

Volume 1
Nomor 2

ISSN (online) : 2722-0796
ISSN (cetak) : 2722-080x

ARMATUR

Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Jurnal
ARMATUR

Volume 1
Nomor 2

September
2020

Halaman
41-107



Diterbitkan oleh:
Universitas Muhammadiyah Metro

ARMATUR

Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

DEWAN REDAKSI

Editor in Chief

Eko Budiyo

Managing Editor

Dwi Irawan

Layout Editor

Asroni

Copyeditor

Mafruddin

Proofreader

Eko Nugroho

Kemas Ridhuan

Section Editors

Nurlaila Rajabiah

Lukito Dwi Yuono

Sulis Dri Handono

Untung Surya Dharma

Pelaksana Teknis

Tri Cahyo Wahyudi

Rahmady Setiawan

Alamat Redaksi

Kampus 2 UM Metro

Prodi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro

JL. Ki Hajar Dewantara No. 116, Iringmulyo, Kota Metro

Telp./Fax. (0725) 42445 – 42454

Kodepos 34111

Email: armaturummetro@gmail.com

Redaksi menerima naskah ilmiah yang belum dipublikasikan atau diterbitkan dalam media lain. Jurnal ARMATUR diterbitkan dua kali dalam setahun, bulan Maret dan September. Naskah yang sudah diterima redaksi paling lambat satu bulan sebelum penerbitan. Bagi penulis yang artikelnya dimuat di jurnal ARMATUR dikenakan biaya cetak di luar ongkos kirim sebesar Rp. 250.000,00.

ARMATUR

Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

DAFTAR ISI

Pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan rpm pada turbin angin savonius 2 sudu Ahmadi, Mochamad Arif Irfa`i, Basuki	41-47
Pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan rpm pada turbin angin cross flow 8 sudu Febrian Nur Syamsi, Mochamad Arif Irfa`i, Basuki	48-54
Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap uji efektivitas kompor biomassa Muhammad Afif Zakariya, Mochamad Arif Irfa`i, Mohammad Munib Rosadi	55-60
Pengaruh diameter dan jumlah sudu turbin angin savonius tipe L terhadap unjuk kerja yang dihasilkan Mohammad Rizqi Saputra, Nur Kholis, Mohammad Munib Rosadi	61-67
Analisis pengaruh panjang pipa tembaga kondensor terhadap volume hasil minyak pada alat pirolisis Yusuf Ari Sandi, Mochamad Arif Irfa`i, Basuki Basuki	68-74
Pengembangan alat uji impak <i>charpy</i> di bagian pengereman, berat pendulum, dan skala ukur pada mesin impak <i>charpy</i> di Laboratorium Teknik Mesin Unhasy Budi Prasetyo Adi, Muhammad Arif Irfa`i, Muhammad Munib Rosadi	75-81
Pengaruh <i> Holding Time </i> dan media pendingin pada proses <i> quenching </i> terhadap kekerasan dan kekuatan <i> Impact </i> pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau <i> slicer </i> penuai tebu Andreas Luki Indratmoko, Eko Nugroho, Asroni, Eko Budiyo	82-95
Analisa uji ketahanan <i> fatigue </i> Aluminium scrap hasil remelting sepatu rem (<i> brake shoe </i>) terhadap variasi beban menggunakan tipe <i> rotary bending </i> Wahyono Wahyono, Eko Nugroho, Sulis Dri Handono, Eko Budiyo	96-107

Pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan rpm pada turbin angin savonius 2 sudu

Ahmadi^{1*}, Mochamad Arif Irfa², Basuki³

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari^{1,2,3}
Jl. Irian Jaya 55 Tebuireng Tromol Pos IX Jombang Jatim Telp. (0321) 861719 (Hunting),
864206, 851396, 874685 Fax. 874684
Corresponding author: Ahmadi.kepung1996@gmail.com

Abstract

Nowadays using electrical energy in society is increasing. This is the cause for doing the work, people using tools machine that required a voltage source as a driver. The explanation to be basic for research about the conversion of wind energy to electrical with making vertical axis wind turbines. This research aims to figure out the effect of lamp load to voltage, current, and RPM on the 2 blades savonius wind turbine. This is experiment research. This research using quantitative descriptive analysis, with independent variables, are lamp loads 0, 3, 6, 9 Watts and the dependent variables are voltage, current, and RPM. Results obtained from testing then analysis and conclusion attract. Results research indicates the highest performance of savonius 2 blades wind turbine on 0 Watt lamp load it producing, 11.68 Volts, 0 Amperes, and 334.2 RPM. Lowest performance of 2 blades savonius wind turbine on 9 Watt lamp load producing, 7.68 Volts, 0.13 Amperes, and 272.9 RPM. Based on results on the test can conclude that the more lamp loads activated, voltage and RPM values decrease while, current value increases. This is because the number of lamp loads increases then, the amount of electric charge moving per unit of time also increases.

Keywords: wind turbine, voltage, current, and RPM.

Abstrak

Penggunaan energi listrik di masyarakat sekarang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan dalam menjalankan pekerjaan, manusia menggunakan alat bantu mesin yang memerlukan tegangan listrik sebagai penggerakannya. Penjelasan tersebut menjadi dasar melakukan penelitian tentang konversi energi angin menjadi listrik dengan membuat turbin angin *vertical axis savonius*. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan RPM poros pada turbin angin *savonius* 2 sudu. Jenis penelitian ini adalah *experiment*. Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan variabel bebasnya adalah beban lampu 0, 3, 6, dan 9 Watt dan variabel terikatnya adalah tegangan, arus, dan RPM. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan unjuk kerja tertinggi turbin angin *savonius* 2 sudu pada beban lampu 0 Watt menghasilkan tegangan 11,68 Volt, arus 0 Ampere, dan 334,2 RPM. Unjuk kerja terendah turbin angin *savonius* 2 sudu pada beban lampu 9 Watt menghasilkan tegangan 7,68 Volt, arus 0,13 Ampere, dan 272,9 RPM. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak beban lampu yang diaktifkan maka nilai tegangan dan RPM mengalami penurunan sedangkan, arus mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena jumlah beban lampu yang meningkat maka, jumlah muatan listrik yang bergerak per satuan waktu juga meningkat.

Kata kunci: turbin angin, tegangan, arus, dan RPM.

Pendahuluan

Bertambahnya jumlah penduduk di desa maupun kota mengakibatkan penggunaan energi listrik semakin meningkat. Meningkatnya penggunaan energi listrik tersebut disebabkan karena manusia menggunakan alat bantu mesin dalam melakukan aktifitas bekerja. Alat bantu mesin memerlukan sumber tegangan listrik sebagai penggerakannya. Sumber tegangan listrik yang digunakan oleh manusia masih berasal dari energi yang tidak terbarukan seperti minyak bumi dan batubara. Hal tersebut yang menjadi dasar untuk melakukan pengembangan energi yang tersedia di alam sebagai energi alternatif terbarukan sehingga, menekan jumlah pemakaian sumber daya alam yang berasal dari bahan fosil yang sifatnya tidak terbarukan. Angin menjadi salah satu pilihan energi yang tepat untuk dikembangkan, diantara berbagai jenis sumber energi terbarukan lainnya karena sifat angin yang terbarukan dan ramah lingkungan [1,2].

Indonesia sangat kaya dengan energi alternatif terbarukan dan dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik contoh salah satu energi tersebut adalah energi angin. Angin di Indonesia masuk kategori kecepatan angin rendah, yaitu bernilai antara 2 m/detik sampai 6 m/detik. Kecepatan angin yang rendah sulit dikonversi menjadi energi listrik dalam jumlah yang besar. Meski seperti itu, energi angin di Indonesia hampir ada sepanjang tahunnya maka, memungkinkan dibangun pembangkit listrik tenaga angin skala kecil sampai dengan menengah [3,4].

Alat yang dirancang dan digunakan untuk mengubah bentuk dari energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros, dan diubah menjadi energi listrik tersebut adalah turbin angin. Turbin angin terdapat beberapa macam model. Berdasarkan model poros, turbin angin terbagi atas dua model yaitu *horizontal axis wind turbine* dan *vertical axis wind turbine*. Turbin Angin *vertical axis* dibagi menjadi tiga tipe yaitu turbin angin *darrieus*, turbin H, dan

turbin angin *savonius*. Turbin angin *savonius* memiliki keunggulan yaitu *cut in speed* yang rendah, bentuk desain yang lebih sederhana, dapat berputar dengan menerima angin dari segala arah mata angin, dan *generator* terletak di bawah sehingga, mempermudah perawatan [5,6].

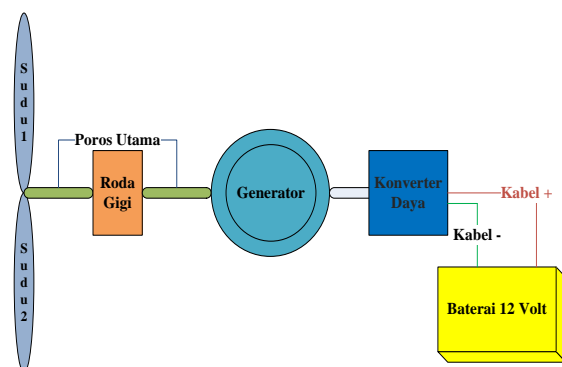
Maka penulis tertarik mengerjakan penelitian mengenai turbin angin *vertical axis savonius*, dengan demikian penulis mengambil judul “Pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan rpm pada turbin angin *Vertical Axis Savonius 2* sudu”. Diharapkan ke depannya ada penelitian untuk skala menengah sehingga, mampu membantu menutupi kebutuhan listrik masyarakat yang terus mengalami peningkatan.

Tinjauan Pustaka

Angin adalah udara yang bergerak dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah atau dari suhu rendah ke wilayah bersuhu tinggi karena pengaruh panas matahari yang tidak merata angin mengandung energi kinetik sebab udara mempunyai massa dan berkecepatan [7].

Turbin angin adalah serangkaian perangkat yang di fungsikan untuk merubah bentuk energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros, poros tersebut dirangkai dengan *gear box* untuk memutar *generator* sehingga *generator* dapat menghasilkan tegangan listrik [2].

Gambar 1 menunjukkan sistem konversi energi angin.



Gambar 1. Sistem Konversi Energi Angin

Turbin angin adalah serangkaian alat yang dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik pada poros sudu kemudian disambungkan dengan poros *generator* yang dihubungkan sebuah *gear box*, putarannya *gear box* diteruskan untuk memutar *generator* sehingga *generator* menghasilkan energi listrik. Jenis model poros turbin angin terbagi menjadi dua yaitu *horizontal axis wind turbine* dan *vertical axis wind turbine* [6].

Turbin angin *vertical axis* adalah turbin angin dengan poros utama berdiri tegak terhadap permukaan tanah dan memiliki struktur yang lebih sederhana, dapat berputar dari segala arah angin serta memiliki *self starting* yang bagus. Turbin angin *vertical axis* memiliki beberapa jenis variasi yaitu *savonius*, *darrieus* dan turbin H, turbin angin *savonius* memanfaatkan gaya hambat sedangkan, *darrieus* dan H memanfaatkan gaya angkat [5].

Turbin angin *horizontal axis* merupakan turbin yang posisi poros utamanya sejajar dengan tanah dan posisi *generator* diatas *tower*. Turbin tipe ini mempunyai sudu berbentuk *airfoil* sebagaimana model sayap pesawat terbang. Secara universal makin banyak jumlah sudu, makin tinggi juga RPM turbin.

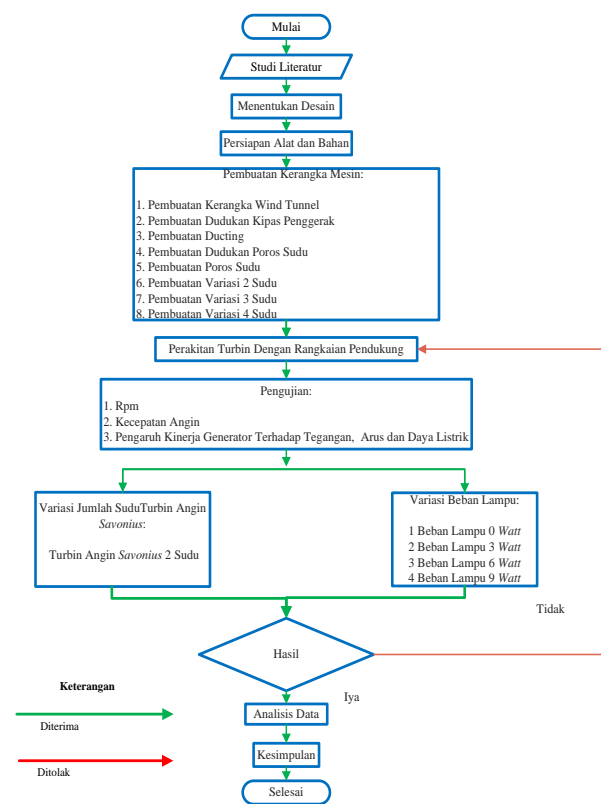
Untuk mendapatkan hembusan angin yang maksimal pada turbin angin ukuran kecil cukup ditambahkan ekor yang menghadap searah dengan datangnya angin, sedangkan untuk turbin skala besar diperlukan sebuah sistem sensor angin yang digerakkan motor. Gaya yang bekerja pada unjuk kerja turbin ini adalah gaya angkat untuk pengelompokan turbin angin *horizontal axis* terbagi menjadi dua yaitu berdasarkan letak poros dan berdasarkan jumlah sudu [8].

Prinsip kerja turbin angin adalah mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik poros kemudian dirubah menjadi energi listrik oleh *generator*. Turbin angin *savonius* ini tipe turbin yang memanfaatkan gaya hambat angin yang terdapat disudu-sudunya untuk memutar poros, sedangkan penjelasan dari gaya

hambat adalah gaya yang bekerja berlawanan arah dengan datangnya angin [2].

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen. Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan variabel bebasnya adalah beban lampu dan variabel terikatnya tegangan, arus, dan RPM yang dihasilkan turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan ditarik kesimpulan.



Gambar 2. Flow Chart Penelitian.

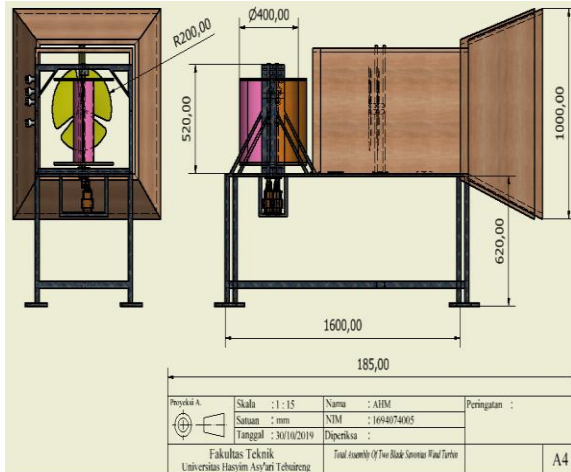
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi perubahannya variabel terikat atau *independent variable*. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah beban lampu 0 Watt, 3 Watt, 6 Watt, dan 9 Watt.
2. Variabel terikat adalah variabel hasil variabel bebas atau *dependent variable*. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah tegangan, arus, dan RPM yang

dihasilkan turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu.

3. Variabel kontrol adalah variabel yang di atur dan dikendalikan sehingga, pengambilan datanya dapat valid hasilnya sesuai rencana penelitian. Pada penelitian ini variabel kontrolnya adalah turbin angin jenis *vertical axis savonius* 2 sudu dengan panjang sudu 40 cm, diameter sudu 18 cm, alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data tidak diganti, dan sudah di *set up* sebelumnya.

Gambar 3 menunjukkan desain turbin angin vertical axis savonius 2 sudu.



Gambar 3. Turbin Angin *Vertical Axis Savonius* 2 Sudu.

Penulis mengumpulkan data secara langsung dari referensi buku, jurnal dan lain sebagainya yang berkaitan dengan pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan RPM yang dihasilkan turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu, dilanjutkan menentukan desain alat penulis meminta saran dan masukan kepada Bapak/Ibu dosen tentang gambar desainnya sehingga, hasil akhir perakitan dapat diperkirakan, dilanjutkan persiapan perkakas dan bahan yang akan dipakai dalam penelitian, dilanjutkan membuat kerangka mesin yang meliputi: (pembuatan kerangka *wind tunnel*, pembuatan dudukan kipas penggerak atau *blower ventilator*, pembuatan *ducting*, pembuatan dudukan poros sudu, penyesuaian poros sudu,

pembuatan 2 sudu, dilanjutkan perakitan keseluruhan *part*), dilanjutkan pengujian turbin angin *savonius* yang telah dibuat diantaranya meliputi pengujian kecepatan angin dengan menggunakan *anemometer*, setelah itu kecepatan putar turbin diukur dengan menggunakan *tachometer*, serta pengukuran tegangan dan arus listrik *generator* dengan *AVOmeter*, dengan pengujian beban lampu 0, 3, 6, 9 Watt, pencatatan hasil yang didapat dalam penelitian, kemudian data yang didapat dari penelitian dianalisa dan disebutkan kesimpulannya sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitian.

Pada penelitian ini pengumpulan data dikerjakan dengan pengujian turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu dan empat variasi beban lampu yaitu 0, 3, 6, 9 Watt.

Dalam penelitian ini analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif. Data tersebut didapatkan dari nilai kecepatan angin, tegangan, arus listrik, dan RPM.

Hasil dan Pembahasan

Hasil nilai kesemuanya dari pengujian turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu tertulis di Tabel 1.

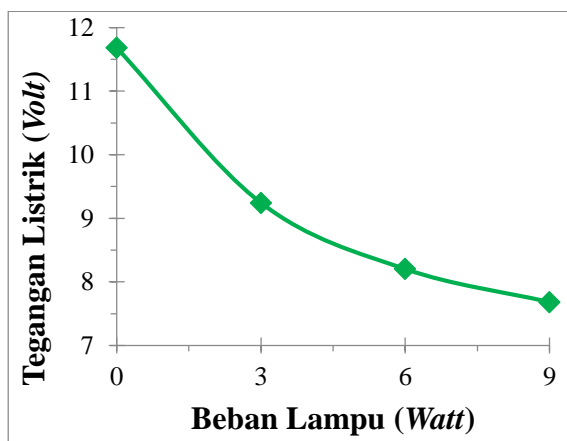
Tabel 1. Nilai Tegangan, Arus, dan Putaran Poros Pada Turbin Angin *Savonius* 2 Sudu.

No.	Beban Lampu (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Putaran Poros (RPM)
1	0	11,68	0	334,2
2	3	9,24	0,07	303,3
3	6	8,20	0,12	278,6
4	9	7,68	0,13	272,9

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengujian turbin angin *savonius* 2 sudu pada beban lampu 0 Watt atau tanpa beban lampu menghasilkan nilai tegangan 11,68 Volt, arus yang dihasilkan adalah 0 Ampere karena tanpa ada beban lampu, dan putaran poros yang dihasilkan adalah 334,2 RPM. Pada saat pengujian dengan beban lampu 3

Watt turbin angin *savonius* 2 sudu menghasilkan nilai tegangan 9,24 Volt, arus yang dihasilkan adalah 0,07 Ampere, dan putaran poros yang dihasilkan adalah 303,3 RPM. Pada saat pengujian dengan beban lampu 6 Watt turbin angin *savonius* 2 sudu menghasilkan nilai tegangan 8,20 Volt, arus yang dihasilkan adalah 0,12 Ampere, putaran poros yang dihasilkan adalah 278,6 RPM. Pada saat pengujian dengan beban lampu 9 Watt turbin angin *savonius* 2 sudu menghasilkan nilai tegangan 7,68 Volt, arus yang dihasilkan adalah 0,13 Ampere, putaran poros yang dihasilkan adalah 272,9 RPM. Berdasarkan keterangan di atas yang menunjukkan hasil pengujian turbin angin *vertical axis savonius* 2 sudu dengan beban lampu 0, 3, 6, dan 9 Watt dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak beban lampu yang diaktifkan maka, nilai tegangan dan RPM mengalami penurunan sedangkan, nilai arus mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena jumlah beban lampu yang meningkat maka, jumlah muatan listrik yang bergerak per satuan waktu juga menaik.

Hubungan beban lampu 0, 3, 6, dan 9 Watt terhadap tegangan listrik yang dihasilkan *generator*.

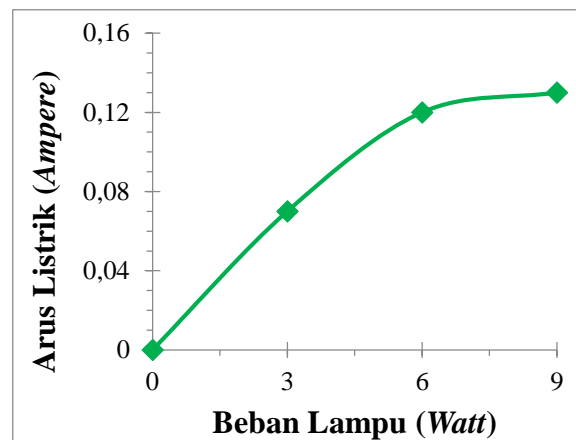


Gambar 4. Hubungan Beban Lampu Terhadap Tegangan Listrik

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa turbin angin *savonius* 2 sudu saat pengujian dengan beban 0 Watt

atau tanpa beban menghasilkan tegangan yang paling tinggi dengan nilai 11,68 Volt, pada saat pengujian beban lampu 3 Watt menghasilkan tegangan 9,24 Volt, pada saat pengujian beban lampu 6 Watt menghasilkan tegangan 8,20 Volt, dan tegangan terendah dihasilkan pada beban lampu 9 Watt sebesar 7,68 Volt. Semakin banyak beban lampu yang diaktifkan maka nilai tegangan mengalami penurunan.

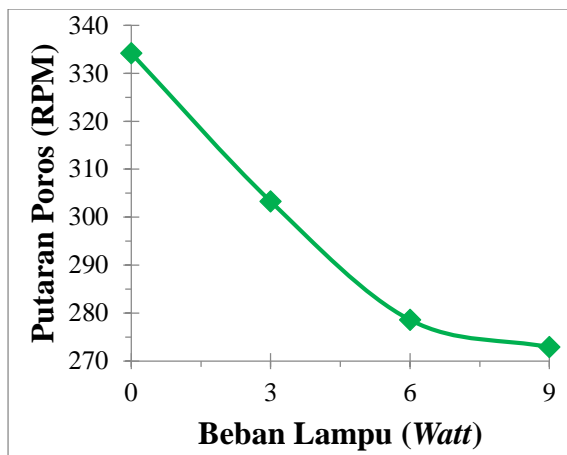
Hubungan beban lampu 0, 3, 6, dan 9 Watt terhadap arus listrik.



Gambar 5. Hubungan Beban Terhadap Arus Listrik.

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa, turbin angin *savonius* 2 sudu pada pengujian beban lampu 0 Watt atau tanpa beban lampu nilai arusnya adalah 0 Ampere, pada pengujian beban lampu 3 Watt nilai arusnya adalah 0,07 Ampere, pada pengujian beban lampu 6 Watt nilai arusnya adalah 0,12 Ampere, dan pada beban lampu 9 Watt nilai arusnya adalah 0,13 Ampere. Semakin banyak beban lampu yang diaktifkan maka arusnya mengalami peningkatan.

Hubungan Beban Lampu 0, 3, 6, dan 9 Watt terhadap RPM yang dihasilkan poros dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Beban Lampu Terhadap RPM

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa, turbin angin *savonius* 2 sudu pada pengujian beban lampu 0 Watt atau tanpa beban lampu nilai tertinggi putaran porosnya adalah 334,2 RPM, pada pengujian beban lampu 3 Watt putaran porosnya adalah 303,3 RPM. pada pengujian beban lampu 6 Watt putaran porosnya adalah 278,6 RPM, dan nilai terendah putaran porosnya 272,9 RPM pada beban lampu 9 Watt. Semakin banyak beban lampu yang diaktifkan maka RPM mengalami penurunan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Unjuk kerja tertinggi turbin angin *savonius* 2 sudu pada beban lampu 0 Watt menghasilkan tegangan 11,68 Volt, arus 0 Ampere, dan 334,2 RPM.
2. Unjuk kerja terendah turbin angin *savonius* 2 sudu pada beban lampu 9 Watt menghasilkan tegangan 7,68 Volt, arus 0,13 Ampere, dan 272,9 RPM.

Referensi

[1]. Napitupulu, Farel H dan Siregar, Surya. 2013. "Perancangan Turbin Vertikal Axis Savonius Dengan Menggunakan 8 Buah Sudu

Lengkung". Jurnal Dinamis. Vol. 1 (13): hal. 24-36.

- [2]. Ruzita Sumiati, Khairul Amri, Hanif. 2014. "Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal di Daerah Kecepatan Angin Rendah". Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Vol. 1 (1): hal. 1-5.
- [3]. Sumiati, Ruzita dan Zamri, Aidil. 2013. "Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 3 (2): hal. 1-8.
- [4]. Rachman, Akbar. 2012. Analisis dan Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia. Skripsi tidak diterbitkan. Depok: Program Sarjana Universitas Indonesia.
- [5]. Nakhoda, Yusuf Ismail dan Saleh, Chorul. 2015. "Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel". Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III. hal 59-68.
- [6]. Wachid, Abdurrohman dan Siregar, Indra Herlamba. 2018. "Study Experimental Turbin Angin Savonius 2 tingkat Dengan Penambahan Drag Reducing Pada Returning Blade (Studi Kasus Pada 2 Blade Peningkat)". Jurnal Pendidikan Teknik Mesin. Vol. 7 (1): hal. 78-82.
- [7]. Pangestu, Rangga. dan Andriani, Sandri Ayu. 2017 https://www.researchgate.net/publication/317529723_Turbin_Angin_Vertikal_Savonius_Bertingkat_Membentuk_Helix, Online, diakses 25 Desember 2019.
- [8]. Sahid dan Priyoatmojo, Slamet. 2019. "Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal Tiga Sudu Flat

Berlapis Tiga dengan Variasi Sudut dan Posisi Sudu". Jurnal Teknik Energi. Vol 15 (1): hal. 14-19.

Pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan rpm pada turbin angin *cross flow* 8 sudu

Febrian Nur Syamsi^{1*}, Mochamad Arif Irfa², Basuki³

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari^{1,2,3}
Jl. Irian Jaya 55 Tebuireng Tromol Pos IX Jombang Jatim Telp. (0321) 861719 (Hunting),
864206, 851396, 874685 Fax. 874684
Corresponding author: febriannursyamsi@gmail.com

Abstract

Alternative energy is a source of energy found in nature that can be directly used freely. Besides, the availability of alternative energy is infinite and can be managed sustainably. This wind energy source can be used as an electricity generator by building several wind turbine units. The problem in this research is how the influence on the performance of the 8 blades cross-flow wind turbine, while the purpose in this study is to find out how the load on the performance of the blades of 8 blades. The type of research I use is quantitative research. For the author's method using an experimental method, the free load variable lights 0, 3, 6, and 9 Watts and the dependent variables are current, Voltage, and RPM. The results showed that the 8 blades cross-flow wind turbine had the best performance at 0-Watt load which produced 0 Amperes current, 13.8-Watt Voltage, and 354.92 RPM. while the lowest performance on a 9-Watt lamp load which produces a current of 0.2088 Amperes, a Voltage of 9.08 Volts and Rpm 301.08, the current has increased, this is because the current is directly proportional to the load power, while the Voltage and RPM have decreased because generator Voltage and RPM are inversely proportional to the load power used.

Keywords: wind turbine, Voltage, current, and RPM.

Abstrak

Energi alternatif merupakan suatu sumber energi yang terdapat di alam yang dapat langsung digunakan dengan bebas. Selain itu, tersedianya energi alternatif ini tak terhingga dan bisa dikelola secara berkelanjutan. Sumber energi angin ini dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik dengan membangun beberapa unit turbin angin. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh beban terhadap unjuk kerja turbin angin jenis *cross flow* 8 sudu, sedangkan tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui bagaimana beban terhadap unjuk kerja turbin angin jenis *cross flow* 8 sudu. Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif. Untuk metode penulis menggunakan metode eksperimental, dengan variabel bebas beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt dan variabel terikatnya yaitu arus, tegangan dan RPM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin *cross flow* 8 sudu yang memiliki kinerja terbaik pada beban 0 Watt yang menghasilkan arus 0 Ampere, tegangan 13,8 Watt dan RPM 354,92. sedangkan unjuk kerja terendah pada beban lampu 9 Watt yang menghasilkan arus 0,2088 Ampere, tegangan 9,08 Volt dan Rpm 301,08, arus mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena arus berbanding lurus dengan daya bebannya, sedangkan tegangan dan RPM mengalami penurunan karena tegangan generator dan RPM berbanding terbalik dengan daya beban yang digunakan.

Kata kunci: turbin angin, tegangan, arus, dan RPM.

Pendahuluan

Sumber energi dasar yang masih digunakan di Indonesia saat ini adalah energi fosil, baik batu bara maupun minyak bumi. Namun, bahan bakar fosil sendiri merupakan sumber energi alam yang terbatas atau tidak dapat diperbaharui. Hal tersebut berimplikasi pada semakin menipisnya sumber energi fosil [9]. Data menyatakan bahwa persediaan batubara kurang lebih sekitar 7,3 - 8,3 miliar ton yang diperkirakan akan mengalami penurunan pada tahun 2036. Sementara itu, persediaan minyak bumi berkisar 3,7 miliar barel dan diprediksi akan habis pada tahun 2028. Sedangkan bahan bakar gas, pesediaanya berkisar 151,33 *trillioncubic feet (TCF)* dan diprediksi akan habis pada tahun 2067 [3]. Oleh sebab itu, pihak pemerintah terus menerus mendorong pemanfaatan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil.

Energi alternatif merupakan suatu sumber energi yang terdapat di alam yang dapat langsung digunakan dengan bebas. Selain itu, tersedianya energi alternatif ini tak terhingga dan bisa dikelola secara berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yaitu energi angin. Energi angin memiliki sifat yang fleksibel, sehingga dapat diterapkan diberbagai tempat, baik di daerah landai, dataran tinggi dan laut. Sumber energi angin ini dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik dengan membangun beberapa unit turbin angin [6].

Selain itu turbin angin yang populer adalah turbin angin jenis *cross flow* biasanya sering dipakai pada pembangkit listrik tenaga air, keuntungan dari turbin angin jenis ini adalah konstruksinya yang lebih sederhana, dan operasi awal yang lebih terjangkau dibanding dengan jenis turbin lainnya [2].

Turbin angina *crossflow* telah dirancang dengan sangat teliti untuk fleksibilitas, kemudahan dalam pemasangan dan perawatan yang lebih rendah memberikan daya terbarukan yang andal, kuat, dan aman, untuk menurunkan

bergantungnya terhadap bahan bakar fosil dan mendorong perubahan kemasa depan untuk beralih ke energi terbarukan [5].

Berdasarkan penjelasan diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh variasi jumlah *sudu* dan beban terhadap unjuk kerja turbin angin jenis *cross flow*”. Diharapkan dalam penelitian ini penulis dapat menghasilkan turbin angin vertikal jenis *cross flow* sebagai pengganti energi fosil yang dapat dimanfaatkan dan mampu menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan di daerah – daerah terpencil yang belum terdistribusi aliran listrik.

Tinjauan Pustaka

Angin adalah sekumpulan aliran udara yang bergerak yang disebabkan oleh rotasi bumi dan karena adanya suatu perbedaan tekanan udara yang berada disekelilingnya, angin bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi menuju tempat yang bertekanan lebih rendah dan angin bergerak dari tempat yang memiliki temperatur rendah ketempat yang memiliki temperatur lebih tinggi [4].

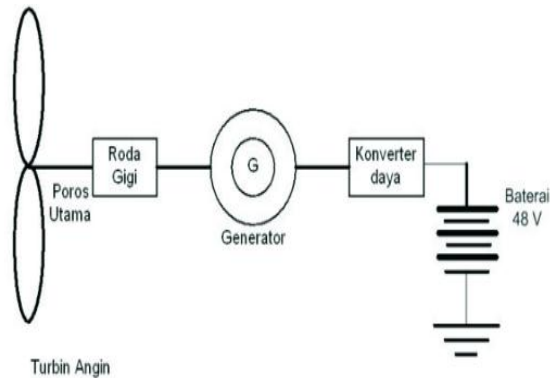
Turbin angin merupakan serangkaian alat yang berfungsi merubah energi angin menjadi energi gerak pada poros turbin yang kemudian dijadikan sebagai pemutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik [4]. Desain turbin angin sangat banyak besaran arah putarannya, turbin angin dibedakan menjadi dua yaitu, turbin angin poros horisontal, dan turbin angin poros vertikal.

Turbin angin poros horisontal adalah turbin angin horizontal yang putaran poros utamanya mengikuti arah angin. Supaya baling-baling berputar dengan tepat, datangnya angin sebaiknya sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus dengan arah putaran baling-baling. Kebanyakan turbin angin tipe ini memiliki *sudu* yang menyerupai sayap pesawat terbang.

Turbin angin poros vertikal adalah jenis turbin poros vertikal yang gerak poros dan rotornya sejajar dengan datangnya angin dari segala penjuru arah angin,

dengan sumbu vertikal memungkinkan untuk menempatkan dinamo dan komponen-komponen utama lainnya dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah, hal ini menyebabkan lebih mudahnya dalam proses perawatan [4].

Berikut ini merupakan sistem konversi energi angin, yang dapat dilihat pada Gambar 1.

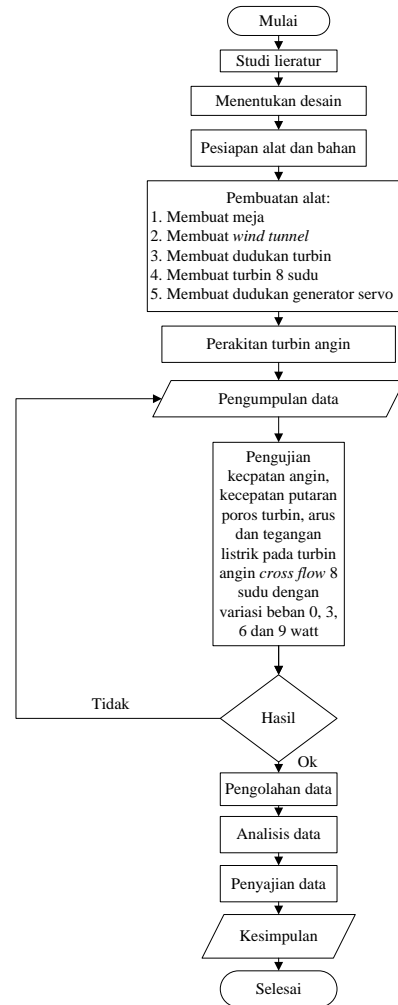


Gambar 1. Sistem Konversi Energi Angin

Cara kerja turbin angin ialah merubah energi angin menjadi energi putar sudu, kemudian putaran sudu diteruskan ke rotor berfungsi mengerakan dinamo, yang nantinya akan menghasilkan listrik [6].

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif. Untuk metode penulis menggunakan metode eksperimental dengan variable bebas beban lampu dan variabel terikatnya adalah arus tegangan dan RPM yang kemudian menghasilkan turbin angin jenis *cross flow* 8 sudu. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan mendapatkan kesimpulan. Berikut ini adalah *flow chart* penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flow Chart Penelitian.

Variabel yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi dan yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah Jumlah sudu pada turbin dengan variasi 4,6,dan 8 sudu dan variasi beban lampu 3 Watt, 6 Watt dan 9 Watt.

2. Variabel terikat

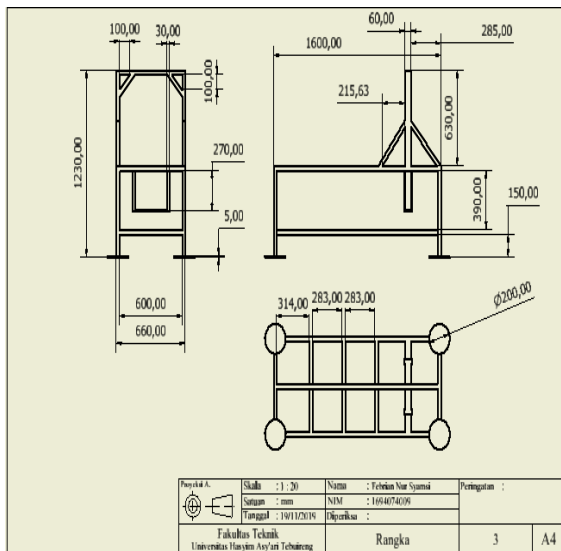
Variabel *dependent* merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah arus, tegangan dan kecepatan putaran poros yang dihasilkan.

3. Variabel kontrol

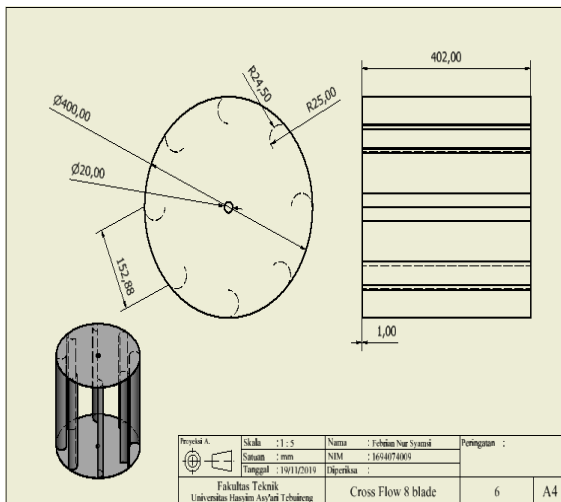
Variabel kontrol merupakan variabel yang di kontrol dan

dikendalikan. Pada penelitian ini variabel kontrolnya adalah turbin angin jenis *cross flow* 8 sudu, diameter sudu, panjang sudu, kecepatan angin dan terowongan angin.

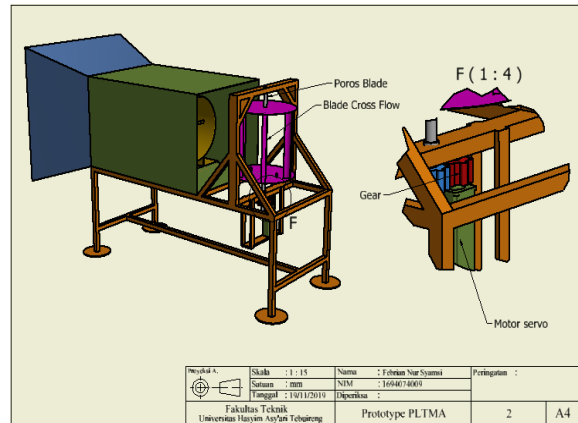
Berikut ini merupakan *desain* turbin angin *cross flow* 8 sudu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kerangka Meja



Gambar 4. Cross Flow 8 Sudu



Gambar 5. Turbin Angin Cross flow 8 Sudu

Penulis mengumpulkan data secara langsung dari referensi buku, jurnal dan lain sebagainya yang berkaitan dengan pengaruh beban lampu terhadap tegangan, arus, dan RPM yang dihasilkan turbin angin *cross flow* 8 sudu, kemudian dilanjutkan dengan menentukan desain alat dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan yang akan dipakai dalam penelitian, dilanjutkan membuat kerangka mesin yang meliputi: (pembuatan kerangka *wind tunnel*, pembuatan dudukan kipas penggerak atau *blower ventilator*, pembuatan *ducting*, pembuatan dudukan poros sudu, penyenaian poros sudu, pembuatan 8 sudu, dilanjutkan perakitan keseluruhan *part*), kemudian dilanjutkan pengujian turbin angin *cross flow* yang telah dibuat meliputi pengujian kecepatan angin dengan menggunakan *anemometer*, setelah itu kecepatan putar turbin diukur dengan menggunakan *tachometer*, serta pengukuran tegangan dan arus *generator* dengan *avometer*, dengan beban lampu 0, 3, 6, 9 Watt, setelah memperoleh hasil kemudian dilakukan pengolahan data, analisa data dan penyajian yang kemudian data tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitian.

Dalam memperoleh data yang diinginkan pada penelitian ini penulis melakukan dengan cara mengukur:

1. Rotasi putaran poros permenit (RPM)
2. Tegangan
3. Arus

Dalam penelitian ini analisa yang penulis gunakan adalah analisa komparasi yang membandingkan antara beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap arus tegangan dan RPM pada turbin angin *cross flow* 8 sudu.

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian dari turbin angin *cross flow* 8 sudu dengan variasi beban 0, 3, 6 dan 9 Watt, apa dilihat pada Tabel 1.

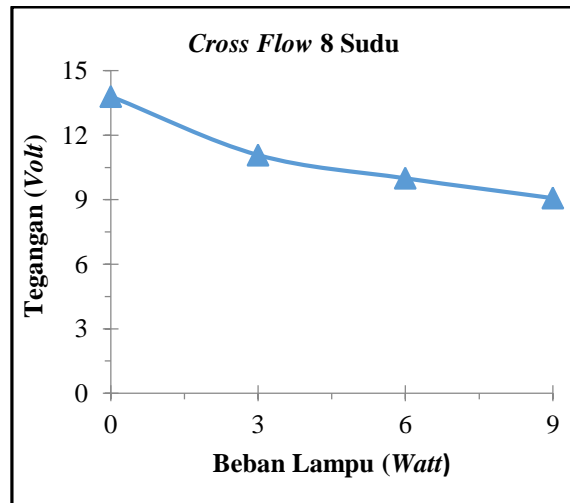
Tabel 1. Nilai Hasil Pengujian Tegangan, Arus dan RPM Turbin Angin *Cross Flow* 8 Sudu

No	Beban (Watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Rpm
1	0	13.8	0	354,92
2	3	11.08	0.1152	328,78
3	6	10	0.1864	304,74
4	9	9.08	0.2088	301,08

Berdasarkan dari hasil Tabel 1 menunjukka hasil pengujian dari turbin angin *cross flow* 8 sudu dengan menggunakan beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt menunjukkan bahwa semakain banyak beban lampu yang dipakai maka arus akan mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena daya beban lampu berbanding terbalik dengan kecepatan putaran generator, semakin banyak beban lampu yang digunakan maka kecepatan putaran generator menurun, jumlah beban lampu yang terpasang pada generator mempengaruhi kecepatan putaran generatormaka kecepatan putaran generator akan semakin turun seiring dengan bertambahnya beban lampu yang digunakan [8]. Sedangkan nilai tengangan berbanding terbalik dengan daya semakin banyak beban lampu yang digunakan maka nilai tegangan generatornya mengalami penurunan [8]. Sedangkan nilai RPM akan mengalami penurunan. Karena hukum Ohm menyatakan nilai tegangan berbanding lurus dengan arus yang mengalir, arus tersebut ditentukan oleh daya beban digunakan, semakin besar daya bebanya

maka arus yang mengalir kebeban tersebut akan mengalami peningkatan[8].

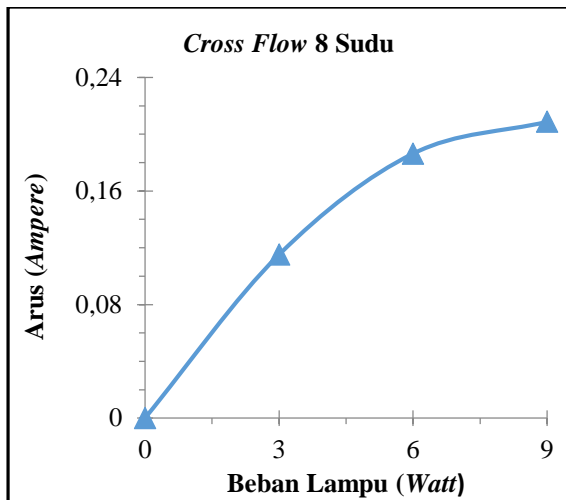
Hubungan beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap tegangan yang di hasilkan turbin angin *cross flow* 8 sudu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Beban Lampu terhadap Tegangan

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan hubungan antara beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap tegangan pada turbin angin *cross flow* 8 sudu, ketika menggunakan beban lampu 0 Watt menghasilkan tegangan 13,8 Volt, ketika menggunakan beban lampu 3 Watt menghasilkan tegangan 11,08 Volt, ketika menggunakan beban lampu 6 Watt menghasilkan tegangan 10 Volt dan ketika menggunakan beban lampu 9 Watt menghasilkan 9,08 Volt. Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak beban maka akan semakin kecil tegangan yang dihasilkan begitu jugasebaliknya ketika beban yang digunakan semakin kecil maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar.

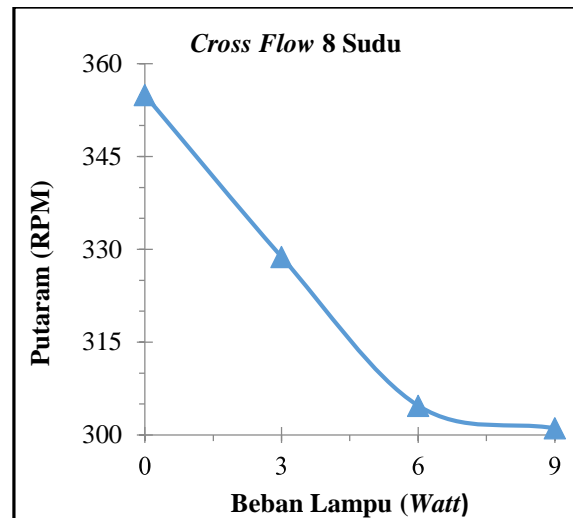
Hubungan beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap arus yang dihasilkan turbin angin *cross flow* 8 sudu, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Beban lampu Terhadap Arus

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan hubungan antara beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap arus pada turbin angin *cross flow* 8 sudu, ketika menggunakan beban lampu 3 Watt menghasilkan arus 0,1152 Ampere, ketika menggunakan beban lampu 6 Watt menghasilkan arus 0,1864 Ampere dan ketika menggunakan beban lampu 9 Watt menghasilkan arus 0,2088 Ampere. Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak beban lampu yang digunakan maka arus yang dihasilkan akan mengalami peningkatan begitu sebaliknya ketika beban lampu yang digunakan semakin kecil maka arus yang dihasilkan juga akan semakin kecil.

Hubungan beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap turbin angin *cross flow* 8 sudu, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Hubungan Beban Lampu Terhadap RPM

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan hubungan antara beban lampu 0, 3, 6 dan 9 Watt terhadap tegangan pada turbin angin *cross flow* 8 sudu, ketika menggunakan beban lampu 0 Watt menghasilkan RPM 354,92, ketika menggunakan beban lampu 3 Watt menghasilkan RPM 328,78, ketika menggunakan beban lampu 6 Watt menghasilkan RPM 304,74 dan ketika menggunakan beban lampu 9 Watt menghasilkan RPM 301,08. Berdasarkan pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban lampu yang digunakan maka akan semakin kecil nilai RPM yang dihasilkan begitu juga sebaliknya ketika beban lampu yang digunakan semakin kecil maka nilai RPM akan semakin besar.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian turbin angin *cross flow* 8 sudu dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin *cross flow* 8 sudu yang memiliki kinerja terbaik pada beban 0 Watt yang menghasilkan arus 0 Ampere, tegangan 13,8 Watt dan RPM 354,92. sedangkan unjuk kerja terendah pada beban lampu 9 Watt yang

menghasilkan arus 0,2088 Ampere, tegangan 9,08 Volt dan RPM 301,08.

Terhadap Keluaran Generaor Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah”. Jurnal Teknik Elektro.

Referensi

- [1] Artikel, 2008. (<http://alpensteel.com/article/126-113-energi-lain-lain/2473> optimali sasi - ekstraksi - energi – angin - kecepatan – rendah – di – indonesia, diakses 18 Oktober 2019).
- [2] Dhadung, Prihananto 2017. “Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Sudu Posisi Vertical Turbin *Cross Flow* Dan Sudut Pengarah Aliran (*Guide Vane*) Terhadap Daya Poros Yang Dihasilkan Pada Sistem Pemulihan Energi Terintegrasikan Dengan Menara Pendingin”. Jurnal Teknik Mesin.
- [3] ESDM. 2018. *Indonesia Energy Efficiency and Conservation Conference And Exhibition*. Jakarta 2018.
- [4] Pengertian Angin. 2019. (<https://id.wikipedia.org/wiki/Angin>, diakses 16 Oktober 2019).
- [5] Pengertian Turbin Angin 2019. (Cross flow http://crossflowenergy.co.uk/cross_flow-wind-turbine/#, diakses 16 Oktober 2019).
- [6] Ruzita Sumiati, Khairul Amri, Hanif. 2014. “Rancang Bangun Micro Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tinggal di Daerah Kecepatan Angin Rendah”. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Jurnal Teknik Mesin.
- [7] Sando, Wardani Krisna. 2017. “Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Darius Tip H”. Jurnal Teknik Mesin.
- [8] Supardi, Agus dkk. 2017. “Pengaruh Kecepatan Puaran Dan Beban Terhadap Keluaran Generaor Induksi 1 Fase Kecepatan Rendah”. Jurnal Teknik Elektro.
- [9] Wahyu, Permadi Mochamad Fachrudin. 2018. “Uji Eksperimental turbin Agin Sumbu Vertikal Jenis

Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap uji efektivitas kompor biomassa

Muhammad Afif Zakariya^{1*}, Mochamad Arif Irfa'i², Mohammad Munib Rosadi³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng
Jombang^{1,2,3}

Jl. Irian Jaya 55 Tebuireng Tromol Pos IX Jombang Jatim Telp. (0321) 861719 (Hunting),
864206, 851396, 874685 Fax. 874684

Corresponding author: afifzacky15@gmail.com

Abstract

The biomass stove is a simple stove option to save the use of petroleum and natural gas. This is because the fuel used in the biomass stove can be obtained continuously or it is called renewable energy. The renewable energy utilized in the biomass stove comes from biomass waste, namely coconut shell, corn cobs, and jackfruit wood which can be discovered easily in the surrounding environment. The problem in this research is the test of the effectiveness of the fuel on the duration of boiling water, while this study aims to determine the effectiveness of the biomass stove and the rate of energy increase from the fuel. This type of research is in the form of quantitative research with experimental methods. The results indicate that the biomass stove with corn cobs fuel was more effective because it only spent 0.28 kg to boil 1 liter of water. Processing data using the one-way ANOVA statistical test to produce the sig. value. 0.728, this shows that there is no significant difference in the effectiveness of the fuel variation.

Keywords: biomass stove, fuel, fuel effectiveness.

Abstrak

Kompor biomassa merupakan salah satu pilihan kompor sederhana untuk menghemat penggunaan minyak bumi maupun gas alam. Hal ini dikarenakan bahan bakar yang digunakan pada kompor biomassa dapat diperoleh secara terus menerus atau disebut energi terbarukan. Energi terbarukan yang digunakan pada kompor biomassa berasal dari limbah biomassa yaitu tempurung kelapa, tongkol jagung dan kayu Nangka yang dapat dijumpai dengan mudah di lingkungan sekitar. Permasalahan dalam penelitian ini adalah uji efektivitas bahan bakar terhadap lama waktu pendidihan air, sedangkan tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui efektivitas kompor biomassa dan laju pertambahan energi dari bahan bakar. Jenis penelitian yang digunakan berupa penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompor biomassa dengan bahan bakar tongkol jagung lebih efektif karena hanya menghabiskan 0,28 kg dalam mendidihkan 1 liter air. Pengolahan data menggunakan uji statistik ANOVA satu jalur dengan menghasilkan nilai sig. 0.728, hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan dari efektivitas variasi bahan bakar.

Kata kunci: kompor biomassa, bahan bakar, efektivitas bahan bakar

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang mempunyai potensi energi terbarukan yang cukup besar. Hal ini dapat diketahui dari geografis Indonesia yang terletak diatas

jalur gunung berapi, dan juga diapit oleh samudera Pasifik dan samudera Hindia. Adapun energi terbarukan yang cukup banyak dijumpai di lingkungan sekitar yaitu biomassa. Biomassa merupakan bahan yang diperoleh dari tumbuh-

tumbuhan baik secara langsung maupun tidak dan dapat dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah besar. Biomassa juga dikenal dengan *bio resource* atau sumber daya yang berasal dari hayati [8].

Penggunaan biomassa di lingkungan sekitar yaitu pada bahan bakar yang dapat menghasilkan energi panas yang ramah lingkungan, salah satunya yaitu penggunaan kompor biomassa. Kompor ini dianggap lebih efektif untuk menghemat pemakaian bahan bakar minyak bumi maupun gas alam, karena kompor biomassa menggunakan bahan bakar kayu, plastik, sampah, maupun daun tanaman yang telah mengering. Selain itu, kompor biomassa juga turut berperan dalam menjaga kebersihan lingkungan serta dapat mengurangi dampak pemanasan global.

Perancangan kompor biomassa di desain menggunakan material sederhana yang mudah di dapat dan mempunyai harga yang relatif murah. Hal ini dikarenakan kompor biomassa ditujukan pada masyarakat golongan menengah-kebawah, sehingga tidak membutuhkan biaya tambah dalam penggunaan yang berkelanjutan. Adapun pemilihan bahan bakar yang digunakan dalam pengujian kompor biomassa yaitu dengan memanfaatkan limbah yang kurang dimanfaatkan di lingkungan sekitar. Dalam penelitian ini, bahan bakar yang digunakan untuk pengujian kompor biomassa berupa tongkol jagung, tempurung kelapa dan limbah kayu angka. Sehingga hasil analisis terhadap bahan bakar dalam pengujian nantinya akan dapat bermanfaat bagi lingkungan sekitar, dan dapat menerapkan kompor biomassa sebagai salah satu opsional penggunaan kompor sederhana dengan bahan bakar yang dapat diperbaharui dan mudah didapatkan, ramah lingkungan, serta memiliki nilai ekonomis yang relatif rendah.

Tinjauan Pustaka

Bahan bakar merupakan suatu bahan yang berfungsi dalam proses pembakaran.

Tujuan dari proses pembakaran bahan bakar yaitu untuk menghasilkan energi yang disebut energi panas, yang hasilnya dapat diubah menjadi energi lain, seperti energi penerangan, energi mekanis dan lainnya [7].

Bahan bakar berdasarkan sumbernya dapat dibagi menjadi 3, yaitu bahan bakar nabati, bahan bakar mineral, dan bahan bakar fosil. Bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang berasal dari tumbuhan. Adapun tumbuhan yang menjadi komposisi utama dalam pengolahan bahan bakar nabati berupa tumbuhan yang memiliki kandungan minyak. Bahan bakar mineral berasal dari tambang sehingga sering disebut dengan minyak bumi [6].

Bahan bakar fosil merupakan bahan bakar dengan sumber utama fosil, yaitu berasal dari organisme maupun tumbuhan yang telah lama mati yang mengendap di tanah. Perwujudan dari bahan bakar fosil sendiri berupa gas alam (gas), minyak bumi (cair), dan batubara (padat) [3].

Energi mempunyai arti sebagai kegiatan atau aktivitas. Menurut Robert L. Wolke energi yaitu suatu kegiatan untuk membuat sesuatu terjadi, dan masih banyak ungkapan mengenai definisi energi oleh para ahli terdahulu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengertian energi adalah suatu usaha atau upaya agar segala hal yang ada di sekitar kita terjadi [5,9].

Sumber energi tak terbarukan atau disebut *non-renewable energy* yaitu sumber energi yang tidak bisa diisi ulang oleh alam dalam waktu yang singkat dan bukan merupakan suatu proses alam yang berkelanjutan. Sumber energi tak terbarukan berasal dari perut bumi yang berupa padat, cair, maupun gas.

Sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang proses pengisiannya berlangsung secara cepat dan diproses sendiri oleh alam. Potensi dari sumber energi terbarukan ini sangat besar, karena sumber energi ini dapat dengan cepat ditemukan dan diterapkan dilingkungan, seperti energi surya, energi angin, energi

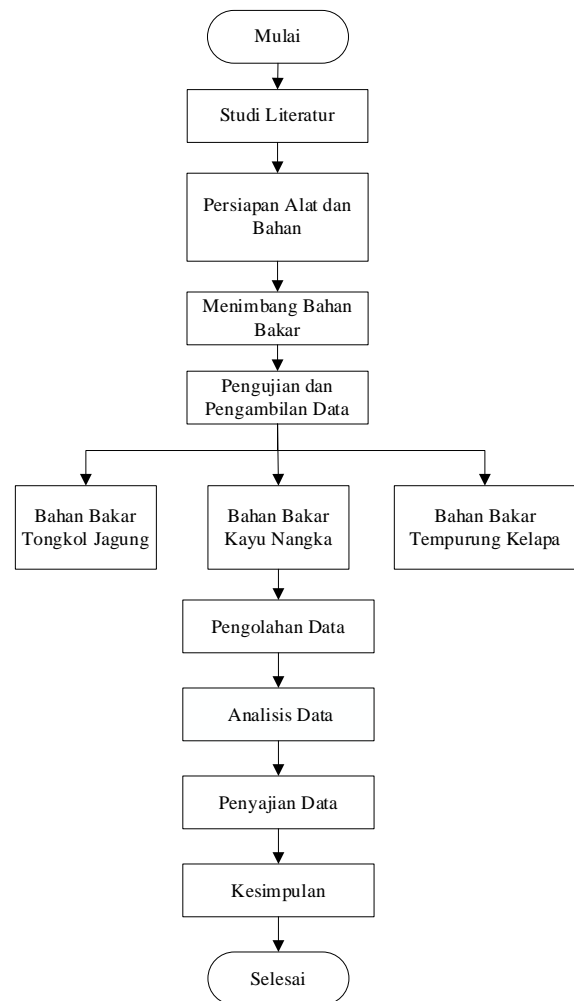
panas bumi, biomassa, bioetanol dan lainnya [1,5].

Biomassa disebut sebagai energi terbarukan karena bahan dasar dari pemanfaatan biomassa berasal dari tumbuhan dan binatang. Sumber energi yang tersimpan dalam biomassa pada dasarnya berasal dari sumber energi matahari, yang kemudian diserap oleh tumbuhan melalui fotosintesis. Energi biomassa juga dapat dikonversi menjadi energi lain, seperti etanol, biogas dan biodiesel yang dapat digunakan untuk bahan bakar [2,8].

Definisi kompor menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah suatu alat perapian yang digunakan untuk memasak dengan bahan bakar menggunakan minyak tanah, gas maupun listrik. Bentuk kompor pertama kali berupa tungku atau biasa disebut tungku api. Tungku ini terbuat dari tanah liat yang dibentuk kotak persegi yang mengurung api, sehingga penggunaan tungku api tidak terlalu membahayakan penggunaannya [4].

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental dengan variabel bebasnya limbah tempurung kelapa, tongkol jagung, serta kayu angka. Variabel terikatnya adalah efektivitas bahan bakar. Sedangkan variabel kontrolnya yaitu kompor biomassa, panci, massa bahan bakar, air volume 1 liter. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan mendapatkan kesimpulan. Berikut ini adalah *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi dan yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi bahan bakar yaitu tongkol jagung, tempurung kelapa dan kayu angka.

2. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah efektivitas bahan bakar.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang di kontrol dan dikendalikan. Pada penelitian ini variabel kontrolnya adalah kompor

biomassa, panci, massa bahan bakar dan volume air 1 liter.

Kajian yang telah dipelajari oleh peneliti mengenai perancangan kompor biomassa hingga analisis dalam pengujian maupun pengolahan data nantinya akan menghasilkan data yang akurat dan valid dengan dibantu menggunakan software SPSS. Perancangan kompor biomassa terdiri dari beberapa tahap, tahap awal yaitu dengan menentukan desain alat dan juga persiapan alat serta bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah alat dan bahan telah dipersiapkan kemudian akan dirancang bagian kompor biomassa berupa tabung pelindung kompor biomassa dan tutup kompor yang berasal dari tabung bekas freon R22. Rancangan kompor biomassa selanjutnya yaitu membuat ruang bakar kompor biomassa dengan bahan dasar plat ketebalan 1 mm. Tahap berikutnya yaitu dengan menggabungkan antar komponen kompor biomassa, yaitu pada komponen tutup kompor, tabung pelindung dan ruang bakar dirakit menjadi satu, sehingga didapat produk kompor biomassa dengan bahan dan alat yang sederhana dan mudah untuk dirancang.

Langkah yang diambil setelah produk kompor biomassa telah selesai dirancang adalah menguji kompor biomassa dengan cara mendidihkan air volume 1 liter yang dimasak dengan menggunakan bahan bakar limbah biomassa berupa tongkol jagung, tempurung kelapa, serta kayu nangka. Dalam pengujian kompor biomassa, hal yang menjadi acuan untuk mendapatkan data antara lain dengan menggunakan alat pengukur suhu termometer untuk mengukur suhu air dan stopwatch untuk mengukur waktu yang ditempuh dalam proses pendidihan 1 liter air. Setelah memperoleh hasil kemudian dilakukan pengolahan data, analisis data dan penyajian data yang kemudian data tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitan.

Dalam memperoleh data yang diinginkan pada penelitian ini, peneliti melakukan pengujian dengan cara :

1. Mengukur suhu air pada panci
2. Mengukur waktu dalam proses pendidihan

Dalam penelitian ini analisis yang digunakan adalah analisis komparasi, yaitu dengan membandingkan antara bahan bakar tongkol jagung, tempurung kelapa dan kayu nangka terhadap efektivitas bahan bakar dari tiap bahan bakar.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian kompor biomassa

Kompor biomassa yang telah selesai dirancang nantinya akan diuji berdasarkan fungsinya maupun diuji berdasarkan dari variasi bahan bakarnya. Pengujian berdasarkan fungsi merupakan pengujian terhadap kinerja kompor biomassa untuk mengetahui kompor tersebut bekerja dengan baik. Sedangkan pengujian kompor biomassa berdasarkan variasi bahan bakar adalah untuk mengetahui efektivitas dari masing-masing bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengujian kinerja kompor biomassa antara lain:

1. Menimbang bahan bakar yang akan digunakan dalam pengujian.



Gambar 2. Proses Menimbang Bahan Bakar

Memasukkan bahan bakar ke dalam ruang bakar melalui lubang bagian atas ruang bakar.



Gambar 3. Bahan bakar didalam Ruang Bakar

2. Tambahkan sedikit solar sebagai awal penyalaan api.
3. Nyalakan kompor biomassa dan tunggu sekitar 5 menit untuk mendapatkan nyala api yang merata.
4. Letakkan panci yang berisi air diatas kompor biomassa.
5. Tunggu hingga air mendidih.
6. Kemudian matikan kompor biomassa dengan cara menutup lubang angin pada semua sisi kompor. Sehingga api akan padam dengan sendirinya.



Gambar 4. Proses Pengujian

Berdasarkan tahapan pada proses pengujian kinerja kompor biomassa, jika telah didapatkan nyala api yang merata

maka dapat disimpulkan bahwa kompor biomassa tersebut dapat bekerja dengan baik.

Uji efektivitas bahan bakar

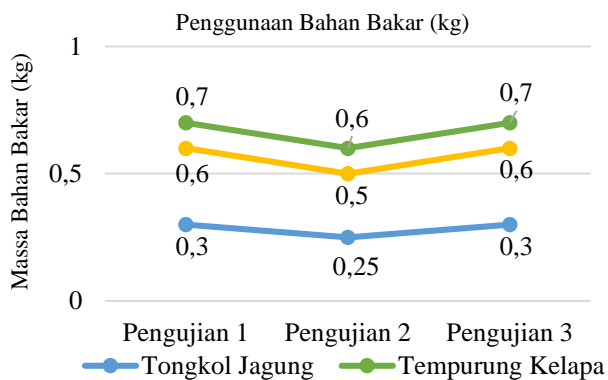
Data hasil pengujian efektivitas kompor biomassa dengan variasi bahan bakar berasal dari pengujian kompor biomassa dengan memfokuskan pada penelitian mengenai berapa banyak penggunaan bahan bakar terhadap lama waktu pendidihan 1 liter air. Adapun hasil yang diperoleh dari masing-masing pengujian terhadap variasi bahan bakar dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai Hasil Pengujian Efektivitas Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Pengujian Ke-	Bahan Bakar Akhir (Kg)	Penggunaan Bahan Bakar (Kg)	Rata-rata Penggunaan Bahan Bakar (Kg)
Tongkol Jagung	1	0,7	0,3	0,28
	2	0,75	0,25	
	3	0,7	0,3	
Tempurung Kelapa	1	0,3	0,7	0,67
	2	0,4	0,6	
	3	0,3	0,7	
Kayu Nangka	1	0,4	0,6	0,57
	2	0,5	0,5	
	3	0,4	0,6	

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh nilai efektivitas dari setiap bahan bakar yaitu tongkol jagung rata-rata menggunakan bahan bakar 0,28 kg, untuk tempurung kelapa rata-rata penggunaan bahan bakar 0,67 kg, sedangkan untuk kayu nangka rata-rata penggunaan bahan bakar sebanyak 0,57 kg. Dari penjelasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar tongkol jagung lebih efektif dari bahan bakar tempurung kelapa dan kayu nangka. Hal ini disebabkan oleh konsumsi bahan bakar tongkol jagung selama pengujian pendidihan air volume 1 liter lebih hemat dari bahan bakar lainnya, yaitu dengan rata-rata penggunaan bahan bakar adalah 0,28 kg, untuk lebih jelasnya dalam membaca perbedaan konsumsi bahan bakar

biomassa dapat dilihat pada grafik Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Efektivitas Variasi Bahan Bakar Biomassa

Dari grafik Gambar 2 dapat dilihat perbedaan konsumsi bahan bakar pada masing - masing pengujian, sehingga nilai efektivitas bahan bakar didapat dari massa penggunaan bahan bakar yang paling hemat, yaitu pada bahan bakar tongkol jagung.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu pengujian kompor biomassa dengan bahan bakar tempurung kelapa yang digunakan untuk mendidihkan air dengan volume 1 liter adalah 0,67 kg, bahan bakar tongkol jagung menggunakan 0,28 kg dan bahan bakar kayu angka menggunakan 0,57 kg. Sehingga dari ketiga variasi bahan bakar, nilai efektivitas yang didapat adalah dari bahan bakar tongkol jagung dengan penggunaan rata-rata 0,28 kg.

Referensi

[1]. Anonymous. 2015. *Energi Terbarukan*. Retrieved From Majalah 1000 guru: [http : // majalah1000guru.net/2015/01/energi-terbarukan/](http://majalah1000guru.net/2015/01/energi-terbarukan/), diakses pada 27 Januari 2020.

[2]. Anonymous. 2020. *Asal Energi Biomassa*. Retrieved From Amazine:

[https:// www. amazine. co/27020 / apa-itu-energi-biomassa-definisi-dan-4-contohnya/](https://www.amazine.co/27020/apa-itu-energi-biomassa-definisi-dan-4-contohnya/), diakses pada 24 Januari 2020.

[3]. Contaned Energy Indonesia. 2010. *Buku Panduan Energi yang Terbarukan*. Denmark: *Internatinal Development Cooperation*.

[4]. Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2020. *Kompor*. Retrieved From kbbs: [https://www.kbbs.web.id/ kompor](https://www.kbbs.web.id/kompor), diakses pada 24 Januari 2020.

[5]. Kandi dan Winduono, Yamin. 2012. *Energi dan Perubahannya*. Bandung: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik.

[6]. Prihajatno, Muji. 2009. *Diktat Ilmu Bahan, Bahan Bakar, dan Pelumas*. Jakarta.

[7]. Suprpto. 2004. *Paparan Kuliah, Bahan Bakar dan Pelumas*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

[8]. Yokoyama, Shinya dkk. 2008. *Assian Biomass Handbook*. Jepang: Asosiasi Biomassa Asia.

[9]. Zakky. 2020. *Pengetian Energi*. Retrieved From zonareferensi: <https://www.zonareferensi.com/pengertian-energi/>, diakses pada 24 Januari 2020.

Pengaruh diameter dan jumlah sudu turbin angin savonius tipe L terhadap unjuk kerja yang dihasilkan

Mohammad Rizqi Saputra^{1*}, Nur Kholis², Mohammad Munib Rosadi³

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy`Ari Jombang^{1,2,3}
Jl. Irian Jaya no.55 Cukir, Kecamatan Diwek Kabupaten Jombang
Corresponding author : mohammadrizqi70@gmail.com

Abstract

The wind is a renewable mechanical energy source that can be used as an energy source due to the energy from the wind that can be used to drive wind turbines. Savonius wind turbine type L is a tool to convert wind energy into electricity with simple construction and able to work with low wind speeds. The study aims to determine the effect of differences in diameter and number of blades on the power produced. The method used is a simulation method with an artificial wind source. With a wind speed of 8 m/s. The data analysis technique used is 2-way ANOVA using the SPSS application. Variations used are 20 cm and 40 cm in diameter and the number of blades 2 and 4. The result is a wind turbine with a variation of 40 cm and 4 blades capable of producing the best output which produces 350.98 RPM voltage of 11.64 volts current of 0.144 amperes and power of 1,676 watts. As for BHP, torque, and turbine efficiency with a variation of 40 cm and 4 blades capable of producing the best output where the generated BHP is 3.352 watts, torque 0.091 N / m efficiency 2.17. For the results of calculations with SPSS wind turbines with a diameter variation of 40 cm and 4 blades, the biggest power is 1,744 watts and for BHP produces 3.3520 watts and the efficiency reaches 2.17%.

Keywords: Diameter, number of blade, Performance.

Abstrak

Angin adalah sumber energi mekanik yang bisa diperbaharui sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi karena dapat digunakan untuk menggerakkan turbin angin. Turbin angin savonius tipe L merupakan alat untuk mengubah energi angin menjadi listrik dengan konstruksi yang sederhana dan dapat bekerja dengan kecepatan angin yang rendah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbedaan diameter dan jumlah sudu terhadap unjuk kerja yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah metode simulasi dengan sumber angin buatan. Dengan kecepatan angin 8 m/s. Teknik analisis data yang digunakan adalah ANOVA 2 arah dengan menggunakan aplikasi SPSS. Variasi yang digunakan adalah diameter 20 cm dan 40 cm serta jumlah sudu 2 dan 4. Hasilnya turbin angin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu mampu menghasilkan output terbaik yang dimana menghasilkan RPM 350,98 tegangan 11,64 volt arus 0,144 ampere dan daya 1,676 watt. Sedangkan untuk BHP, torsi, dan efisiensi turbin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu mampu menghasilkan output yang terbaik dimana BHP yang dihasilkan adalah 3,352 watt, torsi 0,091 N/m efisiensi 2,17. Untuk hasil perhitungan dengan SPSS turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 4 sudu menghasilkan daya terbesar yakni 1,744 watt dan untuk BHP menghasilkan 3,3520 watt dan efisiensinya mencapai 2,17 % untuk torsi tertinggi dicapai turbin variasi 40 cm 2 sudu dengan torsi 0,116.

Kata kunci : diameter, jumlah sudu, unjuk kerja.

Pendahuluan

Angin merupakan udara yang bergerak terjadi karena adanya perbedaan suhu udara yang dingin dengan suhu udara panas. Angin adalah sumber energi mekanik yang dapat diperbaharui sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi karena energi dari angin dapat digunakan untuk menggerakkan turbin angin. Pemanfaatan energi angin ini, selain mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga meningkatkan efektivitas dan efisiensi sistem pertanian, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas masyarakat pertanian. [3].

Pemanfaatan energi angin merupakan pemanfaatan energi terbarukan paling berkembang sekarang. Berdasarkan data dari WWEA tahun 2011 (*World Wind Energy Association*) sampai dengan tahun 2017 perkiraan energi listrik dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93.85 GigaWatts (GW), mampu menghasilkan lebih dari 1% dari total kelistrikan secara global. Amerika Serikat, Spanyol dan China merupakan negara-negara terdepan dalam pemanfaatan energi angin baik secara teknologi maupun ilmu pengetahuan. Salah satu pemanfaatan angin yang paling populer adalah dengan menggunakan kincir angin. Kincir angin terdapat dua jenis yakni kincir angin vertical dan horizontal. Pada penelitian kali ini kincir angin yang digunakan adalah kincir angin vertical tipe savonius. Alasan dipilihnya kincir angin savonius karena konstruksinya yang mudah dan memiliki kecepatan *start up* yang rendah dibanding turbin angin horizontal.

Dengan banyaknya jenis dan variasi dari turbin jenis savonius ini didapatkan banyak daya output yang dihasilkan. Dari penelitian terdahulu masih jarang yang meneliti tentang kombinasi diameter dan jumlah sudu yang digunakan. Maka dari itu dalam penelitian ini penulis mengkombinasikan perbedaan diameter

dengan jumlah sudu. Untuk mengetahui tidak hanya daya yang dihasilkan akan tetapi untuk mengetahui *Brake Horse Power*, Efisiensi dan Torsi yang dihasilkan. Diameter yang digunakan adalah 40 cm dan 20 cm. Hal ini dikarenakan turbin angin tersebut hanya digunakan sebagai *prototype*. Sedangkan jumlah sudu yang digunakan adalah 2 dan 4 buah. Sehingga didapatkan 4 kombinasi turbin angin. Melihat pentingnya perkembangan turbin angin sebagai sumber energi terbarukan dan banyaknya variasi yang diaplikasikan dalam model turbin angin sehingga penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Diameter dan Jumlah Sudu Turbin Angin Savonius Tipe L Terhadap Unjuk Kerja yang Dihasilkan” untuk mengetahui pengaruh antara sudu dan diameter turbin angin terhadap daya yang dapat dihasilkan.

Tinjauan Pustaka

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan temperatur udara. Udara bergerak dari tempat bertemperatur tinggi ke tempat bertemperatur rendah. Perbedaan tekanan udara dipengaruhi oleh sinar matahari [10]. Sedangkan dalam Buku Panduan *Renewable Energy* tenaga angin adalah sekedar bentuk tenaga surya yang dikonversi. Radiasi matahari memanaskan di beberapa tempat di bumi dengan waktu yang berbeda pada siang dan malam hari. Hal ini menyebabkan berbagai bagian atmosfer memanaskan dalam waktu yang berbeda.

Kincir atau turbin angin merupakan sebuah alat yang digunakan dalam Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Kincir angin berfungsi merubah energi gerak angin menjadi energi mekanik untuk memutar poros. Putaran poros tersebut kemudian digunakan untuk memutar dinamo atau generator untuk menghasilkan listrik. Desain dari kincir/turbin angin sangat banyak macam jenisnya, berdasarkan bentuk rotor, kincir angin dibagi menjadi dua tipe, yaitu turbin angin sumbu mendatar (*horizontal axis*

windturbine) dan turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine*).

Turbin yang memanfaatkan tenaga angin pada awalnya digunakan di sektor pertanian sebagai penggiling biji-bijian dan pemompa air untuk irigasi. Diakhir abad ke-19 turbin angin mulai dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik oleh P. La Cour dari Denmark. Putaran turbin pada poros digunakan untuk menggerakkan rotor pada generator sehingga menghasilkan listrik.

Torsi dan putaran poros merupakan factor yang mempengaruhi daya pada turbin angin. Untuk mengetahui unjuk kerja yang dihasilkan dapat dilakukan perhitungan dengan rumus berikut

1. Daya Energi Angin (P)

Energi yang dihasilkan oleh pergerakan angin diperoleh dari persamaan :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \dots (1)$$

Dimana:

P = Energi angin (Watt)

ρ = Massa jenis udara (1,2 Kg/m³)

A = Luas sudu (m)

V = Kecepatan angin (m/s²)

Brake Horse Power (BHP)

2. *Brake Horse Power* adalah daya hasil turbin yang sudah berkurang karena direduksi oleh pembebanan yang disebabkan oleh generator, gearbox, penerus daya ataupun perangkat tambahan lainnya. Pertama mencari tegangan yang dihasilkan, maka dapat diketahui besarnya daya generator. Seperti rumus dibawah ini :

$$P_{generator} = V \cdot I \quad \dots (2)$$

Dimana :

P generator : Daya generator , (Watt)

V : Tegangan generator listrik, (Volt) dan

I : Arus listrik, (Ampere)

BHP dapat dihitung setelah didapatkan harga P generator dengan rumus sebagai berikut :

$$BHP = \frac{P_{generator}}{\eta_{generator}} \quad \dots (3)$$

Dimana :

BHP : *Brake Horse Power*, (Watt)

Pgenerator : Daya generator, (Watt)

$\eta_{generator}$: Efisiensi generator, (asumsi 0,5 %) bila dihitung dengan persamaan

$$\eta = \frac{PL}{PT} \times 100\%$$

Dimana PL= daya beban dan PT daya mekanik turbin

3. Torsi (T)

Torsi merupakan perkalian kecepatan angin dan jari-jari turbin angin dibagi *Top Speed Ratio*. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = \frac{v^2 \cdot R^3}{\gamma^2} = F \cdot r = m \cdot a \quad \dots (4)$$

$$TSR (\gamma^2) = \frac{\omega}{v} \quad \dots (5)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad \dots (6)$$

Dimana :

r = jari-jari turbin angin

N = putaran turbin (rpm)

V = kecepatan udara

4. Efisiensi

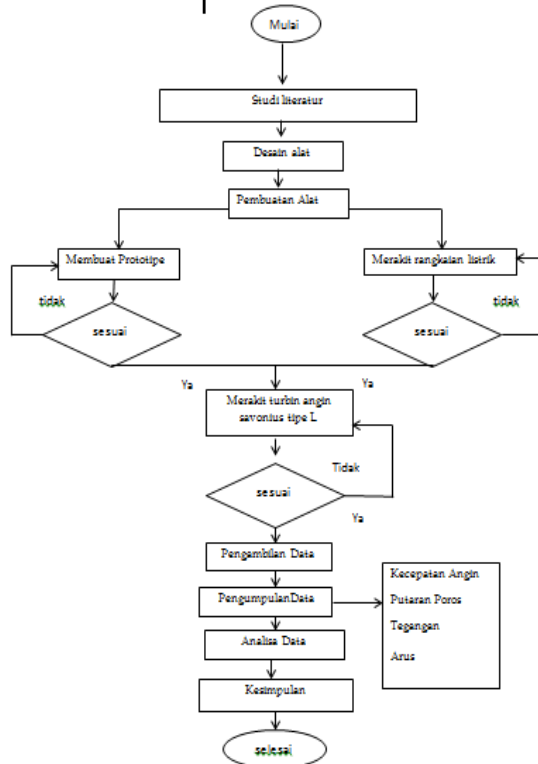
Efisiensi turbin angin merupakan perbandingan daya keluaran turbin dengan daya angin. Untuk menghitung efisiensi dari turbin angin adalah

$$\eta = \frac{BHP}{P} \times 100\% \quad \dots (7)$$

Metode penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif. Untuk metode penulis menggunakan metode eksperimental dengan variabel bebas jumlah sudu dan diameter sedangkan variabel terikatnya adalah arus tegangan dan

RPM yang kemudian menghasilkan turbin angin jenis *savonius* tipe L dengan 2 dan 4 sudu sedangkan diameter 20 cm dan 40 cm. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan mendapatkan kesimpulan. Berikut ini adalah *flow chart* penelitian pada Gambar 2.



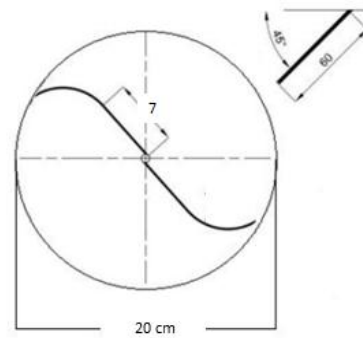
Gambar 2. *Flow Chart* Penelitian

Variabel penelitian

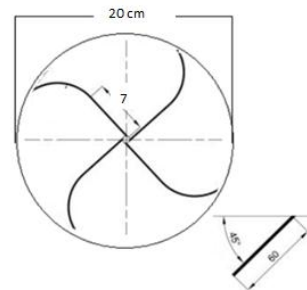
1. Variabel bebas adalah variabel utama yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan yaitu jumlah sudu dan diameter.
2. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau hasil dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah daya listrik, BHP, torsi dan efisiensi.
3. Variabel kontrol yaitu variabel yang dikendalikan oleh peneliti yang menyebabkan hubungan variabel bebas dan variabel terikat tidak terpengaruh faktor luar. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kecepatan angin.

Gambar desain

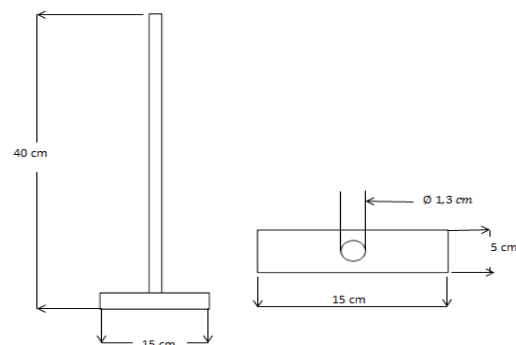
Berikut ini adalah gambar turbin angin *savonius* tipe.



Gambar 3. Turbin Angin 2 Sudu Diameter 20 cm



Gambar 4. Turbin Angin 4 Sudu Diameter 20 cm



Gambar 5. Desain Poros

Prosedur penelitian

Pertama data yang dikumpulkan adalah data kecepatan angin dan putaran turbin. Setelah itu divariasikan terhadap jumlah sudu yang akan digunakan. Hasilnya berupa daya listrik yang dihasilkan kemudian dicari efisiensi, BHP

dan torsi. Data diambil dari hasil penelitian yang telah dicatat ke dalam tabel hasil penelitian dan kemudian diolah.

Setelah memperoleh hasil kemudian dilakukan pengolahan data, analisa data dan penyajian yang kemudian data tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitan.

Teknik pengujian dan pengumpulan data

Dalam memperoleh data yang diinginkan pada penelitian ini penulis melakukan dengan cara mengukur rotasi putaran poros permenit (RPM), tegangan dan arus

Teknik analisis data

Dalam penelitian ini analisa yang penulis gunakan adalah analisa komparasi yang membandingkan antara jumlah sudu dengan diameter trubin angin terhadap arus, tegangan dan RPM pada turbin angin *savonius* tipe L dengan kecepatan angina 8 m/s.

Hasil dan Pembahasan

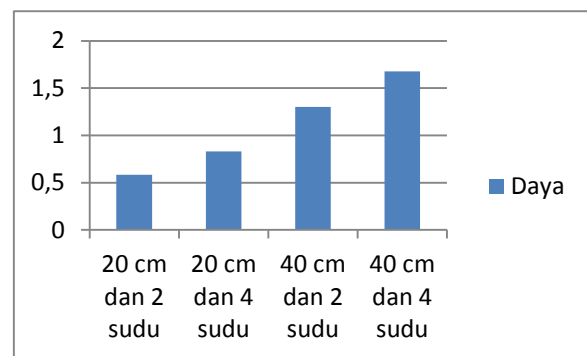
Data hasil pengukuran turbin angin *savonius* dengan variasi jumlah sudu dan diameter seperti Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Unjuk Kerja Turbin Angin *Savonius*

No	Variasi Turbin	BHP	Torsi	Efisiensi
1	20 cm dan 2 sudu	1,166	0,017	1,512
2	20 cm dan 4 sudu	1,66	0,014	2,153
3	40 cm dan 2 sudu	2,602	0,116	1,7
4	40 cm dan 4 sudu	3,352	0,111	2,17

Dari Tabel 1 diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu dan diameter dapat meningkatkan BHP dan torsi turbin angin *savonius* dengan kecepatan angin tetap yakni 8 m/s yang dimana terjadi kenaikan BHP sangat signifikan pada variasi diameter 40 cm dan sudu 4. Sedangkan untuk efisiensi terjadi perubahan pada saat menggunakan turbin dengan 4 sudu.

Hubungan antara daya dengan variasi diameter dan jumlah sudu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan variasi diameter dan sudu terhadap daya

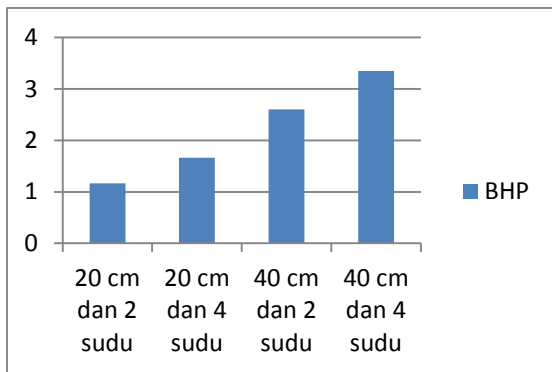
Gambar 6 menunjukkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa daya dengan nilai tertinggi didapat dengan variasi turbin angin diameter 40 cm dan 4 sudu. Akan tetapi tegangan terbesar didapat dari variasi 20 cm dan 4 sudu. Dari data diatas dapat diketahui bahwa jumlah sudu di masing-masing diameter mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan.

Hal ini menunjukkan bahwa nilai *self starting* dari turbin angin *savonius* dengan jumlah sudu yang berbeda mempengaruhi jumlah tegangan yang dihasilkan oleh system turbin angin. Setiap jumlah sudu memiliki massa yang berbeda sehingga mempengaruhi besarnya inersia dan kecepatan putaran turbin sehingga menghasilkan tegangan yang berbeda. Akan tetapi karena perbedaan diameter sehingga turbin angin yang memiliki diameter lebih besar menghasilkan

tegangan yang lebih kecil karena bertambahnya massa yang lebih besar [4].

Ada pengaruh geometri yang dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan seperti halnya perbedaan diameter pada sudu turbin angin. Dimana semakin lebar diameter turbinnya daya yang dihasilkan pun juga meningkat [2].

Hubungan antara BHP dengan variasi diameter dan jumlah sudu seperti Gambar 7.

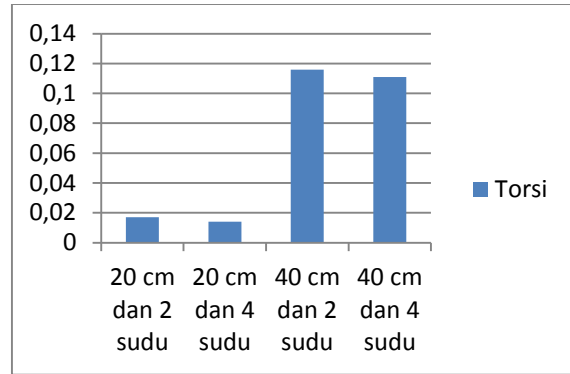


Gambar 7. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap BHP

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah sudu dan diameter dapat meningkatkan BHP turbin angin savonius dengan kecepatan angin tetap yakni 8 m/s yang dimana terjadi kenaikan BHP sangat signifikan pada variasi diameter 40 cm dan sudu 4. Kecepatan angin juga mempengaruhi BHP yang dihasilkan dengan catatan turbin angin yang sama. Sedangkan hasil di atas dengan kecepatan angin yang sama dan jumlah sudu dan diameter berbeda [9].

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa BHP tertinggi didapat oleh variasi diameter 40 cm dan 4 sudu. Hal ini dikarenakan bidang luas sapuan angin berpengaruh terhadap daya putar poros sehingga turbin dengan diameter lebih besar mampu menghasilkan BHP lebih besar.

Hubungan antara torsi dengan variasi diameter dan jumlah sudu dapat dilihat pada Gambar 8.

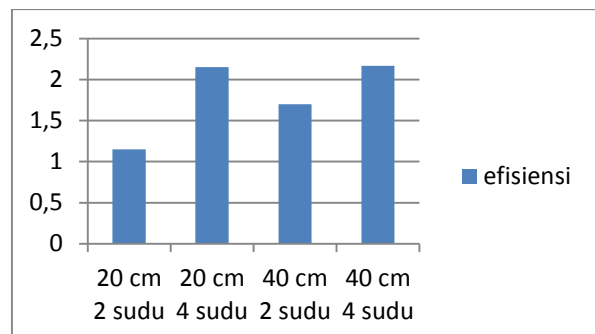


Gambar 8. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap Torsi

Berdasarkan gambar 8 di atas kita dapat kita lihat bahwa torsi yang dihasilkan oleh variasi turbin diameter 40 dan sudu 2 mendapatkan torsi tertinggi dengan kecepatan angin yang sama. penyebabnya adalah arah angin keluar sudu tidak kembali lagi menumbuk atau mendorong sudu yang arah hadapannya terbalik dengan arah datangnya angin [9].

Maka dari itu turbin dengan jumlah sudu 2 lebih besar torsi yang dihasilkan karena angin yang datang akan mendorong sudu yang arahnya sama dengan datangnya angin. Begitupun dengan diameter yang lebih besar akan menghasilkan torsi yang besar pula hal ini karena daerah luasan sapuan angin yang lebih besar sehingga mampu menghasilkan daya dorong yang lebih besar pula.

Hubungan antara efisiensi dengan variasi diameter dan jumlah sudu seperti Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Variasi Diameter dan Sudu Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa turbin angin dengan variasi 20 cm

dan 4 sudu memiliki efisiensi yang hampir sama dengan turbin variasi 40 cm dan 4 sudu. Yang dimana turbin dengan variasi 20 cm dan 4 sudu memiliki efisiensi 2,153 % sedangkan turbin dengan variasi 40 cm dan 4 sudu memiliki efisiensi 2,17 %.

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa turbin dengan variasi 40 cm dan sudu 4 memiliki daya poros atau BHP tertinggi sehingga menghasilkan efisiensi yang tinggi pula. Sedangkan pada turbin variasi 20 cm dan 4 sudu hasil perbandingan antara daya poros atau BHP dengan dengan daya angin tidak terlalu jauh sehingga mampu menghasilkan efisiensi yang tinggi pula.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 4 sudu memiliki kinerja terbaik dengan menghasilkan daya 1,676 watt, BHP 3,352 watt, dan efisiensi 2,17 % sedangkan torsi tertinggi diraih turbin angin dengan variasi diameter 40 cm dan 2 sudu dengan torsi 0,116 Nm.

Referensi

- [1]. Tim PNPM Mandiri. Buku Panduan *Renewable Energy*.
- [2]. Canra, Delfika. Suliono. 2019. "Pengaruh Busur Sudu Turbin Angin Savonius Tipe U Menggunakan Perangkat Lunak". *Jurnal Politeknik Negeri Indramayu*.
- [3]. Daryanto. 2007. "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu". Balai PPTAGG -UPT - LAGG, Yogyakarta.
- [4]. Hiccary, dkk. 2016. "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertical Terhadap Tegangan dan Arus Di Dalam Proses Pengisian Akumulator". *Jurnal Universitas Telkom*. Vol 3, (3) Desember 2016.
- [5]. Laila, Rachmawati Mentari. 2010. "Rancang Bangun Kincir Agin Model Savonius Termodifikasi Sebagai Sumber Energi Terbarukan". Fakultas MIPA, Universitas sebelas Maret.
- [6]. Nanang, Rosidin. 2007. "Perancangan, Pengujian dan Pembuatan Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol" Tugas Sarjana. Bandung : ITB.
- [7]. Ully, Natahniel Dedi. 2017. "Pengaruh Pemasangan Sudu Pengarah Dan Variasi Jumlah Sudu Rotor Terhadap Performance Turbin Angin Savonius Type L". *Jurusan Teknik Mesin PNK, Kupang*.
- [8]. WWEA; 2011: *10th World Wind Energy Conference & Renewable Energy exhibition*; World Wind Energy Association WWEA 2011, Bonn.
- [9]. Andri, Kusbiantoro, Rudy, Soenoko, Sutikno, Djoko, Sutikno, 2009. Pengaruh Panjang Lengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Vertikal Savonius. *Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang*.
- [10]. Rosidin, Nanang. 2007. Perancangan, Pembuatan, dan Pengujian Prototipe SKEA Menggunakan Rotor Savonius dan Windside Untuk Penerangan Jalan Tol. Bandung: ITB

Analisis pengaruh panjang pipa tembaga kondensor terhadap volume hasil minyak pada alat pirolisis

Yusuf Arisandi^{1*}, Mochamad Arif Irfa'i², Basuki³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari ^{1,2,3}
Jl. Irian Jaya 55 Tebuireng Tromol Pos IX Jombang Jatim Telp. (0321) 861719 (Hunting),
864206, 851396, 874685 Fax. 874684
Corresponding author: Sandiari3455@gmail.com

Abstract

A condenser is a tool that functions as a coolant for a pyrolyzer that uses LDPE-type plastic waste as the base material. The pipes contained in the condenser are made of copper and brass which are spiral or twisted. In this study using a condenser with Ø8 mm copper pipe with a length of 1000 mm and 2000 mm. This study used experimental research methods to test the condenser against the oil yield. The results obtained from testing the condenser with 1 kg of LDPE plastic were the highest volume of oil in copper pipe Ø8 mm with a length of 2000 mm yielding 400 ml. This study uses 2-way ANOVA data processing, the results obtained from the volume of oil are the sig. 0.000 indicates that there is a significant effect on the yield of oil volume, this indicates that there is a significant effect on the volume of oil.

Keywords: Oil Yield, Condenser, Pyrolysis, Copper Pipe Length, LDPE Plastik.

Abstrak

Kondensor merupakan suatu alat yang berfungsi sebagai pendingin pada alat pirolisator yang menggunakan bahan dasar limbah plastik bertipe LDPE. Pipa yang terdapat dalam kondensor berbahan dari tembaga dan kuningan yang berbentuk spiral atau melilit. Pada penelitian ini menggunakan kondensor dengan pipa tembaga Ø8 mm dengan panjang 1000 mm dan 2000 mm. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk menguji kondensor terhadap hasil minyak, Hasil yang diperoleh dari pengujian kondensor dengan 1 kg plastik jenis LDPE yaitu volume minyak tertinggi pada pipa tembaga Ø8 mm dengan panjang 2000 mm menghasilkan 400 ml. Penelitian ini menggunakan pengolahan data ANOVA 2 jalur, hasil yang diperoleh dari hasil volume minyak yaitu nilai sig. 0.000 menunjukkan terdapat pengaruh signifikan terhadap hasil volume minyak, hal ini menunjukkan terdapat pengaruh signifikan terhadap volume minyak.

Kata kunci: Hasil Minyak, Kondensor, Pirolisis, Panjang Pipa Tembaga, Plastik LDPE.

Pendahuluan

Limbah plastik merupakan salah satu pencemaran lingkungan hidup di Indonesia dan di dunia, karena plastik sebagai produk serbaguna yang kegunaannya cukup mudah sehingga seluruh dunia berambisi untuk memproduksi lebih banyak produk dengan bahan dasar plastik. Akan tetapi tanpa sadar dalam penggunaannya plastik sangat tidak ramah lingkungan, yang bahkan dapat merusak lingkungan. Dalam hal ini penggunaan produk dengan bahan dasar

plastik harus diimbangi dengan penanggulangan dari dampak negatif yang dihasilkan oleh plastik [2].

Metode *recycle* adalah metode daur ulang yang dapat diterapkan pada sampah plastik, seperti pembuatan aksesoris dari sampah plastik, maupun menggunakannya sebagai energi alternatif. Metode lainnya yaitu dengan insinerasi atau biasa disebut dengan pembakaran terbuka diudara, akan tetapi metode ini menghasilkan emisi

berupa gas beracun yang sangat berbahaya bagi Kesehatan [5].

Pirolisis merupakan salah satu cara pengolahan limbah plastik yang dinilai cukup prospektif, dan hasil yang diperoleh dari proses pirolisis juga berpotensi sebagai bahan bakar alternatif, karena prosesnya membutuhkan pemanasan dengan suhu yang tinggi sehingga dapat mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar cair alternatif [9].

Proses pengolahan dengan metode pirolisis menggunakan alat yang disebut dengan pirolisator. Alat ini berfungsi untuk memproduksi uap cair, dengan prinsip kerja dekomposisi atau menguraikan bahan baku yang berpotensi menghasilkan uap cair. Pada alat pirolisator terdapat proses pendingin yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi bahan bakar minyak, yang disebut dengan kondensor. Kondensor ini berupa pipa tembaga AC, yang nantinya akan dialiri uap hasil pembakaran yang kemudian akan diubah menjadi cairan bahan bakar alternatif [7].

Desain yang dipilih akan banyak memberikan pengaruh terhadap hasil kondensasi, karena bentuk geometri dari suatu kondensor berpengaruh terhadap proses transfer panas yang terjadi di dalamnya. Nilai konduktivitas bahan suatu kondensor memberikan pengaruh besar terhadap efektivitas proses transfer panas yang terjadi di dalam kondensor, karena semakin tinggi nilai konduktivitas bahan maka proses transfer panasnya akan semakin baik dan efisiensi akan meningkat [6].

Bentuk geometri pada pipa kondensor dapat berpengaruh terhadap proses maupun hasil dari pirolisis minyak. Dalam hal ini, bentuk geometri yang divariasikan oleh peneliti berupa panjang pipa kondensor dan diameter pipa kondensor. Pengaruh yang dihasilkan oleh variasi bentuk geometri pipa kondensor berupa adanya perbedaan laju perpindahan panas menyeluruh dan volume minyak plastik [4].

Tinjauan Pustaka

Pirolisis merupakan suatu teknik pengembangan karbonisasi (zat organik menjadi residu) kayu ataupun bahan serupa yang saat ini telah banyak berkembang dimasyarakat. Pada teknik karbonisasi biasanya menggunakan pembakaran kayu maupun bahan bakar lainnya, yang dilakukan dalam suatu drum, tungku, maupun lubang yang ditutup sehingga ruang tersebut kedap dari udara, dimana pembakaran tersebut menggunakan suhu tinggi dan dalam waktu tertentu. Uap yang dihasilkan dari proses pirolisis tidak dilepaskan ke udara, akan tetapi dikondensasikan sehingga akan membentuk aliran hitam yang disebut dengan asap air atau cairan, *pirolygneous liquor/crud* [1].

Limbah adalah material sisa yang tidak lagi terpakai yang berasal dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang terdapat pada suatu tempat tertentu dan tidak diinginkan oleh lingkungan atau alam karena tidak lagi mempunyai nilai ekonomis. Limbah dapat digolongkan menjadi limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan partikel serta limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) [5].

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibuat dengan teknik polimerisasi. Polimerisasi merupakan suatu proses penggabungan lebih dari satu molekul sederhana (monomer) dengan melewati proses kimia yang nantinya akan menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Unsur penyusutan utama yang terkandung dalam plastik berupa karbon dan hidrogen. Secara umum, kelebihan plastik dibanding dengan material lain, antara lain bahannya kuat, ringan, lebih fleksibel, tahan korosi, tidak mudah pecah, mudah dibentuk dan diberi warna, serta merupakan isolator panas dan listrik yang baik [8].

Bahan bakar merupakan segala sesuatu yang dapat diubah menjadi bentuk energi. Umumnya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepas dan dapat dimanipulasi.

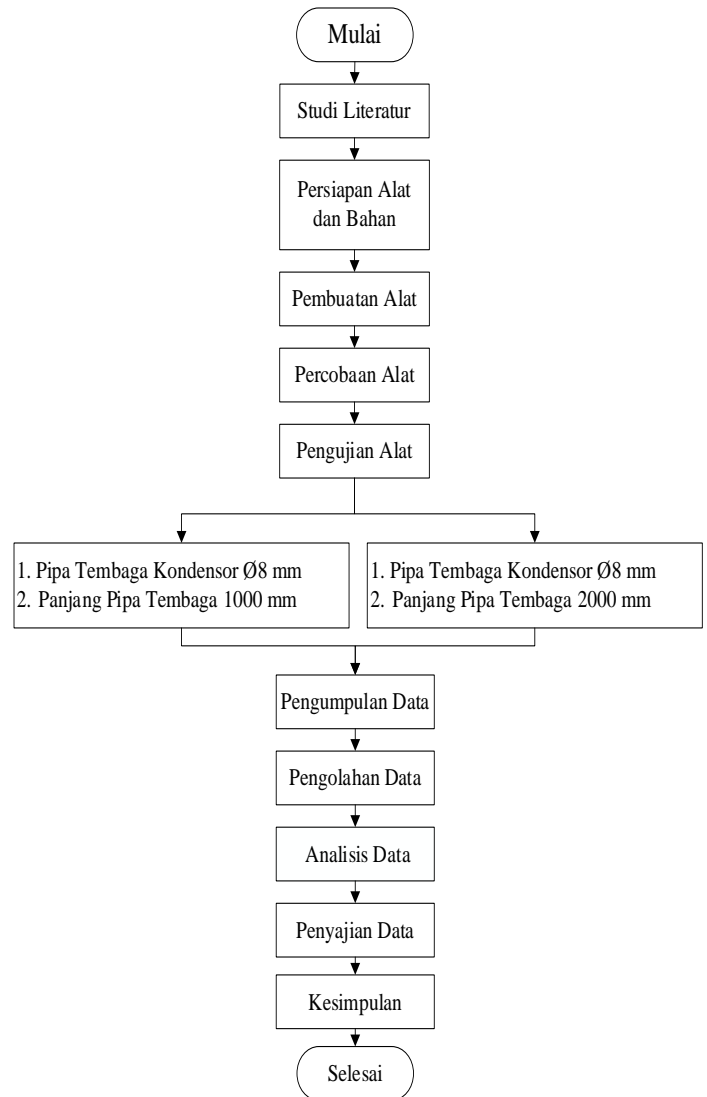
Penggunaan bahan bakar yaitu melalui proses pembakaran atau disebut dengan reaksi redoks, dimana bahan bakar tersebut akan melepas panas melalui reaksi oksigen diudara [1].

Kondensor adalah salah satu alat yang berfungsi sebagai penukar panas jenis rekuperator. Rekuperator sendiri didefinisikan sebagai alat perpindahan panas yang cara kerjanya adalah dimana terdapat suatu fluida yang terpisah dari fluida lainnya dengan pemisah yang berupa dinding atau sekat yang dilalui oleh panas [3].

Kondensor mempunyai fungsi untuk tempat kondensasi refrigeran ketika dalam proses *desorpsi*, hal ini bertujuan untuk membuang kalor dan mengubah bentuk bahan pendingin yang awalnya berupa gas menjadi cair [3].

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental dengan variabel bebasnya panjang pipa tembaga ac, 1000 mm dan 2000 mm. Variabel terikatnya adalah volume minyak yang diperoleh dari proses pirolisator. Sedangkan variabel kontrolnya yaitu jenis plastik yang digunakan plastik LDPE, berat plastik 1 kg, temperatur 300 °C, diameter pipa tembaga Ø8 mm dan alat pirolisis. Hasil yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis dan mendapatkan kesimpulan. Berikut ini adalah flowchart penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian.

Variabel yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi dan yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat. Pada penelitian ini varibel bebasnya adalah variasi kondensor Ø8 mm dengan panjang pipa tembaga 2000 mm. Kondensor Ø8 mm dengan panjang pipa tembaga 1000 mm.

2. Variabel terikat

Variabel terikat yaitu suatu faktor yang dapat diobservasikan dan dapat diukur dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas tersebut. Pada penelitian ini variabel terikat

adalah volume minyak yang diperoleh dari proses pirolisis.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol ialah bentuk variabel yang dapat dikendalikan dan juga bisa mempengaruhi variabel bebas terhadap variabel terikat, dan tidak dapat dipengaruhi oleh faktor dari luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu jenis plastik yang digunakan plastik *LDPE*, berat plastik 1 kg, temperatur 300 °C, diameter pipa tembaga Ø8 mm dan alat pirolisis.

Kajian yang telah dipelajari oleh peneliti mengenai perancangan kondensor hingga analisis dalam pengujian maupun pengolahan data nantinya akan menghasilkan data yang akurat dan valid dengan dibantu menggunakan software SPSS. Perancangan kondensor terdiri dari beberapa tahap, tahap awal yaitu dengan menentukan desain alat dan juga persiapan alat serta bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah alat dan bahan telah dipersiapkan kemudian akan dirancang bagian kondensor berupa tabung besi dan pipa tembaga AC. Rancangan kondensor selanjutnya yaitu membuat lilitan spiral pada pipa tembaga AC dengan ketebalan 2 mm. Tahap berikutnya yaitu dengan menggabungkan antara komponen kondensor, yaitu pada komponen tabung besi dan pipa tembaga AC, kemudian dari kedua ujung tabung besi ditutup dengan lempengan besi

Langkah yang diambil setelah produk kondensor yang telah selesai dirancang adalah menguji kondensor dengan cara membakar plastik jenis *LDPE* pada tabung reactor dengan massa plastik 1 kg, dengan suhu 300 °C, serta lama waktu pembakaran 60 menit. Selanjutnya uap dari pembakaran tersebut kemudian akan melewati tabung kondensor dan didalam kondensor tersebut terjadi proses kondensasi atau perubahan zat uap menjadi zat cair (bahan bakar alternatif). Dalam pengujian kompor biomassa, hal yang menjadi acuan untuk mendapatkan data antara lain dengan menggunakan alat pengukur suhu

termometer untuk mengukur suhu air dan stopwatch untuk mengukur waktu yang ditempuh dalam proses pirolisator yaitu 60 menit. Setelah memperoleh hasil kemudian dilakukan pengolahan data, analisis data dan penyajian data yang kemudian data tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan hasil yang di dapat saat penelitian.

Dalam memperoleh data yang diinginkan pada penelitian ini, peneliti melakukan pengujian dengan cara:

1. Mengukur volume minyak yang dihasilkan

Dalam penelitian ini analisis yang digunakan adalah analisis eksperimen, yaitu dengan Ø8 mm dengan panjang 2000 mm. dan Ø8 mm dengan panjang 1000 mm. terhadap volume minyak yang diperoleh dari tiap kondensor.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian kondensor

Kondensor yang telah selesai dirancang nantinya akan diuji berdasarkan fungsinya maupun diuji berdasarkan dari variasi pipa tembaga. Pengujian berdasarkan fungsi merupakan pengujian terhadap kinerja kondensor untuk mengetahui kondensor tersebut bekerja dengan baik. Sedangkan pengujian kondensor berdasarkan variasi pipa tembaga adalah untuk mengetahui volume hasil minyak yang diperoleh dari masing-masing pipa tembaga yang digunakan dalam penelitian ini.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengujian kinerja kondensor antara lain:

1. Pemotongan bahan yang akan digunakan dalam pengujian.



Gambar 2. Proses Pemotongan Plastik

2. Jumlah plastik yang digunakan dalam proses pengujian yaitu 1 kg.
3. Memasukkan bahan bakar ke dalam tabung reaktor melalui lubang bagian atas tabung reaktor.



Gambar 3. Bahan bakar didalam Tabung Reaktor

4. Nyalakan kompor untuk proses pengujian selama 1 jam dengan suhu pembakaran 300 °C.
5. Selama proses pengujian berjalan dilakukan pengecekan suhu air pendingin, suhu uap masuk dan suhu uap keluar.



Gambar 4. Proses Pengujian

Berdasarkan tahapan pada proses pengujian kinerja kondensor, jika telah didapatkan nyala api yang merata maka dapat disimpulkan bahwa kompor biomassa tersebut dapat bekerja dengan baik.

Volume hasil minyak yang diperoleh

Hasil dari pengujian alat pirolisator dengan variasi diameter pipa Ø8 mm dengan panjang pipa tembaga 2000 mm dan Ø8 mm dengan panjang pipa tembaga 1000 mm disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tabung Kondensor Variasi Pipa Tembaga Ø8 mm dengan Panjang Pipa Tembaga 2000 mm

Pengujian Ke -	Suhu Uap Masuk (°C)	Suhu Uap Keluar (°C)	Volume Minyak (ml)
1	151,5	25,8	410
2	109,8	24,6	410
3	100,9	25,8	380
Rata-rata	120,73	25,40	400

Pada Tabel 1, dapat dijelaskan dengan data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan pengulangan 3 kali, setelah itu diambil nilai rata-ratanya. Pertama plastik dipanasi pada suhu 300 °C suhu ini digunakan pada semua pengujian tersebut. Pada pengujian yang pertama menghasilkan suhu uap plastik 151,5 °C masuk pada kondensor, kemudian didalam kondensor dialiri air pendingin yang masuk ke dalam kondensor akan menjadi cair (minyak) dengan suhu uap keluar 25,8 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 410 ml.

Selanjutnya pengujian yang kedua didapatkan nilai suhu uap plastik masuk 109,8 °C, suhu uap plastik keluar 24,6 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 410 ml. Kemudian pengujian yang ketiga didapatkan nilai suhu uap plastik masuk 100,9 °C, suhu uap plastik keluar 25,8 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 380 ml.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tabung Kondensator Variasi Pipa Tembaga Ø8 mm dengan Panjang Pipa Tembaga 1000 mm

Pengujian Ke -	Suhu Uap Masuk (°C)	Suhu Uap Keluar (°C)	Volume Minyak (ml)
1	92,8	28,5	78
2	95,6	26,9	76
3	93,5	28,4	78
Rata-rata	93,97	27,93	77,33

Dari tabel 2, dapat dijelaskan dengan data yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan pengulangan 3 kali, setelah itu diambil nilai rata-ratanya. Pertama plastik dipanasi pada suhu 300 °C suhu ini digunakan pada semua pengujian tersebut. Pada pengujian yang pertama menghasilkan suhu uap plastik 92,8 °C masuk pada kondensator, kemudian didalam kondensator dialiri air pendingin yang masuk kedalam kondensator akan menjadi cair (minyak) dengan suhu uap keluar 28,5 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 78 ml.

Selanjutnya pengujian yang kedua didapatkan nilai suhu uap plastik masuk 95,6 °C, suhu uap plastik keluar 26,9 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 76 ml. Kemudian pengujian yang ketiga didapatkan nilai suhu uap plastik masuk 93,5 °C, suhu uap plastik keluar 28,4 °C, serta volume minyak yang dihasilkan yaitu 78 ml.

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu pengujian kondensator pada alat pirolisis menggunakan bahan plastik jenis LDPE dengan massa 1 kg, serta lama waktu pembakaran 60 menit, dengan menggunakan suhu tetap yaitu 300 °C. Sehingga didapatkan volume minyak tertinggi dengan rata-rata 400 ml pada kondensator Ø8 mm dengan panjang pipa tembaga 2000 mm. Sedangkan pada kondensator Ø8 mm dengan panjang pipa

tembaga 1000 mm menghasilkan volume minyak rata-rata 77,33 ml.

Referensi

- [1] Hendradinata, Beta Akui, Ozkar Firdausi Homzah., 2017. *Pengaruh Variasi Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap COP Pada Trainer Sistem Pendingin Dasar*. Palembang: Jurnal Teknik Mesin Universitas Tridinanti Palembang.
- [2] Jainal Arifin, Sobar Ihsan. 2018. Analisis Perancangan Limbah Plastik Sampah Polythylene Terephthalate untuk Menghasilkan Bahan Bakar Alternatif. Kalimantan: Jurnal Teknik Mesin Universitas Islam Kalimantan.
- [3] Kreith, Frank. 1991. Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas. Jakarta: Erlangga
- [4] Mafruddin. 2017. Pengaruh Geometri Pipa Kondensator Terhadap Perpindahan Panas Pada Destilasi Minyak Plastik. Lampung: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.
- [5] Mandala, W.W., Cahyono, S.M., Ma'arif, S., Sukarjo, B.H., Wardoyo. 2016. Pengaruh Suhu terhadap Rendemen dan Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik.
- [6] Mokhtar, Ali. 2018. Perancangan Pirolisis Untuk Membuat Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Kapasitas 10 KG. Malang: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah.
- [7] Prawijaya, Anton. 2015. Performansi Pirolisator dengan Dua Tahap Kondensasi untuk Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa. Banda Aceh: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

- [8] Surono, Untoro Budi. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. Yogyakarta: Jurnal Teknik Mesin Universitas Janabara.
- [9] Wicaksono, Hendri Dwi. 2018. Investigasi Karakteristik Bahan Bakar Cair Hasil Produk Pyrolysis Jenis Plastik PET dan PP. Kediri: Jurnal Simki Techsain Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Pengembangan alat uji impak *charpy* di bagian pengereman, berat pendulum, dan skala ukur pada mesin impak *charpy* di Laboratorium Teknik Mesin Unhasy

Budy Prasetyo Adi^{1*}, Mochammad Arif Irfa'i², Mohammad Munib Rosadi³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari^{1,3}
Jl. Irian Jaya 55 Tebuireng Tromol Pos IX Jombang Jatim Telp. (0321) 861719 (Hunting),
864206, 851396, 874685 Fax. 874684
Corresponding author. adi.sajalah.ap@gmail.com

Abstract

The impact test is a test to determine the strength of the material when receiving a load constantly or suddenly. The previous tool did not suited to the test requirements, so it required the development of the pendulum weight sector, the measuring scale, and the addition of a braking system. Therefore, this research was carried out for the development of previous tools so that the test tools could meet the requirements and the testing of the tools using ST 41 and ST 60 carbon steel specimens. This research is a research and development study using ADDIE (analysis, design, development, implementation, and evaluation) as a reference in conducting research. The development of the tool focuses on the pendulum weight to 10.2 kg, replacing the measuring scale and adding a braking system that uses disc brakes. The results of the expert validation questionnaire got a score of 72.63%, the small respondent data questionnaire got a score of 83% and the large-scale respondents got a score of 85%. This shows that the tool gets a decent score. The results of the performance test of the tool using ST 41 carbon steel with an average impact price of 1.02302732 J / mm and carbon steel ST 60 with an average impact price of 1.2422299 J / mm. This study shows that there is an average difference in the impact price between ST 41 carbon steel and ST 60 carbon steel as indicated by the Sig. (2-tailed) value of 0.484 using independent sample test T-test data processing.

Keywords: *Impact Test, Charpy Method, ASTM E23, Steel ST 41 and Steel ST 60.*

Abstrak

Pengujian impak merupakan suatu pengujian untuk mengetahui besar kekuatan bahan material disaat menerima beban secara konstan atau tiba-tiba. Alat sebelumnya belum memenuhi syarat pengujian maka diperlukan pengembangan pada sektor berat pendulum, skala ukur dan ditambahkan sistem pengereman. Maka dari itu dilakukan penelitian ini untuk pengembangan alat sebelumnya agar alat uji bisa memenuhi syarat dan pengujian alat menggunakan spesimen baja karbon ST 41 dan ST 60. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau *research* dan *development* dengan menggunakan ADDIE (*analysis, design, development, implementation dan evaluation*) sebagai acuan dalam pengerjaan penelitian. Pengembangan alat menitik beratkan pada pada berat pendulum menjadi 10,2 kg, mengganti skala ukur dan penambahan sistem pengereman yang menggunakan rem cakram. Hasil angket validasi ahli mendapatkan skor 72,63%, angket data responden kecil mendapatkan skor 83% dan responden skala besar mendapatkan skor 85%. Hal ini menunjukkan bahwa alat mendapatkan nilai layak. Hasil uji kinerja alat menggunakan baja karbon ST 41 dengan hasil rata-rata harga impak 1,02302732 J/mm dan baja karbon ST 60 dengan hasil rata-rata harga impak 1,2422299 J/mm. Penelitian ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan rata-rata dari harga impak antara baja karbon ST 41 dengan baja karbon ST 60 yang ditunjukkan dari nilai *Sig.(2-tailed)* 0,484 menggunakan pengolahan data uji T

independent sample test.

Kata kunci: Uji Impak, Metode *Charpy*, ASTM E23, Baja ST 41 dan Baja ST 60.

Pendahuluan

Semakin bertambahnya kebutuhan akan material terutama logam dalam dunia perindustrian, besi dan baja merupakan salah satu kebutuhan yang mendasar untuk sebuah konstruksi dengan berbagai macam sifat mekanik yang dibutuhkan oleh suatu material ialah berbedabeda. Sifat mekanik meliputi kekerasan, keuletan dan ketangguhan [1], maka banyak metode untuk menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh material tersebut. Pengujian impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan dan keuletan suatu material dimana pengujian impak dilakukan dengan cara pembebanan secara tiba-tiba dengan syarat dan ketentuan. Pengujian impak memiliki 2 metode dalam proses pembebanan, yang pertama metode *charpy* merupakan proses pembebanan spesimen secara horizontal dengan takikan membelakangi arah laju pendulum pada metode *charpy* memiliki ketentuan untuk ukuran spesimen yaitu 55 x 10 x 10 mm dan spesimen memiliki takikan dengan sudut 45° dan yang kedua metode izod merupakan proses pembebanan spesimen secara vertikal dengan takikan menghadap searah laju pendulum pada metode izod memiliki ketentuan ukuran spesimen yaitu 75 x 10 x 10 mm dan spesimen memiliki takikan dengan sudut 45° [2]. Dengan hasil dari pengujian impak akan mempermudah dalam mengetahui kekuatan, kekerasan dan keuletan bahan material yang ditujukan pada sebuah konstruksi.

Banyak telah meriset penelitian mesin uji impak *charpy* untuk pengujian material kompositberpenguat serat alam (*naturalfibre*) dengan kekuatan impact maksimal 130 Joule berdasarkan standart *American Society for Testing and Materials* (ASTM), yaitu ASTM D 5942-96 dan ASTM D 6110-97 [3]. Dalam pengujian terdapat perbedaan signifikan pada

spesimen uji setelah diberikan beban. Hal ini disebabkan oleh perbedaan dimensi ketebalan pendulum hasil rancangan dengan kepala pendulum mesin uji *impact charpy* yang umum. Pada rancangan mesin uji *impact charpy*, pendulum memiliki dimensi ketebalan, 48,54 mm, sedangkan pendulum mesin uji *impact charpy* standar institusi, yakni memiliki ketebalan 18,5 mm [4]. Rancang bangun alat uji *impact charpy* dilakukan demi menunjang mata kuliah ilmu bahan. Pengujian alat menggunakan spesimen baja dengan dimensi 10 mm x 10 mm x 55 mm. Hasil pengukuran minat belajar mahasiswa menunjukkan indikator ketertarikan sebesar 73,68% [5].

Penelitian ini dilakukan untuk menyempurnakan alat uji impak *charpy* yang terdahulu belum sesuai dengan pengujian bahan material. Pada penelitian ini akan menyempurnakan alat uji impak *charpy* yang terdahulu dengan mengubah berat pendulum, skala ukur dan ditambahkan sistem pengereman dan hasil penyempurnaan alat uji impak *charpy* akan diujikan dengan baja karbon ST 41 dan baja karbon ST 60.

Tinjauan Pustaka

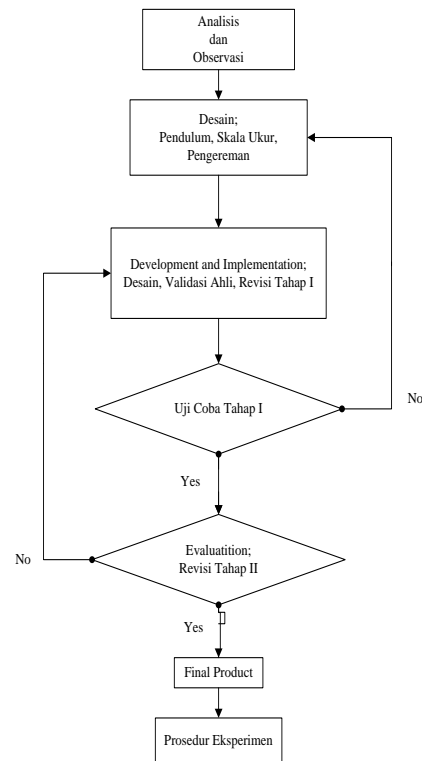
Pengujian impak merupakan pengujian kekuatan bahan material saat menerima beban secara konstan dengan jumlah energy yang diserap oleh bahan material selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan suatu bahan dari keuletan dan kegetasan bahan itu. Dalam pengujian impak memiliki 2 metode yang menjadi standart yaitu metode *charpy* dan metode *izod*. Menurut ASTM E23 spesimen pada pengujian sebagai berikut. Uji impak metode *charpy* memiliki spesifikasi bahan uji luas 10 mm x 10 mm dengan takikan berbentuk V yang memiliki kedalaman 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm.

Pengujian dilakukan dengan cara pembebanan dilakukan secara konstan pada titik tengah spesimen dan spesimen dihadapkan membelakangi laju pendulum [1].

Sedangkan metode *izod* memiliki spesifikasi bahan uji luas penampang 10 mm x 10 mm dan panjang 75 mm dan mempunyai takikan berbentuk V dengan kedalaman 2 mm [2]

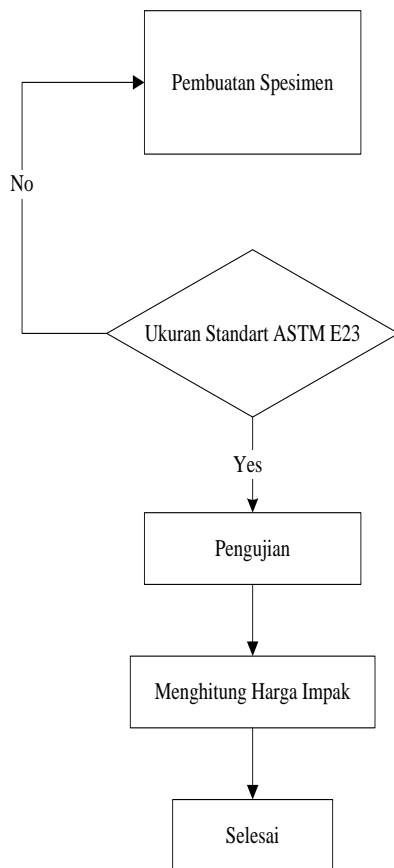
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pengembangan, menjelaskan secara detail penelitian pengembangan yang memiliki 2 tujuan sebagai pengembangan *prototype* produk dan sebagai perumusan saran metodologis guna pendesain dan evaluasi *prototype* tersebut [6]. Setelah memperoleh sebuah data-data angka, kemudian dianalisis dan diolah menjadi sebuah informasi dari kumpulan data-data yang valid dan ilmiah sebagai hasil dari sebuah penelitian [7]. Proses penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang melakukan pengujian terhadap beberapa variasi baja karbon ST 41 dan baja karbon ST 60 untuk mengetahui harga impak yang dilakukan dengan alat yang sudah dikembangkan. Skema alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Pada Gambar 1 menjelaskan dengan singkat tahapan peneliti untuk proses pengembangan alat uji impak *charpy* untuk mendapatkan kelayakan alat dilakukan pengujian validasi ahli dan mahasiswa terhadap alat uji impak *charpy*. Adapun penunjang dalam pengembangan alat dengan menguji kinerja alat menggunakan sampel baja karbon ST 41 dan baja karbon ST 60 dengan skema eksperimen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Eksperimen

Pada Gambar 2 menjelaskan dengan singkat runtutan eksperimen untuk mendapatkan harga impact dari bahan uji. Untuk melakukan pengujian dilakukan pembuatan ukuran spesimen maupun bentuk takikan dan setelahnya akan diujikan beberapa kali dimana hasil akan pengujian mendapat harga impact dari bahan uji.

Alat dan bahan

Penelitian ini menggunakan alat-alat untuk proses pengujian antara lain mesin uji impact *charpy* yang sudah dikembangkan pada berat pendulum, skala ukur dan penambahan sistem pengereman. Sedangkan bahan menggunakan baja karbon ST 41 dan baja karbon ST 60.



Gambar 3. Alat Uji Impact



Gambar 4. Baja karbon ST41 dan ST60



Gambar 5. Pendulum

Pendulum yang digunakan memiliki berat 10,2 kg, bentuk pendulum tidak diubah tetapi mengurangi berat dengan cara mengikis diameter lingkaran pendulum yang berawal 350 mm menjadi 300 mm. Sebelum pengurangan berat pendulum akan dilepas dari lengan ayun yang bersambungan dengan poros putar pada kerangka alat uji untuk memudahkan pengerjaan.



Gambar 6. Skala Ukur



Gambar 7. Sistem Pengereman

Perhitungan harga impact

Untuk mengetahui nilai harga impact maka harus menggunakan rumus sebagai berikut:

Energi yang diserap pada bahan uji.

$$W = m \cdot g \cdot \lambda (\sin \alpha - \sin \beta) \quad (1)$$

$$A = b/h \quad (2)$$

$$K = W/A \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan berisi data hasil perhitungan berdasarkan teori dan metode yang digunakan, selain itu juga berisikan hasil kelayakan alat dengan menggunakan angket untuk validasi ahli dan angket mahasiswa dan pengujian baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 menggunakan alat yang sudah dikembangkan serta penjelasan.

Berdasarkan uji T *independent sample test*.

Hasil perhitungan angket kelayakan produk

Hasil perhitungan berisi data-data yang disajikan dalam bentuk tabel sedemikian rupa, sehingga mempermudah pembaca untuk melakukan referensi rujukan terkait penelitian ini. Isi tabel-tabel berikut tidak lain mencantumkan komponen pendulum, skala ukur dan sistem pengereman yang diberikan nilai interpretasi dengan skala 1 sampai 4. Dimana angket diberikan kepada validasi ahli untuk memberikan nilai interpretasi terhadap alat uji yang dikembangkan.

Tabel 1. Hasil Penilaian Validasi Ahli

komponen	Perolehan	%
Pendulum	3,866	75,01%
Sistem pengereman	3,166	69,35%
Skala ukur	3,6	73,54%
Skor yang diharapkan		72,63%

Data angket berisikan nilai interpretasi yang diberikan validasi ahli mempunyai komentar dan saran yang akandi perbaiki dengan menjalani revisi tahap I. Tahap selanjutnya angket akan diberikan kepada mahasiswa berskala kecil untuk memberikan nilai interpretasi.

Tabel 2. Hasil Penilaian Skala Kecil

Komponen	Perolehan	Rerata kategori
Pendulum	48	80%
Skala ukur	52	87%
Sistem pengereman	50	83%

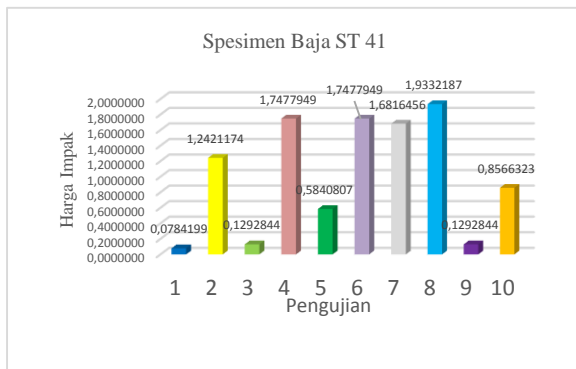
Tabel 3. Hasil Penilaian Skala Besar

Komponen	Perolehan	Rerata kategori
Pendulum	249	83%
Skala ukur	256	85%
Sistem pengereman	262	87%

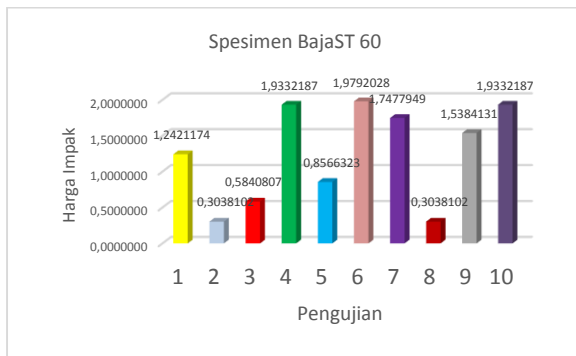
Pada hasil pengujian tahap II merupakan hasil dari tahap sebelumnya yang dimana dengan nilai interpretasi yang diberikan mahasiswa berskala besar “Sangat Baik”.

Hasil pengujian spesimen

Berdasarkan hasil percobaan dengan alat uji impact *charpy* yang sudah dikembangkan menggunakan bahan uji baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 sebagai berikut:



Gambar 8. Pengujian Baja Karbon ST41



Gambar 9. Pengujian Baja Karbon ST60

Berdasarkan hasil pengujian dengan alat yang sudah dikembangkan dengan menggunakan spesimen baja karbon ST41 dan baja karbon ST60. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap spesimen dengan menggunakan ASTM E23 yaitu ukuran spesimen 55 x 10 x 10 mm dan takikan berbentuk V dengan sudut 45°. Pada pengujian masing-masing spesimen mendapat hasil rata-rata harga impact untuk spesimen baja karbon ST41 1,02302732 J/mm dan hasil rata-rata harga impact untuk spesimen baja karbon ST60 1,2422299 J/mm.

Analisa berdasarkan uji T independent sample test

Tabel 4. Hasil Uji T *Independent Sample Test*

Equal	Sig.	Sig.(2-tailed)
Variances Assumed	.579	.484

Berdasarkan hasil uji T *independent sample test* pada bagian “*equal variances assumed*” diketahui nilai *Sig. (2-tailed)* sebesar 0,484 > 0,05 dimana dasar pengambilan keputusan dalam uji T independent sample test dapat disimpulkan H0 ditolak dan H1 diterima. Dengan penjelasan H0 tidak ada perbedaan rata-rata dari harga impact antara spesimen baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 jika hasil *Sig. (2-tailed)* < 0,05 dan penjelasan H1 adanya perbedaan rata-rata dari harga impact antara spesimen baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 jika hasil *Sig.(2-tailed)* > 0,05.

Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian, alat uji yang di kembangkan meliputi komponen pendulum mengubah berat menjadi 10,2 kg dan komponen skala ukur menggantikan dengan bentuk lingkaran yang memiliki jarum penunjuk 2 arah dengan ketinggian yang berbeda dan penambahan komponen sistem pengereman menggunakan rem cakram yang disematkan pada poros purar pendulum. Sedangkan pada pengujian alat

menggunakan spesimen baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 dimana ukuran dari spesimen menggunakan ASTM E23. Dalam pengujian baja karbon ST41 dan baja karbon ST60 menghasilkan harga impak dengan rata-rata 1,02302732 J/mm pada pengujian baja karbon ST41 dan 1,2422299 J/mm pada pengujian baja karbon ST60. Pada hasil uji T independent sample test adanya perbedaan rata-rata dari harga impak antara spesimen baja karbon ST41 dan baja karbon ST60, dengan ditunjukkan nilai *Sig. (2-tailed)* 0,484.

Referensi

- [1] H. Yopi, "perancangan alat uji impak metode *charpy* kapasitas 100 joule," *jurnal ilmiah teknik mesin*, pp. 45-52, 2013.
- [2] A. A. U. I. M. I. p. B. P. Jambi, "porawati hilda," *jurnal inovator*, pp. 1-5, 2018.
- [3] P. Hery And K. I. Made, "Rancang Bangun Mesin Uji Impact Metode Charpy Untuk Pengujian," *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, pp. 1-10, 2020.
- [4] P. Hery and K. I. Made, "Rancang Bangun Uji Impact Metode Charpy Untuk Pengujian Material Komposit Polimer Serat Alam," *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, pp. 1-10, 2020.
- [5] R. M. Munib, Basuki, S. Agung And R. A. Hasbi, "Rancang Bangun Mesin Impak dan Kesan Pertamanya Terhadap Minat Belajar Mahasiswa Pada Matakuliah Ilmu Bahan," *Reaktom*, pp. 1-6, 2019.
- [6] Hanafi, "Konsep Penelitian R&D Dalam Bidang Pendidikan," *Saintifika Islamica*, pp. 131-134, 2017.
- [7] N. Martono, *Metode Penelitian Kuantitatif: Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder (Edisi Revisi 2)*, Jakarta: Rajawali Pers, 2016.

Pengaruh *Holding Time* dan media pendingin pada proses *quenching* terhadap kekerasan dan kekuatan *Impact* pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau *slicer* penuai tebu

Andreas Luki Indratmoko¹, Eko nugroho ², Asroni³, Eko Budiyanto^{4*}

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3,4}
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia
*Corresponding author: eko_budiyanto99@yahoo.com

Abstract

In the process of harvesting sugarcane at a sugar factory, the Sugarcane Harvester is a tractor used to harvest sugarcane equipped with a slicer knife. Nowadays slicers are still imported from abroad, and the availability is scarce and the price is still expensive. One of the efforts to find an alternative to the slicer is to use leaf springs by hardening the metal through a heat-treatment process. Namely the process of heating steel to temperatures above the critical area followed by rapid cooling called quenching. The purpose of this study was to determine the effect of holding time and the effect of cooling media on the hardness and impact strength of leaf springs and to determine the ideal holding time and the most optimal cooling media to increase the hardness and impact strength of leaf springs. As for the research method, the spring leaves were heat-treated with a temperature of 8500 C for 30 minutes and 60 minutes and then cooled using oil, saltwater, and water as media. The method used is observation, literature study, testing, and documentation. The results obtained from this study were at a temperature of 8500 C with a holding time of 30 minutes the best hardness value was 477 VHN and 0.42% increase, the best impact strength value was 0.03433 J / mm² and 87.71% decrease, and the two cooling media, namely oil. At a temperature of 8500C with a holding time of 60 minutes the best hardness value was 534 VHN and 12.42% increase, the best value of impact strength was 0.03203 J / mm² and 88.53% decrease, and the two cooling media were oil as well. So that oil is the most optimal medium for changing the mechanical properties of the Sugarcane Harvester slicer because the oil can carry a carbon layer from the cooling process that takes place and the cooling rate of the oil is not too fast from the cooling media of brine and water because of its viscosity.

Keywords: *Holding Time, Cooling Media, Hardness, Impact Strength.*

Abstrak

Dalam proses pemanenan tebu di pabrik gula, *Sugarcane Harvester* merupakan traktor yang digunakan untuk memanen tebu dilengkapi pisau potong/*slicer*. *Slicer* selama ini masih diimport dari luar negeri, sehingga ketersediaan langka dan harganya masih mahal. Salah satu usaha untuk mendapatkan alternatif pengganti *slicer* adalah dengan menggunakan pegas daun dengan melakukan pengerasan pada logam tersebut melalui proses heat treatment. Yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di atas daerah kritis di susul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *holding time* dan pengaruh media pendinginan terhadap kekerasan dan kekuatan *impact* pegas daun, serta mengetahui *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan *impact* pegasdaun. Adapun metode penelitiannya pegasdaun tersebut diberi perlakuan panas dengan temperatur 850⁰ C selama 30 menit dan 60 menit lalu didinginkan menggunakan media oli, air garam, dan air. Metode yang dilakukan adalah

observasi, study literatur, pengujian, serta dokumentasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pada temperatur 850⁰ C dengan holding time 30 menit nilai kekerasan yang terbaik adalah 477 VHN dan 0,42 % kenaikan, nilai kekuatan impact yang terbaik adalah 0,03433 J/mm² dan 87,71% penurunan, dan kedua media pendingin tersebut yaitu oli. Pada temperatur 850⁰C dengan holding time 60 menit nilai kekerasan yang terbaik adalah 534 VHN dan 12,42% kenaikan, nilai kekuatan impact yang terbaik adalah 0,03203 J/mm² dan 88,53% penurunan, dan kedua media pendingin tersebut yaitu oli juga. Sehingga oli adalah media yang paling optimal untuk perubahan sifat mekanik slicer *Sugarcane Harvester* karena pada oli dapat membawa lapisan karbon dari proses pendinginan yang berlangsung dan laju pendinginan dari oli tidak terlalu cepat dari media pendingin air garam dan air karena viskositas atau kekentalannya.

Kata Kunci : *Holding Time, Media Pendingin, Kekerasan, Kekuatan Impact.*

Pendahuluan

Proses menuai atau memanen batang tebu di perusahaan gula menjadi suatu hal yang wajib diperhitungkan, terkait biaya dan waktu prosesnya sehingga bisa berjalan semakin efektif. *Sugarcane harvester* merupakan alat yang digunakan untuk proses pemanenan batang tebu yang sangat efektif yang sampai saat ini digunakan perusahaan-perusahaan gula. Kebutuhan pisau penuai (*slicer*) yang terbuat dari baja pun meningkat pesat, *slicer sugarcane harvester* termasuk dalam kategori baja paduan yang keras dan ulet di produksi khusus dan di *import* dari Taiwan sehingga dari ketersediaannya cukup langka dan harganya pun cukup mahal.

Maka dari itu peneliti mencoba mengangkat permasalahan pengerasan logam pada pegas daun truk yang termasuk dalam golongan baja pegas sebagai alternatif pengganti *slicer*. Baja pegas daun dapat dikeraskan dan ditingkatkan keuletannya dengan beberapa cara, antara lain adalah dengan melakukan proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang dapat membentuk atau merubah sifat baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat dan ulet atau juga dapat merubah sifat baja dari yang lunak menjadi sangat keras dan sebagainya. Dari penelitian sebelumnya sudah di peroleh data bahwa material baja pegas daun termasuk baja karbon sedang (C = 0,3%) [3].

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu

di atas daerah kritis di susul dengan pendinginan yang cepat yang dinamakan *quenching* [8]. Pada penelitian ini selain material asli (*raw material*), juga digunakan spesimen untuk proses pemanasan, sementara *slicer sugarcane harvester* produksi Ku Lin Taiwan hanya dilakukan uji komposisi kimianya untuk menjadi dasar pemilihan pegas daun truk sebagai alternatif pengganti *slicer* penuai tebu. Proses *hardening* menggunakan temperatur yang sama, yaitu dengan temperatur 850⁰ C, dengan variasi *holding time* selama 30 menit dan 60 menit, lalu menggunakan beberapa variasi media pendinginan yaitu dengan menggunakan media air, air garam, dan oli karena ketiga media pendingin tersebut masing – masing memiliki kekhasan tersendiri. Peneliti ingin mengetahui saat dilakukan proses *hardening* pada *holding time* berapa dan media pendingin apa yang baik untuk meningkatkan hasil kekerasan dan kekuatan *impact* dari proses *heat treatment* tersebut.

Untuk mengetahui hasil dari penelitian tersebut, perlu melakukan pengujian pada bahan uji yaitu pegas daun khususnya pegas daun belakang truk. Untuk mengetahui perubahan sifat mekanik yang terjadi dimana penelitian hanya menguji kekerasan dengan menggunakan alat uji *Vickers microhardness* dan uji *impact* dengan metode *Charpy*.

Tinjauan Pustaka

Slicer Sugarcane Harvester merupakan suatu komponen pisau potong

dari alat berat *sugarcane harvester* yang berfungsi untuk memotong pangkal batang tebu yang dipanen. *Slicer* terbuat dari bahan baja karbon sedang yang memiliki tingkat kekerasan tertentu yang berguna menahan laju keausan dan tingkat keuletan tertentu yang berguna menyerap beban benturan yang terjadi saat proses penuaian batang tebu, proses pembuatan dilakukan dengan metode pengecoran, tempa, dan permesinan.

Slicer dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dipasang pada *disc holder* atau pemegang pisau yang melingkar berisi lima *slicer* dan terdiri dari dua *disc holder* pada setiap mesin *sugarcane harvester*. Masalah yang sering terjadi pada *slicer* yaitu keausan dan patah/pecah karena pada *slicer* mempunyai beban gesek dan *impact* yang besar saat pemotongan batang tebu dan harga yang relatif mahal. Maka dari itu penulis ingin meneliti tentang pegas daun sebagai alternatif pengganti *slicer* penuai batang tebu agar bisa memberikan solusi pada permasalahan yang terjadi di komponen *slicer sugarcane harvester*, yaitu dengan cara perlakuan panas.

Dari hasil pengujian komposisi kimia di PT. ITOKOH CEPERINDO Klaten, bahan *slicer* yang di produksi PT. Ku Lin Taiwan telah diketahui komposisi kimianya.



Gambar 1. *Slicer Sugarcane Harvester* (atas), *Slicer* yang terpasang pada *disc holder* mesin (bawah)

Mekanisme kerja *slicer sugarcane harvester*

Slicer Sugarcane Harvester adalah komponen utama dengan dimensi tebal 4 mm, lebar 90 mm dan panjang 260 mm yang bekerja memotong batang tebu dengan cara dipasang pada dua buah *disc holder* mesin yang masing-masing berisi lima buah *slicer*. Batang tebu yang akan dipotong diarahkan dan diputar oleh dua *feeder coloum* agar masuk mendekati *slicer* sehingga terpotong. Setiap mesin *harvester* memiliki dua *disc holder* yang terpasang dibagian depan dan berputar saling berlawanan arah jarum jam.



Gambar 2. Arah putaran *disc holder Slicer Sugarcane Harvester* saat proses pemotongan batang tebu saling berlawanan arah jarum jam

Pada saat *spindle* utama berputar, mesin/traktor harvester berjalan maju dengan kecepatan konstan sehingga batang-batang tebu akan terpotong. Tenaga dari mesin / traktor harvester disalurkan ke penggerak roda atau rantai yang dapat dipilih sesuai dengan kondisi tanah yang ada, fungsi pemotongan batang tebu bisa berjalan tidak lepas juga dari peran dua *feeder coloum* yang ada di depan *disc holder slicer* yang berputar mengarahkan batang tebu ke *slicer* sehingga batang tebu terpotong. *Slicer sugarcane harvester* digerakan dengan mesin / traktor yang memiliki tenaga yang besar yaitu sekitar 99–249 HP.



Gambar 3. John Deere *Sugarcane Harvester* berpengerak rantai (kiri) dan berpengerak roda (kanan)



Gambar 4. Dua *feeder coloum Sugarcane Harvester* (kiri) yang mengarahkan batang tebu masuk ke *slicer* (kanan)

Beban kerja pada *slicer sugarcane harvester*

Pemotongan adalah suatu proses pembagian benda solid secara mekanik sepanjang garis yang diinginkan dengan menggunakan alat pemotong (Persson 1987). Dalam beberapa kasus yang ada, pemotongan mempunyai istilah yang berbeda bergantung dengan alat apa dan bagaimana pemotongan itu dilakukan. Istilah tersebut antara lain mencacah (*chopping*), memangkas (*mowing*), menggergaji (*sawing*), membelah (*aplitting*), mengiris (*slicing*), dan sebagainya. Ada beberapa hal penting yang mengakibatkan meningkatnya beban kerja pada *slicer sugarcane harvester*:

1. Ketajaman pisau merupakan salah satu faktor penting dalam pemotongan material. Ketajaman memiliki efek yang signifikan terhadap gaya pemotongan, semakin tajam pisau yang digunakan maka gaya pemotongan yang diperlukan juga semakin rendah. Begitu juga dengan sudut mata pisau,

pisau yang memiliki sudut mata pisau kecil membutuhkan gaya pemotongan spesifik maksimum yang relatif rendah [15].

2. Kekerasan dan keuletan material pisau juga menjadi faktor yang penting dalam proses pemotongan tebu. Pada aplikasi pemakaiannya, semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk yang akan menurunkan ketangguhannya. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas, hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai dengan kebutuhannya.

Mekanisme kegagalan pada *slicer sugarcane harvester*

Untuk memenuhi fungsinya maka *slicer sugarcane harvester* dirancang untuk dapat memotong batang-batang tebu dengan ketinggian dari tunggul sekitar 5 cm – 10 cm. Pada saat mesin *sugarcane harvester* melakukan proses pemotongan batang tebu, posisi ketinggian *disc holder slicer* dikendalikan melalui tekanan beban kerja *slicer* yang dikontrol melalui *pressure gauge* yang ada diruang kendali. Jadi ketinggian pemotongan tidak secara otomatis mengikuti kontur dari tanah namun harus dikendalikan secara manual oleh operator mesin. Tekanan kerja efektif dari *disc holder* dapat dibaca oleh operator pada *pressure gauge*, jika tekanan antara 10 bar – 15 bar maka proses pemotongan berjalan normal, namun jika tekanan diatas 15 bar maka dapat dipastikan *disc holder* dan *slicer* terbenam kedalam tanah. Kondisi dibawah tanah terkadang juga terdapat batu dan material keras lainnya sehingga *slicer* mengalami beban gesekan dan beban benturan yang cukup besar dan sangat dinamis.

Pada penelitian ini digunakan mesin/traktor merek John Deere 3520 *Sugarcane Harvester* dengan kecepatan

maju mesin 10 km/jam dan kecepatan 2 buah *spindle* utama yang masing-masing terdiri dari 5 buah slicer adalah 2000 rpm. Proses menuai tebu yang dilakukan mesin ini saat menggunakan *slicer* produksi PT. Ku Lin Taiwan menurut penelitian, ditemukan bahwa slicer yang berjumlah 10 buah untuk setiap proses peneuaian dapat bertahan selama 4 jam dengan hasil kurang lebih 100 ton, setelah itu *slicer* harus diganti karena sudah mengalami kerusakan atau deformasi keausan dan pecah. Pada (Gambar 2.5) kerusakan atau deformasi akibat beban kerja mengakibatkan kegagalan fungsi *slicer* yaitu keausan dan pecah akibat benturan dengan material keras didalam tanah.



Gambar 5. *Slicer Sugarcane Harvester* mengalami aus (kiri) dan mengalami aus dan pecah (kanan)

Baja pegas (*spring steel*)

Pegas daun (*Leaf Spring*) adalah suatu komponen yang berfungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam kendaraan bermotor. Dengan kondisi pembebanan yang diterima tersebut, material pegas daun harus memiliki kekuatan *elastic* tinggi dan diimbangi juga dengan ketangguhan yang tinggi. Salah satu pegas yang umum digunakan pada kendaraan bermotor roda empat adalah pegas daun. Pada aplikasinya pegas daun umumnya digunakan pada bagian roda belakang. Jenis model pegas yang ada sangatlah bermacam-macam, diantaranya pegas daun, pegas helix, pegas torsi, pegas cakram dan lain-lain. Jenis-jenis pegas tersebut memiliki karakteristik yang berbeda satu dan lainnya. Disamping itu juga memiliki perbedaan pada material yang digunakan dan sifat mekaniknya, Hal ini disesuaikan dengan standar proses

pembuatan pegas yang ada. Salah satu material dasar yang digunakan untuk pegas daun adalah JIS SUP 9A. Material JIS SUP 9A mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, kekuatan *elastic* yang baik dan ketahanan terhadap korosi yang lebih baik dari baja karbon lainnya (Rabiatul Adawiyah, 2014). Pada proses produksi material JIS SUP 9A ini, proses perlakuan panas merupakan bagian dari proses finishing, agar sifat mekanik akhir dari material tersebut akan menjadi lebih baik dari material awal. Menurut JIS G 4801, 1981. Baja SUP dibagi menjadi sembilan grade, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian baja SUP dan penggunaannya.

Designation of grade		Remark
SUP 3	High Carbon Steel	Mainly used for laminated
SUP 6	Silicon	
SUP 7	Manganese Steel	Mainly used for laminated spring,
SUP 9	Manganese	coiled spring, and
SUP9A	Chromium Steel	torsion bar spring.
SUP 10	Chromium Vanadium Steel	Mainly used for coiled spring, and torsion bar spring.
SUP 11A	Manganese Chromium Boron Steel	Mainly used for laminated spring, coiled spring, and torsion bar spring.
SUP 12	Silicon Chromium Steel	Mainly used for spring.
SUP 13	Chromium Molybdenum Steel	Mainly used for laminated spring and coiled spring.

Dari hasil pengujian komposisi kimia, bahan pegas daun truk bekas tebal 14 mm telah diketahui komposisi kimianya, yaitu sebagai berikut;

Tabel 2. Komposisi kimia pegas daun truk bekas tebal 14 mm.

Unsur Kimia	% Unsur	Unsur Kimia	% Unsur
Fe	96,9900	W	-0,0002
S	0,0179	P	0,0155
Al	0,0088	Cu	0,0557

C	0,5597	Ti	0,0077
Ni	0,0314	N	0,0290
Si	0,3540	Pb	0,0080
Cr	0,9287	Sb	0,0074
V	0,0050	Ca	0,0000
Mn	0,9111	Mg	0,0003
Mo	0,0024	Zn	0,0001



Gambar 6. Potongan pegas daun truk bekas tebal 14 mm.

Waktu penahanan (*holding time*)

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya (Margono, 2008). Pada saat tercapainya temperatur kritis atas, struktur sudah hampir seluruhnya austenit. Tetapi pada saat itu austenit masih berbutir halus dan kadar karbon serta unsur paduannya belum homogen dan biasanya masih ada karbida yang belum larut. Untuk itu baja perlu ditahan pada temperatur austenit beberapa saat untuk memberi kesempatan larutnya karbida dan lebih homogenya austenit. Dan lamanya waktu penahan ini tergantung pada :

1. Tingkat kelarutan karbida.
2. Ukuran butir yang diinginkan.
3. Laju pemanasan.
4. Ketebalan spesimen (ukuran penampang).

Media pendingin *quenching*

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang

digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa yang lain. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut [1]. Konduktivitas termal air yaitu 0,556 k (w/m. C⁰). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0⁰ C (32⁰ F) – 100⁰ C, air berwujud cair. Suhu 0⁰ C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100⁰ C merupakan titik didih (*boiling point*) air.

Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika [1].

2. Pelumas oli SAE 40

Pelumas yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada permukaan benda kerja yang diolah, untuk konduktivitas termal oli 0,147 k (w/m. C⁰). Viskositas oli dan bahan dasar oli membawa pengaruh dalam mendinginkan spesimen.

Ada tiga faktor yang mempengaruhi viskositas, yaitu komposisi, suhu, dan tekanan. Angka viskositas biasanya ditinjau dengan SAE (*Society of Automotive Engine*) dan disertai angka. Angka menunjukkan pada kelompok mana viskositas itu termasuk [2].

Dengan adanya perkembangan teknologi lebih dari satu tingkat klasifikasi viskositasnya yang dikenal dengan minyak pelumas multigrade. Penulisan angka viskositas misalnya SAE 10W – 40 dengan maksud standar olinya SAE 10W pada suhu 20⁰C dan standar SAE 40 pada suhu 100⁰ C. Sehingga pelumas ini bila digunakan

dalam lingkungan suhu dingin akan bersikap sebagai pelumas SAE 10W sedangkan bila digunakan dalam lingkungan suhu panas akan bersikap sebagai minyak pelumas SAE 40 [2].

3. Air garam

Air garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat, konduktivitas termal air garam 0,518 k(w/m. C⁰). Bahan yang didinginkan didalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang [1].

Metode Penelitian

Alur Penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut;

1. Penyiapan Bahan
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja pegas daun jenis truk 8 DC 9 Mitsubishi berbentuk pelat memanjang.
3. Pembuatan Benda Uji
4. Pemotongan bahan dengan ketebalan 10 mm, menggunakan gerinda mesin pendinginan dengan air untuk menjaga kestabilan struktur internal agar tidak panas. Adapun benda uji penelitian berjumlah 26 buah, masing-masing 19 buah untuk pengujian *impact* dan 7 buah untuk pengujian kekerasan. Sedangkan masing-masing diambil 1 (satu) buah sebagai pembanding atau *raw material*.
5. Pengujian Komposisi Kimia
6. Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa dan mengetahui jumlah (prosentase) kandungan unsur paduan yang terdapat pada spesimen, terutama kadar unsur karbon (C).
7. Perlakuan Panas
8. Perlakuan panas dengan menggunakan dapur pemanas (*furnace*), pada temperatur pemanasan 850° C dan waktu tahan 30 menit dan 60 menit.
9. Alat-alat dan bahan yang digunakan antara lain: dapur pemanas (*furnace*),

sedangkan media *quenching*: air tawar suhu ruang, garam NaCl dan oli.

10. Pengujian *Impact*

11. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keuletan dan ketahanan benda uji terhadap beban dinamis. Uji *impact* digunakan metode *Charpy*
12. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop *Olympus Metallurgical Microscope* dengan pembesaran 200x dan 500x, sedangkan untuk pemotretan dilakukan dengan tambahan alat *Olympus Photomicrographic System*.
13. Pengujian Kekerasan
14. Pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah menggunakan uji kekerasan *Micro Hardness Vickers*. Alat yang digunakan adalah *Micro Hardness Tester*. Indentor (penetrator) yang digunakan berupa piramida intan dengan bermacam-macam diameter. Diagonal-diagonal piramida yang digunakan adalah d1 (mm) dan d2 (mm). Sedangkan beban penekanan yaitu 100 kgf dengan waktu pembebanan selama ± 10 detik.

Hasil dan Pembahasan

Setelah pembentukan benda uji (*spesimen*) yang terdiri dari 7 kelompok material dan pelaksanaan perlakuan panas dengan temperatur 850⁰C dengan waktu tahan selama 30 menit dan 60 menit. Dan metode *quenching* dengan 3 variabel media pendingin air, air garam, dan oli selanjutnya dilakukan uji sifat mekanis meliputi uji kekerasan dan uji *impact*. Untuk memudahkan dalam membaca, material yang digunakan untuk penelitian ini diberikan pengkodean sebagai berikut:

Tabel 3. Kode Material Pengujian

No	Kode Material	Jenis Material
1	A0	Tanpa Perlakuan Panas
2	B1	Pendinginan Oli Dengan Temperatur 850 ⁰ C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit
3	B2	Pendinginan Air Garam Dengan Temperatur 850 ⁰ C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit
4	B3	Pendinginan Air Dengan Temperatur 850 ⁰ C Dan <i>Holding Time</i> 30 menit

5	C1	Pendinginan Oli Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit
6	C2	Pendinginan Air garam Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit
7	C3	Pendinginan Air Dengan Temperatur 850°C Dan <i> Holding Time </i> 60 menit

Hasil uji kekerasan

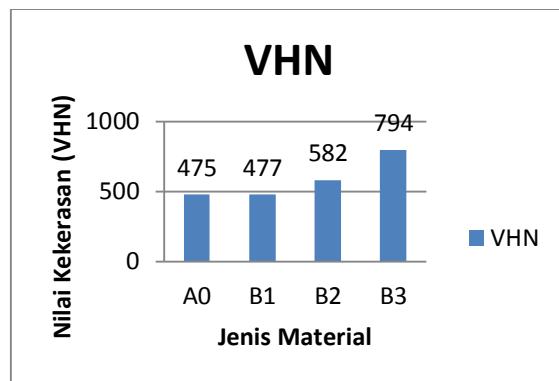
Pengujian kekerasan dilakukan dengan uji kekerasan *Vickers Micro Hardness*. Data kekerasan pada material tanpa perlakuan panas dan menggunakan perlakuan panas dengan temperatur 850°C menggunakan metode *quenching* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Tanpa Perlakuan Panas

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	A0	0,632	0,623	0,6275	471	
2	A0	0,613	0,616	0,6145	491	475
3	A0	0,639	0,628	0,6335	462	

Tabel 5. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Dengan Temperatur 850°C Dan *Holding Time* 30 Menit

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	B1	0,626	0,638	0,632	464	
2	B1	0,627	0,628	0,6275	471	477
3	B1	0,612	0,609	0,6105	497	
1	B2	0,576	0,561	0,5685	574	
2	B2	0,559	0,555	0,557	598	582
3	B2	0,574	0,562	0,568	575	
1	B3	0,481	0,484	0,4825	796	
2	B3	0,493	0,493	0,493	763	794
3	B3	0,476	0,474	0,475	822	



Gambar 8. Perbandingan Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Media Pendingin Yang Berbeda Pada Temperatur 850°C Dengan *Holding Time* 30 Menit Terhadap Kekerasan

Material yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 850°C dan *holding time* 30 menit rata-rata nilai kekerasannya terendah sebesar 477 VHN dan tertinggi 794 VHN terhadap material tanpa perlakuan panas yang hanya sebesar 475 VHN.

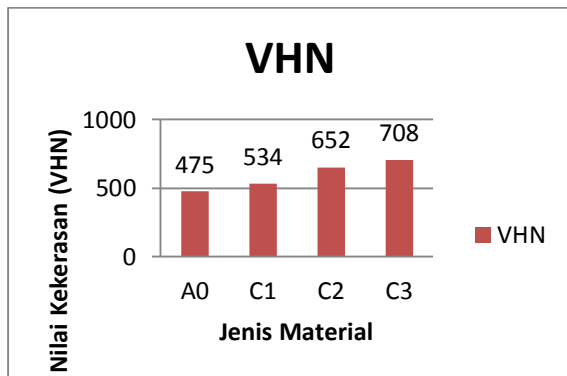
Pada temperatur 850°C dengan *holding time* 60 menit, nilai kekerasan material dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Nilai Uji Keras Untuk Material Dengan Temperatur 850°C Dan *Holding Time* 60 Menit

Titik ke..	Kode Material	Diag.1 (mm)	Diag.2 (mm)	Diag. Rata-rata (mm)	VHN	VHN Rata-rata
1	C1	0,532	0,546	0,539	638	
2	C1	0,629	0,621	0,625	475	534
3	C1	0,612	0,619	0,6155	489	
1	C2	0,504	0,518	0,511	710	
2	C2	0,571	0,566	0,5685	574	652
3	C2	0,525	0,525	0,525	673	
1	C3	0,515	0,507	0,511	710	
2	C3	0,524	0,524	0,524	675	708
3	C3	0,499	0,502	0,5005	740	

Grafik perbandingan material tanpa perlakuan panas terhadap material dengan media pendingin yang berbeda (air,

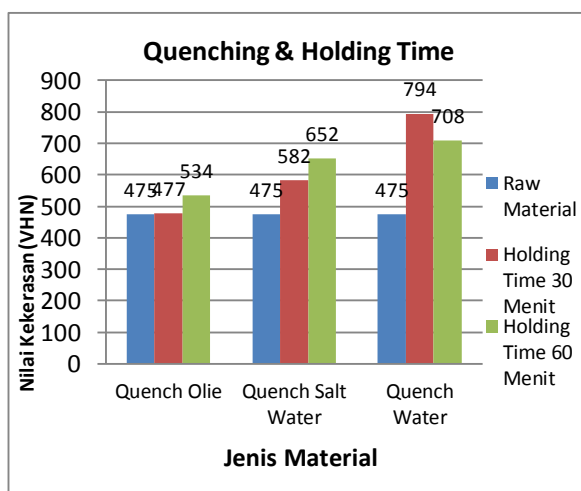
air garam, dan oli) pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 60 menit.



Gambar 9. Perbandingan Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Media Pendingin Yang Berbeda Pada Temperatur 850⁰C Dengan *Holding Time* 60 Menit Terhadap Kekerasan.

Material yang diberi perlakuan panas dengan temperatur 850⁰C dan *holding time* 60 menit nilai kekerasannya terendah sebesar 534 VHN dan tertinggi 708 VHN sedangkan pada media pendingin oli nilai kekerasannya lebih tinggi dari material tanpa perlakuan panas yaitu sebesar 534 VHN, sementara nilai kekerasan material tanpa perlakuan panas sebesar 475 VHN.

Pada grafik dibawah ini akan dijelaskan perbandingan nilai kekerasan yang paling tinggi pada setiap *holding time* nya.



Gambar 10. Perbandingan Nilai Kekerasan Pada Setiap *Holding Time* Yang Berbeda

Dengan Material Tanpa Perlakuan Panas. Proses perlakuan panas pada temperatur 850⁰C dengan *holding time* 30 menit memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 794 VHN dan pada temperatur 850⁰C dengan *holding time* 60 menit sebesar 708 VHN. Nilai kekerasan yang paling tinggi pada grafik ini yaitu pada temperatur 850⁰C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin air.

Hasil uji *impact*

Pengujian *impact* dilakukan dengan uji *impact Charpy*. Data dari pengujian *impact* pada material tanpa perlakuan panas dan menggunakan perlakuan panas dengan temperatur 850⁰ C dan *holding time* 30 menit dan 60 menit menggunakan metode *quenching* dapat dilihat tabel dibawah ini.

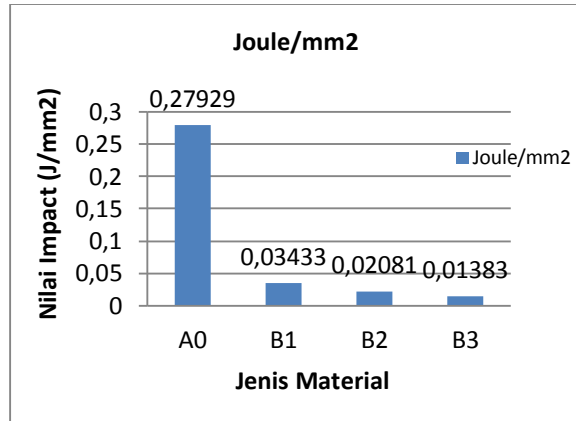
Tabel 7. Tabel Hasil Uji *Impact* Tanpa Perlakuan Panas

No	Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm ²)	Harga Impact Charpy (mkg/mm ²)
		α (°)	β (°)					
1	A0	135	124	1,37	1,25	26	93,095	0,27929

Tabel 8. Tabel Hasil Uji *Impact* Dengan Temperatur 850⁰ C Dan *Holding Time* 30 Menit

Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm ²)	Harga Impact Charpy (mkg/mm ²)	Harga Impact Charpy Rata-rata (mkg/mm ²)
	α (°)	β (°)						
B 1.1	135	133	1,37	1,35	3	85,162	0,03523	0,03433
B 1.2	135	133	1,37	1,35	3	87,898	0,03413	
B 1.3	135	133	1,37	1,35	3	89,225	0,03362	
B 2.1	135	134	1,37	1,36	1,5	88,426	0,01696	0,02081
B 2.2	135	134	1,37	1,36	2	85,869	0,02329	
B 2.3	135	134	1,37	1,36	2	90,204	0,02217	
B 3.1	135	134	1,37	1,36	1	88,552	0,01129	0,01383
B 3.2	135	134	1,37	1,36	1,2	88,568	0,01355	
B 3.3	135	134	1,37	1,36	1,5	90,119	0,01664	

Grafik perbandingan harga *impact* material tanpa perlakuan panas dengan material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 30 menit



Gambar 11. Perbandingan Harga *Impact* Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Material Yang Diberikan Perlakuan Panas Pada Temperatur 850⁰ C Dengan *Holding Time* 30 Menit.

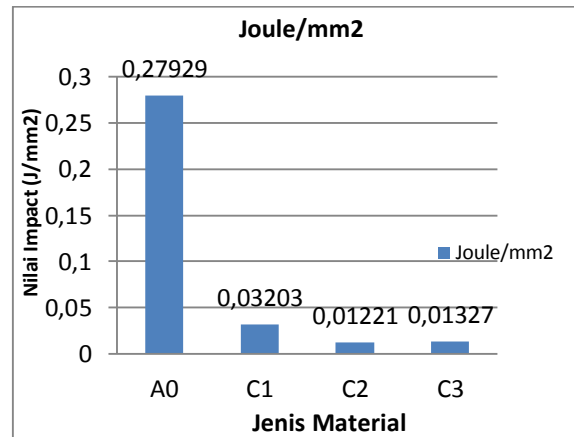
Material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 30 menit harga *impact* nya yaitu pada media pendingin oli sebesar 0,03433 J/mm² mengalami penurunan sebesar 87,71%, media pendingin air garam sebesar 0,02081 J/mm² mengalami penurunan sebesar 92,55% dan media pendingin air sebesar 0,01383 J/mm² mengalami penurunan sebesar 95,05 %. Uji *Impact* dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 9. Tabel Hasil Uji *Impact* Dengan Temperatur 850⁰C Dan *Holding Time* 60 Menit

Kode Material	Sudut Simpang Bandul		h1	h2	Energi Diserap (mkg)	Luas Penampang Patah (mm ²)	Harga Impact Charpy (mkg/mm ²)	Harga Impact Charpy Rata-rata (mkg/mm ²)
	α (°)	β (°)						
C 1.1	135	134	1,37	1,36	3	88,139	0,03404	
C 1.2	135	134	1,37	1,36	2,5	86,818	0,02879	0,03203
C 1.3	135	134	1,37	1,36	3	90,160	0,03327	
C 2.1	135	135	1,37	1,37	1	92,123	0,01085	
C 2.2	135	134	1,37	1,36	1,3	88,282	0,01473	0,01221

C 2.3	135	135	1,37	1,37	1	90,528	0,01105	
C 3.1	135	134	1,37	1,36	1,5	88,506	0,01695	
C 3.2	135	135	1,37	1,37	1	88,509	0,01130	0,01327
C 3.3	135	135	1,37	1,37	1	86,403	0,01157	

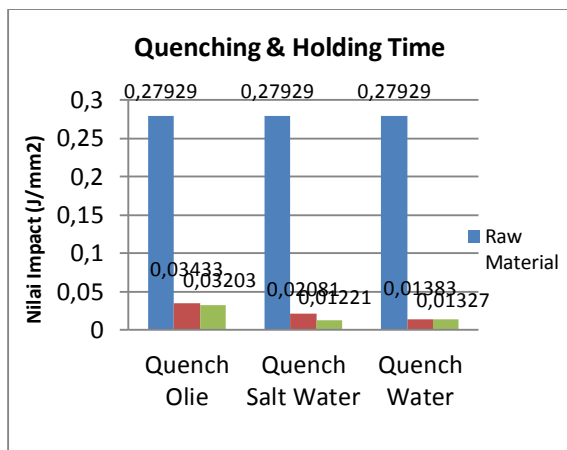
Grafik perbandingan harga *impact* material tanpa perlakuan panas dengan material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 60 menit.



Gambar 12. Perbandingan Harga *Impact* Material Tanpa Perlakuan Panas Dengan Material Perlakuan Panas Pada Temperatur 850⁰ C Dengan *Holding Time* 60 Menit.

Material yang diberikan perlakuan panas pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 60 menit harga *impact* nya yaitu pada media pendingin oli sebesar 0,03203 J/mm² mengalami penurunan sebesar 88,53%, media pendingin air garam sebesar 0,01221 J/mm² mengalami penurunan sebesar 95,63% dan media pendingin air sebesar 0,01327 J/mm² mengalami penurunan sebesar 95,25%.

Pada grafik dibawah ini akan dijelaskan perbandingan nilai uji *impact* yang paling tinggi pada setiap *holding time* nya.



Gambar 13. Perbandingan Nilai Uji *Impact* Pada Setiap *holding Time* Yang Berbeda Dengan Material Tanpa Perlakuan Panas. Nilai uji *impact* pada setiap *holding time* nya pada media *quenching* oli, air garam, dan air. Proses perlakuan panas pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 30 menit memiliki nilai *impact* tertinggi sebesar 0,03433 J/mm² dan pada temperatur 850⁰C dengan *holding time* 60 menit sebesar 0,03203 J/mm². Nilai *impact* yang paling tinggi pada grafik ini yaitu pada temperatur 850⁰ C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin oli.

Hasil perbandingan unjuk kerja pegas daun

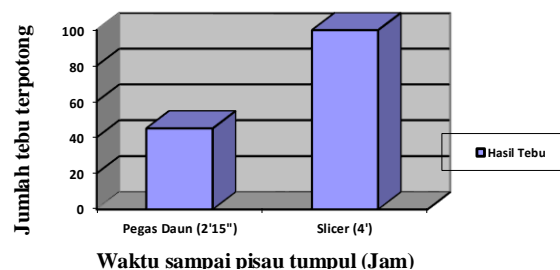
Data yang diambil dari proses penuaian tebu di lahan PT. Gula Putih Mataram menggunakan pegas daun yang telah dibentuk menjadi *slicer* dan mengalami perlakuan panas dengan temperatur 850° C dan *holding time* 30 menit menggunakan metode *quenching* oli dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Tabel Hasil Perbandingan Unjuk Kerja Terhadap Waktu Pemakaian Pisau Dan Jumlah Tebu Yang Dipanen

No	Kondisi Pengujian	Slicer PT. Ku Lin	Slicer Pegas Daun
1	Traktor yang digunakan	John Deere 3520 Sugarcane Harves	John Deere 3520 Sugarcane Harvester

ter			
2	Kecepatan maju traktor	10 km/jam	10 km/jam
3	Kecepatan 2 spindle utama	2000 rpm	2000 rpm
4	Jumlah pisau yang dipasang	10 pcs	10 pcs
5	Waktu sampai pisau tumpul	4 jam	2 jam 15 menit
6	Hasil tebu yang terpotong	100 ton	45 ton

Di bawah ini ditampilkan grafik perbandingan unjuk kerja terhadap waktu pemakaian pisau dan jumlah tebu yang dipanen pada *slicer* pegas daun dan *slicer* PT. Ku Lin



Gambar 14. Perbandingan Unjuk Kerja Slicer Terhadap Waktu Pemakaian Dan Jumlah Tebu Yang Dipanen.

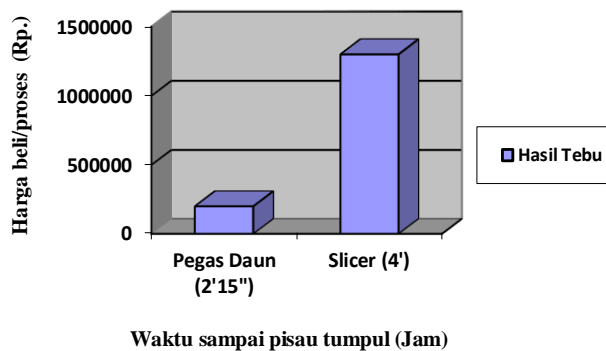
Pada penelitian dengan cara membandingkan unjuk kerja pegas daun dengan *slicer* PT. Ku Lin terhadap biaya pengadaan *slicer* dan pegas daun sebagai alternatif pengganti untuk mempermudah dalam pembacaan, nilai perbandingan unjuk kerjanya dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 11. Tabel Hasil Perbandingan Unjuk Kerja Terhadap Biaya Pengadaan Slicer Dan Pegas Daun Sebagai Alternatif Pengganti

No	Kondisi Pengujian	Slicer PT. Ku Lin	Slicer Pegas Daun
----	-------------------	-------------------	-------------------

1	Asal material	Import	Bekas pakai truk Mitsubishi 8DC9 di PT. GPM
2	Proses mesin	Tidak ada (siap pakai)	Bubut, Milling dan Surface Grinding
3	Perlakuan panas	Tidak ada (siap pakai)	Suhu 850°C holding time 30 menit quench oli
4	Harga beli/proses	Rp. 1.300.000/pcs	± Rp. 200.000/pcs

Berikut ditampilkan grafik perbandingan unjuk kerja terhadap biaya pengadaan slicer dan pegas daun sebagai alternatif pengganti.



Gambar 15. Perbandingan Unjuk Kerja Slicer Terhadap Biaya Pengadaan Dan Pegas Daun Sebagai Alternatif Pengganti.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh *holding time* pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN meningkat dari 475 VHN.
2. Pengaruh *holding time* pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit untuk kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm² mengalami penurunan dari 0,27929 J/mm².

3. Pengaruh media pendingin pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan media pendingin air untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN mengalami kenaikan 67,16%.
4. Pengaruh media pendingin pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan media pendingin oli untuk nilai kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm² mengalami penurunan 87,71%.
5. Pengaruh *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal pada proses *heat treatment* terhadap kekerasan dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin air untuk nilai kekerasan yang terbaik adalah 794 VHN meningkat dari 475 VHN atau meningkat 67,16%.
6. Pengaruh *holding time* ideal dan media pendingin yang paling optimal pada proses *heat treatment* terhadap kekuatan *impact* dari pegas daun yaitu pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit dan media pendingin oli untuk nilai kekuatan *impact* yang terbaik adalah 0,03433 J/mm² menurun dari 0,27929 J/mm² atau menurun sampai 87,71%.
Sehingga oli adalah media yang paling optimal untuk perubahan sifat mekanik pegas daun truk bekas.
7. Perbandingan unjuk kerja antara *slicer* dari PT. Ku Lin dan *slicer* dari pegas daun bekas Mitsubishi 8DC9 pada kondisi operasional yang sama, kecepatan maju mesin 10 km/jam dan kecepatan 2 buah *spindle* utama yang masing-masing terdiri dari 5 buah *slicer* dari pegas daun adalah 2000 rpm. Maka ditemukan hasil pengujian langsung bahwa *slicer* yang berjumlah 10 buah untuk setiap proses penuaian hanya dapat bertahan selama 2 jam 15 menit dengan hasil kurang lebih 45 ton, setelah itu *slicer* harus diganti

karena sudah mengalami kerusakan dan keausan.

Teknik Mesin: Universitas Tadulako, Palu.

Referensi

- [1] Arief Murtiono. (2012). “Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit”. *Jurnal e-Dinamis* Volume 2. No 2 September 2012. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [2] Bambang Tri Wibowo. (2006). “Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Baja ST 60”. Skripsi. Semarang: Pendidikan Teknik Mesin S1 Universitas Negeri Semarang.
- [3] Purboputro, P. Ilmu. 2009. Peningkatan Kekuatan Pegas Daun dengan Cara Quenching. *Jurnal Media Mesin* Volume 10 Nomor 1 Hal.18 ISSN 1411-4348.
- [4] Groenendijk, G; Van Der Linde, J.; Sachri, S. (Alih Bahasa), 1984, *Pengujian Material*, Cetakan ke-1, CV. Binacipta, Jakarta
- [5] Lawrence H. Van Vlack. (1992). “Ilmu Dan Teknologi Bahan”. Michigan : University Of Michigan.
- [6] Margono (2008). “Pengaruh Perbedaan Waktu Penahan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam”. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, Volume 6 N0. 2. Desember 2008. Staf Pengajar D3 Fakultas Teknik UNDIP, Semarang.
- [7] Muhammad Zuchry M, (2012). “Pengaruh Temperatur Dan Bentuk Takikan Terhadap Kekuatan Impak Logam”. *MEKTEK Tahun XIV* No.1, Januari 2012. Staff Pengajar Jurusan
- [8] Nukman. (2009). “Ketangguhan Beban Impak Dan Beban Tarik Maksimum Pada Pelat Baja Berlapis Akibat Quenching Dan Normalizing”. *Jurnal Rekayasa Mesin* Volume 9. No 3, Nopember 2009.: Jurusan Teknik Mesin S1 Universitas Sriwijaya Palembang.
- [9] “Pedoman Penulisan Karya Ilmiah”. Universitas Muhammadiyah Metro. (2016).
- [10] Persson, S. (1987). *Mechanics of Cutting Plant Material*. Michigan: America Society of Agricultural Engineers.
- [11] Pramuko Ilmu Purboputro. (2009). “Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quenching”. *Media Mesin* Volume 10. No 1, Januari 2009, 15–21 ISSN 1411-4348. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12] Rabiatal Adawiyah, Murdjani, Anang Hendrawan. (2014). “Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening”. *Jurnal POROS TEKNIK*, Volume 6, No. 2, Desember 2014 : 55-102. Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin: Politeknik Negeri Banjarmasin.
- [13] Rubijanto. (2006). “Pengaruh Proses Pendinginan Paska Perlakuan Panas Terhadap Uji Kekerasan (Vickers) Dan Uji Tarik Pada Baja Tahan Karat 304 Produksi Pengecoran Logam Di Klaten”. *Traksi*. Vol. 4. No. 1. Juni 2006.
- [14] Schonmetz, Alois Karl Gruber. 1985. *Pengetahuan Bahan Dalam*

Pengerjaan Logam. Alih Bahasa:
Hardjapamekas Eddy D. Diplom-
Ing. Angkasa, Bandung,

- [15] Syafriandi, 2016, Pengujian Kedalaman Kepras Dengan Menggunakan Alat Kepras Traktor Roda Dua Pada Tebu Ratoon, Pertanian Terpadu dan Berkelanjutan Berbasis Sumber Daya dan Kearifan Lokal di Era Masyarakat Ekonomi Asean (MEA), Seminar Nasional Dies Natalis ke-33 Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang, 14 September 2016, Palembang, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, , 978-979-8389-24-5.
- [16] Suparjo. Purnomo. (2012). Variasi Temperatur Pemanasan Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Dengan Material SS-304L. Jurnal IPTEK Vol. 16 No. 2 Desember 2012. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- [17] Budianto, E., Chiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin. *Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.

Analisa uji ketahanan *fatigue* Aluminium scrap hasil remelting sepatu rem (*brake shoe*) terhadap variasi beban menggunakan tipe *rotary bending*

Wahyono¹, Eko Nugroho², Sulis Dri Handono³, Eko Budiyanto^{4*}

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3,4}
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia
*Corresponding author: eko_budiyanto99@yahoo.com

Abstract

Used brake shoes are a component of a two-wheeled vehicle that has a type of aluminum material. Therefore, we can do remelting aluminum from brake shoes that can no longer be used for advanced application use and utilization of brake shoe waste which still has a sale value. This study aims to determine the best value or the one that approximates the fatigue limit endurance value of each loading variation given to the specimen and to determine the characteristics of the fracture surface from the differences in given loading. The research method used for fatigue testing is by using a literature study and direct observation or observation. Before doing the fatigue testing, first, do the tensile test to get the yield strength value where this value is used for the loading that will be given to the fatigue test, the loading variations are given for the fatigue test are 40%, 50%, and 60 % of the yield strength value. From the results of fatigue testing at a load of 60% with the stress of 100.2 MPa and a given load of 3.81 kg, it can be seen that the value of material fracture at 27,421 cycles and in the timeframe 00:18:16. Then at 50% loading with the stress of 83.5 MPa and a given load of 3.18 g, it can be seen that the fracture value of the material in the 51,659 cycles in the fracture period is 00:34:35. Then in the next test with a load of 40% and given the stress of 66.8 MPa and a load of 2.5 kg, it is known that the fracture value of the material in the 106,930 cycles in the fracture period reaches 01:11:17. From the test data, it can be concluded that the ratio between cycle and time with voltage is inversely proportional, that is, the smaller the voltage the greater the cycle and time obtained, and vice versa, the greater the voltage, the smaller the cycle and time will be obtained.

Keywords: Used brake shoes, Aluminum, Remelting, load variation, fatigue test.

Abstrak

Sepatu rem bekas adalah suatu komponen kendaraan roda dua yang memiliki jenis material aluminium. Maka dari itu aluminium dari sepatu rem yang sudah tidak dapat lagi di gunakan bisa kita lakukan *remelting* atau peleburan ulang untuk penggunaan aplikasi lanjutan dan pemanfaatan limbah sepatu rem yang masih mempunyai nilai jual. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai terbaik atau yang mendekati nilai endurance limit kelelahan dari setiap variasi pembebanan yang di berikan terhadap spesimen dan untuk mengetahui karakteristik permukaan patahan dari perbedaan pembebanan yang di berikan. Metode penelitian yang di gunakan untuk pengujian *fatigue* ini dengan menggunakan studi pustaka dan pengamatan secara langsung atau obserasi. Sebelum di lakukan pengujian *fatigue*, terlebih dahulu di lakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai yield strength di mana nilai ini di gunakan untuk pembebanan yang akan di berikan terhadap pengujian *fatigue*, variasi pembebanan yang di berikan untuk pengujian *fatigue* yaitu 40 %, 50 %, dan 60 % dari nilai *yield strength*. Dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60 % dengan tegangan 100,2 MPa dan beban yang di berikan 3,81 kg dapat diketahui nilai patah material pada siklus

27.421 dan dalam kurun waktu 00:18:16. Kemudian pada pembebanan 50 % dengan tegangan 83,5 MPa dan beban yang di berikan 3,18 g dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 51.659 dalam kurun waktu patah 00:34:35. Lalu pada pengujian yang berikutnya dengan pembebanan 40 % serta tegangan yang di berikan 66,8 MPa dan beban yang di berikan 2,5 kg di ketahui nilai patah materialnya pada siklus 106.930 dalam jangka waktu patah mencapai 01:11:17. Dari data pengujian dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dan waktu dengan tegangan adalah berbanding terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang didapat.

Kata kunci : Sepatu rem bekas, Aluminium, *Remelting*, Variasi beban, Uji *fatigue*.

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi yang semakin pesat di era globalisasi membuat kebutuhan akan penggunaan material logam semakin meningkat. Diantaranya logam aluminium sebagai salah satu komponen pada kendaraan bermotor dan biasanya di gunakan untuk bahan baku pembuatan sepatu rem (*brake shoe*). Akan tetapi penggunaan sepatu rem tersebut menimbulkan limbah yang cukup banyak dan masih mempunyai nilai jual. Karena aluminium masih bisa di daur ulang dan di manfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai jual, maka dari itu pengolahan daur ulang aluminium bekas sepatu rem ini sangat penting dilakukan.

Salah satu aplikasi aluminium adalah sebagai bahan baku pembuatan sepatu rem yang menjadi tumpuan kanvas rem agar mampu mengurangi dan menghentikan laju kendaraan. Sepatu rem ini memiliki paduan antara Aluminium (Al) dan Silikon (Si), dimana kandungan Silikon yang di campurkan sebagai bahan baku sepatu rem hanya 12 %,

Sehingga setelah kanvas rem ini habis biasanya sepatu rem tersebut tidak lagi dapat di gunakan, maka dari itu sepatu rem yang sudah tidak dapat lagi di gunakan bisa kita lakukan *remelting* untuk penggunaan aplikasi lanjutan dan pemanfaatan limbah sepatu rem tersebut, akan tetapi hal ini perlu di lakukan pengujian mekanik yang salah satunya ialah uji ketahanan *fatigue*, dari pengujian ini akan dihasilkan kurva atau data yang

mencirikan keadaan dari material tersebut., dan menurut jurnal yang saya baca perlakuan *remelting* ini berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan suatu material. Jika suatu material di beri perlakuan *remelting* maka ketahanan dan kekuatan material tersebut akan semakin berkurang [5].

Tinjauan Pustaka

Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam *non ferrous* yang paling banyak di pergunakan dalam bidang keteknikan karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Terdapat banyak paduan dari aluminium diantaranya seperti Al-Si, Al-Cu, Al-Mg dn Al-Zn serta banyak paduan-paduan aluminium lainnya. Masing –masing paduan ini mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dengan tujuan pemakaian yang berbeda pula.

Aluminium dipergunakan secara luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, otomotif, kapal laut, konstruksi dan lain-lain. Bahkan di dunia otomotif aluminium merupakan material yang menarik karena dapat menurunkan berat kendaraan dan penggunaan aluminium diharapkan dapat menekan kenaikan bahan bakar serta material ini juga mudah untuk didaur ulang (*recyclable*). Hal ini yang mendorong penggantian bagian dari besi (*ferrous*) menjadi aluminium [6].

A. Sifat Fisis Aluminium

Aluminium memiliki struktur kristal *face centred cubic* (FCC) dengan kristal (a) = 4,0413 Å pada temperatur 25°C (HORN, 1967). Aluminium merupakan logam ringan, dimana memiliki berat 34% dari besi dengan volume yang sama, 30% dengan volume yang sama di dibandingkan dengan tembaga, akan tetapi memiliki berat 1,5 kali di bandingkan dengan magnesium. Aluminium mempunyai ketahanan korosi yang baik dan mempunyai hantaran listrik yang baik serta sifat-sifat lainnya sebagai sifat logam.

Tabel 1. Sifat-sifat fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian AL (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal°C)(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien Pemuai (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, Konstanta kisi	FCC, a = 4,013 Å	FCC, a = 4,04 Å

B. Sifat Mekanis Aluminium

Perlu diketahui aluminium memiliki beberapa sifat yang menjadikannya sebagai salah satu bahan yang banyak dipergunakan dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

1. Ringan

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat rumah tangga, maupun pada roket.

2. Mudah dalam pembentukannya

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti *forging*,

bending, *rolling*, *casting*, *drawing*, dan *machining*. Bahan aluminium juga mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, gording, dan lain sebagainya.

3. Tahan terhadap korosi

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan aluminium (Al_2O_3) bila bereaksi dengan oksigen.

4. Konduktivitas panas tinggi

Konduktivitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

5. Konduktivitas listrik tinggi

Konduktivitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

6. Tangguh pada temperatur rendah

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga -100 °C, bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah.

7. Tidak beracun

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

8. Mudah didaur ulang

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang

didaur ulang. Pembentukan kembali aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energi dari pemisahan aluminium dan bauksit.

Sepatu rem (*brake shoe*)

Rem adalah suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Karena gerak roda diperlambat, secara otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Dalam sistem pengereman sepatu rem berfungsi sebagai tempat melekatnya kampas rem. Sepatu rem memiliki peran yang sangat penting dalam sistem pengereman, yaitu menghubungkan antara komponen master rem yang berhubungan dengan tuas rem yang digerakkan oleh pengendara dengan kampas rem yang akan bergesekan langsung dengan tromol untuk menghentikan laju kendaraan [2].



Gambar 1. Sepatu rem

Apabila dibandingkan dengan lining (kampas) pada bagian rem, sepatu rem adalah bagian yang jarang mengalami kegagalan. ADC 12 paduan aluminium dan Silikon 12 % digunakan sebagai bahan untuk membuat sepatu rem. ADC 12 memiliki keunggulan sebagai berikut :

1. Memiliki berat yang relatif ringan.
2. Tahan terhadap korosi.
3. konduktivitas termal tinggi.
4. Lunak tapi kuat sehingga apabila kampas rem habis , sepatu rem tidak rusak.
5. Ulet sehingga jarang ditemukan retakan .

Remelting

Remelting merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh suatu material dengan sifat fisik dan sifat mekanik yang diinginkan dengan merubah sifat yang dimiliki bahan dasarnya. Pada dasarnya proses *remelting* merupakan proses peleburan dan penuangan kembali material yang sebelumnya sudah mengalami peleburan. *Remelting* juga merupakan bagian dari siklus hidup aluminium.

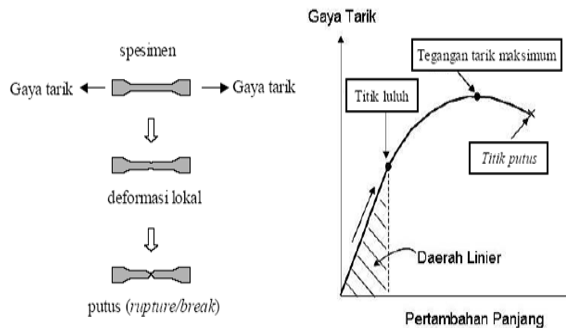
Suhu Tuang

Suhu penuangan dalam proses pengecoran merupakan salah satu hal yang sangat berpengaruh penting, karena akan sangat berpengaruh dalam hasil cetakan. Suhu tuang aluminium yang terlalu rendah maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana saluran masuk akan terbuka terlebih dahulu, dan apabila suhu tuang terlalu tinggi maka hal ini akan mengakibatkan penyusutan dan kehilangan akan keakuratan dimensi coran. Suhu tuang pada aluminium biasanya terdapat pada *range* 675-790°C dan harus tetap diperhatikan pada saat penuangan. Suhu tuang pada saat pengecoran sangat penting untuk diperhatikan karena faktor ini akan sangat mempengaruhi kualitas coran yang meliputi mikrostruktur dan sifat mekanis.

Uji Tarik

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik *propotionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang

tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.



Gambar 2. Diagram Tegangan-Regangan

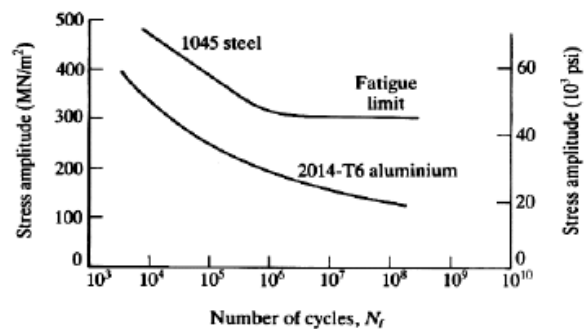
Uji Fatik (*Fatigue*)

Fatigue atau kelelahan didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu [9].

Progressive mengandung pengertian proses *fatigue* terjadi selama jangka waktu tertentu atau selama pemakaian, sejak komponen atau struktur digunakan. *Localized* berarti proses *fatigue* beroperasi pada luasan lokal yang mempunyai tegangan dan regangan yang tinggi karena : pengaruh beban luar, perubahan geometri, perbedaan temperatur, tegangan sisa dan tidak kesempurnaan diri. *Crack* merupakan awal terjadinya kegagalan *fatigue* dimana kemudian *crack* merambat karena adanya beban berulang. *Fracture* merupakan tahap akhir dari proses *fatigue* dimana bahan tidak dapat menahan tegangan dan regangan yang ada sehingga patah menjadi dua bagian atau lebih.

Penyajian data *fatigue* rekayasa adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan

skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 3. Untuk beberapa bahan teknis yang penting [13].



Gambar 3. Kurva S-N

Perhitungan beban yang di berikan pada uji *fatigue* menggunakan rumus:

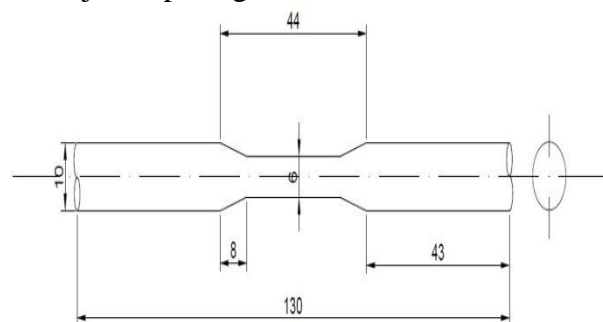
$$\sigma = \frac{W L/2}{\pi/32d^3} \text{ kg/cm}^2. \text{ di mana:}$$

- σ = Tegangan lentur (kg/cm²)
- W = Beban lentur (kg)
- D = Diameter benda uji (mm)
- L = Panjang benda uji (mm)

Metode Penelitian

Spesimen benda uji

Benda uji untuk pengujian ketahanan *fatigue* berdasarkan standar ASTM E8 mempunyai ukuran dan bentuk di tunjukan pada gambar 10 berikut ini:



Gambar 4. Spesimen uji *fatigue* standar ASTM E8

Prosedur penelitian

Metode ini dilakukan dengan melakukan penyiapan bahan yang diperlukan untuk proses penelitian. Proses peleburan dilakukan dengan cara memasukkan aluminium kedalam tungku

peleburan dengan menggunakan cangkang karet sebagai bahan bakarnya.

Setelah melakukan proses peleburan, aluminium yang telah mencair dituangkan dalam cetakan yang terbuat dari logam. Untuk mempermudah proses penuangan maka diperlukan alat tuang. Alat tuang yang digunakan titik didihnya harus lebih tinggi dari aluminium yang dicairkan. Proses penuangan dilakukan dengan suhu tuang yaitu 700⁰C.

Proses peleburan aluminium

1. Siapkan alat dan bahan untuk peleburan aluminium
2. Pasangkan termokopel pada titik-titik yang sudah ditentukan
3. Catat temperatur awal saat peleburan aluminium
4. Masukkan bahan bakar cangkang karet pada ruang bakar setinggi penyangga dan mulai proses pembakaran briket.
5. Masukkan aluminium secukupnya.
6. Tutup dapur krusibel.
7. Tambahkan bahan bakar secara terus menerus, jika bahan bakar mulai berkurang.
8. Setelah aluminium mulai mencair ukur temperaturnya secara berkala hingga mencapai suhu 700⁰C .
9. Catat semua temperatur pada titik-titik yang telah ditentukan sebagai temperatur ahir peleburan dan catat waktu peleburan.
10. Tuang aluminium dengan menggunakan alat tuang pada cetakan logam.
11. Padamkan bara api.
12. Bersihkan tungku dan dinginkan hingga mencapai temperatur ruangan.

Prosedur pengujian uji fatigue

1. Pasang benda uji pada *collet holder* dan eratkan yang kuat.
2. Pasang *cover* transaran dengan benar.
3. Hubungkan kabel jala listrik ke sumber daya.
4. Buka atau putar ke kanan tombol panik.

5. Kendorkan roda beban (berlawanan arah jarum jam, jangan sampai lepas) atau tanpa beban.
6. Atur tampilan *forcemeter* menjadi nol, dengan memutar potensio di sisi kanan panel.
7. Berikan beban pada benda uji dengan memutar roda beban searah jarum jam.
8. Reset *countrmeter*, tekan tombol reset di panel.
9. Tekan tombol Run-Stop untuk mengaktifkan *motor speed control*.
10. Tekan tombol Start pada *speed control*, tingkatkan frekwensi secara bertahap sampai putaran tertentu (perhatikan *tachometer*).
11. Amati *forcemeter* dan *counter meter* untuk keperluan data.
12. Mesin akan berhenti otomatis jika benda uji putus atau patah.
13. Menghentikan operasi sebelum patah , turunkan frekwensi dan tekan tombol Dtop pada *speed control*.
14. Tekan tombol Stop pada Run-Stop atau tekan tombol panik.
15. Lepaskan hubungan kabel jala listrik ke sumber daya, Dan Keluarkan patahan benda uji dari ruang mesin uji *fatigue*.

Hasil dan Pembahasan

Pemberian kode benda uji

Tabel 2. hasil pengujian tarik

Spesimen	Ultimate Stress	Yield Strength	Elasticity Modulus
1	175.690 Mpa	175.690 Mpa	67.104 Gpa
2	174.665 Mpa	157.457 Mpa	67.517 Gpa
Nilai rata-rata	175.177 Mpa	166.573 Mpa	67.310 Gpa

Dari data pengujian tarik di atas,dapat diketahui nilai dari *Ultimate Stress*, *Yield Strength*, dan *Elasticity Modulus* dari spesimen 1 (satu) dan 2 (dua), dan selanjutnya pembebanan pengujian *fatigue* di ambil dari nilai dari *yield strength*.

Perhitungan beban yang di berikan pada uji fatigue

Beban yang diberikan pada pengujian di tentukan berdasarkan *yield strength aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas. Dari data data spesifikasi aluminium scrap di ketahui nilai *yield strength* adalah 167Mpa. Pengujian di lakukan sebanyak 9 (sembilan) kali dengan 3 (tiga) tegangan yang berbeda .Variasi tegangan yang di berikan adalah 40%, 50%, dan 60% dari nilai *yield strength*.

Untuk menentukan beban yang di gunakan dalam pengujian, dilakukan 1 (satu) contoh perhitungan yang akan digunakan. Dari data spesifikasi aluminium scrap hasil remelting sepatu rem bekas di ketahui bahwa memiliki nilai *yield strength* 167 Mpa.

Data-data yang diketahui adalah sebagai berikut:

$$L = 180\text{mm}$$

$$d = 7\text{mm}$$

$$\sigma = 167\text{Mpa}$$

Beban pada pengujian 60% dari yield strength

$$\sigma = \frac{W L/2}{\pi/32d^3} \text{ kg/cm}^2$$

$$167 \text{ MPa} \times 60\% = \frac{w \cdot 180\text{mm}}{32 \cdot (7\text{mm})^3} \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} = (167\text{MPa} \times 60\%)$$

$$\left[\frac{\pi}{32} (7\text{mm})^3 \right] \frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} =$$

$$(100,2\text{MPa} \times 33,656)$$

$$\frac{w \cdot 180\text{mm}}{2} = 3.372,3\text{N/mm}$$

$$w \cdot 180 \text{ mm} = 3.372,3 \times$$

$$2\text{N/mm}$$

$$w = \frac{6.744,6}{180} \text{ N}$$

$$w = 37,47 \text{ N}$$

$$w = 3,81 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan perhitungan, kemudian dengan cara yang sama hasil perhitungan untuk tegangan pada pengujian 40%, dan 50% dari *yield strength* dan di masukan ke dalam tabel berikut:

Tabel 3. Data beban yang di berikan pada pengujian

<i>Yield Strength</i>	Variasi beban uji <i>fatigue</i> (%)	σ (Mpa)	W (kg)
167Mpa	40%	66,8Mpa	2,5kg
167Mpa	50%	83,5Mpa	3,18kg
167Mpa	60%	100,2Mpa	3,81kg

Hasil pengujian *Fatigue*

Setelah dilakukan perhitungan untuk menentukan beban pengujian kelelahan pada *aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas. dengan menggunakan mesin uji *fatigue rotary bending* di dapat hasil yang di tunjukan pada tabel berikut.

Tabel 4. Data tegangan 60% dari *Yield Strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
100,2MPa	3,81Kg	1500	24.559	16:22
100,2MPa	3,81Kg	1500	37.077	24:42
100,2MPa	3,81Kg	1500	20.628	13:45
Nilai Rata-rata			27.421	18:16

Dari data tabel di atas dapat di lihat bahwa nilai patah materialnya tidak sama, untuk pembebanan 60% bisa di lihat yang paling baik nilai lelahnya yaitu di kolom nomor 2 (dua). dari satu pembebanan terdapat 3(tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Tabel 5. Data tegangan 50% dari *Yield Strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
83,5 MPa	3,18Kg	1500	47.205	31:28
83,5 MPa	3,18Kg	1500	57.087	38:30
83,5 MPa	3,18Kg	1500	50.684	33:47
Nilai Rata-rata			51.659	34:35

Dari data tabel dapat dilihat bahwa nilai putus materialnya tidak sama, untuk pembebanan 50% ini bisa di lihat yang paling baik nilai lelah nya yaitu di kolom nomor 2 (dua). dari satu pembebanan terdapat 3(tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Tabel 6. Data tegangan 40% dari *Yield strength*

σ_y MPa	Beban	Rpm	putaran	Waktu
40%				
66,8 MPa	2,5Kg	1500	123.607	01:22:24
66,8 MPa	2,5Kg	1500	96.197	01:04:08
66,8 MPa	2,5Kg	1500	100.987	01:07:19
Nilai Rata-rata			106.930	01:11:17

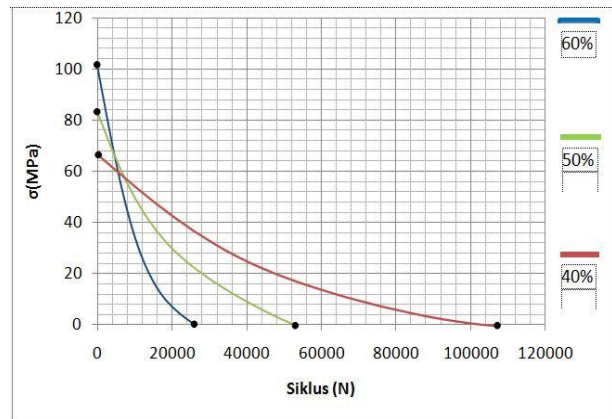
Dari data tabel dapat dilihat bahwa nilai patah materialnya tidak sama, untuk pembebanan 40% ini bisa di lihat yang paling baik nilai lelah nya yaitu di kolom nomor 1 (satu). dari satu pembebanan terdapat 3 (tiga) hasil nilai, nilai tersebut di rata-ratakan untuk pembuatan kurva S-N.

Dari pengujian yang telah di lakukan dapat di lihat hasil pengujian bahwa waktu yang didapat sampai spesimen mengalami kelelahan (patah) berbeda-beda itu dikarenakan pengaruh tegangan yang di berikan pada masing-masing spesimen, dari perbedaan tegangan itulah didapat beban yang di berikan berbeda pula untuk setiap spesimen, jadi dapat di lihat bahwa pemberian tegangan yang besar akan mengakibatkan spesimen mengalami kegagalan dalam waktu yang lebih cepat, begitupun sebaliknya jika tegangan yang di berikan kecil maka waktu spesimen untuk mengalami kegagalan lebih lama.

Grafik kurva S-N

Setelah didapat hasil pengujian kelelahan (*fatigue*) yang dilakukan terhadap benda uji didapatkan data dalam bentuk kurva S-N yang terlihat pada grafik

berikut:

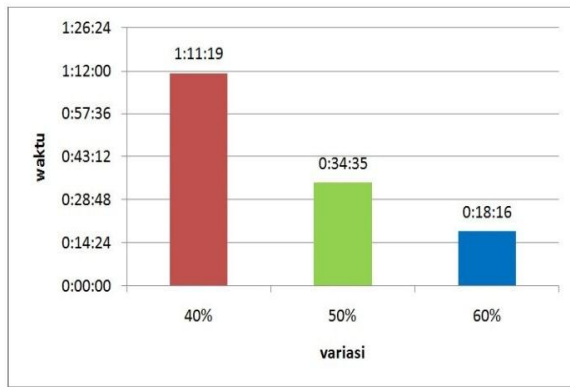


Gambar 6. Grafik nilai *fatigue*

Dari kurva S-N pengujian aluminium scrap hasil remelting sepatu rem bekas dapat dilihat bahwa dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60% dengan tegangan 100,2 MPa dan beban yang di berikan 3,81kg dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 27.421. Kemudian pada pembebanan 50% dengan tegangan 83,5MPa dan beban yang di berikan 3,18kg dapat di ketahui nilai patah material pada siklus 51.659. Lalu pada pengujian yang berikutnya dengan pembebanan 40% serta tegangan yang di berikan 66,8MPa dan beban yang di berikan 2,5kg di ketahui nilai patah materialnya pada siklus 106.930. Maka dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dengan tegangan adalah perbandingan terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang di dapat.

Grafik waktu putus

Variasi setiap pembenanan memiliki waktu yang berbeda-beda, waktu tersebut berkaitan dengan pembeban yang di berikan terhadap spesimen yang telah di uji *fatigue*. Berikut ini adalah garfik dari rata-rata waktu pembebanan yang diperoleh setelah pengujian yang dilakukan.

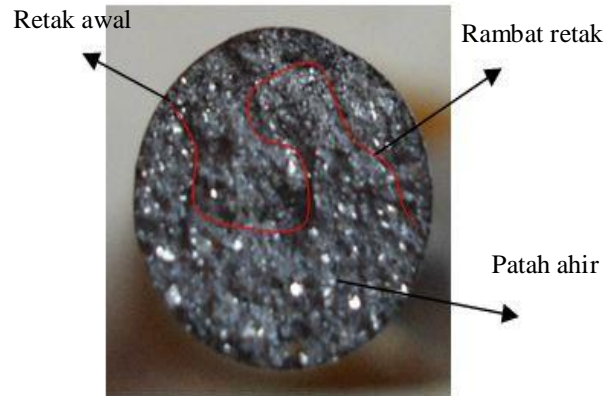


Gambar 7. Grafik rata – rata waktu pembebanan

Dari grafik bisa kita ketahui bahwa pembebanan 40% rata-rata spesimen putus dalam kurun waktu mencapai 01:11:19, dan pada pembebanan 50 % rata-rata waktu spesimen putus mendapatkan waktu mencapai 00:34:35, kemudian pada pembebanan 60 % rata-rata spesimen mengalami putus pada waktu 00:18:16. Jadi disini bisa di lihat perbedaan masing-masing variasi mengalami waktu putus yang berbeda, jadi semakin besar beban yang di berikan terhadap spesimen maka akan semakin cepat waktu kelelahan yang didapat, Begitupun sebaliknya semakin kecil beban yang di berikan maka semakin lama waktu yang didapat.

Analisa patahan

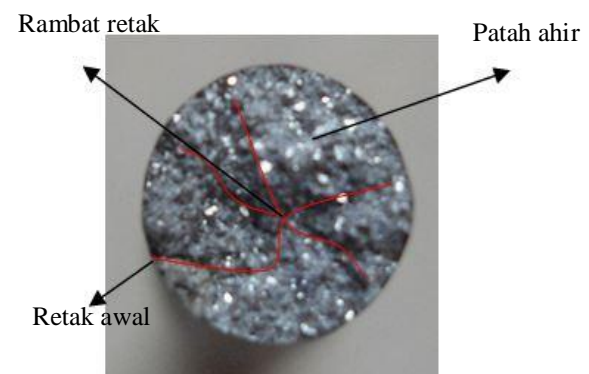
Analisa patahan dilakukan untuk mengetahui bagaimana terjadinya awal retakan hingga mencapai patahnya material tersebut terhadap variasi beban yang berbeda. analisa ini juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan bentuk permukaan yang patah akibat dari pengujian *fatigue*. Berikut adalah perbedaan patahan dengan variasi beban yang berbeda. Permukaan patahan pada beban 40%.



Gambar 8. Permukaan patahan dengan beban 66,8 Mpa

Dari gambar di atas dapat di lihat bahwa patahan yang terjadi akibat pembebanan 66,8 MPa mengalami satu retakan dan merambat ke bagian lain sehingga material tersebut tidak mampu lagi menahan beban yang di berikan dan terjadilah perpatahan.

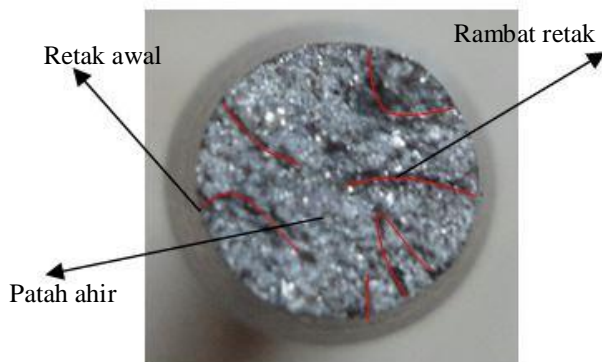
A. Permukaan patahan pada beban 50%



Gambar 9. Permukaan patahan dengan beban 83,5 Mpa

Pada pengujian dengan pembebanan 83,5 MPa ini bisa di lihat bahwa permukaan patahan memiliki satu awal retak dan memiliki rambat retakan lebih banyak di bandingkan dengan pengujian dengan pembebanan 66,8 MPa yang hanya memiliki satu awal retak dan satu rambat retakan, itu terjadi karena pembebanan yang di berikan lebih berat dari pada beban sebelumnya.

B. Permukaan patahan pada beban 60%



Gambar 10. Permukaan patahan dengan beban 100,2 MPa

Pengamatan pada permukaan patahan dengan beban 100,2 MPa ini memiliki awal retak dan rambat retak yang lebih banyak di bandingkan dengan kedua spesimen yang di beri pembebanan dibawahnya. Karena awal retak dan rambat retaknya lebih banyak maka spesimen tersebut mudah patah dengan jangka waktu yang lebih cepat.

Dari pembahasan analisa tersebut di ketahui perbedaan dari setiap patahan ternyata memiliki karakteristik masing-masing. Semakin besar beban yang di berikan kepada spesimen maka awal retak dan rambat retak semakin banyak sehingga spesimen tersebut mudah patah dengan waktu yang cepat. Begitupun sebaliknya semakin kecil beban yang di berikan terhadap spesimen maka awal retak dan rambat retaknya pun semakin sedikit, dan menjadikan waktu patah spesimen semakin lama.

Keterkaitan antara pembebanan dan bentuk permukaan patahan ini terlihat jelas dari hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan. Pengujian tersebut menggambarkan keadaan patahan spesimen yang berbeda dari variasi beban yang berbeda.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian *fatigue* dan analisa patahan yang telah di lakukan dapat disimpulkan bahwa *aluminium scrap* hasil *remelting* sepatu rem bekas sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian *fatigue* pada pembebanan 60% tegangan 100,2MPa dan beban 3,81kg mendapatkan siklus 27.421 kurun waktu 00:18:16. Pada pembebanan 50% tegangan 83,5MPa dan beban 3,18kg mendapatkan siklus 51.659 kurun waktu 00:34:35. Lalu pada pembebanan 40% tegangan 66,8MPa dan beban 2,5kg mendapatkan siklus 106.930 dalam waktu 01:11:17. Maka dapat di simpulkan bahwa perbandingan antara siklus dan waktu dengan tegangan adalah perbandingan terbalik, yaitu semakin kecil tegangan semakin besar siklus dan waktu yang di dapat, begitupun sebaliknya semakin besar tegangan maka akan semakin kecil siklus dan waktu yang di dapat.
2. Bentuk permukaan patahan yang terjadi akibat pengujian *fatigue* dapat di ketahui bahwa patahan pembebanan 40% dengan tegangan 66,8 MPa mengalami satu retakan dan merambat ke bagian lain. kemudian pada pembebanan 50% dengan tegangan 83,5MPa ini bisa di lihat bahwa permukaan patahan memiliki satu awal retak dan memiliki rambat retakan lebih banyak. Dan pada pembebanan 60% dengan tegangan 100,2MPa memiliki awal retak dan rambat retak yang lebih banyak di bandingkan dengan spesimen sebelumnya. Dari analisa permukaan patahan tersebut dapat di simpulkan bahwa perbedaan dari setiap patahan ternyata memiliki karakteristik masing-masing

Referensi

- [1] Anshari Hafis Syarifudin. 2010. *Karakteristik Laju Perambatan Retak Fatik Bahan Komposit Berpenguat Serat Kenaf Dengan Matrik Polyeste*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- [2] Bayuseno Athanasius Priharyoto, dkk. 2011. *ADC 12 Sebagai material*

- sepatu rem menggunakan pengecoran high pressure die casting dengan variasi temperatur penuangan.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- [3] Budiyanto. 2008. *Pengaruh Temperatur Penuangan Paduan AL-SI (seri 4032) Terhadap Hasil Pengecoran.* Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [4] Caing. 2009. *Pengaruh Titanium.* Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas INDONESIA.
- [5] Kondi Maliwemu Erich Umbu, dkk. 2012. *Karakteristik perambatan retak fatik aluminium scrap dengan variasi putaran centrifugal casting.* Jurusan Teknik Mesin , Universitas Nusa Cendana.
- [6] Nur Eva Azis. 2012. *Analisis sifat fisis dan mekanis aluminium paduan Al-Si-Cu dengan menggunakan cetakan pasir.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] Nurhadi Muhammad, 2013. *Analisa Kekuatan Fatik Aluminium Cor (Remelting) Dengan Tipe Rotary Bending.* Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- [8] Prawoto Bambang, dkk. 2016. *Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe Rotary Bending.* Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung
- [9] Sugiarto Teguh, dkk. 2013. *Analisis uji ketahan lelah baja karbon sedang AISI 1045 dengan heat treatment (quenching) dengan menggunakan alat rotary bending.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
- [10] Supriyono, dkk. 2010. *Analisa Kegagalan Poros PoMPa Air Laut Pada Unit PLTU.* Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma.
- [11] Surojo Eko, dkk. 2009. *Pengaruh remelting terhadap struktur mikro dan kekerasan paduan cor Al – Si.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surakarta.
- [12] Susilo iwan. 2016. *Pengaruh Artificial Aging Pada Variasi Temperatur Tuang Terhadap Sifat Mekanis Hasil Pengecoran Piston Bekas.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Metro.
- [13] Tawaf nanang, dkk. 2014. *Analisis fatigue failure suhu rendah struktur batang duralumin dengan mesin siklus bending.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.
- [14] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). *Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%).* Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 5(1).
- [15] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). *Hardening Baja AISI 1045 Menggunakan Gel Aloe Vera Sebagai Media Pendingin.* Rekayasa Mesin, 7(2), 55-64.
- [16] Nugroho, E., Budiyanto, E., Kurniawan, R., & Sumosusilo, J. (2020). *Uji ketahanan fatik aluminium hasil remelting piston bekas menggunakan metode pengecoran centrifugal casting.* Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8(2).

- [17] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji Ketahanan Fatik Aluminium Scrap Hasil Remelting Piston Bekas Menggunakan Alat Uji Fatik Tipe Rotary Bending. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(1).
- [18] Budiyanto, E., Asroni, A., & Pramono, A. (2017). Pengaruh Temperatur Cetakan Dan Lama Pengempaan Terhadap Keteguhan Rekat Pada Kayu Lapis Sebagai Bahan Baku Pembuatan Drum Shell. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2).