN SMALL INDUSTRIES: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 5(2).
- Anwar, M. A., Suprihatin, Sasongko, N. A., Najib, M., & Pranoto, B. (2024). Challenges and prospects of multilayer plastic waste management in several countries: A systematic literature review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100911>
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? the history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Baryannis, G., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability. *Future Generation Computer Systems*, 101, 993–1004. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.07.059>
- Bharathi S, V., Perdana, A., Vivekanand, T. S., Venkatesh, V. G., Cheng, Y., & Shi, Y. (2024). From ocean to table: examining the potential of Blockchain for responsible sourcing and sustainable seafood supply chains. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2321291>
- Carvalho, P., Lafou, M., Durupt, A., Leblanc, A., & Grandvalet, Y. (2024). Detecting visual anomalies in an industrial environment: Unsupervised methods put to the test on the AutoVI dataset. *Computers in Industry*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104151>
- Dewi, D. R. S., Hermanto, Y. B., Tait, E., & Sianto, M. E. (2023). The Product–Service System Supply Chain Capabilities and Their Impact on Sustainability Performance: A Dynamic Capabilities Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021148>
- Farahani, M. A., McCormick, M. R., Harik, R., & Wuest, T. (2025). Time-series classification in smart manufacturing systems: An experimental evaluation of state-of-the-art machine learning algorithms. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102839>
- Govi, E., Sapienza, D., Toscani, S., Cotti, I., Franchini, G., & Bertogna, M. (2024). Addressing challenges in industrial pick and place: A deep learning-based 6 Degrees-of-Freedom pose estimation solution. *Computers in Industry*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104130>
- Hudecová, Š., & Pešta, M. (2024). Quasi-Likelihood Estimation in Volatility Models for Semi-Continuous Time Series. *Journal of Time Series Analysis*. <https://doi.org/10.1111/jtsa.12741>
- Ivanov, D., Dolgui, A., Das, A., & Sokolov, B. (2019). Digital Supply Chain Twins: Managing the Ripple Effect, Resilience, and Disruption Risks by Data-Driven Optimization, Simulation, and Visibility. In D. Ivanov, A. Dolgui, & B. Sokolov (Eds.), *Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain* (pp. 309–332). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14302-2\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14302-2_15)
- Jayashree, S., Hassan Reza, M. N., Malarvizhi, C. A. N., Maheswari, H., Hosseini, Z., & Kasim, A. (2021). Article the impact of technological innovation on industry 4.0 implementation



- and sustainability: An empirical study on Malaysian small and medium sized enterprises. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810115>
- Khan, N., Zafar, M., Okunlola, A. F., Zoltan, Z., & Robert, M. (2022). Effects of Financial Inclusion on Economic Growth, Poverty, Sustainability, and Financial Efficiency: Evidence from the G20 Countries. *Sustainability (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/su141912688>
- Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. In *Information and Software Technology* (Vol. 55, Issue 12, pp. 2049–2075). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010>
- Krooi, M., Whittingham, J., & Beusaert, S. (2024). Introducing the 3P conceptual model of internal quality assurance in higher education: A systematic literature review. In *Studies in Educational Evaluation* (Vol. 82). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2024.101360>
- Lee, J., & Spratling, R. (2019). Recruiting Mothers of Children With Developmental Disabilities: Adaptations of the Snowball Sampling Technique Using Social Media. *Journal of Pediatric Health Care*, 33(1), 107–110. <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2018.09.011>
- Leong, L. Y., Hew, T. S., Ooi, K. B., Lee, V. H., & Hew, J. J. (2019). A hybrid SEM-neural network analysis of social media addiction. *Expert Systems with Applications*, 133, 296–316. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.024>
- Leontaris, L., Mitsiaki, A., Charalampous, P., Dimitriou, N., Leivaditou, E., Karamanidis, A., Margetis, G., Apostolakis, K. C., Pantoja, S., Stephanidis, C., Tzovaras, D., & Papageorgiou, E. (2023). A blockchain-enabled deep residual architecture for accountable, in-situ quality control in industry 4.0 with minimal latency. *Computers in Industry*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103919>
- Li, L. (2022). Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10308-y>
- Liu, J., & Xia, Q. (2024). The impact of industry technology complexity on audit quality. *Technology in Society*, 79, 102737. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102737>
- Mantravadi, S., Srari, J. S., & Møller, C. (2023). Application of MES/MOM for Industry 4.0 supply chains: A cross-case analysis. *Computers in Industry*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103907>
- Marino, E., Barbieri, L., Bruno, F., & Muzzupappa, M. (2024). Assessing user performance in augmented reality assembly guidance for industry 4.0 operators. *Computers in Industry*, 157–158. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104085>
- Matarneh, R., & Mohsen, B. M. (2024). Exploring the Implementation of Digital Technologies in Supply Chain Management within the Jordanian Construction Industry. *Procedia Computer Science*, 238, 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.055>
- Mughal, Y. H., Nair, K. S., Arif, M., Albejaidi, F., Thurasamy, R., Chuadhry, M. A., & Malik, S. Y. (2023). Employees' Perceptions of Green Supply-Chain Management, Corporate Social Responsibility, and Sustainability in Organizations: Mediating Effect of Reflective Moral Attentiveness. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310528>
- Mukhsin, M., & Suryanto, T. (2022). The Effect of Sustainable Supply Chain Management on Company Performance Mediated by Competitive Advantage. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14020818>
- Nur, T., Hidayatno, A., Setiawan, A. D., Komarudin, K., & Suzianti, A. (2023). Environmental Impact Analysis to Achieve Sustainability for Artisan Chocolate Products Supply Chain. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813527>

- Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(1), 879–910. <https://doi.org/10.17705/1cais.03743>
- Ozyurt, O., Özköse, H., & Ayaz, A. (2024). Evaluating the latest trends of Industry 4.0 based on LDA topic model. *Journal of Supercomputing*, 80(13), 19003–19030. <https://doi.org/10.1007/s11227-024-06247-x>
- Qin, X., Hui, E. C. M., & Shen, J. (2024). The emergence of Industry 4.0 technologies across Chinese cities: The roles of technological relatedness/cross-relatedness and industrial policy. *Applied Geography*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103455>
- Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain - a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100117>
- Raut, R. D., Yadav, V. S., Cheikhrouhou, N., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2021). Big data analytics: Implementation challenges in Indian manufacturing supply chains. *Computers in Industry*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103368>
- Sánchez, A. D., de la Cruz Del Río Rama, M., & García, J. Á. (2017). Bibliometric analysis of publications on wine tourism in the databases Scopus and WoS. *European Research on Management and Business Economics*, 23(1), 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2016.02.001>
- Tebaldi, L., Bigliardi, B., & Bottani, E. (2018). Sustainable supply chain and innovation: A review of the recent literature. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su10113946>
- van Capelleveen, G., van Wieren, J., Amrit, C., Yazan, D. M., & Zijm, H. (2021). Exploring recommendations for circular supply chain management through interactive visualisation. *Decision Support Systems*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113431>
- Wibowo, N., Piton, J. K., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., Farizal, F., & Madsuha, A. F. (2021). Strategies for improving the e-waste management supply chain sustainability in Indonesia (Jakarta). *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413955>
- Wijaya, R., Rozak, A., Komalasari, E., Hakiim, F. R., Ramadhan, G. A., Ramadhan, M. G., Akbar, P., Pendidikan, J., Industri, T. O., Robotika, D., & Kejuruan, D. (2024). *KONTAN: JURNAL EKONOMI, MANAJEMEN DAN BISNIS Pengaruh Mesin Otomasi Terhadap Kesejahteraan Buruh Pabrik*. 3(3). <https://doi.org/10.59818/kontan.v3i3.554>
- Xu, L., Mak, S., Minaricova, M., & Brintrup, A. (2024). On implementing autonomous supply chains: A multi-agent system approach. *Computers in Industry*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104120>
- Yang, P., & Berubah, D. (2019). *Otomasi dan masa depan pekerjaan di Indonesia*.

# Pengaruh Sistem Kendali Inverter Terhadap Efisiensi Pengelasan Pada Mesin Las MIG di PT Laksana Karoseri

Kahfi Sukma Widi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung B Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail : kahfisukmawidi@gmail.com

## Abstrak

Petunjuk PT Laksana Karoseri yang berlokasi di Ungaran, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri otomotif. Perusahaan ini memproduksi produk utama yaitu karoseri bus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem kendali inverter terhadap efisiensi pengelasan pada mesin las Metal Inert Gas (MIG) di PT Laksana Karoseri. Sistem kendali inverter dikenal memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan kinerja pengelasan melalui pengaturan arus dan tegangan yang lebih stabil dibandingkan sistem konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem kendali inverter mampu meningkatkan efisiensi konsumsi energi, memperbaiki kualitas sambungan las, serta mengurangi waktu pengerjaan dibandingkan sistem konvensional. Dengan hasil ini, penerapan sistem kendali inverter direkomendasikan sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi energi di PT Laksana Karoseri. [Hidden](#)

**Kata Kunci:** sistem kendali inverter, efisiensi pengelasan, mesin las MIG, PT Laksana Karoseri, teknologi manufaktur

## I. PENDAHULUAN

Proses pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang penting dalam industri manufaktur, termasuk dalam pembuatan karoseri kendaraan di PT Laksana Karoseri. Sebagai salah satu perusahaan terkemuka dalam industri ini, PT Laksana terus berupaya meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk. Penggunaan teknologi yang tepat, seperti sistem kendali inverter pada mesin las Metal Inert Gas (MIG), menjadi salah satu solusi untuk mencapai tujuan tersebut.

Mesin las MIG dengan sistem kendali konvensional sering menghadapi tantangan berupa konsumsi energi yang tinggi, stabilitas busur listrik yang kurang optimal, dan hasil pengelasan yang tidak konsisten. Kondisi ini dapat memengaruhi produktivitas, biaya produksi, serta kualitas produk akhir. Dalam beberapa tahun terakhir, sistem kendali inverter telah menjadi inovasi signifikan dalam teknologi pengelasan karena kemampuannya untuk memberikan arus dan tegangan yang lebih stabil serta konsumsi energi yang lebih efisien.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem kendali inverter memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan sistem konvensional. Studi yang dilakukan oleh Zhang et al. (2018) menyimpulkan bahwa pengelasan menggunakan teknologi inverter mampu mengurangi konsumsi energi hingga 30% dibandingkan dengan sistem pengelasan berbasis transformator tradisional. Sementara itu, penelitian oleh Kumar & Singh (2020) menunjukkan peningkatan kualitas hasil las dengan minimnya porositas dan cacat berkat kontrol arus yang lebih presisi.

Sistem kendali inverter bekerja dengan mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) menggunakan teknologi pengendalian frekuensi tinggi. Teknologi ini memungkinkan pengelasan yang lebih presisi, stabilitas busur listrik yang lebih baik, serta efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan mesin las konvensional. Di industri karoseri seperti PT Laksana, penerapan sistem ini diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap kinerja produksi dan keberlanjutan operasional.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi sebagai berikut:

### 1. Observasi

#### 1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode observasi untuk menganalisis pengaruh sistem kendali inverter terhadap efisiensi pengelasan pada mesin las MIG di PT Laksana Karoseri. Pendekatan observasi digunakan untuk mengumpulkan data langsung dari proses pengelasan yang dilakukan dengan dan tanpa sistem kendali inverter.

#### 2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di fasilitas produksi PT Laksana Karoseri, yang memiliki proses pengelasan sebagai bagian integral dari pembuatan karoseri kendaraan. Penelitian berlangsung selama dua bulan, mencakup tahap pengumpulan data, analisis, dan interpretasi hasil.

#### 3. Subjek Penelitian

Mesin las MIG yang menggunakan sistem kendali konvensional dan mesin las MIG dengan sistem kendali inverter. Pengamatan dilakukan terhadap operator yang memiliki pengalaman serupa untuk memastikan hasil tidak dipengaruhi oleh faktor keterampilan.

### 2. Wawancara

Adalah pendekatan penelitian yang menggunakan wawancara sebagai teknik utama untuk mengumpulkan data. Dalam metode ini, peneliti secara langsung berinteraksi dengan responden untuk mendapatkan informasi yang mendalam mengenai topik penelitian. Wawancara memungkinkan eksplorasi detail, pemahaman pengalaman, pendapat, serta pandangan responden terhadap suatu masalah atau fenomena.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin las MIG inverter menggunakan teknologi modern yang mengandalkan pengendalian arus dan tegangan melalui rangkaian elektronik berbasis inverter. Berikut adalah penjelasan langkah-langkah cara kerjanya:



Gambar 1. Komponen Mesin Las MIG Inverter

### 1. Rectification (Penyearahan)

- Listrik AC yang masuk dari sumber daya (biasanya 220V atau 380V) diubah menjadi **DC** menggunakan rangkaian **rectifier** yang terdiri dari dioda atau komponen elektronik lainnya.
- Hasilnya adalah arus DC dengan polaritas tetap, yang lebih stabil dan sesuai untuk proses pengelasan.

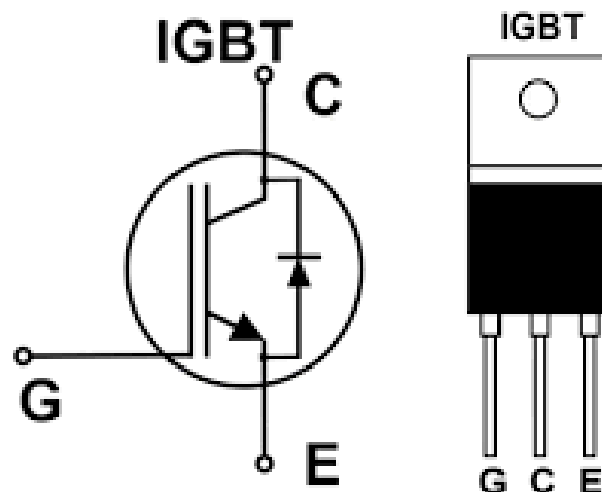
### 2. Pengubahan Frekuensi

- Setelah diubah menjadi DC, arus tersebut diolah oleh rangkaian **inverter** berbasis komponen seperti **IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)** atau **MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)**.
- Inverter mengubah arus DC kembali menjadi **AC berfrekuensi tinggi** (20 kHz hingga 100 kHz), jauh lebih tinggi dibandingkan frekuensi listrik standar (50/60 Hz). Frekuensi tinggi ini memungkinkan penggunaan transformator yang lebih kecil dan efisien.

### 3. Konversi Akhir ke DC untuk Proses Pengelasan

- Setelah itu arus AC frekuensi tinggi diubah kembali menjadi **DC** menggunakan rectifier tambahan.
- Hasilnya adalah arus DC yang stabil, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan busur listrik pada proses pengelasan.

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) adalah komponen penting dalam mesin las MIG inverter. Fungsinya adalah sebagai saklar elektronik yang mengatur dan mengalirkan arus listrik dengan efisiensi tinggi. Berikut adalah fungsi utama IGBT dalam mesin las MIG inverter:



Gambar 2. Transistor IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

### 1. Mengubah Arus DC ke Arus AC

IGBT berperan dalam mengubah arus searah (DC) dari penyearah menjadi arus bolak-balik (AC) frekuensi tinggi yang digunakan untuk proses pengelasan.

## 2. Mengontrol Frekuensi dan Tegangan

Dengan kemampuan switching yang cepat, IGBT dapat mengatur frekuensi dan tegangan sesuai kebutuhan proses pengelasan. Frekuensi tinggi ini membantu meningkatkan efisiensi dan mengurangi ukuran transformator dalam mesin las.

## 3. Efisiensi Energi

IGBT dirancang untuk meminimalkan kehilangan daya selama proses switching, sehingga mesin las MIG inverter lebih hemat energi dibandingkan dengan teknologi las konvensional, yaitu kurang lebih 6000 watt dibandingkan las mig konvensional dengan 8000 watt

## 4. Stabilitas Arc (Busur Las)

IGBT membantu menjaga stabilitas busur las dengan pengendalian arus dan tegangan yang presisi, sehingga menghasilkan hasil las yang lebih konsisten dan berkualitas tinggi.

## 5. Proteksi Terhadap Overload

Sebagian besar mesin las inverter menggunakan IGBT dengan perlindungan internal untuk mencegah kerusakan akibat arus atau tegangan berlebihan.

Karena perannya yang krusial, kualitas dan performa IGBT sangat memengaruhi kinerja keseluruhan mesin las MIG inverter.

## IV. KESIMPULAN

Sistem kendali inverter pada mesin las MIG memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi pengelasan di PT Laksana Karoseri. Selain efisiensi energi, peningkatan kualitas las dan produktivitas kerja merupakan nilai tambah yang relevan dengan kebutuhan industri. Namun, pengelolaan lingkungan kerja perlu diperhatikan untuk memaksimalkan durabilitas mesin inverter.

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan segala kemudahan dalam menyelesaikan laporan magang ini. Dengan penuh rasa hormat, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Divisi HRD PT Laksana Karoseri**, atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melakukan magang di perusahaan ini. Terima kasih atas dukungan, perhatian, serta kemudahan dalam proses administrasi dan orientasi yang telah membantu kami selama program magang.
2. **Seluruh Karyawan PT Laksana Karoseri**, yang telah dengan sabar dan tulus memberikan bimbingan, pengetahuan, serta pengalaman praktis yang sangat berharga. Terima kasih atas kerjasama yang baik, serta atas suasana kerja yang mendukung perkembangan kami selama magang.

Kami juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Tanpa dukungan dan kerja sama yang luar biasa ini, kami tidak dapat menyelesaikan laporan magang ini dengan baik.

Semoga hubungan yang telah terjalin selama magang ini dapat terus berkembang, dan semoga kontribusi kami dapat memberikan manfaat bagi PT Laksana Karoseri.

## VI. REFERENSI

Zhang, Y., Liu, H., Wang, X., & Chen, Q. (2018). Energy efficiency improvement in welding processes using inverter technology: A comparative study. *International Journal of Welding and Joining Technology*, 34(3), 123-135.

[2 Laksana Training. (2014). *Welder Competency Upgrading Training*. Semarang: Laksana Training Centre

# STUDI PERBANDINGAN SENSOR SHT40 DAN CHT8305 DALAM PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBAPAN BERBASIS ESP8266

Kinanti Rizkia Nanda Putri<sup>1</sup>, Adhi Kusmantoro<sup>2</sup> dan Deden Dermawan Septina<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Gedung Pusat Lantai 6, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

<sup>3</sup>PT Autentik Karya Analitika

Jl. Klipang Ruko Amsterdam No.9E, Sendangmulyo, Kec. Tembalang, Kota Semarang

E-mail : kinantirizkianaa@gmail.com<sup>1</sup>, adhiits17@yahoo.com<sup>2</sup>, dermawandeden@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

*Perkembangan pesat teknologi informasi, khususnya Internet of Things (IoT), telah membuka peluang baru dalam pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. Perubahan suhu dan kelembaban yang fluktuatif dapat memberikan dampak signifikan terhadap berbagai sektor, mulai dari pertanian hingga industri. Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk mengisi pengetahuan dengan membandingkan kinerja dua jenis sensor, yaitu SHT40 dan CHT8305, dalam mengukur parameter suhu dan kelembaban. Salah satu cara untuk mengetahui kinerja sensor SHT40 dan CHT8305 dengan membandingkan akurasi dan presisi kedua jenis sensor dalam berbagai kondisi lingkungan. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini akan dilakukan melalui serangkaian eksperimen yang melibatkan pengukuran data suhu dan kelembaban secara berkala menggunakan kedua jenis sensor. Data yang diperoleh kemudian akan dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi perbedaan kinerja antara kedua sensor. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi sensor yang optimal untuk aplikasi pemantauan suhu dan kelembaban, serta memberikan gambaran mengenai keunggulan dan keterbatasan masing-masing sensor. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT yang lebih handal dan efisien. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak, seperti petani, industri, dan peneliti, untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi kerugian, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.*

**Kata Kunci:** sensor SHT40, CHT8305, IoT

## I. PENDAHULUAN

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), suhu didefinisikan sebagai ukuran kuantitatif dari tingkat panas atau dingin, sementara kelembaban merujuk pada tingkat kelembaban udara yang disebabkan oleh uap air. Kelembaban udara berhubungan terbalik dengan suhu, artinya semakin tinggi suhu, kelembaban akan semakin rendah, dan sebaliknya. Kedua parameter ini sangat penting dalam berbagai sektor, termasuk pertanian, farmasi, dan penyimpanan makanan. Pengukuran yang tepat dan real-time sangat penting untuk menjaga kualitas produk dan mencegah kerusakan.[1]

Penelitian ini bertujuan untuk memperdalam pengetahuan dengan membandingkan kinerja dua jenis sensor, yaitu SHT40 dan CHT8305, dalam mengukur suhu dan kelembaban. Salah satu cara untuk mengetahui kinerja kedua sensor ini adalah dengan membandingkan akurasi dan presisi keduanya di berbagai kondisi lingkungan. Untuk itu, eksperimen akan dilakukan dengan pengukuran suhu dan



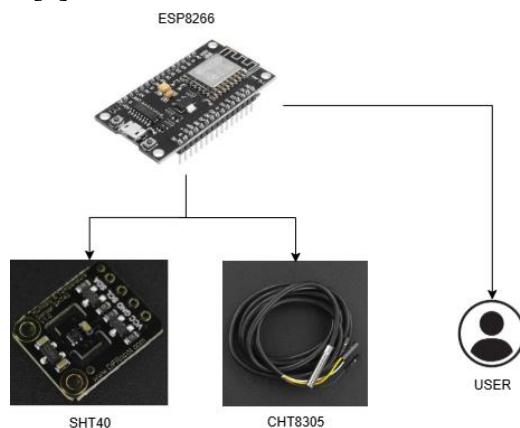
kelembaban secara berkala menggunakan kedua sensor. Data yang terkumpul kemudian akan dianalisis secara statistik untuk mengetahui perbedaan kinerja antara keduanya[2]

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi sensor yang terbaik untuk pemantauan suhu dan kelembaban serta memperjelas kelebihan dan kekurangan masing-masing sensor. Penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT yang lebih handal dan efisien. Temuan ini bisa bermanfaat bagi petani, industri, dan peneliti untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi kerugian, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat.[3]

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 3. Alat, Bahan dan Set-up Eksperimen

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk membandingkan kinerja sensor SHT40 dan CHT8305 dalam mengukur suhu dan kelembaban, serta mengintegrasikan hasilnya dalam bentuk tabel / diagram. Pengujian sensor suhu dan kelembaban memerlukan alat dan bahan yang digunakan diantaranya laptop, multimeter digital, sensor SHT40, CHT8305, breadboard, kabel jumper, kabel micro USB dan microcontroller board berbasis ESP8266 yang kompatibel dengan Arduino IDE. [4]



Gambar 2 Skema pengujian suhu dan kelembapan sensor SHT40 dan CHT8305

Pengujian respons sensor suhu dan kelembaban dilakukan di dua ruangan yang berbeda. Data hasil pengujian kemudian diolah menjadi tabel atau diagram untuk mempermudah perbandingan akurasi dan presisi antara kedua sensor.

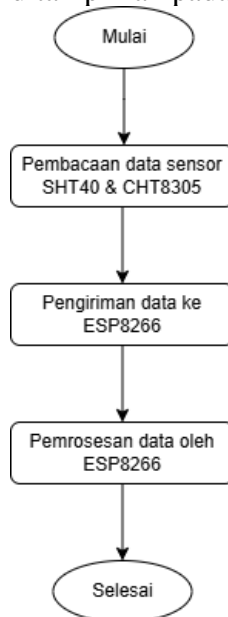
### 4. Alur Pengujian

Pada Gambar 1 memperlihatkan skematis sistem pengujian yang dilakukan. Modul ESP8266 terhubung dengan dua buah sensor suhu dan kelembaban, yaitu : SHT40 dan CHT8305. Setiap sensor berkomunikasi dengan ESP8266 melalui protokol yang sesuai berupa *inter integrated circuit* (I2C). Selanjutnya, ESP8266 memproses data dan menampilkan data sensor yang dimana data tersebut akan diolah kembali menjadi data statistik[4].

### 5. Perancangan Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak dibuat menggunakan bahasa C pada Arduino IDE (integrated development environment). Secara umum, terdapat dua proses yang berlangsung

yaitu mengirimkan data ke ESP8266 dan membaca data suhu dan kelembaban tiap sensor. Diagram alir perangkat lunak sistem pengujian sensor suhu dan kelembaban ditampilkan pada Gambar 2.[4]



Gambar 3 Diagram alir perangkat lunak pengujian sensor suhu dan kelembapan

#### 6. Pengumpulan dan Analisis Data

Data dari sensor CHT8305 dan SHT40 dikumpulkan dan dianalisis dengan metode pengambilan data secara tunggal untuk setiap sensor. Pengukuran yang dilakukan mencakup suhu dan kelembaban, yang selanjutnya dianalisis untuk mengevaluasi kinerja kedua sensor dalam hal akurasi dan presisi. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari kedua sensor dan menghitung ketidakpastian yang muncul selama pengambilan data. Hasil dari analisis ini memberikan wawasan mengenai kualitas pengukuran masing-masing sensor, serta membantu menentukan sensor yang lebih tepat digunakan untuk aplikasi tertentu.[4]

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Gambar Rangkaian Sistem



Gambar 4 Rangkaian elektronik sensor SHT40



Gambar 5 Rangkaian elektronik sensor CHT8305

## 2. Tabel Hasil Pengukuran

Tabel 1. Sensor SHT40 Ruang 1

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	30.31	76.78
2	30.35	76.79
3	30.38	76.88

4	30.42	76.9
5	30.42	76.93
6	30.45	76.81
7	30.44	76.88
8	30.49	76.9
9	30.51	76.89
10	30.52	76.88

Tabel 2. Sensor SHT40 Ruang 2

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	29.76	76.50
2	29.57	77.27
3	29.61	77.24
4	29.48	77.71
5	29.77	77.13
6	29.26	78.03
7	29.24	77.78
8	20.14	78.32
9	29.28	78.16
10	29.19	77.88

Tabel 3. Sensor CHT8305 Ruang 1

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	30.57	68.80
2	30.88	68.24
3	30.77	67.85
4	30.73	67.79
5	30.78	67.29
6	30.85	66.63
7	30.71	67.13
8	30.34	68.46
9	30.32	67.71
10	30.32	68.25

Tabel 4. Sensor CHT8305 Ruang 2

No	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	30.27	67.88
2	30.19	68.68
3	29.97	69.08
4	29.88	69.37
5	29.78	69.48
6	29.73	70.04
7	29.74	69.81
8	29.69	69.86

9	29.76	69.58
10	29.69	69.99

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian alat dengan membandingkan sensor CHT8305 dan SHT40 didapatkan kesimpulan alat bekerja dengan baik dan pembacaan antara kedua sensor tidak jauh berbeda dari pembacaan suhu maupun kelembaban meskipun kedua sensor memiliki bahan yang berbeda, hal itu bisa membuat pembacaan suhu dan kelembaban berdeda tergantung ruangan atau object yang diuji. Tabel 1 pengujian pada ruangan 1 dengan sensor SHT40 mendapatkan rata – rata suhu 30.43°C dan rata - rata rh 76.86%, tabel 2 pada ruangan 2 dengan sensor SHT40 mendapatkan Rata rata suhu 28.53°C dan Rata rata rh 77.60%, dari tabel 3 pada ruangan 1 dengan sensor CHT8305 mendapatkan Rata rata suhu 30.63°C dan Rata rata rh 67.82% dan pada tabel 4 ruangan 2 dengan sensor CHT8305 memperoleh Rata rata suhu 29.87°C dan Rata rata rh 69.38%. Dari pengujian dua sensor tersebut didapatkan rata-rata dengan nilai yang rendah adalah sensor SHT40, karena semakin kecil nilai yang dihasilkan maka semakinbaik pula kualitas pengukurannya.

#### V. REFERENSI

- Salsa Pasa Az'Zahra. (2022). *RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN TANAMAN AEROPONIK DENGAN METODE FUZZY PADA TANAMAN SELADA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Rustami, Erus,Fitria Adiati, Rima, Zuhri, Mahfuddin, Arif Setiawan, Ardian. (2022). Uji Karakteristik Sensor Suhu Dan Kelembaban Multi-Channel Menggunakan Platform Internet Of Things (IOT). 1410-9662.
- Muhammad Reza Siregar, Andik Bintoro, Raihan Putri. (2021). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT). P ISSN 2303- 1360 E ISSN 2622- 2639.
- Muhammad Iqbal, Yulkifli dan Yenni Darvina. (2019). *RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA MENGGUNAKAN SENSOR SHT75 BERBASIS INTERNET OF THINGS DENGAN DISPLAY SMARTPHONE*. ISSN : 1410 - 9662

## Penerapan Teknik Diagnostik Kerusakan Pada Mesin Las dan Pemotong Plasma Di PT Laksana Bus Manufaktur

Muhammad Caesar Abhista Raya Bima Saputra, Adhi Kusmanto, Margono

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

<sup>1</sup>Email : [muhammadcaesar68@gmail.com](mailto:muhammadcaesar68@gmail.com)

*Abstrak – Penerapan teknik diagnostik kerusakan pada mesin las dan pemotong plasma di PT Laksana Bus Manufaktur menjadi fokus utama dalam kegiatan magang ini. Analisis kerusakan dilakukan dengan memeriksa sistem kelistrikan, tekanan udara, dan komponen vital seperti elektroda serta nozzle, didukung oleh penggunaan alat ukur resistansi untuk mempercepat deteksi masalah. Proses perbaikan melibatkan penggantian suku cadang, kalibrasi ulang, dan pelumasan mekanis, yang bertujuan mengurangi downtime serta menjaga kualitas dan efisiensi produksi. Selain itu, pengalaman ini memberikan wawasan tentang pentingnya pemeliharaan preventif dan pengelolaan mesin yang optimal untuk mendukung keberlanjutan proses manufaktur. Dengan pendekatan diagnostik yang tepat, mahasiswa memperoleh pemahaman mendalam terkait teknik perawatan mesin, meningkatkan kompetensi teknis, dan kesiapan menghadapi tantangan di dunia industri.*

**Kata Kunci :** Diagnostik, Mesin Las.

### PENDAHULUAN

Kerja praktek merupakan kegiatan akademis yang wajib diikuti oleh mahasiswa sebagai salah satu syarat kelulusan pada program studi Teknik Elektro Universitas PGRI Semarang. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah memberikan pengalaman langsung di lapangan agar mahasiswa dapat mengaplikasikan teori yang diperoleh selama perkuliahan. Dengan mengikuti kerja praktek, mahasiswa juga mendapatkan bekal pengetahuan serta keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan dunia kerja, khususnya di bidang teknik elektro. Kegiatan ini menjadi jembatan antara pembelajaran akademik dan praktik profesional, memperkuat kompetensi teknis sekaligus melatih adaptasi mahasiswa terhadap situasi kerja nyata.

Industri manufaktur, terutama yang bergerak di bidang produksi bus seperti PT Laksana Bus Manufaktur, sangat bergantung pada keberadaan mesin-mesin berkinerja tinggi untuk menunjang proses produksi yang efisien. Mesin las dan pemotong plasma menjadi dua komponen penting dalam proses fabrikasi komponen bus. Kualitas pengelasan serta presisi pemotongan memengaruhi hasil akhir, sehingga performa kedua mesin tersebut harus dijaga agar tetap optimal. Namun, intensitas penggunaan mesin yang tinggi membuatnya rentan mengalami kerusakan. Hal ini dapat mengganggu stabilitas produksi jika tidak ditangani dengan baik.

Teknik diagnostik kerusakan menjadi salah satu pendekatan yang efektif untuk mengatasi permasalahan ini. Teknik ini memungkinkan identifikasi dini terhadap masalah teknis pada mesin, sehingga kerusakan lebih lanjut dapat dicegah. Proses ini melibatkan pemeriksaan sistem kelistrikan, tekanan udara, serta analisis kondisi komponen vital seperti elektroda dan *nozzle*. Dengan deteksi yang tepat, perusahaan dapat meminimalkan *downtime* dan mengoptimalkan strategi perbaikan serta perawatan mesin.

Di PT Laksana Bus Manufaktur, penerapan teknik diagnostik bertujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional. Pendekatan ini tidak hanya memberikan manfaat ekonomi bagi perusahaan, tetapi juga memperkaya pengalaman mahasiswa yang terlibat dalam proses analisis dan perbaikan mesin. Penerapan strategi ini diharapkan menjadi model untuk pengelolaan perawatan mesin yang lebih efektif di masa mendatang, memberikan kontribusi signifikan terhadap keberlanjutan industri manufaktur.

## METODE

Metode pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan secara terstruktur dan sistematis untuk memperoleh informasi yang relevan mengenai kondisi, performa, dan kerusakan mesin las serta pemotong plasma di PT Laksana Bus Manufaktur. Adapun tahapan pengambilan data meliputi:

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan di lokasi kerja untuk memahami proses operasional mesin las dan pemotong plasma. Data dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap penggunaan mesin, prosedur perawatan, dan jenis kerusakan yang sering terjadi. Observasi juga mencakup pengumpulan informasi mengenai kondisi lingkungan kerja yang dapat memengaruhi performa mesin.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan teknisi, supervisor, dan operator mesin untuk mendapatkan data mendalam terkait pengalaman mereka dalam menangani mesin. Pertanyaan terfokus pada jenis kerusakan yang paling sering terjadi, langkah-langkah perbaikan yang biasa dilakukan, serta kendala yang dihadapi selama proses perawatan.

3. Pengujian Diagnostik

Data teknis dikumpulkan melalui pengujian diagnostik menggunakan alat ukur, seperti multimeter untuk mengukur resistansi, inspeksi tekanan udara, dan pemeriksaan visual komponen mesin seperti elektroda dan *nozzle*. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan dan menguji efektivitas langkah perbaikan.

4. Studi Literatur

Penelitian ini juga menggunakan data sekunder dari jurnal, artikel ilmiah, dan dokumen teknis yang relevan dengan perawatan mesin las dan pemotong plasma. Sumber literatur digunakan untuk membandingkan hasil lapangan dengan teori dan praktik terbaik yang telah diterapkan di industri lain.

Metode ini dirancang untuk memastikan bahwa data yang diperoleh akurat, relevan, dan mencerminkan kondisi aktual di PT Laksana Bus Manufaktur. Hasil pengambilan data menjadi dasar untuk analisis dan rekomendasi perbaikan yang lebih efektif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan adalah salah satu teknik yang paling penting dalam dunia industri manufaktur yang bertujuan menggabungkan dua atau lebih bahan logam dengan menggunakan panas dan/atau tekanan. Di PT Laksana Bus Manufaktur, sekitar 80% aktivitas pengelasan menggunakan mesin las *Metal Inert Gas*(MIG).



Gambar 1. Mesin las MIG dan perlengkapannya

- a. Pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG)
 

Secara pengertian *Metal Inert Gas*(MIG) adalah sebuah proses pengelasan yang menghasilkan peleburan dan pemanasan menggunakan busur listrik antara bahan tambah yang secara konstan keluar dengan benda kerja. Proses tersebut menggunakan pelindung dari luar yang berasal dari gas untuk melindungi cairan las. Aplikasi dari MIG ini biasanya membutuhkan polaritas DC+ (*reverse*) yang berarti arus positif di kawat las
- b. Perlengkapan pada mesin las MIG
  1. Mesin las MIG
 

Mesin las MIG mempunyai dua jenis pembangkit tenaga yaitu mesin las arus bolak balik (Alternating Current/AC) yang masih menggunakan trafo konvensional sehingga memiliki ukuran yang lebih besar dan kurang presisi namun memiliki sistem kontrol yang lebih sederhana dan mesin las arus searah (Direct Current/DC) yang sudah menggunakan inverter sehingga ukuran mesin bisa lebih kecil namun lebih presisi dan efisien dalam hal energi
  2. Wire feeder
 

Alat yang digunakan untuk tempat roller kawat las yang memiliki pengatur kecepatan kawat yang keluar dari welding gun, wire feeder pada mesin las MIG ditempatkan terpisah dan ada juga yang menyatu dengan mesin las MIG
  3. Welding gun
 

Digunakan oleh welder untuk memandu kawat las dan gas pelindung ke zona las memulai proses pengelasan
  4. Regulator
 

Berfungsi untuk mengatur tekanan dan aliran gas pelindung yang keluar dari tabung gas
  5. Kabel las dan kabel kontrol
 

Pada mesin las terdapat kabel primer dan sekunder. Kabel primer menghubungkan sumber tenaga listrik menuju mesin las, Kabel sekunder adalah kabel yang digunakan untuk keperluan mengelas yang terdiri dari kabel yang terhubung dengan welding gun serta lainnya.



## 2. Pengertian Pemotong plasma

Pemotong plasma adalah teknik pemotongan logam menggunakan gas yang diberi aliran arus tinggi sehingga menciptakan plasma atau gas bermuatan partikel positif dan elektron bebas, kemudian energi tinggi dari plasma tersebut digunakan untuk mencairkan dan memotong logam.



Gambar 2. Mesin pemotong plasma

### a. Manual plasma cutting

Pemotong plasma manual adalah jenis mesin plasma portable yang memiliki ukuran kecil dan compact sehingga dapat digunakan di berbagai lokasi bahkan luar ruangan.

### b. Perlengkapan pemotong plasma manual

#### 1. Mesin pemotong plasma

Menyediakan arus listrik yang sangat tinggi untuk mengionisasi gas dan membentuk plasma

#### 2. Obor plasma(plasma torch)

Mengarahkan plasma ke permukaan logam yang akan di potong



Gambar 3. Obor plasma

### 3. Kompresor udara

Menyediakan pasokan gas(udara,nitrogen,atau oksigen) untuk membentuk plasma. Distribusi angin bertekanan di PT Laksana Bus Manufaktur dilakukan melalui

jaringan pipa yang terhubung dengan pos pos selang kompresor, sehingga memudahkan penggunaan pemotong plasma

### 3. Observasi Diagnostik Mesin Las dan Plasma

Diagnostik yang tepat merupakan hal yang penting untuk menganalisis kerusakan pada mesin las dan plasma. Mesin-mesin ini memiliki peran yang sangat vital dalam proses produksi, sehingga ketika terjadi kerusakan, penanganan yang cepat dan akurat menjadi sangat penting untuk mengurangi downtime dan memastikan kelancaran produksi. Proses diagnostik harus dilakukan secara menyeluruh, yang meliputi pemeriksaan sistem kelistrikan, tekanan udara, dan konektivitas komponen. Selain itu, kondisi komponen vital seperti elektroda pada mesin las dan nozzle pada pemotong plasma juga perlu diperiksa untuk mendeteksi keausan atau kerusakan yang dapat mempengaruhi kinerja mesin.

### 4. Penggunaan Teknik Diagnostik

Penggunaan alat bantu diagnostik yaitu alat ukur resistansi sangat membantu dalam mempercepat proses deteksi masalah. Dengan mengidentifikasi sumber kerusakan secara akurat, teknisi dapat menentukan langkah perbaikan yang paling efektif, apakah itu penggantian suku cadang, kalibrasi ulang, atau penyesuaian komponen mekanik. Selain itu, pentingnya penyediaan suku cadang yang memadai dan prosedur perbaikan yang standar yang siap digunakan, menjadi kunci untuk meminimalisir waktu tunggu saat melakukan perbaikan.



Gambar 4. Alat ukur resistansi digital

### 5. Penerapan teknik perbaikan

Dalam penerapan teknik perbaikan, kronologi penggunaan mesin juga memainkan peran penting. Dengan mencatat waktu dan frekuensi penggunaan, serta masalah yang sering terjadi, teknisi dapat lebih mudah menemukan pola yang mengindikasikan potensi kerusakan. Misalnya, jika mesin sering mengalami masalah pada waktu tertentu atau setelah periode penggunaan yang lama, informasi ini dapat digunakan untuk melakukan perawatan preventif atau perbaikan lebih awal. Kemampuan troubleshooting sangat krusial, karena keterampilan ini dapat mempercepat proses perbaikan dan memastikan bahwa masalah yang muncul dapat diselesaikan dengan segera, sehingga produksi tidak tertunda terlalu lama. Melalui pendekatan proaktif dalam melakukan diagnostik dan perbaikan yang tepat, downtime mesin las yang terlanjur bermasalah dapat diminimalisir secara signifikan.

Hasilnya, stabilitas output produksi dapat terjaga, dan kualitas hasil pengelasan tetap optimal.

Dalam hal menganalisa kerusakan kami mengetahui beberapa tahapan yang menjadi acuan dan dapat diterapkan untuk menganalisa kerusakan berbagai mesin-mesin kelistrikan lain. langkah-langkah yang dapat dilakukan, yaitu:

- a. Melakukan pengecekan input tegangan, yaitu jika mesin tersebut menggunakan kelistrikan 3 fasa maka tegangan input harus berada pada tegangan 380 V – 400 V. dan jika 1 fasa atau konvensional, maka tegangan input harus berada pada 200 V – 220 V



Gambar 5. Pengecekan input 3 fasa

- b. Melakukan pengecekan power supply, jika pada mesin las dan plasma yang digunakan di PT Laksana, umumnya menggunakan trafo, diode modul, dan lain sebagainya



Gambar 6. Dioda modul rusak

- c. Melakukan pengecekan Fuse atau Sekring, dapat diukur menggunakan multimeter maupun dilihat secara fisik apakah ada indikasi putus, terbakar, dan rusak



Gambar 7. Fuse putus

- d. Melakukan pengecekan secara visual,dengan melihat apakah ada indikasi korsleting,terbakar,meledak dan lain lain.



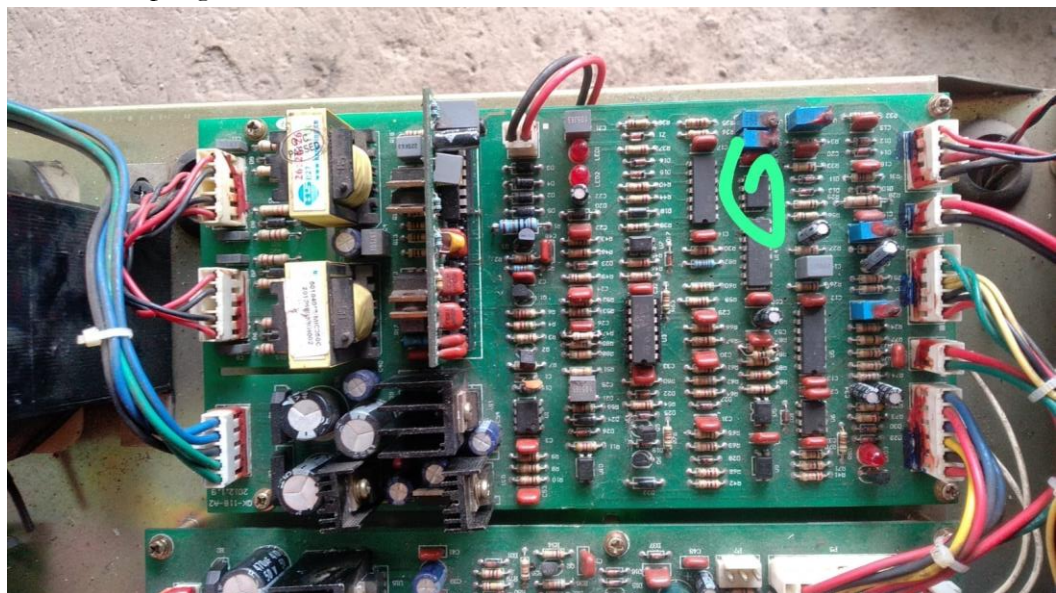
Gambar 8. Kapasitor yang pecah bagian atasnya

- e. Melakukan pengecekan inti,seperti mesin dan motor Listrik



Gambar 9. Motor wire feeder

- f. Melakukan pengecekan PCB atau PWM atau Board



Gambar 10. Salah satu ic pada pcb error

- g. Melakukan pengecekan controller,seperti push button,saklar,potensio,dan lain lain



Gambar 11. Pengecekan Potensio

### KESIMPULAN

Kerja praktek industri memberikan pengalaman langsung bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan teori perkuliahan ke dunia kerja, khususnya di bidang teknik elektro. Di PT Laksana Bus Manufaktur, mesin las Metal Inert Gas (MIG) dan pemotong plasma menjadi teknologi utama yang mendukung efisiensi dan kualitas produksi. Penerapan teknik diagnostik, seperti pemeriksaan kelistrikan, tekanan udara, dan analisis komponen vital, terbukti efektif dalam mengurangi downtime dan meningkatkan performa mesin. Penggunaan alat ukur resistansi mempercepat deteksi masalah, memungkinkan langkah perbaikan seperti penggantian suku cadang atau kalibrasi ulang dilakukan lebih efisien.

Melalui pendekatan diagnostik dan perbaikan yang proaktif, stabilitas produksi dapat terjaga dengan optimal. Selain itu, pengalaman ini memperluas wawasan mahasiswa, memperkenalkan teknik troubleshooting, serta pentingnya langkah preventif dalam pemeliharaan mesin. Hal ini memberikan kontribusi signifikan terhadap keberlanjutan operasional manufaktur dan pengembangan kompetensi profesional mahasiswa.

### SARAN

Untuk menjaga performa mesin las, beberapa langkah pemeliharaan perlu diterapkan secara konsisten. Pemeriksaan utama pada mesin las sebaiknya dilakukan sebelum digunakan untuk memastikan kondisi komponen tetap baik. Selain itu, mesin las harus dibersihkan secara rutin menggunakan kompresor atau sikat halus setiap hari setelah pemakaian guna mencegah akumulasi kotoran yang dapat mengganggu kinerja. Kalibrasi alat ukur dan penyesuaian pengaturan mesin las juga perlu dilakukan secara berkala, setidaknya setiap bulan, untuk memastikan akurasi dan efisiensi operasional. Pemeriksaan menyeluruh pada komponen inti dan pelumasan bagian mekanis harus menjadi bagian dari rutinitas perawatan guna menghindari kerusakan yang lebih serius. Di samping itu, memberikan pelatihan rutin kepada operator mengenai prosedur pengoperasian dan pemeliharaan mesin akan meningkatkan keterampilan dan pemahaman mereka, sehingga dapat mencegah kesalahan serta memperpanjang umur mesin. Langkah-langkah ini diharapkan dapat mendukung keberlanjutan produksi dengan efisiensi tinggi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas PGRI Semarang dan PT Laksana Bus Manufaktur atas kesempatan dan bimbingan selama pelaksanaan magang ini. Penghargaan khusus diberikan kepada dosen pembimbing, supervisor, mentor lapangan yang telah

memberikan arahan berharga. Juga kepada rekan rekan magang di PT. Laksana Bus Manufaktur

## REFERENSI

Zydan Irgi Fahrezy. *Perencanaan dan Penerapan Maintenance pada Mesin Las MIG dan TIG di Laksana Karoseri*. Science and Engineering National Seminar (SENS 8).

<https://junaidilas.blogspot.com/2023/09/pengantar-ke-dunia-teknik-pengelasan.html>

<https://junaidilas.blogspot.com/p/gmaw.html>

<https://www.pengelasan.net/las-mig/>

<https://www.facebook.com/groups/761668774738737/search/?q=suryaning%20dhahon>

<https://www.kawanlama.com/blog/ulasan/cara-kerja-plasma-cutting>

