

ISSN 3026-7579



<https://journal.jgu.ac.id/index.php/imejour>



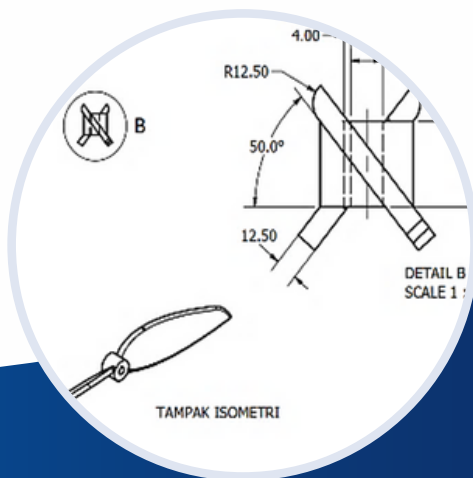
Integrated Mechanical Engineering Journal

IMEJOUR

Mei 2024

Vol. 2 No. 1

e-ISSN: 3026-7579



Jurusan Teknik Mesin
Universitas Global Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	-
DAFTAR ISI	i
DEWAN REDAKSI	ii
Perancangan dan Analisis Kinerja Sudu Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Tipe Darrieus (<i>Hamid, M Zaenudin, Ade Sunardi</i>)	1-9
Pengaruh Campuran Bahan Bakar Spirtus dengan Minyak Jelantah Terhadap Temperatur Ruang Burner (<i>M. Ridho Putra Nusantara, Adhes Gamayel, M Zaenudin, MUZ Priyadi</i>)	10-17
Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Propeller Udara Terhadap Kinerja Perahu Rawa (Swamp Boat) (<i>Ahmad Syakur, Ade Sunardi, M Zaenudin, YKP Saleh, Luqman SF</i>)	18-27
Analisis Stress Pada Modifikasi Ketebalan Velg Diameter 15 Inch Melalui Simulasi Pengujian Dynamic Cornering Fatigue Menggunakan Ansys Workbench (<i>Beltsazar Joy Panggabean, Adhes Gamayel, Ida Bagus Indra, M.U.Z. Priyadi; Mohamad Zaenudin</i>)	28-34
Pengaruh Perbedaan Panjang Lengan dan Lebar Sudu Terhadap Kinerja Turbin Tipe Darrieus (<i>Prengki Prabowo, Ade Sunardi, Mohamad Zaenudin</i>)	35-42
Analisis Desain Mold Plastic Injection Molding untuk produk Miswak Toothbrush dengan Software Fusion 360 (<i>Usbanu Ade Atmoko, Adhes Gamayel, Zulhamidi, M Luqman SF, MUZ Priyadi, M Zaenudin</i>)	43-57

DEWAN REDAKSI**Penanggung Jawab:**

Prof. Dr. apt. Eddy Yusuf., M.Pharm.
(Rektor Universitas Global Jakarta)

Penasihat:

Adhes Gamayel, PhD
(Wakil Rektor I Bidang Akademik)

Ketua Penyunting (Chief Editor):

Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng.

Penyunting Pelaksana (Section Editor):

1. M. Luqman Saiful Fikri, ST., MT.
2. M. Untung Zaenal Priyadi, ST., MT.
3. Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng.

Reviewer:

1. Mohamad Zaenudin, S.Pd., M.Sc.Eng.
2. Adhes Gamayel, PhD
3. Yasya Khalif Perdana Saleh, ST., M.Sc.
4. M. Luqman Saiful Fikri, ST., MT.
5. M. Untung Zaenal Priyadi, ST., MT.
6. Dr. Sidik Mulyono, ST., MT.
7. Fajar Mulyana, ST., MT.

Penyunting Pelaksana (Konten OJS):

1. Dian Nugraha, SST., M.IT.
2. Safira Faizah, S.Tr.Kom., M.IT.

Perancangan dan Analisis Kinerja Sudu Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Tipe *Darrieus*

Hamid¹, M Zaenudin^{1,*}, Ade Sunardi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received 01 April 2024 Revised 20 Mei 2024 Accepted 21 Mei 2024	Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang penting dalam kemajuan peradaban manusia, berkorelasi dengan peningkatan kualitas hidup dan industrialisasi. Turbin angin tipe Darrieus mampu beroperasi pada kondisi angin rendah dan variabel, dengan keunggulan menerima angin dari segala arah dan ditempatkan di berbagai lokasi. Penelitian ini menganalisis pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin tipe Darrieus. Data menunjukkan bahwa sudu dengan panjang lengan 35 cm menghasilkan gaya tertinggi 24,746 N, sedangkan panjang lengan 30 cm menghasilkan gaya terendah 1,425 N. Daya tertinggi diperoleh pada penggunaan 5 sudu sebesar 3,72 W, sementara daya terendah pada 4 sudu sebesar 0,47 W. Hasil ini menegaskan bahwa jumlah dan panjang sudu signifikan mempengaruhi kinerja turbin, berkontribusi pada pengembangan turbin angin yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
Keywords: Turbin <i>darrieus</i> PLTB Jumlah sudu Energi terbarukan	
*Corresponding Author: M Zaenudin Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia Email: mzaenudin@jgu.ac.id DOI: https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.11	

1. PENDAHULUAN

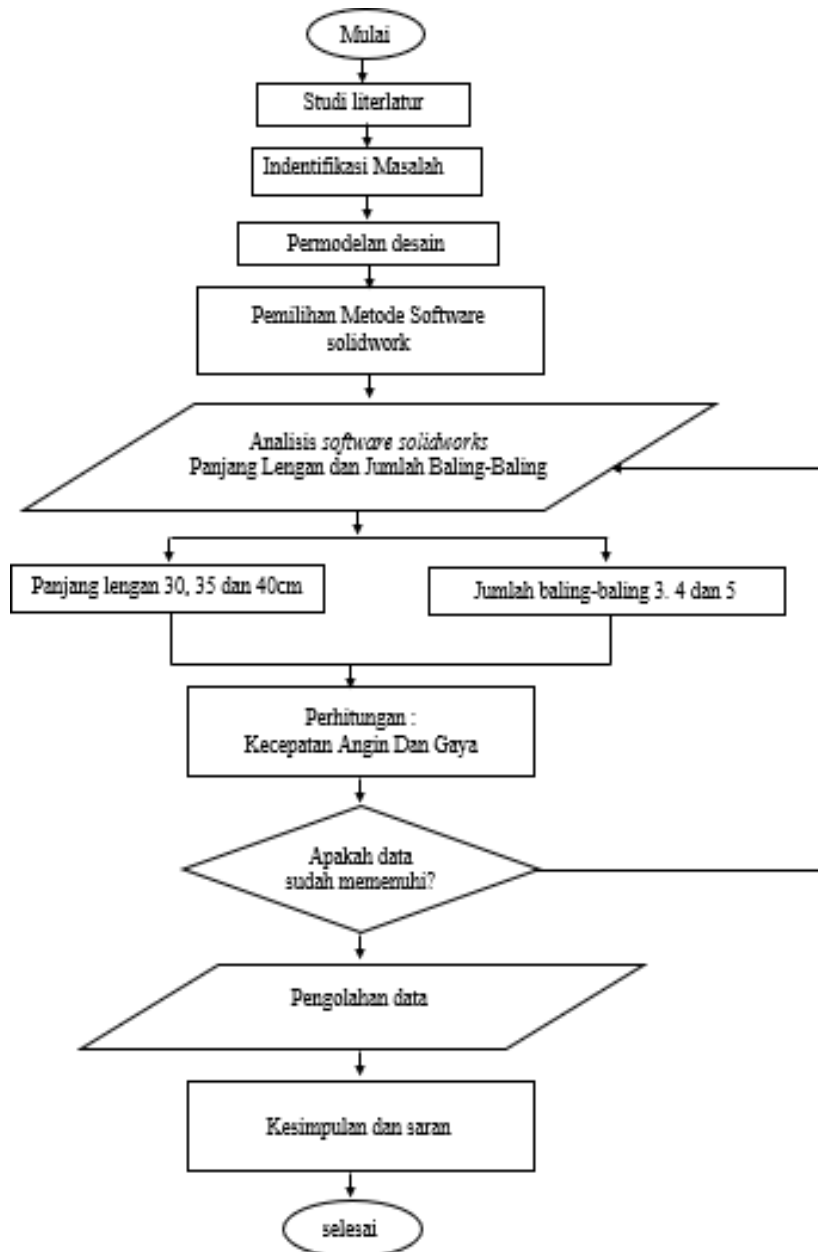
Energi angin adalah sumber energi bersih dan terbarukan yang menawarkan banyak manfaat, namun masih kurang populer dan belum banyak diterapkan secara optimal di Indonesia [1]. Sejarah kemajuan peradaban manusia selalu diiringi oleh peningkatan konsumsi energi, yang berhubungan langsung dengan peningkatan kualitas hidup dan kemajuan industrialisasi [2]. Turbin angin tipe darrieus adalah salah satu jenis turbin angin yang mampu beroperasi pada kondisi angin dengan kecepatan rendah dan berubah-ubah. Keunggulan utama dari turbin tipe Darrieus adalah kemampuannya untuk menerima angin dari segala arah, memungkinkan mekanisme turbin ini ditempatkan di berbagai lokasi, termasuk di samping rumah [3]. Turbin ini dapat beroperasi efektif meskipun dalam kondisi kecepatan angin yang lemah, sehingga cocok untuk lingkungan dengan angin yang tidak stabil. Dengan memperkenalkan dan mengimplementasikan teknologi turbin angin tipe darrieus, Indonesia dapat memanfaatkan potensi energi angin secara lebih efisien dan berkontribusi terhadap pengurangan emisi karbon serta peningkatan penggunaan energi terbarukan.

Energi angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini [4]. Pemanfaatan angin sebagai sumber energi telah lama dilakukan oleh manusia. Energi angin sangat fleksibel dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti pembangkit listrik. Ismail (2017) [5] dalam penelitiannya yang berjudul "Perancangan Turbin Angin Vertikal Tipe Darrieus untuk Penerangan Jalan Tol" menyusun turbin dengan dua bilah, sudut putaran bilah sebesar 30 derajat, diameter rotor sebesar 350 mm, dan ketinggian rotor

sebesar 1.050 mm. Turbin ini dirancang untuk beroperasi pada kecepatan rata-rata angin sebesar 2,1 m/s dan mampu menghasilkan daya sebesar 1.908 Wh, dimana energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan dalam akumulator sebesar 24 V dan bertahan selama 12 jam. Susio, Bambang Widodo, dan tim (2019) [6] dalam penelitian mereka yang berjudul "Pengaruh Jumlah Bilah dan Sudut Pasang Terhadap Daya Turbin Angin H-Darrieus Termodifikasi sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Skala Rumah Tangga" mendesain bilah menggunakan airfoil dan profil yang memberikan daya keluaran optimal pada sudut pasang tertentu. Turbin angin ini didesain dengan 3, 4, dan 5 bilah, dengan sudut pasang yang dapat diatur untuk mendapatkan daya optimal dari masing-masing desain. Norbertus Dodi (2020) [7] dalam penelitiannya yang berjudul "Pengaruh Jumlah Bilah terhadap Kinerja Turbin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H" menemukan bahwa turbin angin dengan variasi dua bilah masih membutuhkan bantuan untuk melakukan putaran awal. Hal ini disebabkan oleh aliran udara yang menerobos melalui celah-celah di tengah turbin, yang mengakibatkan turbin berhenti pada putaran rendah. Penelitian-penelitian ini (termasuk penelitian lainnya pada referensi [8,9]) menunjukkan bahwa desain dan konfigurasi bilah turbin sangat mempengaruhi kinerja dan efisiensi turbin angin. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor ini, energi angin dapat dimanfaatkan secara lebih efektif untuk memenuhi kebutuhan energi terbarukan di berbagai skala aplikasi.

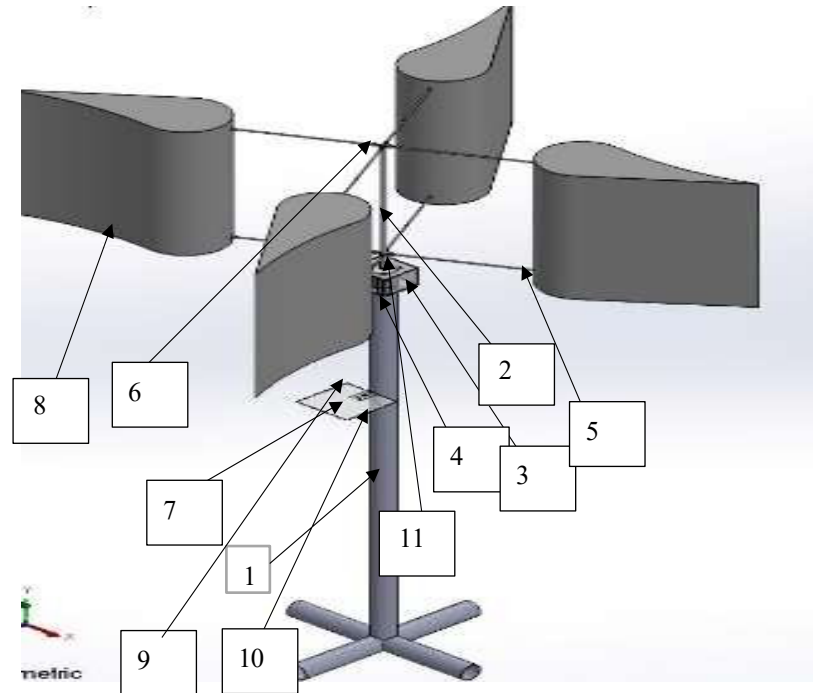
2. METODE

Tahapan-tahapan proses yang dilakukan dalam penyelesaian penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

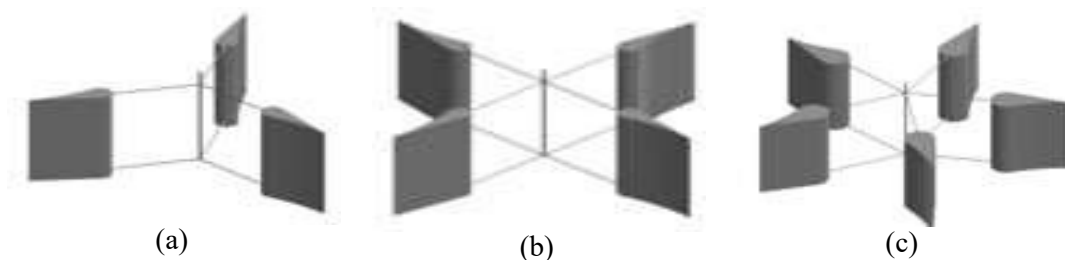
Desain turbin tipe *darrieus* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Sudu-sudu yang digambarkan pada Gambar 2 akan dibuat bervariasi berdasarkan jumlah sudunya. Jumlah sudu yang akan diteliti pada penelitian ini yaitu 3, 4, dan 5. Selain jumlah sudu, panjang lengan sudu juga dibuat bervariasi, mulai dari 30 cm (3 buah sudu), 35 cm (4 buah sudu), dan 40 cm (5 buah sudu). Perbedaan jumlah sudu dan panjang lengan sudu ini akan disimulasikan dengan menggunakan piranti lunak Solidworks® versi *student*. Meskipun jumlah node/elmennya cenderung terbatas, namun pada penelitian ini dirasa sudah cukup memenuhi keperluan analisis yang dilakukan. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi dinamika fluida menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD). Secara umum, simulasi melibatkan angin yang berhembus dengan kecepatan tertentu (yaitu berkisar antara 2,1 m/s sampai dengan 4,3 m/s) dan mengenai sudu. Hasil dari simulasi tersebut adalah gaya dorong, yang kemudian dikonversi sedemikian rupa menjadi daya. Hasil dari simulasi tersebut kemudian dibandingkan juga dengan hasil eksperimen.



Gambar 2. Skema Racangan alat turbin angin tipe *darrieus*.

Keterangan:

1. Pipa besi Black steel
2. Poros besi
3. Mur baut
4. Generator
5. Long drat
6. Long nut
7. Fitting lampu
8. Plat aluminium
9. Lampu
10. Akrilik
11. Bearing



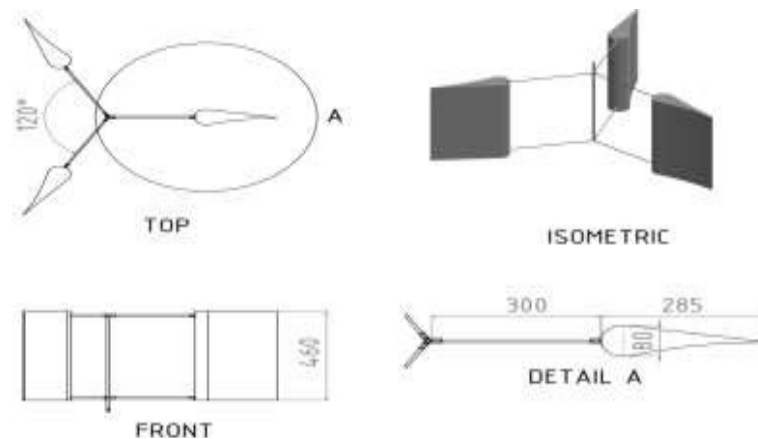
Gambar 3. Variasi desain dengan perbedaan pada jumlah sudu untuk (a) 3 buah sudu, (b) 4 buah sudu, dan (c) 5 buah sudu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

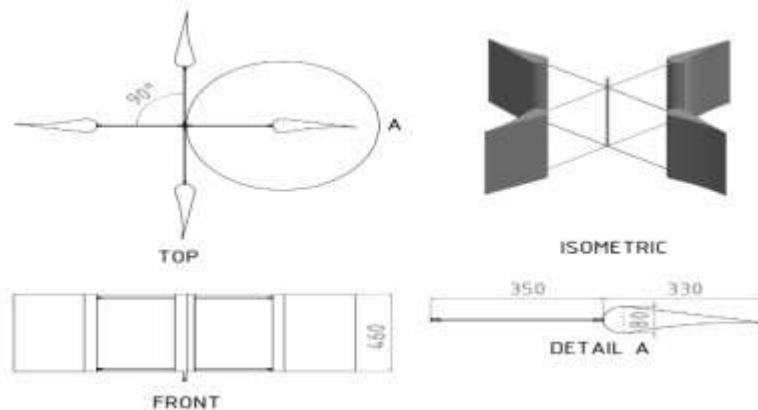
3.1. Detail desain

Desain yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5, dengan masing-masing jumlah sudu 3, 4, dan 5. Lengan yang digunakan pada desain ini yaitu berjumlah dua yang ada pada masing-masing ujung sudu. Desain ini dianggap merupakan posisi paling pas dalam hal optimasi daya yang dikeluarkan, maupun kekuatan desainnya. Lebih lanjut lagi, sudut yang dibuat berdasarkan jumlah sudu dirancang sedemikian rupa agar

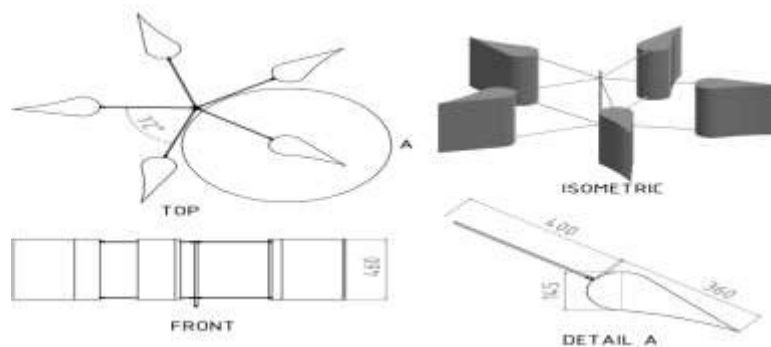
memiliki nilai yang sama besar atau dibagi rata, dimana 3 buah sudu memisahkan 120° antara masing-masing sudu, 4 buah sudu memisahkan 90° antara masing-masing sudu, dan 5 buah sudu memisahkan 72° antara masing-masing sudu. Desain ini dibuat sedemikian rupa untuk kemudian dapat disimulasikan bagaimana karakteristik aliran angin yang melaluinya, sehingga didapatkan jumlah sudu dan panjang lengan yang paling baik untuk desain yang diusulkan.



Gambar 4. Detail desain sudu pada turbin angin tipe *darrieus* dengan 3 sudu.



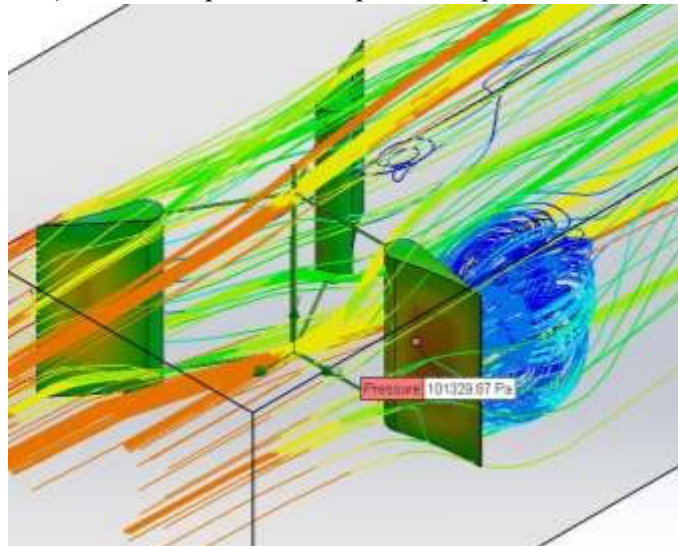
Gambar 5. Detail desain sudu pada turbin angin tipe *darrieus* dengan 4 sudu.



Gambar 6. Detail desain sudu pada turbin angin tipe *darrieus* dengan 5 sudu.

3.2. Simulasi CFD dan eksperimen

Simulasi CFD dilakukan sedemikian rupa untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan gaya dan daya yang berpotensi dapat dihasilkan melalui perangkat PLTB (Pembangkit Listrik Tipe Bayu (Angin)). Data tersebut selanjutnya dilakukan konfirmasi melalui pengujian secara langsung (eksperimen). Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 7. Contoh cuplikan simulasi CFD pada salah satu desain sudu.

Tabel 1. Data hasil simulasi dan eksperimen pada berbagai jumlah sudu.

No	v (m/s)	3 buah sudu			4 buah sudu			5 buah sudu		
		F (N)	P Sim (Watt)	P Eks (Watt)	F (N)	P Sim (Watt)	P Eks (Watt)	F (N)	P Sim (Watt)	P Eks (Watt)
1	2,2	0,744	0,33	0,51	1,472	0,47	0,84	3,139	0,84	1,44
2	2,9	1,286	0,44	0,66	1,579	0,49	0,87	3,64	0,86	1,65
3	3,1	1,472	0,47	0,66	1,873	0,53	0,93	3,64	0,86	1,83
4	3,4	1,783	0,52	0,78	1,873	0,53	1,08	3,806	0,88	1,89
5	3,6	1,98	0,55	0,84	3,245	0,7	1,14	3,806	0,88	2,04
6	3,6	1,98	0,55	0,87	3,996	0,78	1,17	4,356	0,94	2,04
7	3,7	2,092	0,56	1,08	3,996	0,78	1,29	4,742	0,98	2,76
8	4,2	2,463	0,58	1,17	4,113	0,79	1,35	4,742	0,98	3,15
9	3,9	2,335	0,59	1,17	4,275	0,8	1,41	4,942	1,00	3,45
10	3,9	2,335	0,59	1,38	4,778	0,85	1,47	5,35	1,04	3,66
11	4,0	2,463	0,61	1,47	4,778	0,85	1,50	5,561	1,06	3,72

Keterangan:

v = kecepatan angin (m/s)

F = gaya (N)

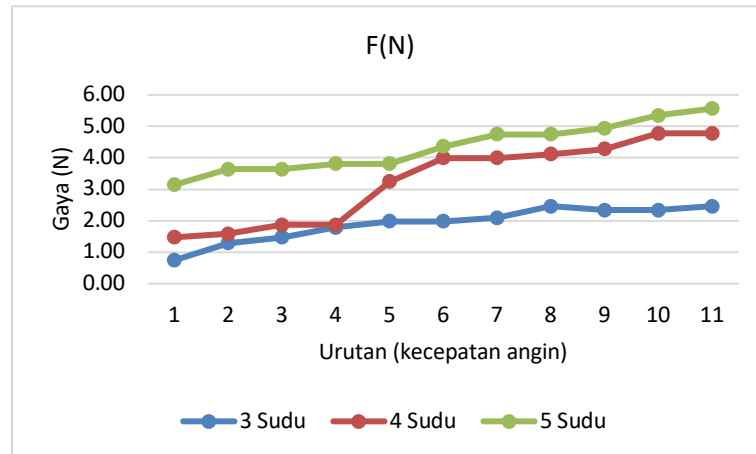
P = daya (Watt)

Sim = nilai hasil simulasi

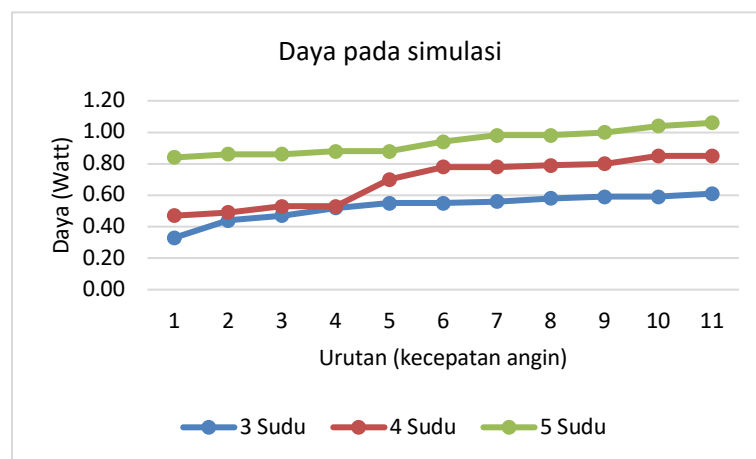
Eks = nilai hasil eksperimen

Peningkatan jumlah daya dan gaya yang dihasilkan, baik melalui simulasi maupun eksperimen, menunjukkan bahwa peningkatan-peningkatan tersebut terjadi mendekati linier. Di mana, peningkatan-peningkatan tersebut juga dipengaruhi oleh jumlah sudu, yaitu sudu dengan jumlah lebih banyak memiliki kecenderungan hasil gaya dan daya yang lebih besar. Namun demikian, dalam penelitian ini hanya difokuskan pada penelitian dengan jumlah sudu 3, 4, dan 5, yang mana di luar jumlah itu, misalnya lebih kecil dapat dimungkinkan gaya dan dayanya lebih kecil, serta jumlah sudu yang lebih banyak dapat dimungkinkan gaya dan daya

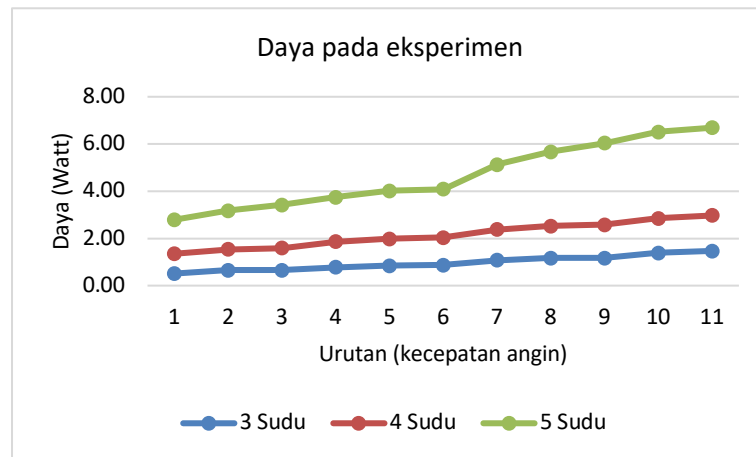
yang lebih besar. Namun demikian, dalam beberapa kasus, terkadang terjadi beberapa keterbatasan, misalnya terjadi fenomena *plateau* atau bahkan penurunan. Bahkan, jumlah sudu genap untuk turbin angin tipe *darrieus* cenderung dihindari, karena akan memberikan dorongan secara bersama-sama pada dua sisi sudu, yang berakibat pada resistensi putaran, sehingga memperkecil daya yang dihasilkan, bukannya justru memperbesar. Oleh sebab itu, beberapa penyesuaian perlu dilakukan, dan dikonfirmasi melalui pengujian yang serupa. Grafik-grafik pada Gambar 8, 9, dan 10 menunjukkan tren kenaikan pada gaya dan daya (simulasi dan eksperimen) yang mana diharapkan hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai karakteristik kinerja turbin tipe *darrieus* dengan jumlah sudu yang bervariasi.



Gambar 8. Grafik besar gaya hasil simulasi CFD.



Gambar 9. Grafik daya yang dihasilkan hasil simulasi.



Gambar 10. Grafik daya yang dihasilkan hasil eksperimen.

4. KESIMPULAN

Desain, simulasi, dan eksperimen turbin angin tipe *darrieus* telah dilakukan, dan hasilnya telah disampaikan dan didiskusikan dengan menyeluruh. Kesimpulan yang dapat diambil adalah, bahwa pada turbin angin tipe *darrieus*, jumlah sudu 3, 4, dan 5 menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu dapat meningkatkan jumlah daya yang dihasilkan. Peningkatan juga terjadi dikarenakan peningkatan kecepatan angin. Namun demikian, pada desain penelitian ini, perlu dilihat juga bahwa turbin tipe *darrieus* perlu memiliki kekuatan yang baik, agar angin yang dilaluinya mampu ditopang dan dikonversi menjadi energi listrik. Jika kekuatannya kurang, baik dari sisi lengan maupun desain sudu, maka kecepatan angin yang diperbolehkan dimungkinkan menurun, karena khawatir justru akan merusak sudu. Oleh sebab itu, kombinasi kekuatan struktur dan jumlah sudu berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh PLTB tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Global Jakarta atas kesempatan dan penyediaan fasilitasnya selama menyelesaikan penelitian ini.

REFERENCES

- [1] A. Prasetyo. (2019). Studi potensi penerapan dan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- [2] M. Bhattacharya, S. R. Paramati, I. Ozturk, & S. Bhattacharya. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741.
- [3] R. Taufiqurrahman & V. Suphandani. (2017). Studi Numerik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Jumlah Sudu dan Kecepatan Angin. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), B13-B18.
- [4] P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, H. Mikulcic, & S. Kalogirou. (2020). Sustainable development using renewable energy technology. *Renewable energy*, 146, 2430-2437.
- [5] I. Ismail, E. Pane, & T. Triyanti. (2017). Optimasi perancangan turbin angin vertikal tipe darrieus untuk penerangan di jalan tol. *Prosiding Semnastek*.
- [6] S. Susio, B. Widodo, E. M. Silalahi, & A. Priyono. (2019). Pengaruh jumlah bilah dan sudut pasang terhadap daya turbin angin H-Darrieus termodifikasi sebagai

- pembangkit tenaga listrik skala rumah tangga. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 12(2), 92-98.
- [7] D. Nobertus. (2020). PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE DARRIEUS-H. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 18(1), 55-69.
- [8] A. Suandi, A. Sunardi, I. B. Indra, M. Zaenudin, & A. Gamayel. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 12(3), 168-173.
- [9] M. N. Hanif, M. Zaenudin, & Y.K.P. Saleh. (2023). Analisis sistem solar tracker terhadap daya yang dihasilkan untuk irigasi hidroponik tenaga panel surya. *JURNAL CRANKSHAFT*, 6(2), 21-36.

PENGARUH CAMPURAN BAHAN BAKAR SPIRTUS DENGAN MINYAK JELANTAH TERHADAP TEMPERATUR RUANG BURNER

Muhammad Ridho Putra Nusantara¹, Adhes Gamayel¹, M. Zaenudin¹,
M.U.Z. Priyadi^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

Article Info

Article history:

Received 03 April 2024

Revised 20 Mei 2024

Accepted 21 Mei 2024

Keywords:

Bahan Bakar Alternatif
Minyak Jelantah
Metanol
Temperatur Ruang Bakar
Karakteristik Pembakaran

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh campuran bahan bakar spiritus dan minyak jelantah terhadap suhu ruang bakar. Tujuannya adalah menemukan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan dan efisien. Metode yang digunakan melibatkan pengukuran suhu pada ruang bakar dengan burner silindris menggunakan termokopel tipe K. Campuran bahan bakar diuji dalam berbagai persentase, mulai dari 100% spiritus hingga 80% minyak jelantah. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan persentase minyak jelantah meningkatkan densitas dan viskositas campuran tetapi menurunkan suhu ruang bakar. Suhu tertinggi (98°C) dicapai dengan spiritus murni, sedangkan suhu terendah (42°C) dicapai dengan campuran 20% spiritus dan 80% minyak jelantah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran spiritus dan minyak jelantah memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif, meskipun diperlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

*Corresponding Author:

M.U.Z. Priyadi

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

Email: aemuzap@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.24>

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat telah mendorong peningkatan konsumsi energi secara global. Ketergantungan yang tinggi terhadap bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara, telah menimbulkan berbagai permasalahan, mulai dari kelangkaan sumber daya hingga dampak negatif terhadap lingkungan. Situasi ini mendorong para peneliti dan ilmuwan untuk mencari alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui [1]. Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penggunaan bahan bakar alternatif yang berasal dari sumber daya terbarukan. Dalam konteks ini, spiritus dan minyak jelantah muncul sebagai kandidat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif. Spiritus atau metanol, yang merupakan hasil destilasi alkohol, telah lama dikenal sebagai bahan bakar yang mudah terbakar dan relatif bersih. Di sisi lain, minyak jelantah, yang merupakan limbah dari penggunaan minyak goreng, memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar, alih-alih dibuang dan mencemari lingkungan [2].

Penggunaan spiritus sebagai bahan bakar telah diteliti dalam berbagai konteks. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa spiritus memiliki karakteristik pembakaran yang baik, dengan titik nyala yang rendah dan pembakaran yang relatif bersih [3]. Namun, penggunaan

spiritus murni sebagai bahan bakar memiliki beberapa keterbatasan, termasuk nilai kalor yang relatif rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil konvensional.

Minyak jelantah, di sisi lain, telah menarik perhatian sebagai bahan baku potensial untuk produksi biodiesel. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa minyak jelantah dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi, menghasilkan bahan bakar yang memiliki karakteristik serupa dengan diesel konvensional [4]. Namun, penggunaan langsung minyak jelantah sebagai bahan bakar masih terbatas karena viskositasnya yang tinggi dan kandungan air yang dapat mengganggu proses pembakaran. Mengingat karakteristik yang saling melengkapi antara spiritus dan minyak jelantah, muncul gagasan untuk menggabungkan keduanya sebagai campuran bahan bakar. Hipotesis yang mendasari pendekatan ini adalah bahwa campuran kedua bahan tersebut dapat menghasilkan bahan bakar dengan karakteristik yang lebih baik dibandingkan penggunaan masing-masing bahan secara terpisah. Spiritus diharapkan dapat meningkatkan kemampuan pembakaran dan mengurangi viskositas minyak jelantah, sementara minyak jelantah dapat meningkatkan nilai kalor campuran bahan bakar [5].

Salah satu aspek kritis dalam pengembangan bahan bakar alternatif adalah pemahaman mendalam tentang karakteristik pembakarannya. Suhu ruang bakar merupakan parameter kunci yang dapat memberikan wawasan tentang efisiensi dan kinerja bahan bakar. Suhu yang lebih tinggi umumnya mengindikasikan pembakaran yang lebih efisien dan pelepasan energi yang lebih besar. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan masalah seperti pembentukan NOx yang berlebihan atau kerusakan pada komponen mesin [6].

Dalam konteks ini, penelitian tentang pengaruh campuran bahan bakar spiritus dengan minyak jelantah terhadap suhu ruang bakar burner menjadi sangat relevan dan penting. Burner, sebagai perangkat yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan rumah tangga untuk menghasilkan panas, menawarkan platform yang ideal untuk menguji dan menganalisis karakteristik pembakaran campuran bahan bakar ini [7].

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai komponen bahan bakar tidak hanya menawarkan solusi untuk pengelolaan limbah, tetapi juga membuka peluang untuk menciptakan nilai tambah dari bahan yang sebelumnya dianggap sebagai limbah. Sementara itu, penggunaan spiritus, yang dapat diproduksi dari berbagai sumber biomassa, mendukung pengembangan sumber energi terbarukan [8]. Hasil dari penelitian ini tidak hanya akan bermanfaat bagi komunitas ilmiah, tetapi juga dapat memiliki implikasi praktis bagi industri dan pembuat kebijakan dalam upaya mereka untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mempromosikan penggunaan sumber energi yang lebih ramah lingkungan [9].

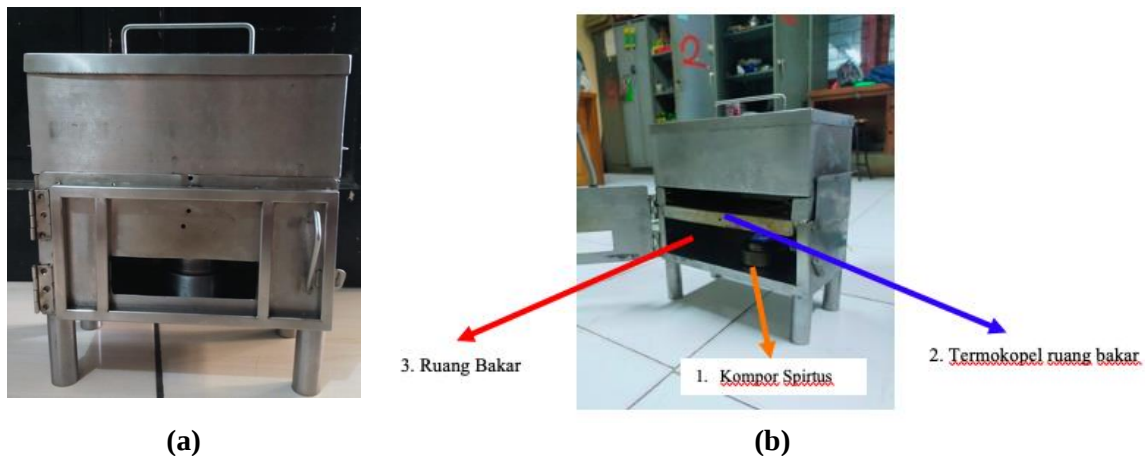
2. METODE

Eksperimen dilakukan menggunakan sebuah burner silindris dengan luar diameter 7 cm dan tinggi 15 cm diletakan pada ruang bakar berbentuk persegi panjang. Untuk mengukur suhu ruang bakar, digunakan termokopel tipe K (dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu - 200°C sampai 1372°C) yang dipasang di tiga titik berbeda pada dinding ruang bakar. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan sistem akuisisi datalogger Benetech GM1312 Digital Thermometer yang merekam data secara real-time. Bahan bakar dimasukkan ke dalam burner bahan bakar sebanyak 50 ml tiap pengujian.

Table 1. Campuran bahan bakar spiritus (S) dan minyak jelantah (MJ)

No.	Volume Spiritus (ml)	Volume Minyak Jelantah (ml)	Persentase Campuran
1	50	0	100% S + 0% MJ
2	40	10	80% S + 20% MJ
3	30	20	60% S + 40% MJ
4	25	25	50% S + 50% MJ
5	20	30	40% S + 60% MJ
6	12,5	37,5	25% S + 75% MJ
7	10	40	20% S + 80% MJ

Setiap campuran bahan bakar disiapkan dengan mencampurkan spiritus dan minyak jelantah dalam gelas ukur presisi dan diaduk menggunakan pengaduk selama 5 menit untuk memastikan homogenitas campuran. Sebelum setiap percobaan, burner dibersihkan dan dikondisikan untuk memastikan konsistensi kondisi awal. Ruang bakar dikeringkan menggunakan udara panas selama 5 menit untuk menghilangkan kelembaban. Setelah itu, burner didinginkan hingga mencapai suhu kamar ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) sebelum memulai percobaan. Untuk setiap campuran bahan bakar, percobaan dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan reproduibilitas hasil dengan pengukuran suhu dilakukan setiap 30 detik. Data suhu dari ketiga titik pengukuran dirata-ratakan untuk mendapatkan suhu ruang bakar representatif. Skema peralatan eksperimental ditunjukkan pada Gambar 1, yang mencakup burner, sistem pengukuran suhu, sistem suplai bahan bakar, dan peralatan analisis gas buang.



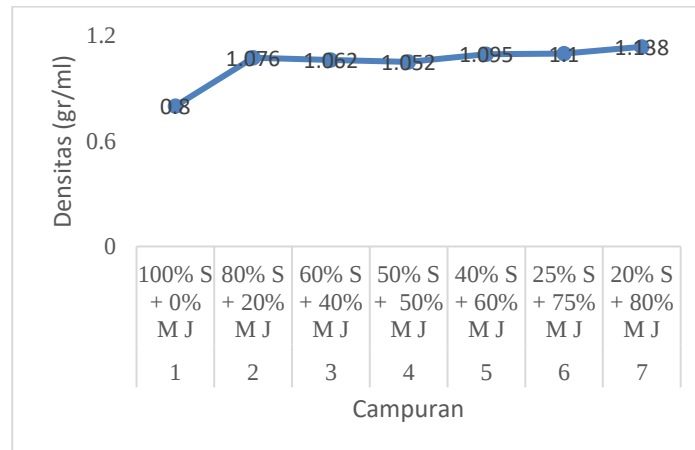
Gambar 1. (a) Burner bahan bakar tampak depan, (b) Burner bahan bakar tampak samping .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh campuran bahan bakar spiritus dengan minyak jelantah terhadap karakteristik fisik campuran, khususnya densitas, viskositas dan temperature pembakarannya. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perubahan signifikan pada semua parameter tersebut seiring dengan variasi komposisi campuran.

3.1. PENGARUH CAMPURAN TERHADAP DENSITAS

Densitas campuran bahan bakar mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase minyak jelantah. Spiritus murni memiliki densitas terendah sebesar 0,80 g/ml, sementara campuran dengan komposisi 20% spiritus dan 80% minyak jelantah menunjukkan densitas tertinggi sebesar 1,138 g/ml. Peningkatan densitas ini dapat dijelaskan oleh perbedaan massa jenis antara spiritus dan minyak jelantah, di mana minyak jelantah memiliki densitas yang lebih tinggi seperti ditunjukan pada Gambar 2 [2]. Fenomena ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa penambahan minyak nabati ke dalam bahan bakar alkohol cenderung meningkatkan densitas campuran [10].



Gambar 2. Grafik pengaruh berbagai macam campuran bahan bakar terhadap densitas.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan densitas tidak bersifat linear terhadap penambahan persentase minyak jelantah. Hal ini mengindikasikan adanya interaksi molekuler kompleks antara spiritus dan minyak jelantah yang mempengaruhi sifat fisik campuran. Menurut Lapuerta et al. (2010), interaksi ini dapat disebabkan oleh perbedaan struktur molekul dan polaritas antara komponen alkohol dan minyak [11].

Peningkatan densitas campuran bahan bakar memiliki implikasi penting terhadap karakteristik pembakaran. Densitas yang lebih tinggi umumnya berkorelasi dengan peningkatan nilai kalor volumetrik, yang dapat meningkatkan output energi per volume bahan bakar [12]. Namun, Rakopoulos et al. (2011) mengingatkan bahwa densitas yang terlalu tinggi juga dapat mempengaruhi proses atomisasi bahan bakar, yang pada gilirannya dapat berdampak pada efisiensi pembakaran [13].

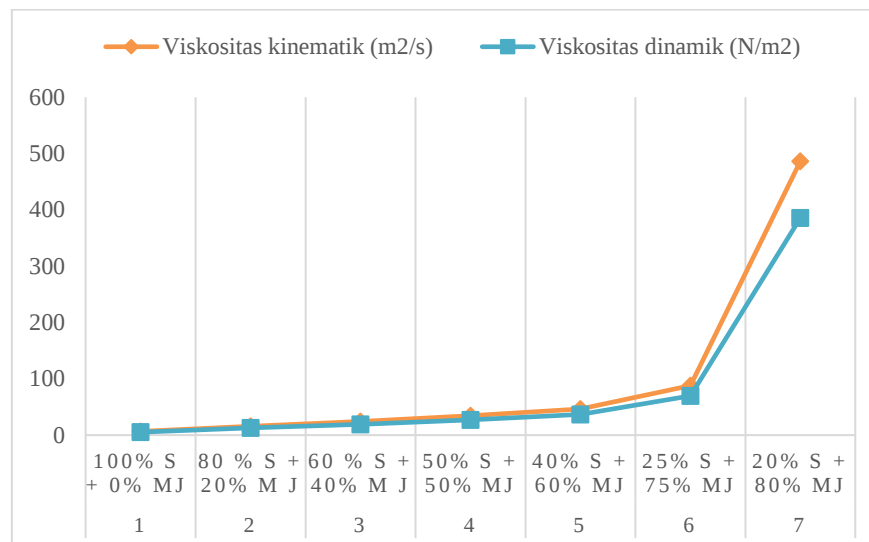
Selain itu, variasi densitas yang diamati dalam penelitian ini memiliki potensi untuk optimasi campuran bahan bakar sesuai dengan kebutuhan aplikasi spesifik. Misalnya, campuran dengan densitas lebih rendah mungkin lebih cocok untuk sistem injeksi bahan bakar tertentu, sementara campuran dengan densitas lebih tinggi dapat memberikan keuntungan dalam hal penyimpanan energi per volume [14].

3.2. PENGARUH CAMPURAN TERHADAP VISKOSITAS

Pada Gambar 3 viskositas campuran menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dengan bertambahnya proporsi minyak jelantah. Viskositas kinematik meningkat dari 6,66 m^2/s untuk spiritus murni hingga 486,22 m^2/s untuk campuran dengan 80% minyak jelantah. Peningkatan viskositas yang drastis ini dapat dikaitkan dengan karakteristik minyak jelantah yang memiliki viskositas jauh lebih tinggi dibandingkan spiritus [15]. Viskositas yang tinggi pada campuran dengan persentase minyak jelantah yang besar dapat mempengaruhi proses atomisasi bahan bakar, yang pada gilirannya dapat berdampak pada efisiensi pembakaran [16].

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa peningkatan viskositas tidak linear terhadap penambahan minyak jelantah. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh teori Grunberg-Nissan, yang menyatakan bahwa viskositas campuran dipengaruhi oleh interaksi molekuler antara komponen-komponennya [17]. Dalam konteks ini, interaksi antara molekul spiritus yang polar dengan trigliserida dalam minyak jelantah dapat menghasilkan efek sinergis pada viskositas campuran.

Peningkatan viskositas yang signifikan memiliki implikasi penting terhadap kinerja mesin dan karakteristik pembakaran. Menurut Knothe dan Steidley (2005), viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan atomisasi bahan bakar yang buruk, pembentukan droplet yang lebih besar, dan penetrasi semprot yang tidak optimal [18]. Hal ini dapat mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna, peningkatan emisi partikulat, dan potensi pembentukan deposit pada komponen mesin [19].



Gambar 3. Grafik pengaruh berbagai macam campuran bahan bakar terhadap viskositas kinematik & viskositas dinamik.

Namun, Dwivedi et al. (2011) menunjukkan bahwa peningkatan viskositas dalam batas tertentu dapat memiliki efek positif, seperti peningkatan pelumasan pada komponen sistem bahan bakar, yang dapat memperpanjang umur komponen tersebut [20]. Oleh karena itu, optimasi viskositas campuran menjadi krusial untuk mencapai keseimbangan antara kinerja pembakaran dan durabilitas mesin.

Untuk mengatasi masalah viskositas yang terlalu tinggi, beberapa strategi dapat dipertimbangkan. Misalnya, pemanasan awal bahan bakar sebelum injeksi, yang dapat menurunkan viskositas secara signifikan [21]. Alternatif lain adalah penggunaan aditif penurun viskositas atau pencampuran dengan bahan bakar lain yang memiliki viskositas lebih rendah untuk mencapai karakteristik yang diinginkan [22].

3.3. PENGARUH CAMPURAN TERHADAP TEMPERATUR RUANG BURNER

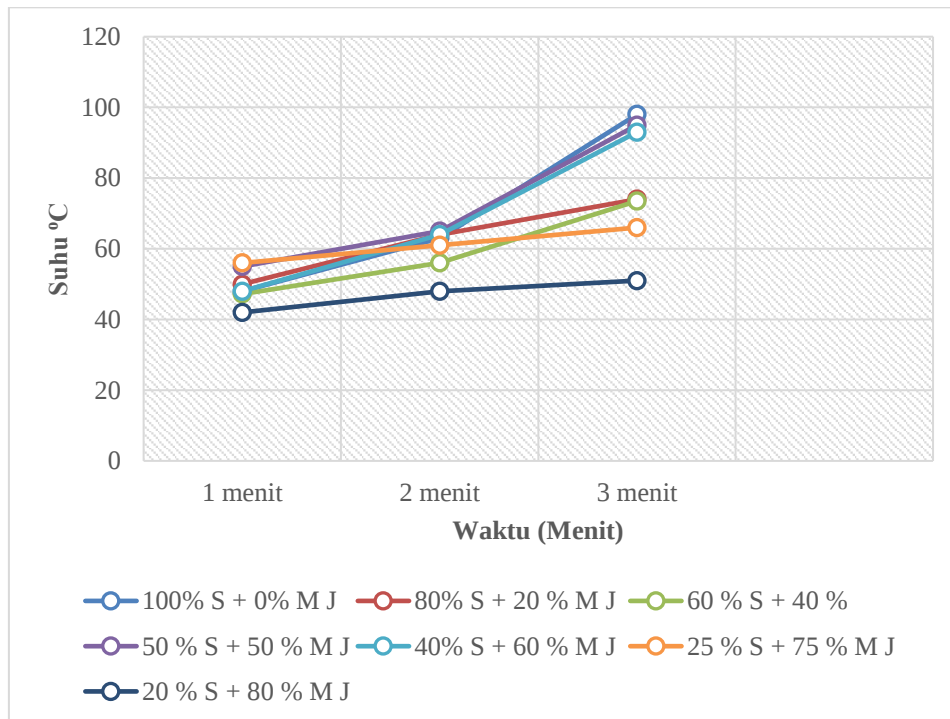
Pengujian temperatur ruang bakar burner bertujuan untuk mengetahui suhu yang dihasilkan dari pembakaran variasi campuran bahan bakar spiritus dengan minyak jelantah, dengan mempertimbangkan pengaruh waktu lama nyala api. Pengambilan data dilakukan dengan membakar satu per satu variasi campuran bahan bakar menggunakan kompor spiritus, dan pengukuran suhu ruang bakar menggunakan termokopel tipe K.

Hasil pengujian pada Gambar 4 menunjukkan bahwa komposisi campuran bahan bakar dan lama waktu nyala api memiliki pengaruh signifikan terhadap temperatur ruang bakar. Temperatur tertinggi diperoleh dari campuran 100% Spiritus (50 ml Spiritus + 0 ml Minyak Jelantah) dengan waktu nyala api selama 3 menit, menghasilkan suhu 98°C. Sebaliknya, temperatur terendah dihasilkan oleh campuran 20% Spiritus + 80% Minyak Jelantah (10 ml Spiritus + 40 ml Minyak Jelantah) dengan waktu nyala api selama 1 menit, menghasilkan suhu 42°C.

Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa penambahan minyak jelantah cenderung menurunkan temperatur ruang bakar. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, perbedaan nilai kalor antara spiritus dan minyak jelantah. Menurut Demirbas (2008), spiritus (etanol) memiliki nilai kalor sekitar 26,8 MJ/kg, sementara minyak jelantah memiliki nilai kalor yang lebih tinggi, sekitar 39-41 MJ/kg [23]. Namun, meskipun minyak jelantah memiliki nilai kalor yang lebih tinggi, karakteristik pembakarannya yang berbeda dapat mempengaruhi efisiensi transfer panas ke ruang bakar.

Kedua, perbedaan viskositas antara spiritus dan minyak jelantah mempengaruhi proses atomisasi dan pencampuran bahan bakar dengan udara. Menurut Knothe dan Steidley (2005), viskositas yang lebih tinggi pada campuran dengan persentase minyak jelantah yang lebih

besar dapat menyebabkan atomisasi yang kurang optimal, menghasilkan droplet bahan bakar yang lebih besar dan pembakaran yang kurang efisien [18]. Hal ini dapat menjelaskan mengapa campuran dengan persentase minyak jelantah yang lebih tinggi cenderung menghasilkan temperatur ruang bakar yang lebih rendah.



Gambar 4. Grafik pengaruh berbagai macam campuran bahan bakar terhadap temperatur ruang bakar burner.

Ketiga, kandungan oksigen dalam bahan bakar juga mempengaruhi karakteristik pembakaran. Spiritus memiliki kandungan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan minyak jelantah, yang dapat mempromosikan pembakaran yang lebih lengkap dan efisien. Lapuerta et al. (2008) menjelaskan bahwa kandungan oksigen yang lebih tinggi dalam bahan bakar dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, terutama dalam kondisi campuran kaya bahan bakar [11].

Pengaruh waktu nyala api terhadap temperatur ruang bakar juga signifikan. Peningkatan waktu nyala api dari 1 menit ke 3 menit konsisten menghasilkan temperatur yang lebih tinggi untuk semua komposisi campuran. Hal ini dapat dijelaskan oleh akumulasi panas dalam ruang bakar seiring berjalannya waktu. Menurut Turns (2011), transfer panas dalam ruang bakar melibatkan mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi, yang memerlukan waktu untuk mencapai kesetimbangan termal [24].

Implikasi praktis dari temuan ini adalah pentingnya optimasi komposisi campuran bahan bakar dan waktu operasi untuk mencapai temperatur ruang bakar yang diinginkan. Untuk aplikasi yang memerlukan temperatur tinggi dalam waktu singkat, penggunaan spiritus murni atau campuran dengan persentase spiritus yang tinggi mungkin lebih sesuai. Sebaliknya, untuk aplikasi yang memerlukan pembakaran yang lebih lama dengan temperatur yang lebih moderat, campuran dengan persentase minyak jelantah yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dibahas tentang pengaruh campuran bahan bakar spiritus dengan minyak jelantah ini dapat ditarik kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Komposisi campuran bahan bakar spiritus dan minyak jelantah memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik campuran, terutama densitas dan viskositas.

Densitas campuran meningkat dari 0,80 g/ml untuk spiritus murni hingga 1,138 g/ml untuk campuran dengan 80% minyak jelantah. Sementara itu, viskositas kinematik meningkat drastis dari 6,66 m²/s untuk spiritus murni hingga 486,22 m²/s untuk campuran dengan 80% minyak jelantah. Peningkatan ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik antara spiritus dan minyak jelantah serta interaksi molekuler antara keduanya.

2. Temperatur ruang bakar burner dipengaruhi secara signifikan oleh komposisi campuran bahan bakar dan lama waktu nyala api. Temperatur tertinggi (98°C) dicapai oleh spiritus murni dengan waktu nyala api 3 menit, sedangkan temperatur terendah (42°C) dihasilkan oleh campuran 20% spiritus dan 80% minyak jelantah dengan waktu nyala api 1 menit. Penambahan minyak jelantah cenderung menurunkan temperatur ruang bakar, yang dapat dikaitkan dengan perbedaan nilai kalor, viskositas, dan kandungan oksigen antara spiritus dan minyak jelantah.
3. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan campuran spiritus dan minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif, namun memerlukan optimasi lebih lanjut. Meskipun penambahan minyak jelantah dapat meningkatkan densitas dan nilai kalor campuran, peningkatan viskositas yang signifikan dan penurunan temperatur ruang bakar perlu diatasi. Optimasi komposisi campuran dan kondisi operasi (seperti waktu pembakaran) diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara karakteristik fisik bahan bakar, efisiensi pembakaran, dan kinerja termal yang diinginkan dalam aplikasi praktis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini, terutama kepada Universitas Global Jakarta atas dukungan fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan.

REFERENSI

- [1] Priyadi, M. U. Z., Gamayel, A., Saleh, Y. K. P., & Fikri, M. L. S. (2024). Karakteristik Campuran Bahan Bakar Petralite-Ethanol-Minyak Cengkeh Terhadap Level Suara dan Distribusi Temperatur Gas Emisi Exhaust System. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 20(1).
- [2] Zhang, Y., Dubé, M. A., McLean, D. D., & Kates, M. (2003). Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*, 89(1), 1-16.
- [3] Verhelst, S., Turner, J. W., Sileghem, L., & Vancoillie, J. (2019). Methanol as a fuel for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 70, 43-88.
- [4] Permana, E., Naswir, M., Sinaga, M. E. T., Alfairuz, A., & Murti, S. S. (2020). Kualitas biodiesel dari minyak jelantah berdasarkan proses saponifikasi dan tanpa saponifikasi. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(1), 26-31.
- [5] Wahyudi, W., Nadjib, M., Bari, M. F., & Permana, F. W. (2019). Increasing of quality biodiesel of Jatropha seed oil with biodiesel mixture of waste cooking oil. *Journal of Biotech Research*, 10, 183-189.
- [6] Zhu, C., Liu, S., Liu, H., Yang, J., Liu, X., & Xu, G. (2015). NO_x emission characteristics of fluidized bed combustion in atmospheres rich in oxygen and water vapor for high-nitrogen fuel. *Fuel*, 139, 346-355.
- [7] Rafidi, N., & Blasiak, W. (2006). Heat transfer characteristics of HiTAC heating furnace using regenerative burners. *Applied Thermal Engineering*, 26(16), 2027-2034.
- [8] Chumaidi, A., Moentamaria, D., & Murdani, A. DEHIDRASI METANOL MENJADI DIMETIL ETER DENGAN MEMODIFIKASI KATALIS CuO-ZnO/γ-Al₂O₃.
- [9] Fatkhurrozak, F. (2023). Jatropha Oil Untuk Mengurangi Ketergantungan Bahan Bakar Fosil Diesel.

- [10] Ramírez-Verduzco, L. F., Rodríguez-Rodríguez, J. E., & del Rayo Jaramillo-Jacob, A. (2012). Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. *Fuel*, 91(1), 102-111.
- [11] Lapuerta, M., Armas, O., & Rodríguez-Fernandez, J. (2008). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in energy and combustion science*, 34(2), 198-223.
- [12] Demirbas, A. (2009). Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy conversion and management*, 50(1), 14-34.
- [13] Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Dimaratos, A. M., & Kyritsis, D. C. (2010). Effects of butanol–diesel fuel blends on the performance and emissions of a high-speed DI diesel engine. *Energy conversion and management*, 51(10), 1989-1997.
- [14] Alptekin, E., & Canakci, M. (2008). Determination of the density and the viscosities of biodiesel–diesel fuel blends. *Renewable energy*, 33(12), 2623-2630.
- [15] Yaakob, Z., Mohammad, M., Alherbawi, M., Alam, Z., & Sopian, K. (2013). Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and sustainable energy reviews*, 18, 184-193.
- [16] Agarwal, A. K., & Rajamanoharan, K. (2009). Experimental investigations of performance and emissions of Karanja oil and its blends in a single cylinder agricultural diesel engine. *Applied energy*, 86(1), 106-112.
- [17] Al-Hamamre, Z., & Al-Salaymeh, A. (2014). Physical properties of (jojoba oil+ biodiesel),(jojoba oil+ diesel) and (biodiesel+ diesel) blends. *Fuel*, 123, 175-188.
- [18] Knothe, G., & Steidley, K. R. (2005). Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel*, 84(9), 1059-1065.
- [19] Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(1), 143-169.
- [20] Dwivedi, G., Jain, S., & Sharma, M. P. (2011). Impact analysis of biodiesel on engine performance—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4633-4641.
- [21] Shu, Q., Wang, J., Peng, B., Wang, D., & Wang, G. (2008). Predicting the surface tension of biodiesel fuels by a mixture topological index method, at 313 K. *Fuel*, 87(17-18), 3586-3590.
- [22] Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070-2093.
- [23] Demirbas, A. (2008). Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. *Fuel*, 87(8-9), 1743-1748.
- [24] Turns, S. R. (1996). *Introduction to combustion* (Vol. 287, p. 569). New York, NY, USA: McGraw-Hill Companies.

Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan *Propeller* Udara Terhadap Kinerja Perahu Rawa (*Swamp Boat*)

Ahmad Syakur¹, Ade Sunardi¹, Mohamad Zaenudin¹, YKP Saleh¹, Luqman SF^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2 Kota Depok, 16412, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 03 April 2024

Revised 20 Mei 2024

Accepted 21 Mei 2024

Keywords:

Propeler udara

Perahu rawa

Analisis elemen hingga

Analisis tegangan

Deformasi

ABSTRAK

Kemajuan bidang teknologi di Indonesia semakin pesat dan berkembang merupakan aspek sebuah pengetahuan yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat lebih meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi khususnya pada teknologi tepat guna. Simulasi adalah suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya (*state of affairs*). Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis pengaruh sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° propeller udara perahu rawa yang baik pada nilai kecepatan, tekanan, gaya dorong, tegangan dan deformasi menggunakan software ANSYS dengan simulasi CFD dan FEA. Hasil analisis penelitian adalah Propeller udara perahu rawa dengan sudut kemiringan 50° yang dipilih karena menghasilkan nilai kecepatan, tekanan dan gaya dorong yang baik dengan nilai tekanan dan deformasi yang cenderung kecil. Kemiringan sudut yang disarankan pada sebuah propeller perahu rawa yaitu berkisar antara 35° dan 50°.

*Corresponding Author:

M. Luqman Saiful Fikri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Jl.

Boulevard Raya No. 2 Kota Depok, 16412

Email: luqmanfikri@jgu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.25>

1. PENDAHULUAN

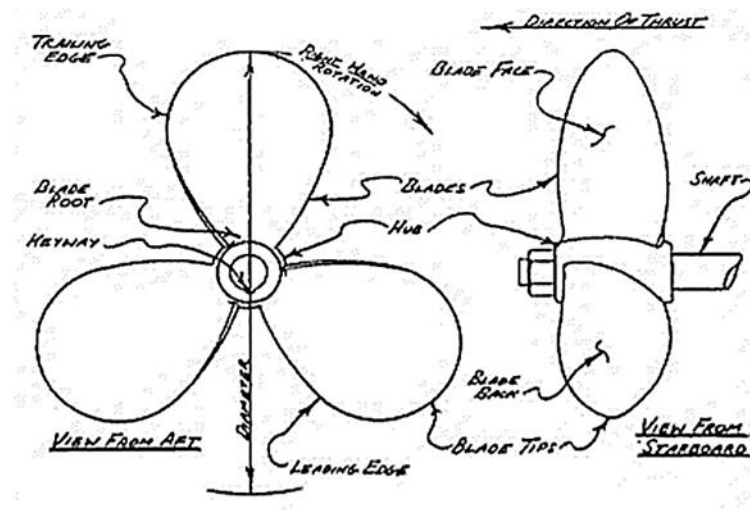
Kemajuan bidang teknologi di Indonesia semakin pesat dan berkembang merupakan aspek sebuah pengetahuan yang mengharuskan kalangan pendidikan tinggi untuk dapat lebih meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi khususnya pada teknologi tepat guna[1]. Simulasi adalah suatu proses peniruan dari sesuatu yang nyata beserta keadaan sekelilingnya (*state of affairs*). Kegiatan melakukan simulasi ini secara umum menggambarkan sifat-sifat karakteristik kunci dari kelakuan sistem fisik atau sistem yang abstrak tertentu. Untuk mempermudah dalam analisis bisa dilakukan terlebih dahulu simulasi [2]. Simulasi ini akan menampilkan pengaruh dari perbedaan saat input pada data analisis propeller udara perahu rawa dan mempermudah dalam melakukan tahap perhitungan suatu propeller udara perahu rawa serta bisa menampilkan bentuk dari hasil analisa propeller udara tersebut [3]. Selain itu, simulasi juga berguna untuk mengurangi banyaknya percobaan pada saat pembuatan propeller udara perahu rawa sehingga biaya dan waktu lebih efisien karena tidak berulang-ulang kali melakukan percobaan dalam membuat propeller udara perahu rawa [4]. Penilaian menggunakan metode kuantitatif. Hasil dari nilai kecepatan, tekanan, gaya dorong, tegangan dan deformasi propeller udara perahu rawa dilakukan dengan analisis pengaruh sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° varian sudut tersebut mencakup operasional yang efektif, dapat menganalisa dan mengoptimalkan perubahan efesiensi performa serta besarnya

gaya dorong maksimum [5], dengan putaran mesin 500 rpm untuk menentukan perancangan propeller udara perahu rawa yang baik [6].

Propeller adalah bagian yang sangat penting dalam menentukan gerakan kapal atau perahu. Baling-baling ialah sekelompok sayap berputar yang dibuat bengkok, yang ditujukan agar membentuk arah dari resultan gaya angkat yang menuju kedepan. Pada umumnya *propeller* terdiri atas dua atau lebih baling yang dihubungkan ke *central hub* yang artinya dimana baling-baling kapal atau perahu tersambung. *Propeller* berfungsi untuk mengganti gaya rotasi berasal mesin sebagai gaya propulsif menjadi gaya dorong (*thrust*) untuk kapal atau perahu [7], [8].

Berikut adalah bagian-bagian *propeller* dari keterangan Gambar 1, diantaranya:

- Hub dari propeller berada di tengah untuk poros *propeller* di mana *propeller* terpasang.
- Keyway atau baut pengikat antara poros dan baling-baling, berfungsi untuk mengirimkan torsi dari poros ke *propeller*.
- Blades* atau daun *propeller* adalah sirip atau *foil* bengkok yang berfungsi untuk menggerakkan perahu melalui udara yang menghasilkan daya dorong dari putaran poros mesin ke *propeller*.
- Blade Face* and *Back Blade* atau muka bilah adalah sisi bertekanan tinggi atau permukaan bertekanan, dari *blade*. Itu adalah sisi yang mendorong udara ketika perahu bergerak maju.
- Blade Root* and *Blade Tip* adalah titik di mana *blade* terpasang ke hub. Berfungsi sebagai pemegang daun *blade propeller*.
- Leading* and *Trailing Edges* adalah ujung dan ekor *propeller* yang membelah udara [4].



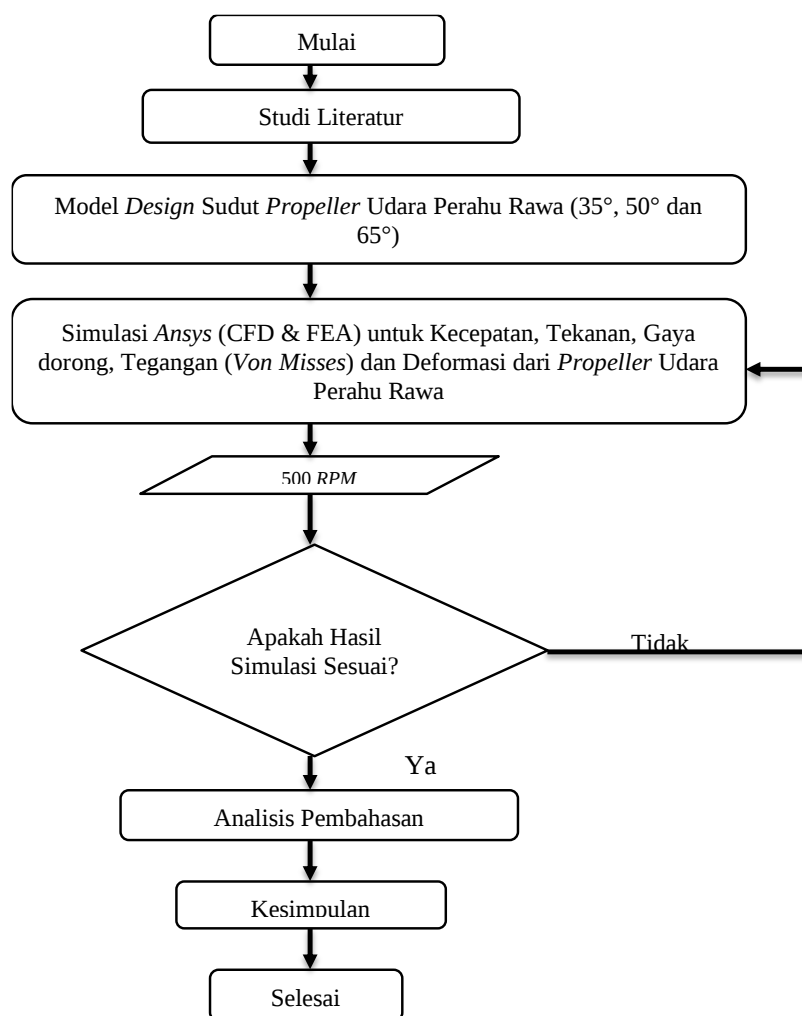
Gambar 1. Bagian-bagian *propeller*.

Ansys adalah salah satu *software* berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisis masalah-masalah rekayasa (*engineering*). Ansys menyediakan fasilitas untuk berinteraksi antar *solvers family ansys*. Ansys juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak CAD sehingga dapat memudahkan pengguna dalam membangun model *geometry* dengan bermacam-macam perangkat lunak CAD [7]. *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisis permasalahan yang berhubungan dengan

aliran fluida[9]. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan semua fenomena di propeller udara perahu rawa [10], [11], [12]. *Finite Element Analysis* Merupakan proses pendekatan numerik dengan membagi geometry menjadi beberapa elemen-elemen untuk menghitung beberapa nilai perpindahan pada tiap model sehingga diperoleh solusi yang dikehendaki [13].

2. METODE

Rancangan pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan mengevaluasi nilai kecepatan, tekanan, gaya dorong, tegangan dan deformasi yang terjadi pada setiap model *propeller* udara perahu rawa. Menggunakan *software ansys* dengan simulasi CFD [11] dan FEA, dapat diketahui hasilnya dalam visualisasi warna dan grafik dapat dibuktikan secara digital nilai dari pengujian dari setiap model *propeller* udara perahu rawa. Alur penelitian dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 2.



Pada penelitian ini jenis *mesh* yang digunakan untuk simulasi CFD dan FEA *propeller* udara perahu rawa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis *mesh propeller* udara.

Simulasi	Jenis Mesh
<i>Computational Fluid Dynamics</i>	<i>Tetrahedron</i>
<i>Finite Element Analysis</i>	<i>Tetrahedron: Domain Propeller Udara (dalam)</i> <i>Hexahedron: Domain Fluida Udara (luar)</i>

Untuk size mesh pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

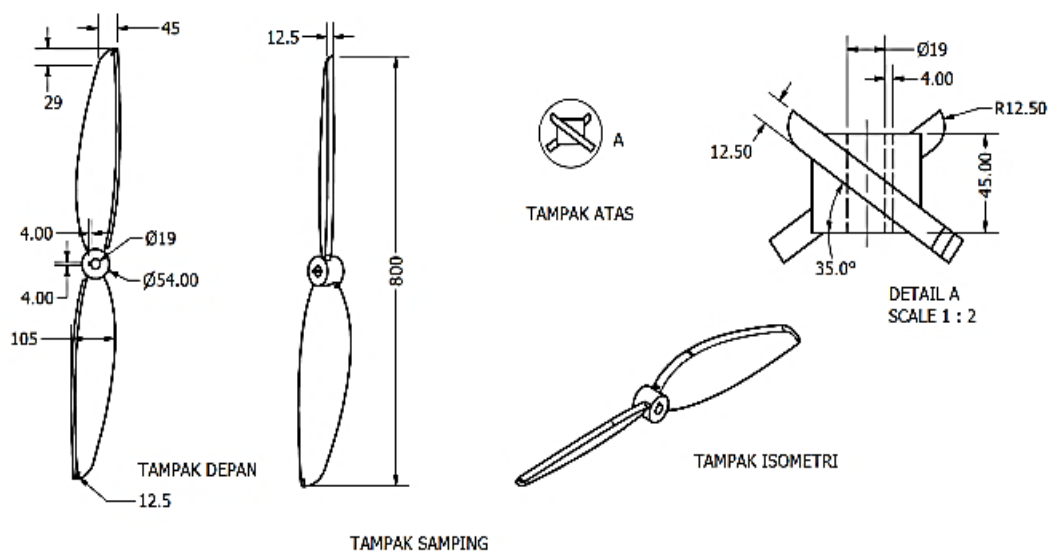
Tabel 2. *Size mesh propeller udara.*

Simulasi	Size Mesh	Satuan
<i>Computational Fluid Dynamics</i>	203.34	Mm
<i>Finite Element Analysis</i>	79.4	Mm

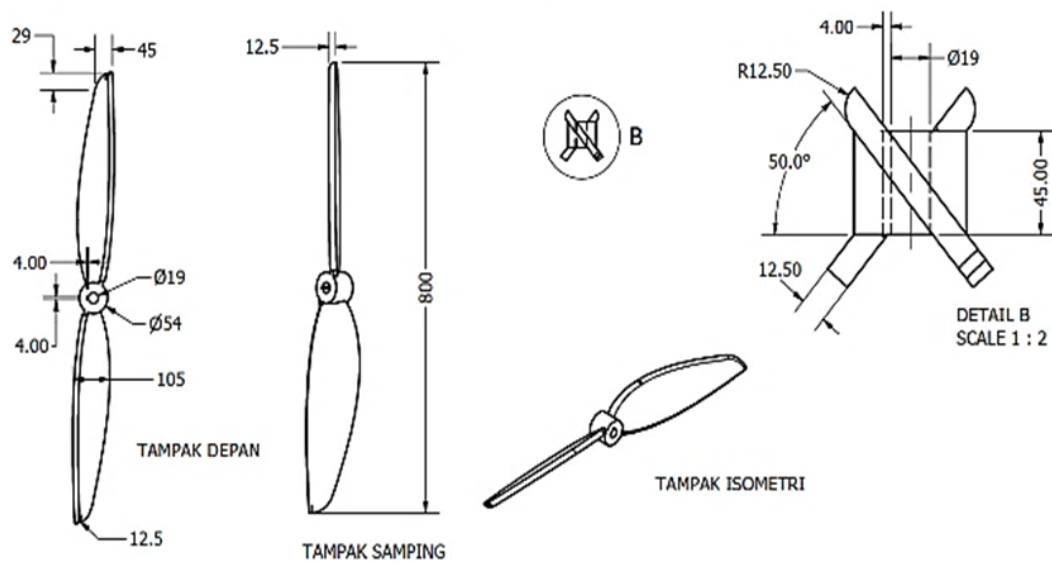
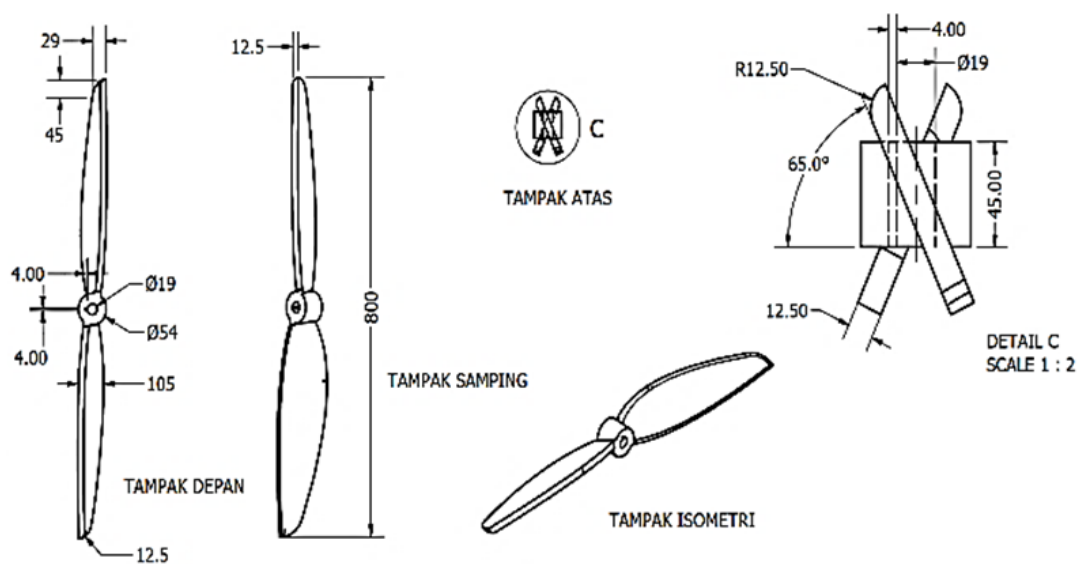
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain CAD Propeller Udara

CAD ini merupakan gambar dari dimensi dari *propeller* udara perahu rawa yang digunakan pada simulasi, untuk detail informasi pada *propeller* udara perahu rawa, dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dimensi *propeller* udara 35°.

Gambar 4. Dimensi *propeller* udara 50°.Gambar 5. Dimensi *propeller* udara 65°.

3.2 Data Spesifikasi Propeller Udara

Berikut adalah data spesifikasi *propeller* udara perahu rawa yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data spesifikasi *propeller* udara.

Bagian <i>Propeller</i> Udara	Besaran	Satuan
Diamater Luar	800	mm
Diameter <i>Hub</i>	54	mm
Lubang Poros	19	mm
Jumlah <i>Blade</i>	2	pcs
Panjang Maksimum	105	mm
Sudut		

3.3 Data Spesifikasi Fluida Udara

Pada simulasi ini menggunakan jenis fluida udara dengan detail property fluida udara pada Tabel 4.

Tabel 4. Detail *property* fluida udara.

<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Density</i>	1.225	Kg/m ³
<i>Specific Heat</i>	1006.43	/°C
<i>Thermal Conductivity</i>	0.0242	w/mK
<i>Viscosity</i>	0.000017894	Pa×S
<i>Molecular Weight</i>	28.966	gr

3.4 Data Spesifikasi Aluminium

Pada simulasi ini menggunakan material Al (Aluminium) dengan detail mechanical property pada Tabel 5.

Tabel 5. Detail sifat mekanis aluminium

<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Density</i>	2770	Kg/m ³
<i>Coefficient Thermal Expansion</i>	0.000023	/°C
<i>Young's Modulus</i>	71000	MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33	
<i>Bulk Modulus</i>	69600	MPa
<i>Shear Modulus</i>	26690	MPa
<i>Tensile Yield Strength</i>	280	MPa
<i>Compressive Yield Strength</i>	280	MPa
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	310	MPa

3.5 Hasil Simulasi CFD Propeller Udara

Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan simulasi yang terkonsentrasi pada pola aliran fluida secara dinamis, pada simulasi ini didapatkan hasil analisis kecepatan, tekanan dan gaya dorong fluida pada desain *propeller* udara perahu rawa. Untuk detail dari hasil simulasi CFD dapat dilihat pada pembahasan berikut.

3.5.1 Sudut Kemiringan Propeller Udara terhadap Nilai Kecepatan

Dari hasil simulasi pada Gambar 7 dengan sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° *propeller* udara perahu rawa didapat nilai kecepatan tertinggi terjadi pada bagian ujung sudut *propeller* udara perahu rawa, meningkatnya kecepatan aliran fluida pada ujung sudut *propeller* udara perahu rawa, pada daerah ini dihasilkan kecepatan fluida tertinggi. Nilai kecepatan tertinggi sudut kemiringan 35° adalah sebesar 2.422 m/s, sudut kemiringan 50° adalah 2.819 m/s dan sudut kemiringan 65° adalah 2.411628 m/s, sedangkan nilai kecepatan terendah sudut kemiringan 35° adalah 0.3190 m/s, sudut kemiringan 50° adalah 0.0324 m/s dan sudut kemiringan 65° adalah 0.16716 m/s. Pada gambar dibawah ini menunjukkan grafik batang nilai kecepatan rata-rata sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° *propeller* udara perahu rawa. Secara lebih rinci, nilai-nilai ini tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kecepatan *propeller* dengan sudut yang berbeda.

No	Sudut Kemiringan	Kecepatan Tertinggi (m/s)	Kecepatan Terendah (m/s)	Kecepatan Rata-rata (m/s)
1	35°	2.422	0.319	1.706
2	50°	2.819	0.032	1.861
3	65°	2.411	0.167	1.289

3.5.2 Sudut Kemiringan Propeller Udara terhadap Nilai Tekanan

Berikut adalah nilai tekanan dari sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° yaitu tekanan tertinggi sudut kemiringan 35° sebesar 3.3557 Pa, sudut kemiringan 50° sebesar 4.519 Pa dan sudut kemiringan 65° sebesar 4.02321 Pa yang terletak pada posisi ujung *propeller* udara (*leading edge*) perahu rawa, sedangkan nilai tekanan terendah sudut kemiringan 35° sebesar 0.062424 Pa, sudut kemiringan 50° sebesar 0.100167 Pa dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.638144 Pa terletak pada ekor *propeller* udara (*trailing edge*) perahu rawa. Nilai-nilai ini secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai sudut kemiringan *propeller* terhadap tekanan.

No	Sudut Kemiringan	Tekanan (Pa)
1	35°	1.802
2	50°	2.249
3	65°	1.9

3.5.3 Sudut Kemiringan Propeller Udara terhadap Nilai Gaya Dorong

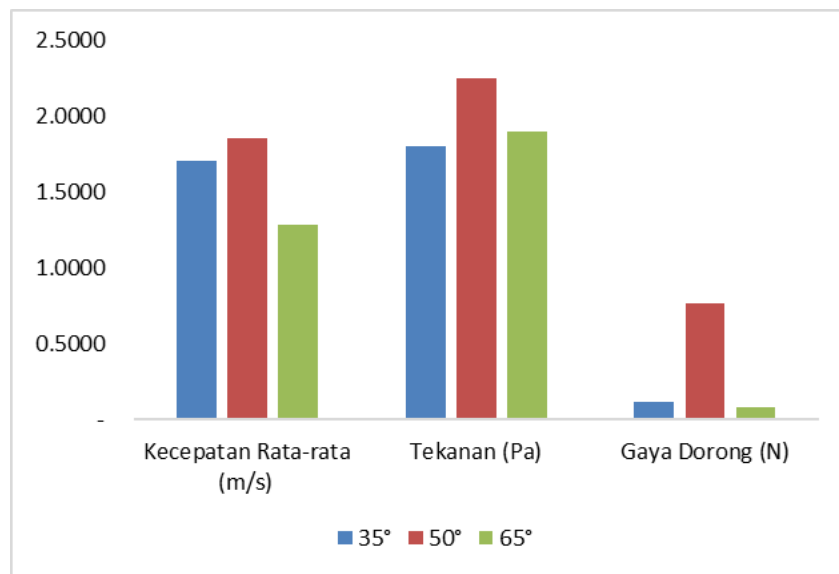
Nilai gaya dorong sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° yang diperoleh nilai gaya dorong maksimum sudut kemiringan 35° sebesar 0.2397 N, sudut kemiringan 50° sebesar 1.5310 N dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.164 N sedangkan nilai minimum dari hasil simulasi sudut kemiringan 35° sebesar 0.000000000175836 N, sudut kemiringan 50° sebesar 0.0000000001 N dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.0000000001 N. Pada gambar dibawah ini menunjukkan grafik batang nilai gaya dorong rata-rata sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° *propeller* udara perahu rawa. Secara lebih rinci, nilai-nilai ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai sudut kemiringan *propeller* terhadap gaya dorong dan kecepatan.

No	Sudut Kemiringan	Gaya Dorong (N)	Kecepatan rata-rata (m/s)
1	35°	0.119	1.706
2	50°	0.765	1.861
3	65°	0.082	1.289

3.5.4 Grafik kemiringan *propeller* terhadap tekanan, gaya dorong, dan kecepatan

Gambar 6 menunjukkan hubungan kemiringan *propeller* terhadap nilai kecepatan rata-rata, tekanan, dan gaya dorong dengan satuannya masing-masing yaitu m/s, Pascal, dan Newton. Dapat dilihat bahwa dengan sudut kemiringan *propeller* sebesar 50° gaya dorong yang dihasilkan memiliki nilai paling tinggi, yaitu 1.861 m/s. Namun demikian, nilai tekanan yang dihasilkan juga sangat tinggi, yang artinya hal ini akan memberikan peluang kerusakan terhadap *propeller* yang juga cukup tinggi. Dapat disimpulkan, bahwa untuk mendapatkan nilai terbaik gaya dorong dan tekanan yang minimal, sudut kemiringan yang dirancang pada *propeller* yaitu berkisar antara 35° dan 50°. Sedangkan, pada sudut 60°, *propeller* sudah mengalami penurunan performa, baik dari segi gaya dorong, kecepatan rata-rata, maupun tekanannya.



Gambar 6. Grafik kemiringan *propeller* terhadap nilai kecepatan rata-rata, tekanan, dan gaya dorong.

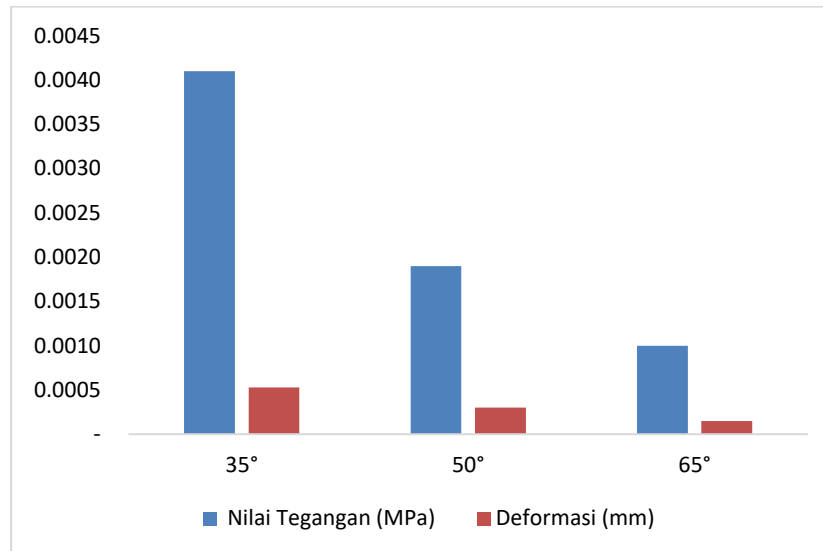
3.6 Hasil Simulasi FEA *Propeller* Udara: Sudut Kemiringan *Propeller* Udara terhadap Nilai Tegangan & Deformasi

Untuk analisis struktur, digunakan teknik FEA (*finite element analysis*) [12] menggunakan *software Ansys Student*® [13]. Pada sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° *propeller* udara perahu rawa didapat nilai tegangan tertinggi sudut kemiringan 35° sebesar 0.0415 MPa, sudut kemiringan 50° sebesar 0.0262 MPa dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.016887 MPa, sedangkan nilai tegangan terendah sudut kemiringan 35° sebesar 0.00000461 MPa, sudut kemiringan 50° 0.00000131 MPa dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.000001 MPa. Pada gambar dibawah ini menunjukkan grafik batang nilai tegangan *propeller* udara perahu rawa. Sementara itu, nilai deformasi sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° didapat bahwa Nilai deformasi maksimum sudut kemiringan 35° sebesar 0.00166 mm, sudut kemiringan 50° sebesar 0.000892 mm dan sudut kemiringan 65° sebesar 0.000467 mm sedangkan nilai deformasi minimum sudut kemiringan 35°, 50° dan 65° sebesar 0 mm. Secara lebih rinci, nilai-nilai ini dapat dilihat pada Tabel 9.

Dapat dilihat bahwa, nilai kemiringan sudut 50° pada *propeller* adalah nilai yang dianggap signifikan, mengingat tekanan dan deformasi yang dihasilkan cenderung minimal, dengan gaya dorong (sebagaimana pembahasan sebelumnya) yang cukup tinggi. Namun demikian, beberapa aspek seperti jumlah baling-baling masih belum dapat dibahas pada penelitian ini, mengingat variabel jumlah *propeller* tidak digunakan. Dengan dua buah baling-baling, secara umum sudah dapat digunakan pada perahu rawa. Namun demikian, untuk peningkatan kapasitas gaya dorong, dapat disimpulkan bahwa diperlukan tambahan baling-baling.

Tabel 9. Nilai sudut kemiringan *propeller* terhadap Tegangan dan Deformasi.

No	Sudut Kemiringan	Tegangan (MPa)	Deformasi (mm)
1	35°	0.0041	0.00053
2	50°	0.0019	0.00030
3	65°	0.0010	0.00015



Gambar 7. Grafik kemiringan *propeller* terhadap nilai tegangan dan deformasi.

4. KESIMPULAN

Propeller udara perahu rawa dengan sudut kemiringan 50° mempunyai hasil analisis yang baik dengan nilai kecepatan tertinggi 1.8613 m/s, nilai tekanan tertinggi 2.2496 Pa, dan nilai gaya dorong tertinggi 0.765500001 N. *Propeller* udara perahu rawa dengan sudut kemiringan 65° mempunyai hasil analisis yang baik dengan nilai tegangan terendah 0.0010965 MPa, dan nilai deformasi terendah 0.000157 mm. Akan tetapi *propeller* udara perahu rawa dengan sudut kemiringan 50° yang dipilih karena menghasilkan nilai kecepatan, tekanan dan gaya dorong yang baik. Meskipun nilai tegangan dan deformasi tidak lebih baik dari *propeller* udara perahu rawa dengan sudut kemiringan 65°. Sudut kemiringan yang disarankan untuk *propeller* perahu rawa yaitu berkisar antara 35° dan 50°.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama penyelesaian proyek ini.

REFERENCES

- [1] K. Propinsi, K. Riau, D. R. Munaf, T. Suseno, R. Indra Janu, and A. M. Badar, "PERAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA UNTUK MASYARAKAT DAERAH PERBATASAN," 2008.
- [2] M. I. E. S. Utama KH, "View of DESAIN PENGECORAN BERBASIS CAE PADA PROPELLER TIGA DAUN UNTUK PERAHU KECIL," *machine jurnal teknologi terapan*, vol. 3, no. 1, 2022.
- [3] A. N. Coutsar, M. I. Syahtaria, Ansori, A. Ismail, and D. Wahyudi, "Pengaruh Material Propeller Kapal Terhadap Karakteristik Getaran Menggunakan Metode Elemen Hingga," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 4, pp. 1194–1202, Oct. 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.2893.
- [4] Gerr D, *The Propeller Handbook. The-Complete Reference for Choosing Installing and Dave Gerr*, 1st ed., vol. 1. 1989.
- [5] M. N. Habib, E. R. De Fretes, and S. T. A. Lekatompessy, "PENGARUH KEMIRINGAN POROS BALING-BALING TERHADAP KECEPATAN PERAHU KETINTING".
- [6] Hartanto I, "STUDI PENGARUH JUMLAH SUDU, KELENGKUNGAN SUDU, DAN JARAK POROS PROPELLER TERHADAP GAYA DORONG KAPAL," 2022.
- [7] *ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide*. 2009.
- [8] A. B. Prasetyo et al., "Finite Element Analysis (FEA) of blade weed design using Ansys workbench," *SINERGI*, vol. 26, no. 3, p. 371, Oct. 2022, doi: 10.22441/sinergi.2022.3.012.

- [9] N. A. M. Zainuddin, F. Jerai, A. A. Razak, and M. F. Mohamad, "Accuracy of CFD Simulations on Indoor Air Ventilation: Application of Grid Convergence Index on Underfloor Air Distribution (UFAD) System Design," *Journal of Mechanical Engineering*, vol. 20, no. 3, pp. 199–222, 2023, doi: 10.24191/jmeche.v20i3.23908.
- [10] F. Fitri, A. D. Risdhayanti, D. A. Permatasari, and G. P. Riatma, "Pengaruh Sudut Propeller Jenis Pelton terhadap Performa Pembangkit Listrik Nano Hidro Portabel dalam Kegiatan Luar Ruangan," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 164–174, Jul. 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i2.3061.
- [11] D. B. Darmawan, D. Chrismianto, and M. Iqbal, "ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN HUB PROPELLER TIPE B-SERIES PADA KAPAL SELAM TIPE MENENGAH UNTUK MENGOPTIMALKAN KINERJA KAPAL SELAM DENGAN METODE CFD," 2016.
- [12] E. P. Lamerkabel, E. R. De Fretes, and D. R. B. Luhulima, "ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN POROS BALING-BALING TERHADAP KECEPATAN PERAHU KETINTING YANG MENGGUNAKAN MESIN DI LUAR DENGAN MESIN DI DALAM LAMBUNG PERAHU," *ARCHIPELAGO ENGINEERING*, 2023.
- [13] A. Wijianto and F. Alfitrah, "SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA INSTALASI GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT Fluid Flow Simulation in Downdraft Type Gasification Installation," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 9, 2023.

Analisis Stress Pada Modifikasi Ketebalan Velg Diameter 15 Inch Melalui Simulasi Pengujian Dynamic Cornering Fatigue Menggunakan Ansys Workbench

Beltsazar Joy Panggabean¹, Adhes Gamayel¹, Ida Bagus², M.U.Z. Priyadi^{1,*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

²Jurusan Teknik Industri, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received 03 April 2024 Revised 20 Mei 2024 Accepted 21 Mei 2024	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg berdiameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue menggunakan ANSYS Workbench. Tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm. Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi distribusi tegangan, regangan elastis, dan umur kelelahan pada tiap model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan ketebalan velg berbanding lurus dengan peningkatan tegangan yang dialami. Ketiga model velg menunjukkan nilai fatigue life yang memenuhi standar SAE J 328, dengan ketahanan minimal 1.000.000 putaran. Analisis ini memberikan wawasan penting mengenai batas aman modifikasi velg dan implikasinya terhadap performa dan keselamatan kendaraan.
Keywords: <i>Dynamic Cornering Fatigue</i> Tegangan Equivalent <i>Fatigue Life</i> Finite Element Method Aluminium Alloy 6061	
*Corresponding Author: M.U.Z. Priyadi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Global Jakarta, Indonesia, 16412 Email: aemuzap@gmail.com DOI: https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.26	

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif yang pesat telah mendorong inovasi dalam berbagai aspek kendaraan, termasuk desain dan modifikasi komponen seperti velg. Velg merupakan salah satu komponen krusial pada kendaraan yang tidak hanya berfungsi sebagai penopang ban, tetapi juga berperan penting dalam performa, keselamatan, dan estetika kendaraan [1]. Seiring meningkatnya tren modifikasi kendaraan, banyak pemilik kendaraan yang tertarik untuk memodifikasi velg mereka, termasuk mengubah ketebalan velg untuk mencapai tampilan yang lebih menarik atau performa yang lebih baik. Namun, modifikasi ketebalan velg bukan tanpa risiko. Perubahan pada struktur velg dapat mempengaruhi distribusi tegangan dan kemampuannya dalam menahan beban, terutama saat kendaraan bergerak di jalan yang tidak rata atau saat bermanuver [2]. Oleh karena itu, analisis stress pada velg yang dimodifikasi menjadi sangat penting untuk memastikan keamanan dan keandalan komponen tersebut.

Dynamic Cornering Fatigue (DCF) merupakan salah satu pengujian kritis yang dilakukan pada velg untuk mengevaluasi ketahanan dan kekuatannya dalam kondisi beban lateral yang berulang, seperti yang terjadi saat kendaraan berbelok [3]. Pengujian ini mensimulasikan kondisi ekstrem yang mungkin dialami velg selama masa penggunaannya, sehingga dapat memberikan gambaran yang akurat tentang performa dan keamanan velg yang telah dimodifikasi.

Dalam era komputasi modern, penggunaan metode elemen hingga (Finite Element Method) melalui perangkat lunak seperti ANSYS Workbench telah menjadi alat yang sangat berharga dalam analisis struktur komponen otomotif [4]. Simulasi komputer memungkinkan

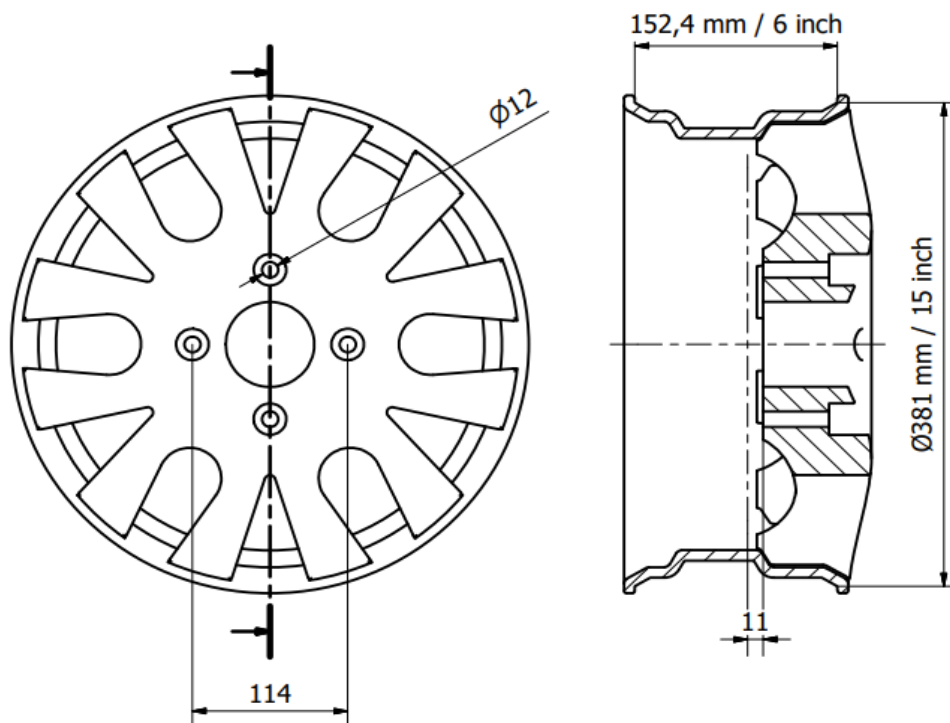
para insinyur dan peneliti untuk melakukan analisis stress yang komprehensif tanpa harus melakukan pengujian fisik yang mahal dan memakan waktu pada tahap awal pengembangan [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg berdiameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue menggunakan ANSYS Workbench. Dengan melakukan analisis ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang pengaruh modifikasi ketebalan terhadap distribusi tegangan dan ketahanan velg dalam kondisi dinamis [6]. Hasil penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan berharga bagi industri manufaktur velg, tetapi juga dapat menjadi acuan penting bagi enthusiast modifikasi kendaraan dan regulator keselamatan kendaraan dalam memahami batas-batas aman modifikasi velg.

2. METODE

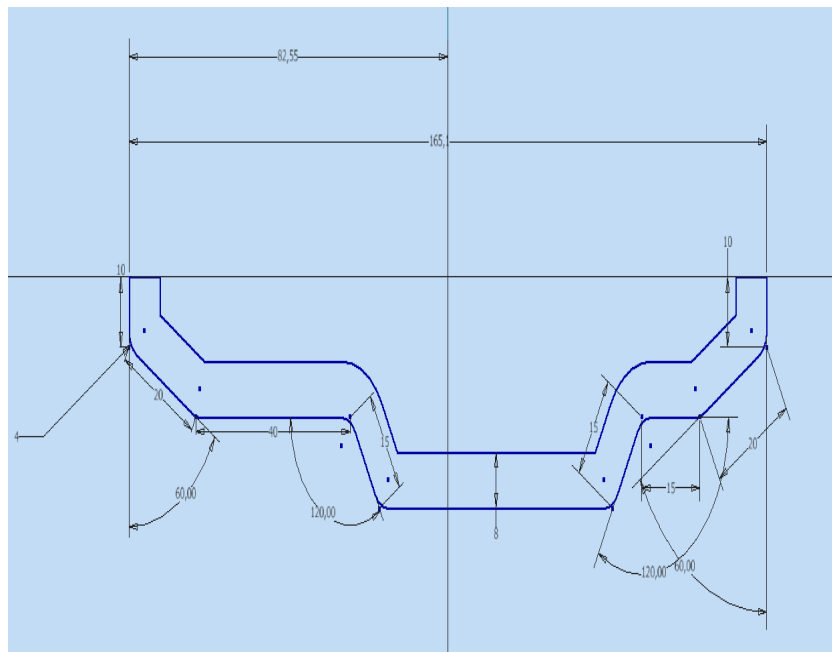
Penelitian ini dilakukan menggunakan simulasi komputer untuk menganalisis stress pada modifikasi ketebalan velg mobil berdiameter 15 inch melalui pengujian Dynamic Cornering Fatigue (DCF). Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Desain velg mobil dengan spesifikasi 6-Jx15 11 6-114 (ring 15 inci, lebar 6 inci, offset 11 mm, empat baut, dan PCD 114 mm) dibuat menggunakan software Autodesk Inventor seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm ditunjukkan pada Gambar 2a, 2b, dan 2c. Model 3D velg yang telah didesain kemudian diimpor ke ANSYS Workbench dalam format STEP untuk simulasi lebih lanjut.

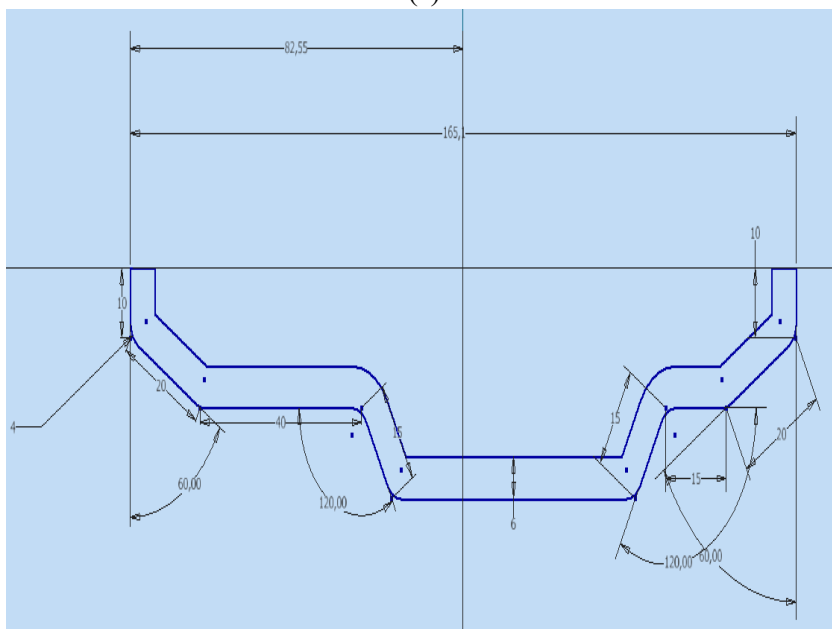


Gambar 1. Ukuran Spesifikasi Velg 15 inch

Simulasi dilakukan menggunakan ANSYS Workbench dengan memasukkan karakteristik material Aluminium Alloy 6061, termasuk densitas 2700 kg/m³, kekuatan tarik ultimat 310 MPa, kekuatan luluh 276 MPa, dan modulus elastisitas 68,9 GPa. Meshing dilakukan pada geometri velg dengan jumlah nodes 38465 dan elemen 21256 untuk memastikan akurasi perhitungan.



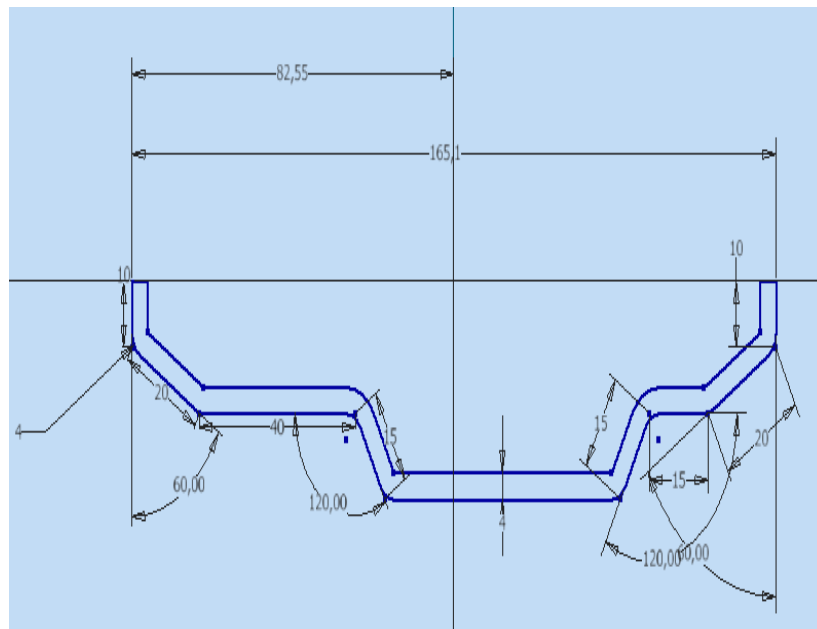
(a)



(b)

Tiga jenis pembebanan diterapkan sesuai standar SAE (Society of Automotive Engineers). Pertama, beban akibat gaya gesek antara ban dan permukaan jalan sebesar 3087 N, dihitung berdasarkan koefisien gesek 0,7 dan beban vertikal 4410 N. Kedua, beban akibat berat kendaraan sebesar 8826 N, diperoleh dari asumsi berat total kendaraan 1800 kg dengan faktor beban 2,0. Ketiga, beban akibat kecepatan putar, dengan kecepatan rotasi maksimum 600 rpm atau 62,8 rad/s.

Analisis numerik dilakukan untuk mendapatkan nilai equivalent stress von Mises, equivalent elastic strain, dan fatigue life. Simulasi dijalankan pada komputer dengan spesifikasi yang memadai untuk menangani kompleksitas perhitungan. Hasil simulasi dari ketiga variasi ketebalan velg dibandingkan dan dianalisis untuk menentukan desain yang optimal.



Gambar 2. (a) Variasi Ketebalan rim 8 mm, (b) Variasi Ketebalan rim 6 mm, (c) Variasi Ketebalan rim 4 mm.

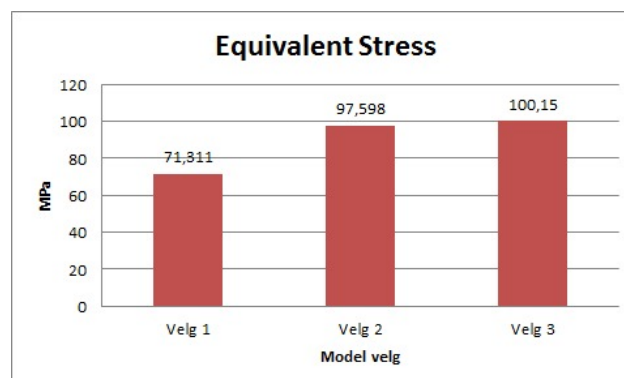
Pengambilan data dilakukan secara sistematis untuk setiap variasi ketebalan velg. Parameter yang diamati meliputi distribusi tegangan, regangan elastis, dan prediksi umur kelelahan. Data dikumpulkan dan direkam menggunakan fitur post-processing ANSYS Workbench dengan tingkat akurasi yang tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis stress pada modifikasi ketebalan velg diameter 15 inch melalui simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue (DCF) menggunakan ANSYS Workbench telah menghasilkan beberapa temuan penting. Tiga model velg dengan variasi ketebalan 8 mm, 6 mm, dan 4 mm telah diuji dan dibandingkan untuk mengevaluasi pengaruh ketebalan terhadap performa velg.

3.1. Equivalent Stress

Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketiga model velg mengalami tegangan maksimum yang berbeda-beda. Velg model 1 (ketebalan 8 mm) mengalami tegangan maksimum sebesar 71,311 MPa, model 2 (6 mm) sebesar 97,598 MPa, dan model 3 (4 mm) sebesar 100,15 MPa. Semua nilai ini masih berada di bawah yield strength material Aluminium Alloy 6061 yang sebesar 276 MPa, menunjukkan bahwa semua desain masih berada dalam batas aman.

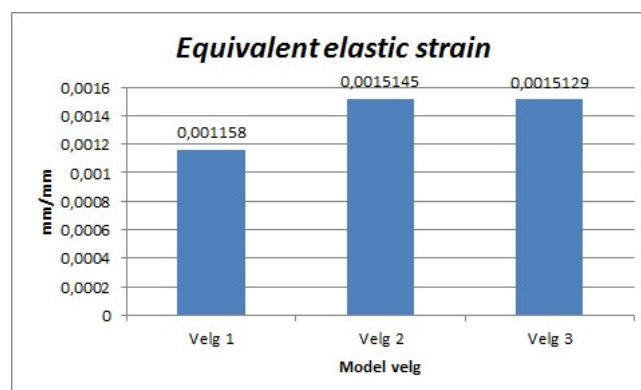


Gambar 3. Grafik equivalent stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm

Gambar 3. Memperllihatkan equivalent stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm. Penurunan ketebalan velg berbanding lurus dengan peningkatan tegangan yang dialami. Hal ini sejalan dengan penelitian Furqoni yang menyatakan bahwa perubahan ketebalan velg dapat secara signifikan mempengaruhi distribusi tegangan, terutama pada area spoke dan rim, yang merupakan titik kritis dalam desain velg juga menegaskan bahwa [6]. Dengan pengurangan ketebalan umumnya menghasilkan peningkatan tegangan pada area kritis.

3.2. Equivalent Elastic Strain

Pada Gambar 4 ditunjukkan regangan maksimum yang dialami oleh ketiga model velg juga bervariasi. Velg model 1 mengalami regangan maksimum sebesar 0,001158 mm/mm, model 2 sebesar 0,0015145 mm/mm, dan model 3 sebesar 0,0015129 mm/mm. Menariknya, velg model 2 mengalami regangan tertinggi, meskipun bukan yang paling tipis.



Gambar 4. Grafik equivalent elastic stress tiga variasi ketebalan rim velg dimodelkan: 8 mm, 6 mm, dan 4 mm

Hubungan antara ketebalan dan regangan pada velg tidak selalu linear dan dapat dipengaruhi oleh faktor geometri lainnya seperti bentuk spoke dan kontur rim. Ini menunjukkan pentingnya analisis komprehensif dalam desain velg, tidak hanya mempertimbangkan ketebalan, tetapi juga aspek geometri lainnya. Analisis regangan pada velg harus mempertimbangkan interaksi kompleks antara berbagai parameter geometri, termasuk ketebalan, bentuk spoke, dan profil rim. Perubahan pada satu parameter dapat memiliki efek yang tidak terduga pada distribusi regangan keseluruhan [7]. Dalam beberapa kasus, pengurangan ketebalan dapat menghasilkan distribusi regangan yang lebih merata, sementara dalam kasus lain dapat menyebabkan konsentrasi regangan yang lebih tinggi.

3.3. Analisis Fatigue Life

Ketiga model velg menunjukkan fatigue life minimum yang sama, yaitu 1.000.000 putaran. Nilai ini jauh melebihi standar SAE J 328 yang mensyaratkan minimum 500.000 putaran untuk pengujian DCF pada mobil penumpang, data diperlihatkan pada Tabel 1 [8]. Hasil ini mengindikasikan bahwa semua desain velg yang diuji memiliki ketahanan yang baik terhadap kelelahan material. Pengujian DCF merupakan indikator krusial dalam mengevaluasi ketahanan velg terhadap beban siklik, dengan nilai fatigue life yang melebihi standar menunjukkan potensi umur pakai yang panjang dalam kondisi operasional normal [9].

Area kritis yang berpotensi mengalami kegagalan pada ketiga model velg konsisten berada pada bagian ujung dalam spoke velg, area ini sebagai titik kritis dalam desain velg yang sering mengalami konsentrasi tegangan tinggi dan berpotensi menjadi titik awal kegagalan [10].

Tabel 1. Perbandingan Hasil Simulasi pada Desain Velg 15 inch

No.	Model velg	Fatigue life minimum (ribu)	Tegangan maksimum	Standar SAE J 328(500.000 Cycle)	Yield strength (276 MPa)
1	Ketebalan velg 8 mm	1.000	71,311	Memenuhi	Memenuhi
2	Ketebalan velg 6 mm	1.000	97,598	Memenuhi	Memenuhi
3	Ketebalan velg 4 mm	1.000	100,15	Memenuhi	Memenuhi

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa pada simulasi pengujian Dynamic Cornering Fatigue, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil tegangan maksimum masing-masing yaitu velg model 1 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 71,311 MPa untuk velg model 2 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 97,598 MPa dan velg model 3 memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 100,15 MPa. Hasil regangan maksimum masing-masing velg, yaitu velg model 1 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,001158 mm/mm untuk velg model 2 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,0015145 mm/mm dan velg model 3 memiliki nilai regangan maksimum sebesar 0,0015129 mm/mm. Hasil nilai fatigue life minimum yang masing-masing velg model 1 memiliki hasil nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle, untuk velg model 2 memiliki nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle, dan velg model 3 memiliki nilai fatigue life minimum sebesar 1.000.000 cycle.
2. Berdasarkan standar SAE J 328, fatigue life minimum yang harus ditempuh velg adalah 500.000 cycle. Pada ketiga model velg tersebut semuanya dinyatakan memenuhi standar karena nilainya melebihi standart yang ditetapkan SAE J 328.
3. Berdasarkan data tegangan equivalent von misses, regangan dan fatigue life velg, dapat diurutkan dari desain velg terbaik yaitu velg model 1, kemudian velg model 2, dan yang terakhir velg model 3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas dukungan fasilitas dan sumber daya yang telah disediakan.

REFERENSI

- [1] Deepak, S. V., Naresh, C., & Hussain, S. A. (2012). Modelling and analysis of alloy wheel for four wheeler vehicle. *International journal of mechanical engineering and robotics research*, 1(3), 72-80.
- [2] Shekhar, M. C., Rao, B. L., & Krishna, M. V. R. (2020). Design and structural analysis of car alloy wheel using with various materials. *INTERNATIONAL JOURNAL*, 5(7).
- [3] Wang, X., & Zhang, X. (2010). Simulation of dynamic cornering fatigue test of a steel passenger car wheel. *International journal of fatigue*, 32(2), 434-442.
- [4] Fadiji, T., Coetzee, C. J., Berry, T. M., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2018). The efficacy of finite element analysis (FEA) as a design tool for food packaging: A review. *Biosystems Engineering*, 174, 20-40.
- [5] Barberousse, A., Franceschelli, S., & Imbert, C. (2009). Computer simulations as experiments. *Synthese*, 169, 557-574.
- [6] Furqani Faizi, A. (2021). *Analisis Pengaruh Variasi Ketebalan Terhadap Distribusi Tegangan Diujung Retak Dengan Stop Hole Setelah Overload Pada Aluminium* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

- [7] Zeng, G., Chen, K., Wang, Y., Liu, Y., Zhang, Q., & Zhang, Y. (2024). Stress and strain analysis and parameter optimization of pipe truss tower connection of super-large tower crane based on FEM. *Scientific Reports*, 14(1), 3670.
- [8] Society of Automotive Engineers. (2019). "SAE J328: Wheels - Passenger Car and Light Truck Performance Requirements and Test Procedures." SAE International.
- [9] Zhang, L., Jiang, B., Zhang, P., Yan, H., Xu, X., Liu, R., ... & Ren, C. (2023). Methods for fatigue-life estimation: A review of the current status and future trends. *Nanotechnology and Precision Engineering (NPE)*, 6(2).
- [10] Bogale, D., Getachew, Z., Zeleke, Z., & Tamiru, T. (2024). Finite element analysis on failure-yielding stresses in the wheel bolt of automobile vehicle due to operational loading conditions. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 7(2), 1311-1325.

Pengaruh Perbedaan Panjang Lengan dan Lebar Sudu Terhadap Kinerja Turbin Tipe *Darrieus*

Prengki Prabowo¹, M Zaenudin^{1,*}, Ade Sunardi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 01 April 2024

Revised 20 Mei 2024

Accepted 22 Mei 2024

Keywords:

Turbin *Darrieus*

PLTB

Jumlah sudu

Energi terbarukan

ABSTRAK

Turbin angin adalah salah satu jenis pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan baling-baling turbin atau *turbine blades*. Turbin yang menggunakan energi angin menjadi listrik. Biasanya turbin angin ini bisa digunakan pada daerah pegunungan, pantai dan rumah. Turbin angin ini sangat berguna bagi masyarakat dan bisa menghemat biaya untuk membayar listrik. kinerja turbin angin ini dipengaruhi oleh beberapa objek di antaranya, panjang lengan, jumlah sudu pada turbin dan lebar baling-baling. Penelitian ini hanya memfokuskan pada daya energi listrik dan kecepatan putaran baling-baling yang dihasilkan dengan menggunakan turbin angin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi kepustakaan dan penelitian eksperimental. Hasil pengujian turbin tipe *Darrieus*, perubahan variabel yang divariasikan dengan jumlah perbedaan panjang lengan dan lebar baling-baling yang berbeda-beda. Kerja turbin tipe *Darrieus* pada variasi lengan 3 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 30 cm menghasilkan daya 1,19 watt dan kecepatan angin 4,52 m/s. lengan 4 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm menghasilkan daya 2,73 watt dan kecepatan angin 5,0 m/s. Turbin yang paling optimal berada pada lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm menghasilkan daya sebesar 4,89 Watt dan kecepatan angin 8 m/s, sehingga dapat diketahui bahwa kecepatan angin dan daya yang dihasilkan pada saat menggunakan panjang lengan dan lebar baling-baling memiliki nilai daya *output* generator yang lebih besar.

*Corresponding Author:

M Zaenudin

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

Email: mzaenudin@jgu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.27>

1. PENDAHULUAN

Energi angin merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan dengan banyak manfaat, tetapi penerapannya di Indonesia masih kurang optimal dan belum populer [1]. Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, konsumsi energi terus meningkat, yang berdampak langsung pada peningkatan kualitas hidup dan kemajuan industrialisasi [2]. Turbin angin tipe *Darrieus* adalah salah satu jenis turbin angin yang dirancang untuk beroperasi pada kondisi angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah. Keunggulan utama dari turbin tipe *Darrieus* adalah kemampuannya untuk menangkap angin dari berbagai arah, sehingga memungkinkan penempatan yang fleksibel di berbagai lokasi, termasuk di sekitar rumah [3]. Turbin ini tetap berfungsi secara efektif meskipun dalam kondisi angin lemah, menjadikannya ideal untuk lingkungan dengan pola angin yang tidak stabil. Dengan mengadopsi teknologi turbin angin tipe *Darrieus*, Indonesia dapat memaksimalkan potensi energi angin secara lebih

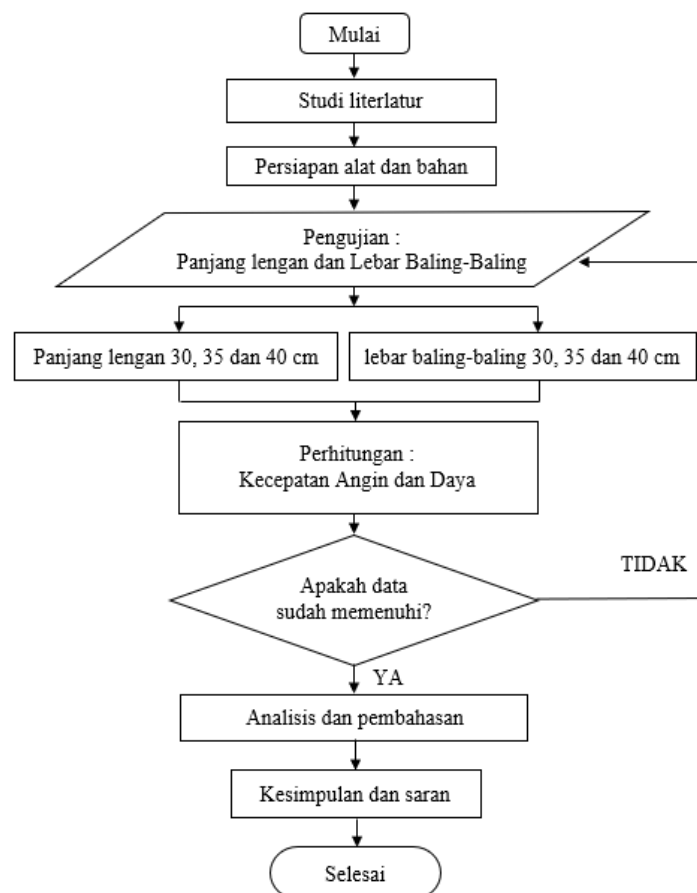
efisien, yang pada gilirannya dapat mengurangi emisi karbon dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan.

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental yang mendukung berbagai aktivitas manusia, termasuk dalam sektor industri, penggunaan peralatan elektronik, transportasi, dan berbagai aspek kehidupan lainnya. Di Indonesia, konsumsi energi saat ini didominasi oleh sumber daya fosil seperti minyak, gas alam, dan batu bara. Pertumbuhan konsumsi energi yang pesat mengindikasikan bahwa tanpa pengembangan sumber daya energi baru dan penerapan langkah-langkah efisiensi energi yang signifikan, Indonesia berpotensi menjadi importir minyak dalam waktu dekat, yang dapat berdampak negatif terhadap ketahanan energi nasional. Oleh karena itu, salah satu strategi yang penting untuk diadopsi adalah eksplorasi dan pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi angin, energi matahari, dan biomassa.

Energi baru dan terbarukan (EBT) menawarkan solusi jangka panjang untuk memenuhi kebutuhan energi global, karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan tidak akan habis meskipun digunakan secara terus-menerus [4,5]. Contoh-contoh sumber energi ini meliputi energi angin, energi matahari, dan biomassa. Namun, penerapan EBT sebagai pembangkit listrik memiliki tantangan, terutama dalam hal ketidakstabilan pasokan energi yang dihasilkan. Energi terbarukan sangat bergantung pada kondisi lingkungan, yang menyebabkan fluktuasi dalam produksi listrik, berbeda dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang dapat menyediakan energi secara konstan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pembangkit listrik harus disesuaikan dengan karakteristik lingkungan setempat untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan dalam penggunaan energi terbarukan.

2. METODE

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian skripsi ini terpusat pada metode riset dan eksperimental [7]. Metode riset dilakukan untuk mencari referensi teori yang relevan sesuai dengan permasalahan yang ditemukan. Sedangkan metode eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan observasi langsung terhadap objek yang diteliti. Alur dalam penelitian ini terbagi menjadi dalam beberapa langkah, yakni:

1. Penentuan judul
2. Study literatur
3. Mempersiapkan alat serta bahan
4. Perancangan PLTB tipe *Darrieus*
5. Pengujian (lengan turbin)
6. Perhitungan (daya dan kecepatan)
7. Menyusun laporan penelitian

Untuk melakukan pengujian alat bisa dilakukan dengan cara berikut ini, Pertama siapkan alat yang akan di uji, menyiapkan instrumen ukur untuk pengambilan data dan mempersiapkan ATK untuk mencatat hasil data pengujian. Angin yang menabrak mengarah baling-baling. Angin berfungsi untuk menggerakkan baling-baling dan memutarakan baling-baling yang di hubungkan ke generator dan menghasilkan energi listrik. Kemudian pengujian dilakukan dengan menggunakan perbedaan panjang lengan dan lebar baling-baling dengan ukuran yang berbeda yaitu dengan 30 cm, 35 cm, dan 40 cm. Angin yang berhembus untuk mendorong sudu sehingga turbin berputar. Dengan begitu akan di ukur dan di data.

1. Data kedua yang diambil adalah pengukuran lengan 3 dengan panjang 30, 35, 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.
2. Data kedua yang diambil adalah pengukuran lengan 4 dengan panjang 30, 35, 40 cm dan lebar baling-baling 35 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.
3. Data pertama yang diambil adalah pengukuran lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm yaitu daya dalam waktu 10 menit dan kecepatan angin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan saat turbin berputar dan diukur *output* dayanya dengan menggunakan multimeter, untuk mengetahui hasil dari kecepatan angin diukur dengan menggunakan Anemometer. Pengukuran dilakukan setiap 10 menit karena untuk mengetahui besar daya yang keluar dari turbin, karena besar daya sangat ditentukan oleh kecepatan angin. Hasil pengukuran dibahas secara lebih menyeluruh pada bagian berikutnya.

3.1. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm

Gambar proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

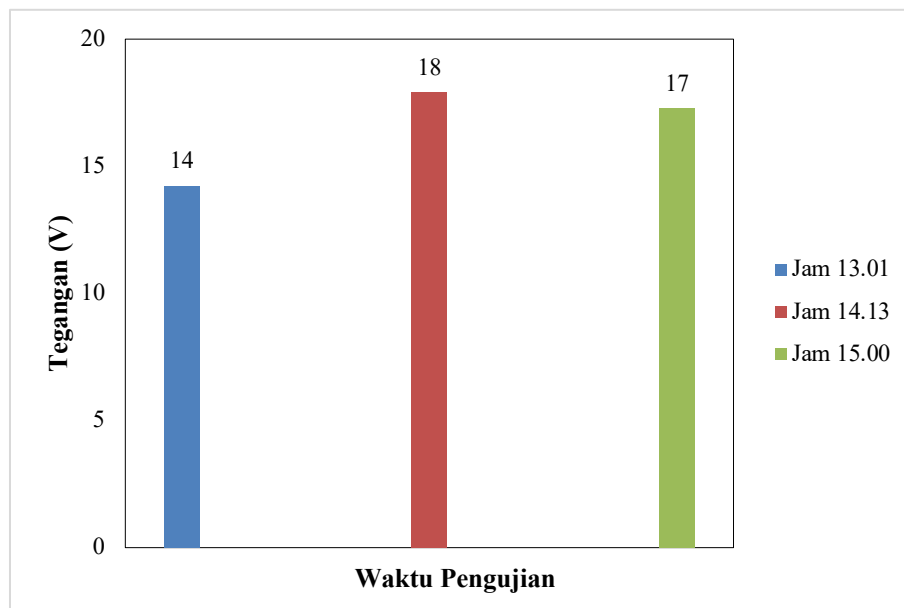
Dari data yang disajikan (Tabel 1 dan grafik pada Gambar 3), terlihat bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan angin, tegangan yang dihasilkan oleh PLTB juga mengalami peningkatan. Pada pengukuran pertama (13.01), kecepatan angin sebesar 1,9 m/s menghasilkan tegangan 14,23 Volt. Saat kecepatan angin meningkat menjadi 2,1 m/s pada pengukuran kedua (14.13), tegangan yang dihasilkan meningkat menjadi 17,89 Volt. Pada pengukuran terakhir (15.00), meskipun kecepatan angin meningkat lagi menjadi 2,5 m/s, tegangan yang dihasilkan sedikit menurun menjadi 17,28 Volt. Dalam hal kuat arus, arus listrik tercatat tetap konstan pada 0,3 Ampere untuk semua pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kecepatan angin berubah, sistem pembangkit tetap mampu mempertahankan arus yang stabil. Stabilitas arus ini penting untuk aplikasi praktis karena fluktuasi arus dapat merusak peralatan elektronik yang menggunakan listrik yang dihasilkan.



Gambar 2. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm.

Tabel 1. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 3 buah, panjang lengan 30 cm, dan lebar sudu 30 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.01	10	0,3	1,9	14,23
2	14.13	10	0,3	2,1	17,89
3	15.00	10	0,3	2,5	17,28
TOTAL			0,9	2,16	16,46



Gambar 3. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 3 dengan panjang 30cm dan lebar baling-baling 30cm :

$$P = V \times I$$

$$P = 16,46 \times 0,9$$

$$P = 14,46 \text{ Watt}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 3 dengan panjang 30 cm dan lebar baling-baling 30 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 14,46 Watt dan kecepatan angin 2,16 m/s.

3.2. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35, cm dan lebar sudu 35 cm

Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan data hasil pengujian (Tabel 2 dan grafik pada Gambar 5) pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tipe *Darrieus* dengan konfigurasi 4 sudu, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm, terlihat adanya korelasi antara kecepatan angin dengan tegangan yang dihasilkan. Pada pengukuran pertama (13.15), dengan kecepatan angin 3,0 m/s, sistem mampu menghasilkan tegangan sebesar 33,35 Volt. Menariknya, meskipun kecepatan angin pada pengukuran kedua (14.23) sedikit menurun menjadi 2,9 m/s, tegangan yang dihasilkan justru meningkat signifikan menjadi 38,98 Volt. Hal ini mungkin disebabkan oleh faktor lain yang mempengaruhi efisiensi turbin, seperti sudut serang sudu atau kondisi angin yang lebih stabil.

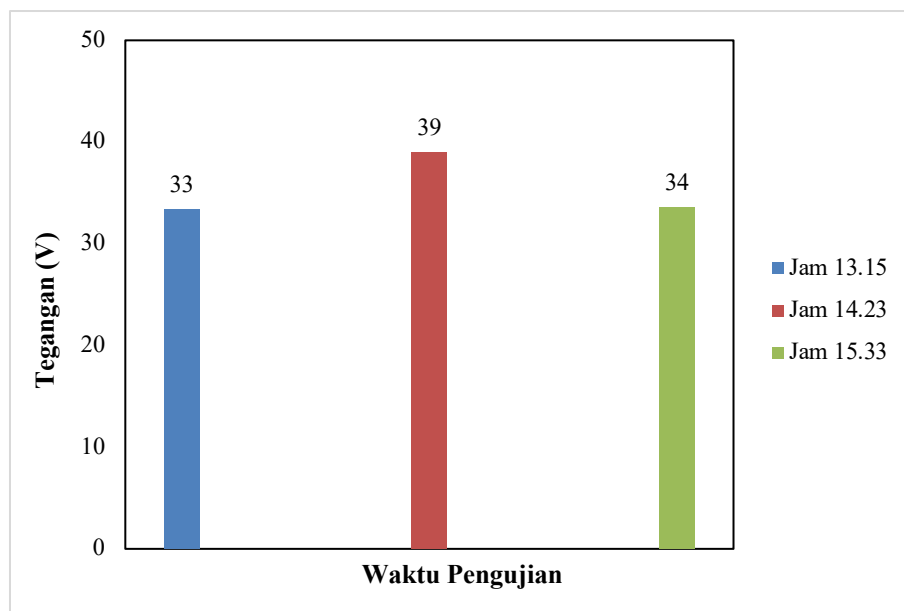
Pada pengukuran ketiga (15.33), kecepatan angin terus menurun hingga 2,7 m/s, dan tegangan yang dihasilkan kembali turun menjadi 33,54 Volt. Penurunan tegangan ini konsisten dengan penurunan kecepatan angin, yang menunjukkan bahwa kecepatan angin memainkan peran penting dalam performa turbin. Namun, fluktuasi tegangan pada kecepatan angin yang relatif stabil mengindikasikan bahwa ada faktor lain yang perlu dianalisis lebih lanjut, seperti desain sudu, material yang digunakan, atau efisiensi sistem secara keseluruhan. Analisis lebih lanjut dan pengujian tambahan dapat membantu mengidentifikasi dan mengoptimalkan faktor-faktor tersebut untuk meningkatkan kinerja PLTB tipe *Darrieus*.



Gambar 4. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm.

Tabel 2. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 4 buah, panjang lengan 35 cm, dan lebar sudu 35 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.15	10	0,3	3,0	33,35
2	14.23	10	0,3	2,9	38,98
3	15.33	10	0,3	2,7	33,54
TOTAL			0,9	2,86	35,29



Gambar 5. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 4 dengan panjang 35cm dan lebar sudu 35 cm:

$$P = V \times I$$

$$P = 35,29 \times 0,9$$

$$P = 31,76 \text{ Watt}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 4 dengan panjang 35 cm dan lebar baling-baling 35 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 31,76 Watt dan kecepatan angin 2,86 m/s.

3.3. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah lengan 4 buah, panjang lengan 40 cm dan lebar sudu 40 cm

Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.

Data hasil pengujian (Tabel 3 dan grafik pada Gambar 7) pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) tipe *Darrieus* dengan konfigurasi 5 sudu, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm menunjukkan adanya hubungan antara kecepatan angin dan tegangan yang dihasilkan oleh sistem. Pada pengukuran pertama (13.33), dengan kecepatan angin sebesar 2,6 m/s, sistem mampu menghasilkan tegangan sebesar 28,83 Volt. Namun, pada pengukuran kedua (14.27), meskipun arus tetap konstan, penurunan kecepatan angin menjadi 2,5 m/s menyebabkan penurunan tegangan menjadi 22,61 Volt, menunjukkan sensitivitas sistem terhadap variasi kecepatan angin.

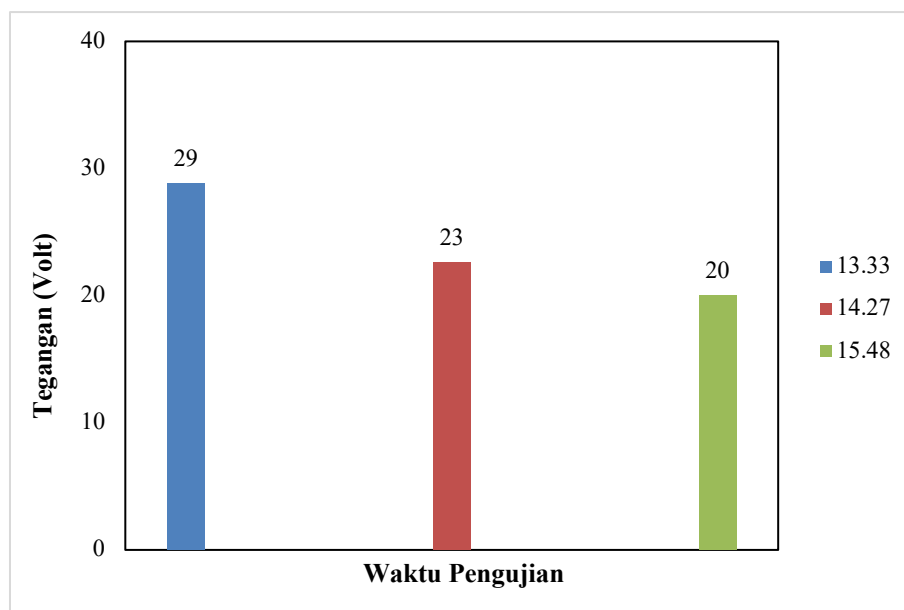
Pengukuran ketiga (15.48) menunjukkan tren yang sama, di mana penurunan kecepatan angin lebih lanjut menjadi 2,3 m/s menyebabkan penurunan tegangan lebih lanjut menjadi 20,01 Volt. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja turbin *Darrieus* sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, dengan tegangan yang dihasilkan menurun seiring dengan penurunan kecepatan angin. Data ini juga mengindikasikan bahwa meskipun konfigurasi dengan 5 sudu dan dimensi yang lebih besar mungkin meningkatkan efisiensi penangkapan angin, faktor kecepatan angin tetap menjadi variabel yang paling menentukan dalam menghasilkan tegangan listrik yang optimal. Evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan desain turbin agar dapat menghasilkan tegangan yang lebih stabil meskipun dalam kondisi kecepatan angin yang fluktuatif.



Gambar 6. Pengujian daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 5 buah, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm.

Tabel 3. Hasil pengukuran daya dan kecepatan angin dengan jumlah sudu 5 buah, panjang lengan 40 cm, dan lebar sudu 40 cm.

No.	Jam	Waktu (menit)	Arus (Ampere)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)
1	13.33	10	0,3	2,6	28,83
2	14.27	10	0,3	2,5	22,61
3	15.48	10	0,3	2,3	20,01
TOTAL			0,9	5,86	23,81



Gambar 7. Grafik hasil pengujian.

Menghitung daya pada lengan 5 dengan panjang 40cm dan lebar sudu 40cm :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 P &= 31,76 \times 0,9 \\
 P &= 28,58 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Data di atas yang diambil adalah pengukuran lengan 5 dengan panjang 40 cm dan lebar baling-baling 40 cm menghasilkan daya dalam waktu 10 menit yaitu 28,58 Watt dan kecepatan angin 2,86 m/s.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Pembuatan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) ini sudah berhasil dan dapat digunakan dengan baik. Keberhasilan dari alat ini adalah dapat memanfaatkan energi listrik tenaga angin sebagai penerangan. Konsep seperti ini juga dapat dipelajari dari referensi [8].
- Daya yang dihasilkan pada turbin tipe *Darrieus* berbanding lurus dengan kecepatan putar turbin. Semakin cepat putaran turbin maka daya yang dihasilkan turbin akan semakin besar dan lampu akan sangat terang, hal ini juga selaras dengan penelitian-penelitian sebelumnya, misalnya ada pada referensi [9].
- Dari hasil pengujian turbin tipe *Darrieus*, perubahan variabel jumlah perbedaan panjang lengan yang di variasikan dengan lebar baling-baling yang berbeda. Kerja turbin tipe *Darrieus* yang paling maksimal berada pada variasi panjang lengan 4 dengan panjang 35cm dan lebar baling-baling 35cm pada saat di rata-ratakan adalah 2,86 m/s dan 35,29Watt sehingga dapat diketahui bahwa kecepatan angin dan daya yang dihasilkan pada saat menggunakan panjang lengan dan lebar baling-baling memiliki nilai daya *output* generator yang lebih besar daripada saat menggunakan variasi panjang lengan 3 dengan panjang 30cm dan lebar baling-baling 30cm, variasi panjang lengan 5 dengan panjang 40cm dan lebar baling-baling 40 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas kesempatannya dan penyediaan fasilitas untuk mendukung penelitian ini.

REFERENCES

- [1] A. Prasetyo. (2019). Studi potensi penerapan dan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- [2] M. Bhattacharya, S. R. Paramati, I. Ozturk, & S. Bhattacharya. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied energy*, 162, 733-741.
- [3] R. Taufiqurrahman & V. Suphandani. (2017). Studi Numerik Turbin Angin Darrieus dengan Variasi Jumlah Sudu dan Kecepatan Angin. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), B13-B18.
- [4] A. Suandi, A. Sunardi, I. B. Indra, M. Zaenudin, & A. Gamayel. (2022). Analisis Pengaruh Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 12(3), 168-173.
- [5] M. N. Hanif, M. Zaenudin, & Y.K.P. Saleh. (2023). Analisis sistem solar tracker terhadap daya yang dihasilkan untuk irigasi hidroponik tenaga panel surya. *JURNAL CRANKSHAFT*, 6(2), 21-36.
- [6] A Gamayel, M Zaenudin, & BW Dionova. (2023). Performance of piezoelectric energy harvester with vortex-induced vibration and various bluff bodies. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 21(4), 926-934.
- [7] A Jaedun. (2011). Metodologi penelitian eksperimen. *Fakultas Teknik UNY*, 12.
- [8] X Jin, G Zhao, K Gao, & W Ju. (2015). Darrieus vertical axis wind turbine: Basic research methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 212-225.
- [9] EP Octauria, DA Nindito, & RH Saputra. (2021). Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Omni Directional Guide Vanes Terhadap Performa Turbin Hidrokinetik Darrieus. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 17(2), 95-108.

Analisis Desain *Mold Plastic Injection Molding* untuk produk *Miswak Toothbrush* dengan *Software fusion 360*

Usbanu Ade Atmoko¹, Adhes Gamayel¹, Zulhamidi¹, M. Luqman SF^{1*}, M.U.Z Priyadi,
M. Zaenudin

^{1*} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya,
Depok 16412, Indonesia

Article Info	ABSTRAK
Article history: Received 01 April 2024 Revised 20 Mei 2024 Accepted 23 Mei 2024	Produk yang berbahan baku plastik sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut membuka peluang untuk para pengusaha untuk membuat produk yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah sikat gigi. Dalam penelitian ini melakukan inovasi mengganti sikat gigi dengan gagang berbahan plastik jenis <i>polypropylene</i> dan bulunya di ganti menggunakan siwak. Penelitian ini menggunakan <i>software Fusion 360</i> dalam proses perancangan dan untuk memprediksi/simulasi aliran material ke dalam cetakan saat proses injeksi, dari segi waktu, suhu material, dan suhu cetakan (<i>mold</i>). Dalam perancangan / desain <i>mold</i> dilakukan simulasi <i>injection</i> dengan 6 variasi dimensi <i>runner</i> untuk mencari <i>defect sink marks</i> dan <i>weldlines</i> terendah, menggunakan suhu <i>melt</i> dan pada 2500 °C menunjukkan hasil pada dimensi <i>runner</i> 2 mm dengan <i>defect</i> terendah dengan <i>filling time</i> 0,73 detik dan <i>colling time</i> 9,25 detik. Dan hasil yang kurang optimal pada dimensi <i>runner</i> 4,5 mm dengan suhu 2300 °C terdapat <i>defect</i> yang tinggi dengan <i>filling time</i> 0,84 detik dan <i>colling time</i> 84,77 detik.
Keywords: <i>Injection Molding</i> <i>Polypropylene</i> <i>Fusion 360</i> <i>Toothbrush</i> <i>Mold Flow Simulation</i>	
*Corresponding Author: M. Luqman Saiful Fikri Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia Email: luqmanfikri@jgu.ac.id DOI: https://doi.org/10.56904/imejour.v2i1.28	

1. PENDAHULUAN

Produk berbahan dasar plastik semakin banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik merupakan salah satu material yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia karena mudah dibentuk, praktis, ringan, tidak berkarat, dan ekonomis. Selain itu, peningkatan penggunaan bahan baku plastik berdampak pada pertumbuhan tahunan manufaktur plastik, seperti yang di ketahui bersama bahwa plastik memiliki sifat yang sangat rapuh, membutuhkan waktu yang lama untuk terurai, dan akan membawa kesulitan di masa depan [1], [2]

Cara mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat mesin atau alat pembentukan plastik, ada banyak metode yang dapat digunakan untuk membentuk plastik, yaitu cetakan tiup (*blow molding*), cetakan alir (*extrusion molding*), cetakan tekan (*compression molding*), dan cetakan injeksi (*injection molding*)[3]. Proses pembentukan plastik dengan cara *injection molding* yaitu hanya dengan cara melelehkan material plastik kemudian diinjeksikan ke dalam sebuah cetakan[4]. Hal tersebut membuka peluang bisnis untuk para pengusaha untuk membuat produk yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah sikat gigi. Proses pembuatan sikat gigi tersebut menggunakan teknik *injection molding*[4]. Proses *injection molding* merupakan teknik yang sering digunakan dalam pembentukan produk yang

berbahan plastik, karena dengan menggunakan metode tersebut bisa membuat bentuk fitur yang sulit untuk dibentuk dibandingkan metode yang lain [5], [6], [7]. Dalam proses produksi secara massal tentu kualitas menjadi tuntutan utama, *casing-casing* alat pengaman yang diproduksi harus dengan kualitas yang baik. Kualitas suatu produk tergantung dari kualitas cetakan (*mold*) yang dirancang [7], [8], [9]. Oleh karena itu cetakan (*mold*) harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat meminimalisir hasil cacat pada produk yang merupakan tantangan utama dalam proses *plastic injection molding* [8].

Pada penelitian menggunakan proses *refers engineering* pada *injection moulding* miswak *toothbrush*. Siwak (*Salvadora persica*) merupakan tanaman alternatif yang memiliki sifat antibakteri. Ekstrak siwak yang diperoleh melalui proses perkolasi mengandung komponen aktif antimikroba seperti saponin, terpenoid, dan fenol. Kandungan tersebut efektif dalam membunuh dan mengurangi pertumbuhan beberapa bakteri mulut aerob dan anaerob, serta anti jamur [10], [11]. Pada umumnya bulu sikat gigi terbuat dari nilon, penelitian ini melakukan inovasi untuk mengganti bulu sikat dengan menggunakan siwak. Karena bulu yang terbuat dari nilon memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang lebih sulit untuk kering sehingga mudah ditumbuhi bakteri, sedangkan siwak dipercaya sebagai obat memiliki kemampuan antiseptik dan ampuh dalam menghilangkan plak dan mereduksi virulensi bakteri *periodontopathogenic*. Kandungan anionic alami dalam miswak dipercaya sebagai antimicrobial efektif didalam menghambat dan membunuh microbial [12], [13]. Siwak juga menjaga kebersihan mulut jauh lebih lama dibanding sikat dan pasta gigi biasa karena terdapat kandungan zat-zat yang dibutuhkan untuk menjaga kesehatan gigi dan mulut [10].

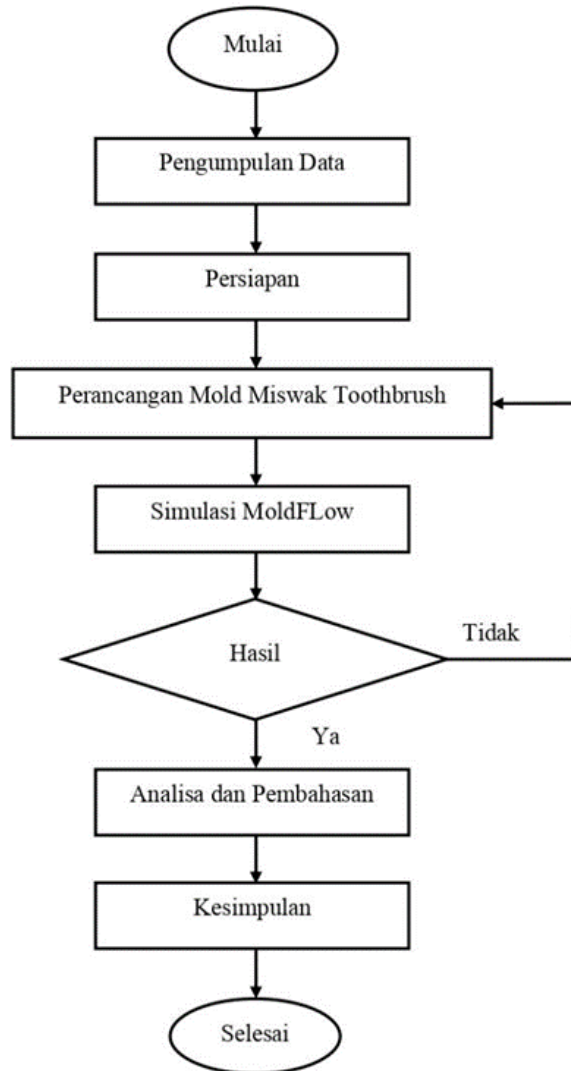
Proses perancangan ini dilakukan dengan *software Fusion 360* yang merupakan perangkat lunak terbaru *Autodesk* yang memanfaatkan manajemen data dan komputasi untuk mendukung kelengkapan proses produksi dan mengurangi biaya serta mendukung proses desain cetakan (*mold*) untuk mendapatkan hasil yang baik dan mempersingkat proses trial. Perangkat lunak ini memungkinkan desain dan simulasi yang mudah, memastikan kesalahan dapat diminimalkan, sehingga ideal untuk pekerjaan desain teknis. Maka penelitian ini membuat produk sikat gigi gagang berbahan plastik jenis *Polypropylene* (PP) dengan metode *injection moulding* dan bulunya di ganti menggunakan siwak guna mendapatkan parameter yang tepat untuk perancangan mold sikat gigi.

2. METODE

2.1 Pengumpulan Data

Teknik pemecahan masalah yang dilakukan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan membuat diagram alir yang akan dilakukan penulis untuk membantu memilih tindakan. Tujuannya agar penelitian menjadi lebih terarah dan terkendali, sehingga tidak melenceng terlalu jauh dari target yang diinginkan. Gambar di bawah ini menggambarkan tahapan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan berbagai metode pengumpulan data untuk membuat cetakan untuk cetakan injeksi plastik produk Sikat Gigi Siwak. Metode-metode tersebut antara lain studi literatur, studi lapangan, serta observasi dan simulasi lapangan. Penulis mengumpulkan data dari literatur yang relevan dan berpartisipasi dalam observasi lapangan untuk memahami dimensi *part*, dimensi cetakan, komponen *injection molding*, spesifikasi alat, dan ketersediaan perangkat lunak. Penelitian ini membantu dalam landasan teori tugas akhir.

Persiapan dimulai sebelum desain dengan mengumpulkan informasi dari spesifikasi data mesin dan data produk. Data Mesin mengacu pada mesin yang digunakan dalam proses desain, termasuk spesifikasinya. Data mesin meliputi bukaan mesin maksimum, kapasitas mesin, unit penjepit, gaya ejektor, dan sebagainya. Injeksi plastik melibatkan dua proses mesin: mesin injeksi vertikal dan mesin injeksi horizontal. Penelitian ini menggunakan mesin injeksi vertikal.



Gambar 1. Flowchart penelitian

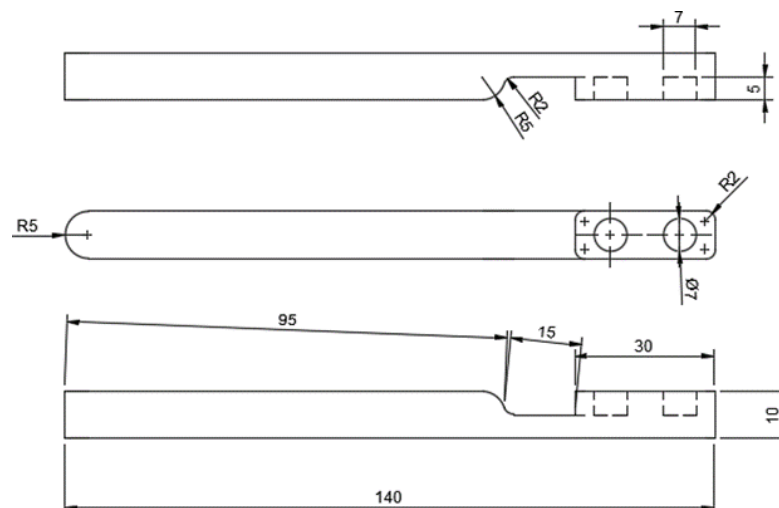
2.2 Perancangan Cetakan (*mold*) Miswak Toothbrush

Dalam perancangan produk perlu tahapan-tahapan yang teratur agar mendapatkan hasil produk yang sesuai dengan spesifikasi pada data produk yang kita pelajari. Tahapan tersebut yaitu konsep, bahan dan alat (*software*), dan merancang. Setelah tahap analisis selesai, tahap dasar kedua, desain atau pembuatan produk, dimulai. Membuat konsep desain melibatkan penamaan komponen, elemen, dan atribut. Dasar fundamental untuk membuat desain cetakan sikat gigi siwak berkembang hingga hanya ada satu gagasan. Pendekatan desain di sini bukan untuk mengubah siwak sikat gigi, tetapi untuk mendesain cetakan dengan fokus pada bahan siwak yang menggantikan *nylon*. Dengan demikian, rasio aliran injeksi dan kepadatan cetakan yang sesuai akan diperoleh. Tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah konsep dirasa cukup memadai ialah melakukan perancangan. Pada tahapan ini penulis melakukan pengembangan terhadap konsep-konsep yang telah dibuat dan ditentukan sebelumnya sesuai dengan mekanisme kerja *two plate mold*.

Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Variabel terikat yaitu factor yang diamati untuk menentukan pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikat yang dipakai yaitu berat produk, *defect warpage* dan *defect sink mark*. Variabel bebas adalah variabel menjadi penyebab atau mempengaruhi dan meliputi factor-faktor yang diukur, dimanipulatif atau dipilih oleh peneliti, bertujuan agar dapat

menemukan hasil observasi yang diamati. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah penentuan posisi *sprue* dan dimensi *runner* agar aliran injeksi lancar. Simulasi aliran (*Injection simulation*) mensimulasikan penekanan injeksi saat proses pengisian dan penahanan sehingga arah aliran dari material yang telah mencair dapat diprediksi. Dari Simulasi ini didapatkan perkiraan kualitas dari produk dan efisiensi proses pengisian pada rongga cetakan. Dilakukan pengecekan hasil analisa dan simulasi *mold flow* pada desain yang terpilih untuk dijadikan cetakan *mold* produk miswak toothbrush apakah sudah sesuai dengan rencana awal yang diinginkan seperti konsep dan satuan fungsi sudah sesuai apa belum, jika sudah sesuai maka dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu pembuatan pabrikasi cetakan injeksi.

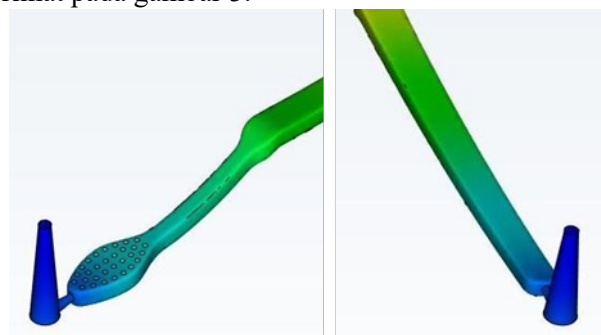
Selanjutnya proses pembuatan cetakan injeksi untuk produk *miswak toothbrush* yang sudah sesuai dengan gambar, dimensi, ukuran dan fungsi produk. Proses pencetakan dilakukan menggunakan beberapa mesin seperti Mesin gergaji, Mesin gerinda, Mesin bor, Mesin CNC dan alat Poles.



Gambar 2. Desain 2d Miswak Toothbrush

Sprue

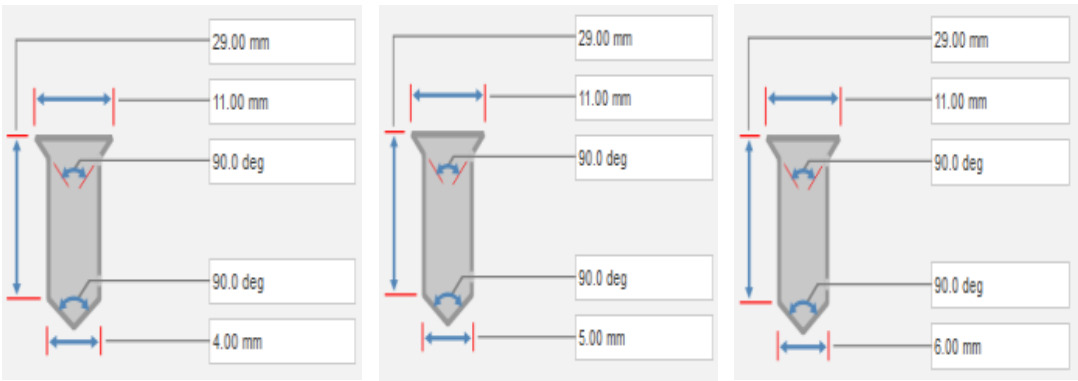
Pada perancangan *sprue* memiliki 2 variasi yaitu dibagian kepala dan gagang sikat yang ditunjukkan seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Contoh Desain Posisi *Sprue*

Pada tahap ini dimana kita melakukan pendesainan awal yang sudah kita konsep. Dengan 6 variasi dimensi *runner* yang berbeda agar bisa membuat suatu produk dengan hasil maksimal. Dengan bentuk silinder dengan panjang sama 8 mm dan 6 variasi diameter silinder

2 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, 4,5 mm dan variasi satunya dari 3 mm mengerucut ke 2 mm . Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Contoh Desain 3 Dimensi Runner

Injection molding adalah sirkuit mekanis dengan dua bagian: bergantung pada produk dan tidak bergantung pada produk. Bentuk dan ukuran geometrisnya ditentukan oleh komponen cetakan plastik, yang memungkinkan untuk distribusi, pendinginan, pengeluaran, gerakan transfer, penjagaan, dan penyelarasan komponen fungsional. Struktur dan bentuknya tidak bergantung.

Tabel 1. Data Produk

Data Produk	
Nama produk	Sikat gigi
Material	<i>Polypropilene</i>
Dimensi Produk (p x l x t)	140 mm x 10 mm x 10 mm
Dimensi lubang siwak	7 mm x 5 mm

Tabel 2. Data Perancangan Mold

Data Perancangan Mold	
Jenis Mold	<i>Two Mold Plate</i>
Jumlah Cavity dan Mold	1
Dimensi Mold (panjang x lebar x tebal)	178 mm x 100 mm x 50 mm
Jenis Material Mold	<i>Steel S50c</i>

Perancangan desain *mold plastic injection* ini menggunakan *software fusion 360* seperti dipenelitian sebelumnya, sehingga memudahkan dalam proses perancangan. Perancangan *mold* ini menggunakan jenis *two plate mold* dengan dimensi yang minimalis mengacu pada spesifikasi mesin *injection vertical* yang sudah ada. Material bahan yang digunakan untuk pembuatan *mold* ini menggunakan *Steel S50c* yang lebih mudah didapatkan.

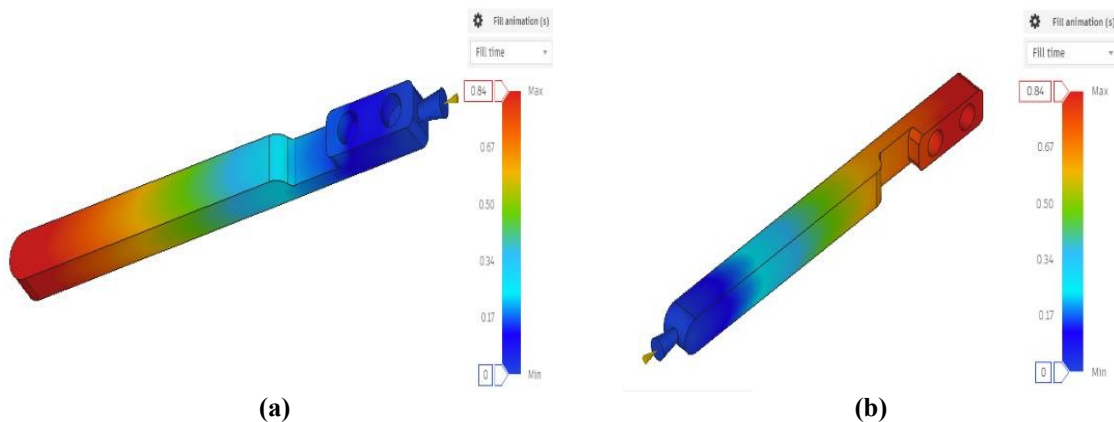
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan gambar

Dalam proses perancangan desain *mold* ini menggunakan *software Autodesk Fusion 360*. Dengan *software Fusion 360* ini akan lebih mudah dalam proses perancangan desain *mold*. Dalam perancangan *mold plastic* ini yang menjadi pokok utama yaitu spesifikasi data produk yang akan dibuat untuk mempermudah dalam proses perancangan.

3.2 Pembahasan Hasil Simulasi dan Penentuan Posisi Sprue

Proses pertama dalam perancangan ini pertama menentukan lokasi sprue untuk memudahkan dalam proses analisis. Karena lokasi *sprue* akan berpengaruh terhadap hasil cacat produk seperti *weld line*, *sink marks* dan juga dapat berpengaruh terhadap hasil akhir produk cetak dikarenakan analisis ini menggunakan metode *cold runner*. Dari dua lokasi yang berbeda ini dapat diambil lokasi *sprue* yang mempunyai *fill time* terendah dan hasil akhir produk.



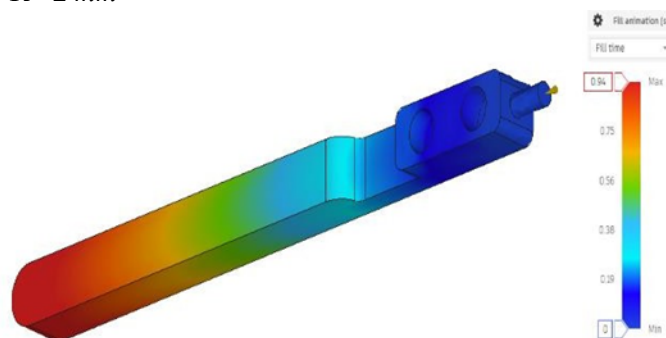
Gambar 5. Lokasi Sprue (a) 1 dan (b) 2

Hasil simulasi *injection sprue* lokasi 1 menunjukkan *filling time* 0,84 s, *colling time* 86,50 s dan hasil visual *defect* pada 3 permukaan akan terdapat *sink marks*, 1 *weld lines* (gambar 4.2). Untuk lokasi sprue 2 mempunyai *filling time* 0,84 s, *colling time* 94,14 s beda 7,64 s pada waktu *colling time* dan menunjukkan hasil visual *defect* pada 3 permukaan akan terdapat *sink marks*, 2 *weld lines*. Dari hasil simulasi tersebut peneliti dapat menyimpulkan dan menggunakan posisi/lokasi sprue pertama, karena dari segi cacat produk seperti *weld line* hanya 1 titik, *colling time* yang cepat dan melihat dari spesifikasi mesin horisontal yang digunakan untuk mengantisipasi aliran *injection* agar lebih cepat merata ke permukaan cetakan/mold cavity & core dan mendapatkan hasil produk yang maksimal.

3.3 Variasi dimensi runner

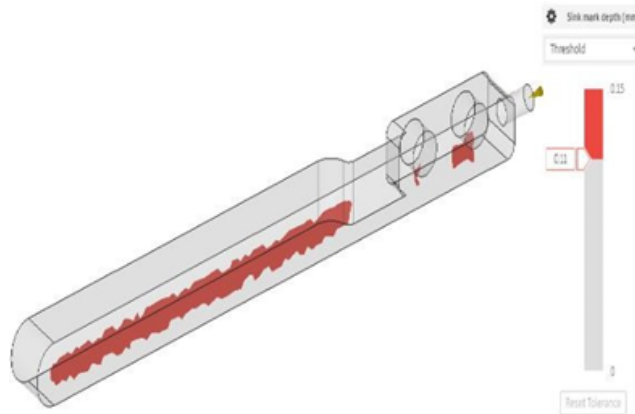
Dalam penelitian ini menggunakan 6 variasi *runner* pada temperatur *melting* yang digunakan 230°C dan 250°C. Yang bertujuan untuk mencari parameter *defect sink marks*, *weld line*, *filling time* dan *colling time* terendah.

Hasil *Runner R = 2 mm*



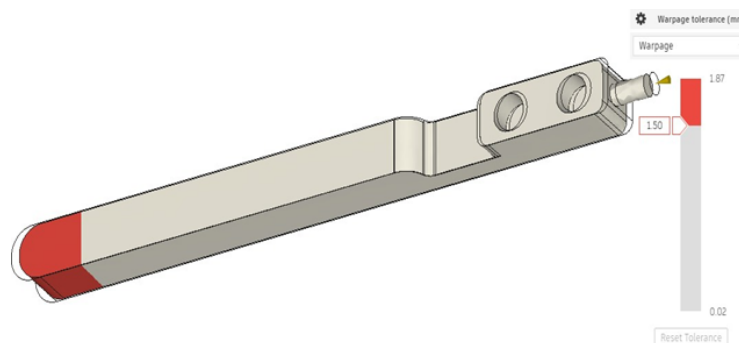
Gambar 6. Fill animation runner R = 2 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230°C. menunjukkan *filling time* 0,94 s, terlihat bahwa area berwarna biru yang mengalami *filling time* rendah karna bersampingan dengan *gate*/ jalur masuknya plastik



Gambar 7. Defect sink marks dan weld lines

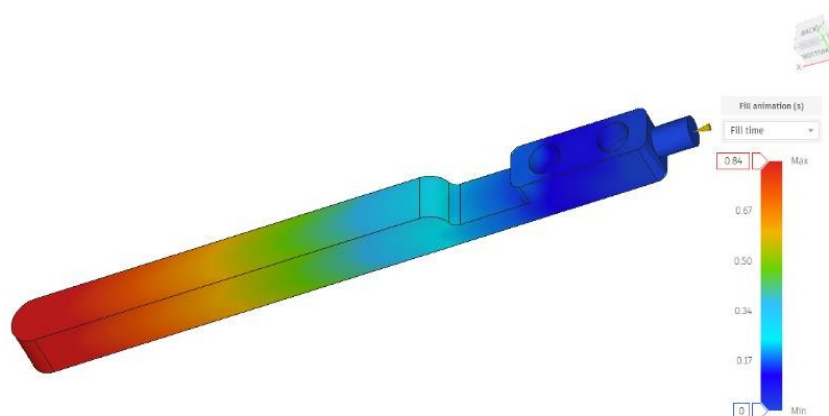
Pada gambar 8 menunjukkan cacat produk 1 face sink marks dan 2 cacat produk weld lines.



Gambar 8. Defect warpage

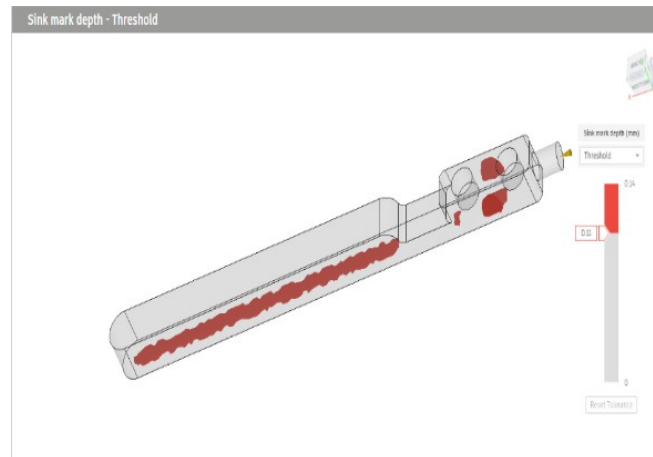
Deflection pada bagian tengah part 1,87 mm dan warpage (lengkungan) melebihi 1,50 mm dari desain yang ditetapkan.

Hasil Runner R 3 mm

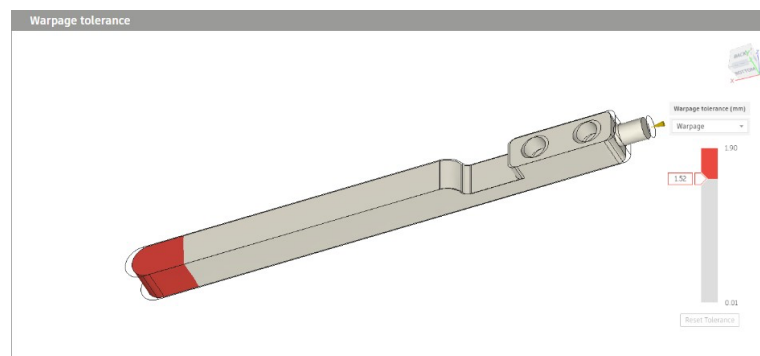


Gambar 9. Fill animation runner r 3 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230⁰ C . menunjukan filling time 0,84 s,

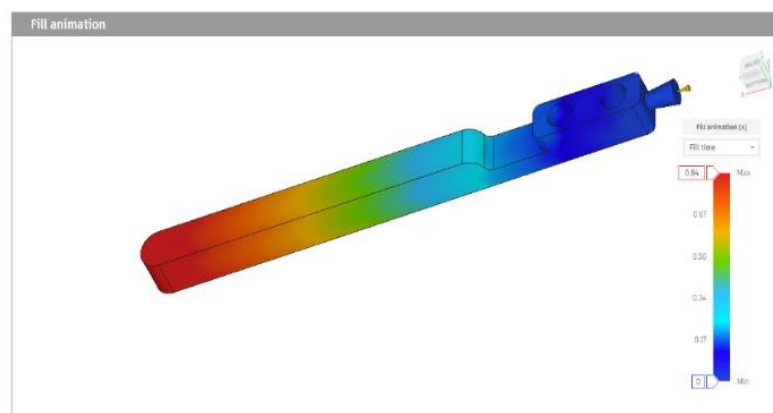


Gambar 10. Defect sink marks dan weld lines



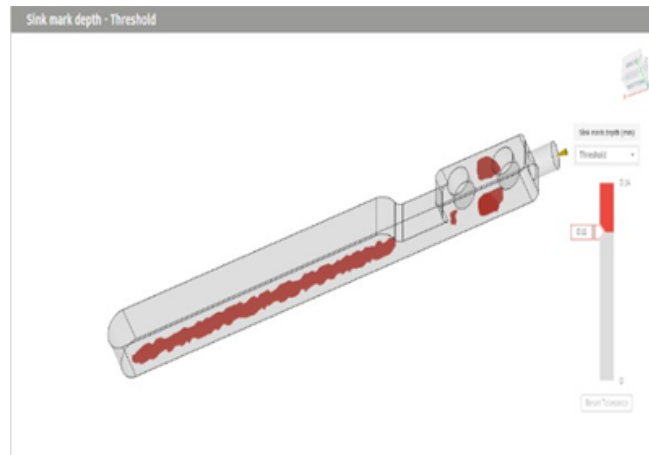
Gambar 11. Defect warpage

Mempunyai cacat produk 3 *face sink marks* dan mempunyai 1 cacat produk *Runner* dimensi mengerucut R 3 mm – 2 mm



Gambar 12. Fill animation runner r 3 - 2 mm

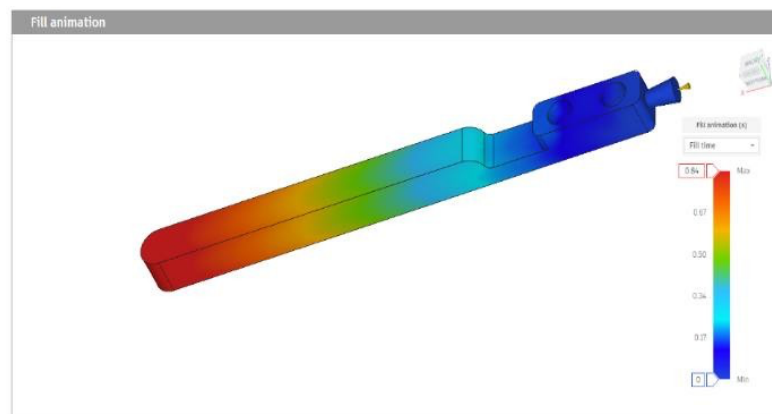
Fill injection menggunakan temperatur 2300 C . menunjukan filling time 0,84 s, *colling time* 86,50 s yang sama dengan diameter *runner* r 3 mm



Gambar 13. Defect sink marks dan weld lines

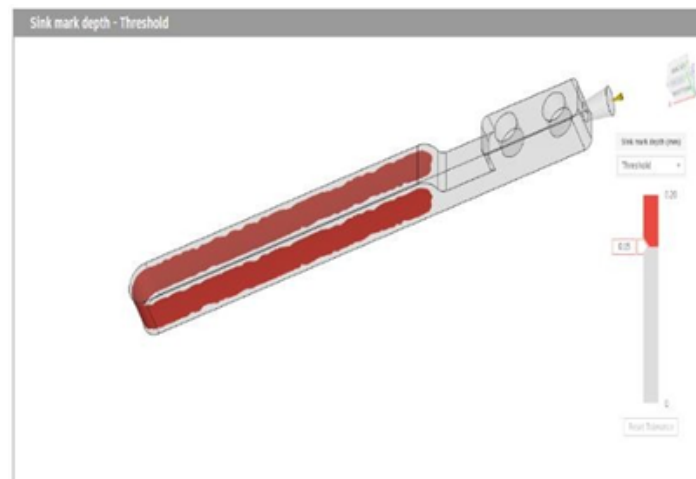
Deflection pada bagian tengah part 1,90 mm dan warpage (lengkungan) melebihi 1,52 mm dari desain yang ditetapkan.

1. *Runner* dimensi mengerucut R 3 mm – 2 mm



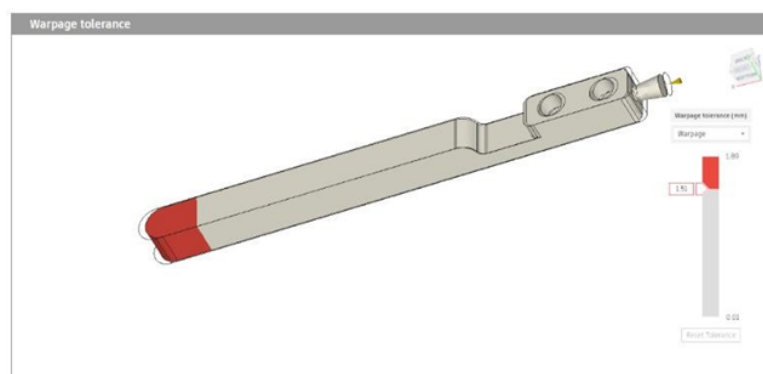
Gambar 14. Fill animation runner r 3 - 2 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230°C. menunjukan filling time 0,84 s, *colling time* 86,50 s yang sama dengan diameter runner r 3 mm.



Gambar 15. Defect sink marks dan weld lines

Mempunyai cacat produk 3 face sink marks dan mempunyai 1 cacat produk weld lines.

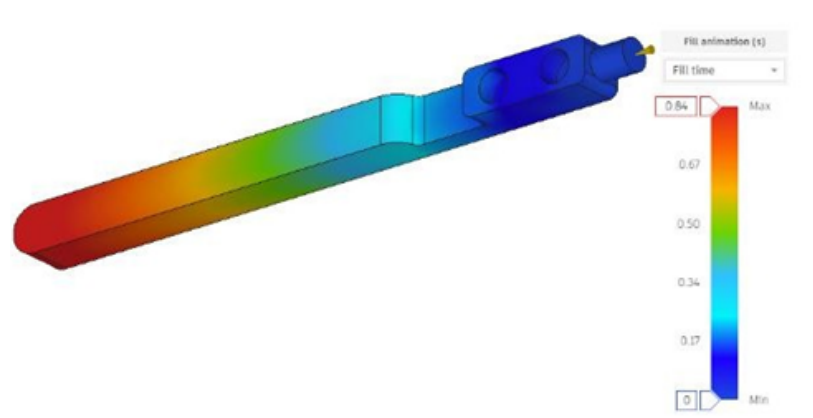


Gambar 16. Defect warpage

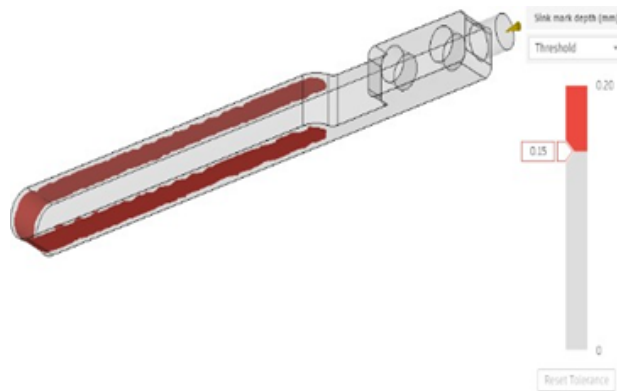
Deflection pada bagian tengah part 1,89 mm dan warpage (lengkungan) melebihi 1,51 mm dari desain yang ditetapkan.

2. Runner dimensi R 3.5 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230°C. menunjukan filling time 0,84 s, colling time 86,30 s

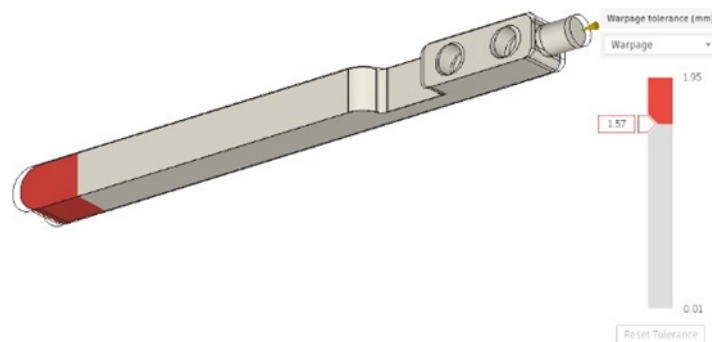


Gambar 17. Fill animation runner r 3.5 mm



Gambar 18. Defect sink marks dan weld lines

Mempunyai cacat produk 4 face sink marks mempunyai 1 cacat produk weld lines.

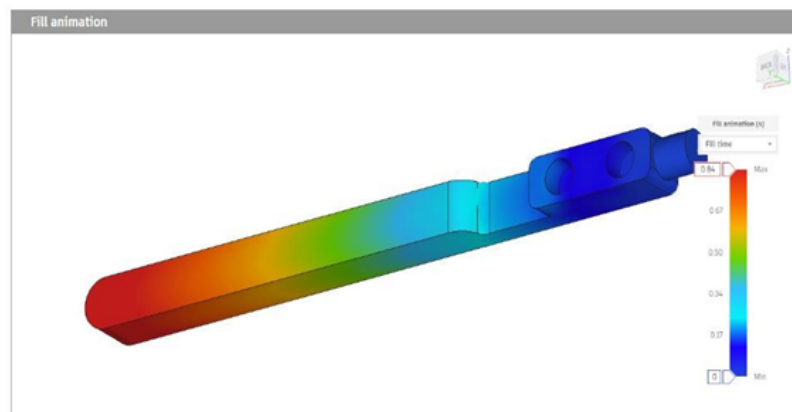


Gambar 19. Defect warpage

Deflection pada bagian tengah part 1,95 mm dan warpage (lengkungan) melebihi 1,57 mm dari desain yang ditetapkan.

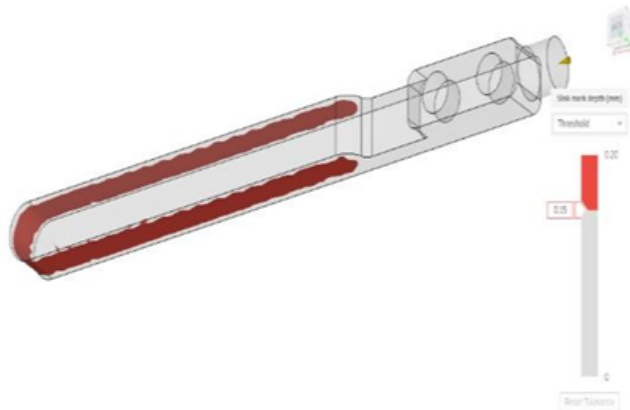
3. Runner dimensi R 4 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230°C. menunjukan filling time 0,84 s, colling time 86,49 s.



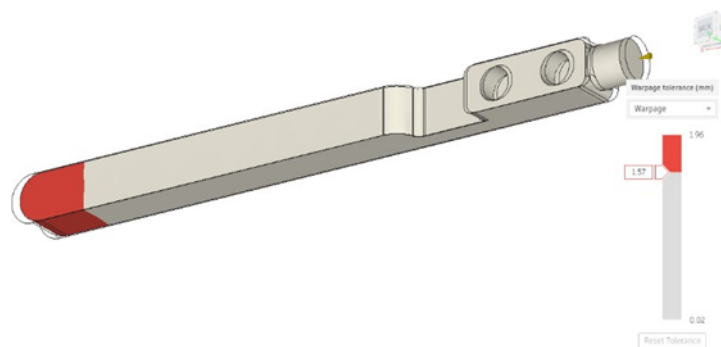
Gambar 20. Fill animation runner r 4 mm

Fill injection menggunakan temperatur 230°C. menunjukan filling time 0,84 s, colling time 86,49 s.



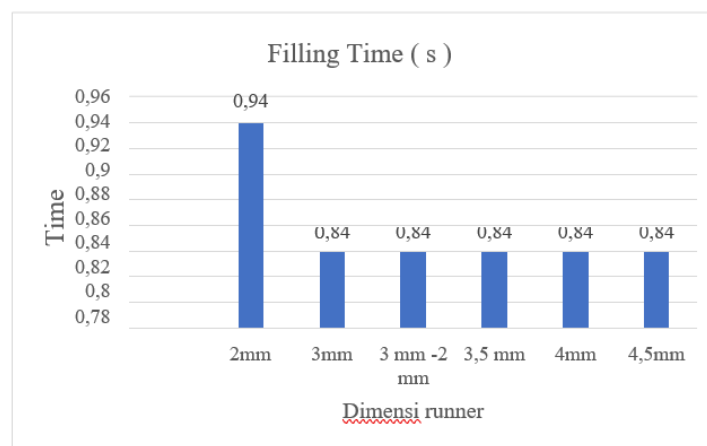
Gambar 21. Defect sink marks dan weld lines

Mempunyai cacat produk 4 face sink mark dan mempunyai 2 cacat produk weld lines.

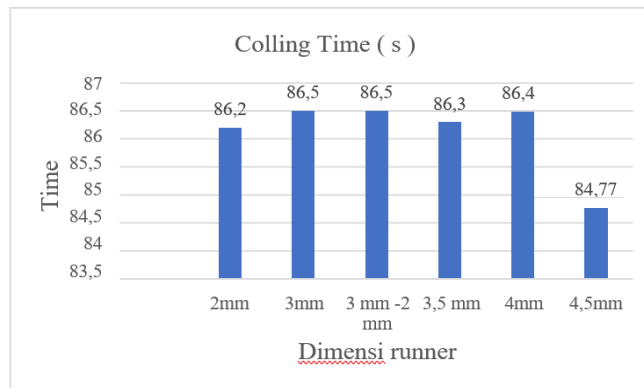


Gambar 22. Defect warpage

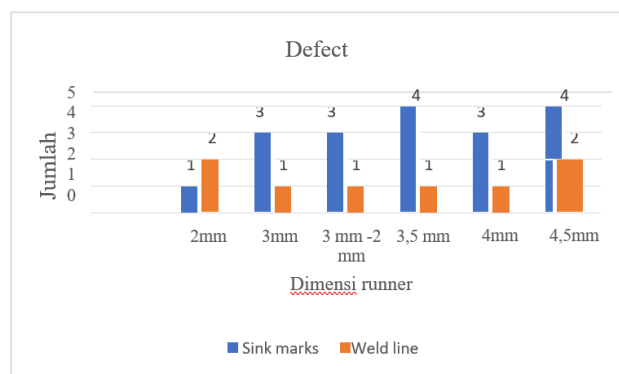
Deflection pada bagian tengah part 1,96 mm dan warpage (lengkungan) melebihi 1,57 mm dari desain yang ditetapkan.



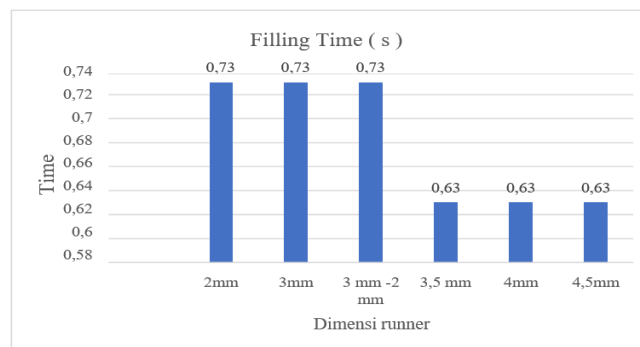
Gambar 23. Filling Time Temperature Melt Melt 230°C



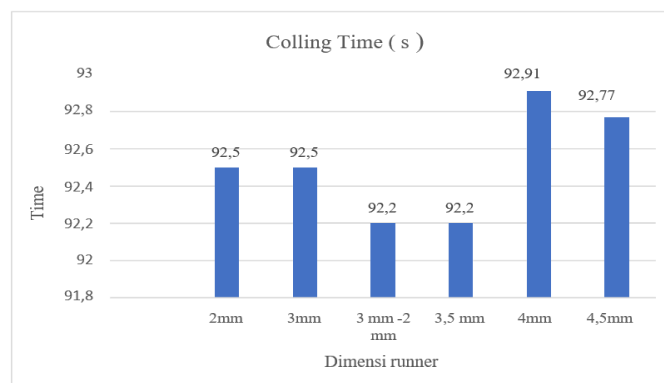
Gambar 24. Colling Time Temperature Melt Melt 230°C



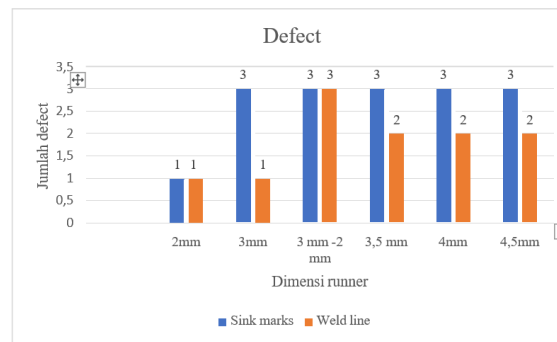
Gambar 25. Defect Sink Marks dan Weld Lines Temperature Melt Melt 230°C



Gambar 26. Filling Time Temperature Melt Melt 250°C



Gambar 27. Colling Time Temperature Melt Melt 250°C



Gambar 28. Grafik *Defect Sink Marks dan Weld Lines Temperature Melt Melt 250°C*

Hasil simulasi injection menggunakan 6 dimensi runner yang berbeda dengan suhu temperature melt 2300 C dan 2500 C. Menunjukkan dimensi runner r (jari-jari) 2 mm mempunyai cacat produk sink marks, weld lines yang sangat rendah dibanding dengan dimensi runner yang lain. Dan pada temperature 2500 C mempunyai filling time dan colling time yang lebih cepat.

Dari 6 variasi dimensi runner tersebut peneliti mengambil dimensi yang mengerucut dari r (jari-jari) 3mm mengerucut menjadi r (jari-jari) 2 mm dimensi, dikarenakan dari penelitian trial di mesin injection vertical sebelumnya aliran injection nya kurang maksimal. Dan adanya perbedaan antara simulasi molflow injection di software dengan trial dengan menggunakan mesin yang di tempat penelitian. Perbedaannya pada saat simulasi itu mesin yang digunakan type mesin injection horizontal dan mesin ditempat penelitian menggunakan mesin injection vertical

4. KESIMPULAN

Perancangan desain mold unit dengan jenis two plate. Dengan memakai hasil simulasi injection sprue lokasi 1 menunjukkan filling time 0,84 s, colling time 86,50 s dan hasil visual defect pada 3 permukaan akan terdapat sink marks, 1 weld lines. Hasil simulasi injection menggunakan 6 dimensi runner yang berbeda dengan suhu temperature melt 2300 C dan 2500 C. Menunjukkan dimensi runner r (jari- jari) 2 mm mempunyai cacat produk sink marks, weld lines yang sangat rendah dibanding dengan dimensi runner yang lain. Dan pada temperature 2500 C mempunyai filling time dan colling time yang lebih cepat. Dengan dikembangkannya alat ini dapat meningkatkan kualitas produksi dan memodifikasi suatu benda yang sudah terdapat di industri-industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para peneliti mengucapkan terima kasih kepada Univeritas Global Jakarta atas dukungannya selama menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] G. S. A. R. R. D. E. A. B. A. A. Masdiana, *Revolusi Plastik dan Lingkungan* , 1st ed. 2023.
- [2] Y. K. P. Saleh, M. Zaenudin, M. M. Al Azzam, A. K. Bakar, and A. N. Haryudiniarti, "Filament maker design for Polyethylene Terephthalate(PET) plastic bottle recycling," 2024, p. 060009. doi: 10.1063/5.0218078.
- [3] M. Luqman Saiful Fikri *et al.*, "Pengaruh Waktu Injeksi Material pada Brush Handle menggunakan Software Autodesk Moldflow," 2024. [Online]. Available: <https://permadi.nusaputra.ac.id/index>
- [4] M. Rizki, A. Gamayel, and M. Zaenudin, "Simulation on the influence of the shape of the carabiner as a hanging accessory on stress distribution using Autodesk Fusion 360,"

- JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 33–40, Apr. 2024, doi: 10.37373/jttm.v5i1.779.
- [5] S. A. Wicaksono AB, “Pengaruh Variasi Layout Runner dan Melt Temperature terhadap fill time dan defect pada proses injection molding sikat gigi,” *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 18, 2023.
- [6] A. Syakur, A. Sunardi, M. Zaenudin, Y. Saleh, and L. Sf, “Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Propeller Udara Terhadap Kinerja Perahu Rawa (Swamp Boat),” *Integrated Mechanical Engineering Journal (IMEJOUR)*, vol. 2, no. 1, pp. 3026–7579, 2024, doi: 10.56904/imejour.v2i1.25.
- [7] I. M. Dana GA, “Analisis Parameter Mold Temperature pada tutup botol 200 ml terhadap cacat sink mark material polypropylene menggunakan solidwork 2022,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, 2024.
- [8] M. Luqman Saiful Fikri *et al.*, “Pengaruh Waktu Injeksi Material pada Brush Handle menggunakan Software Autodesk Moldflow,” 2024. [Online]. Available: <https://permadi.nusaputra.ac.id/index>
- [9] A. Gamayel, S. Mulyono, M. Zaenudin, and J. Teknik Mesin, “ANALYSIS OF INJECTION PLASTIC MOLDING TENSILE TEST SPECIMEN THROUGH INJECTION PLASTIC SIMULATION USING AUTODESK FUSION 360,” vol. 9, no. 1, pp. 46–54, 2024, doi: 10.20527/sjmekinematika.v9i1.278.
- [10] Medawati A. Fatkhurrohman F, “Efektif ekstrak Etanol kayu Siwak dengan metode perkolasi terhadap pertumbuhan Staphylococcus Aureus Isolat 248 yang resisten multiantibiotik,” *IDJ*, vol. 2, 2013.
- [11] Tresnasari E, “Bersiwak dalam bidang kedokteran gigi prespektif tafsir ilmi,” jakarta, 2021.
- [12] S. M. Rachmat S.S, “Studi Literatur tentang Teknik Liofilisasi untuk Preservasi Bakteri,” *Jurnal teknik ITS*, vol. 10, 2021.