

Volume 2
Nomor 2

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

ARMATUR

Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Jurnal
ARMATUR

Volume 2
Nomor 2

September
2021

Halaman
52-114



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

Tri Cahyo Wahyudi

Pelaksana Teknis

M. Aang Khonaifi

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 variasi campuran arang dan biomassa terhadap waktu nyala, temperatur, dan karakteristik briket biopellet menggunakan kompor gasifikasi biomassa Dedi Iskandar, Kemas Ridhuan, Nurlaila Rajabiah	52-59
Pengaruh variasi tegangan listrik terhadap ketebalan dan kuat lekat pada baja karbon rendah dengan proses elektroplating Ahmad Zainuri, Asroni, Sulis Dri Handono	60-66
Pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan dan kuat lekat pada baja karbon rendah dengan proses elektroplating Nurvan Wijanarko, Asroni, Eko Budiyanto	67-75
Rancang bangun mesin CNC laser cutting CO₂ 2 axis berbasis microcontroler dengan software Mach3 Samsul Hadi, Mafruddin, Tri Cahyo Wahyudi	76-85
Pengaruh campuran bahan bakar minyak plastik dan premium terhadap prestasi mesin sepeda motor Arif Permadi, Untung Surya Dharma, Dwi Irawan	86-93
Analisa pengaruh media pendingin dan arus listrik pada proses pengelasan titik (spot welding) stainlees steel terhadap nilai kekuatan tarik Tri Cahyo Wahyudi, Sulis Dri Handono, Hendi Ahmad Sanjaya, Abdul Basir Sulaiman Azis	94-99
Pengaruh perubahan diameter pipa mendadak 1 inch ke $\frac{3}{4}$ dan 1 $\frac{1}{4}$ inch terhadap pressure drop dengan variasi bukaan katup Muhammad Taufiq Afifudin, Basuki, Mohammad Arif Irfã'i	100-105
Pengaruh jumlah pipa udara pada reaktor pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair Fajar Khusaini, Ridwan, Kemas Ridhuan, Dwi Irawan	106-114

Pengaruh variasi campuran arang dan biomassa terhadap waktu nyala, temperatur, dan karakteristik briket biopellet menggunakan kompor gasifikasi biomassa

Dedi Iskandar¹, Kemas Ridhuan^{2*}, Nurlaila Rajabiah³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author. kmsridhuan@yahoo.co.id

Abstract

Biopellet briquettes are fuels that are used as a substitute for fossil fuels for burning gasification stoves. The purpose of this study was to determine the mixture of charcoal and biomass in varying volumes, then formed biopellets. The method used by varying the mixture of coconut shell charcoal is 40 %, 50 %, and 60 %. The types of biomass used are sawdust and rice husk, for the diameter of the top hole of the stove is 9.5 cm, height is 25 cm, inside is 16.8 cm, outside is 20 cm. The diameter of the biopellet briquettes is 5 mm and 20 % adhesive is used. Based on the test results, variations in the composition of coconut shell charcoal affect the temperature and duration of the flame. The highest temperature of 713.2 °C with a long flame of 26 minutes is found in a mixture of 60 % charcoal and 40% sawdust biomass. While the lowest temperature is found in a mixture of 40% charcoal and rice husk with a temperature of 615.9 °C with a long flame of 17 minutes. The characteristics of the biopellet briquettes are the highest water content of 7.96 % from the variation of 40 % coconut shell charcoal, 60% rice husk biomass. The highest ash content was 9.02% from the variation of 60 % coconut shell charcoal and 40 % rice husk biomass. The highest calorific value was obtained from the variation of 60 % coconut shell charcoal with 40 % sawdust biomass reaching 4,571.64 cal/g.

Keywords : Briquettes, Biomass, Gasification.

Abstrak

Briket biopellet merupakan bahan bakar yang digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil pada pembakaran kompor gasifikasi. Tujuan dari penelitian ini mengetahui campuran arang dan biomassa yang di variasikan volumenya, kemudian dibentuk biopellet. Metode yang digunakan dengan memvariasikan campuran arang tempurung kelapa yaitu 40 %, 50 %, dan 60%. Jenis biomassa yang digunakan yaitu serbuk gergaji dan sekam padi, untuk diameter kompor bagian lubang atas yaitu 9,5 cm, tinggi 25 cm, bagian dalam 16,8 cm, bagian luar 20 cm. Diameter briket biopellet 5 mm dan 20 % perekat yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian variasi komposisi arang tempurung kelapa berpengaruh terhadap temperatur serta lama nyala api. Temperatur tertinggi 713,2 °C dengan waktu lama nyala api 26 menit terdapat pada campuran arang 60 % dan jenis biomassa serbuk gergaji 40 %. Sedangkan temperatur terendah terdapat pada campuran arang 40% dan sekam padi dengan temperatur 615,9 °C dengan waktu lama nyala api 17 menit. Karakteristik dari briket biopellet yaitu kadar air tertinggi sebesar 7,96 % dari variasi arang tempurung kelapa 40 % jenis biomassa sekam padi 60 %. Kadar abu tertinggi 9,02 % dari variasi arang tempurung kelapa 60 % dan jenis biomassa sekam padi 40%. nilai kalor tertinggi didapatkan dari variasi arang tempurung kelapa 60 % dengan jenis biomassa serbuk gergaji 40 % mencapai 4.571,64 kal/g.

Kata Kunci : Briket, Biomassa, Gasifikasi.

Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi di dunia khususnya di Indonesia, semakin banyak pula masalah yang dihadapi. Permintaan energi yang terus menerus mengakibatkan masalah eksploitasi bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui dengan jangka waktu yang singkat dan bila digunakan secara terus menerus tanpa kita mencari alternatif pengganti energi tersebut maka energi yang ada di perut bumi lama kelamaan akan habis. Dalam hal ini untuk mengganti atau mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu digunakan bahan bakar biomassa sebagai bahan bakar pengganti.

Salah satu pemanfaatan biomassa yaitu dengan menggunakan kompor gasifikasi yang telah dirancang khusus. Proses gasifikasi merupakan suatu proses dekomposisi termal dari bahan bakar organik melalui pemberian sejumlah panas dengan suplai oksigen terbatas. Waktu dan temperatur pembakaran dapat dipengaruhi oleh kualitas biomassa tersebut, apabila kadar air yang berlebih akan mengakibatkan lamanya proses pembakaran yang dilakukan. Kemudian aplikasi penggunaan kompor biomassa akan meningkatkan efisiensi pembakaran secara signifikan, peningkatan efisiensi ini berarti mengurangi juga polusi asap yang berbahaya bagi kesehatan dan penggunaan jumlah bahan bakar biomassa akan berkurang [1]. Selain itu juga peningkatan efisiensi dapat berdampak pada temperatur pembakaran dan juga berakibat pada waktu.

Bahan bakar dibuat dalam bentuk briket biopellet. Briket biopellet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar menggunakan teknik densifikasi, teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas dari bahan dan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan. Konversi biomassa dapat menaikkan kalori per unit volume, mudah diangkut, mempunyai ukuran yang sama dari biopellet yang dihasilkan [2].

Tinjauan Pustaka

Energi terbarukan secara garis besar didefinisikan menjadi energi yang memiliki potensial sebagai energi yang mengalami pembaruan terus menerus, energi terbarukan merupakan energi yang sangat ramah lingkungan, tentunya tidak mencemari lingkungan maupun perubahan iklim akibat pemanasan global, seperti pada sumber energi lainnya, ini menjadi alasan penting mengapa energi terbarukan banyak dilirik untuk kemajuan dan sebagai pengganti bahan bakar fosil, keberadaan energi terbarukan seperti, energi surya, air, angin, biomasa juga bisa menjadi pertimbangan untuk pemanfaatannya, karena energi terbarukan juga memiliki keunggulan serta kekurangan yang perlu dipahami sebelum menggunakannya. Keunggulannya adalah tidak memberikan polusi, memiliki sifat pembaruan terus menerus, dan memiliki potensi yang cukup besar.

Biomassa

Biomassa merupakan salah satu jenis bahan bakar padat selain batubara. Biomassa terdiri atas beberapa komponen yaitu kadar air (*moisture content*), zat terbang/mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*) [3]. Dalam Proses pengeringan akan menghilangkan *moisture*, *devolatilisasi* yang merupakan tahapan pirolisis akan melepaskan *volatile*, pembakaran arang melepaskan karbon terikat dan sisa pembakaran menghasilkan abu. Parameter penting lainnya dalam biomassa adalah kandungan nilai kalornya. Besarnya nilai kalor sangat tergantung dari komposisi zat-zat di atas. Semakin tinggi kandungan karbon terikat maka nilai kalornya semakin tinggi.

Jenis biomassa merupakan sumber energi yang dihasilkan dari sisa-sisa tumbuhan dan limbah organik lainnya. Selain itu biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor gasifikasi dan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Berikut adalah beberapa jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yaitu:

a) Sekam padi

Sekam padi merupakan sebuah kulit yang membungkus butiran beras, selain menjadi limbah sekam padi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pembuatan batu bata [4]. Abu sekam padi merupakan limbah dari hasil pembakaran dari sekam padi, pada pembakaran sekam padi semua komponen organik diubah menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) dan tinggal abu yang merupakan komponen anorganik. Sebagian abu tersebut mengandung silika, sedikit logam oksida, dan karbon residu yang diperoleh dari pembakaran terbuka [5].



Gambar 1. Sekam Padi.

b) Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji merupakan sisa-sisa hasil pemotongan kayu, hanya saja bentuknya yang berbeda. Kayu merupakan sesuatu bahan yang diperoleh dari hasil pemotongan pohon-pohon di hutan, yang diambil sesuai kebutuhan. Di Indonesia ada tiga macam industri yang secara dominan mengkonsumsi kayu yang relatif besar yaitu: pengergajian, vinir atau kayu lapis, dan pulp atau kertas. Sejauh ini, limbah biomassa dari industri tersebut telah dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar guna melengkapi kebutuhan energinya [6].



Gambar 2. Serbuk Gergaji.

c) Arang

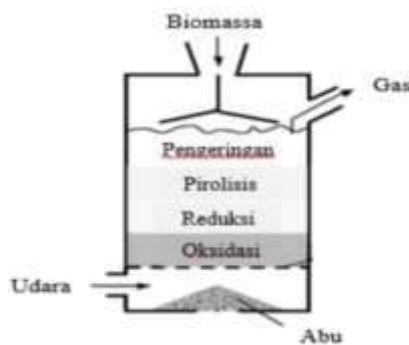
Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85–95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi selain sebagai bahan bakar arang juga dapat digunakan sebagai penyerap, daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi terhadap arang tersebut jika dilakukan aktivasi dengan aktivator dengan bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Sehingga mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimianya, arang yang disebut arang aktif [7].

d) Biopellet

Biopellet adalah salah satu bentuk bahan bakar alternatif terbentuk dari bahan organik terkompresi atau biomassa. Ada beberapa jenis bahan bakar pelet yang paling umum dan umumnya dibuat dari serbuk gergaji padat yang berasal dari limbah pemotongan kayu, limbah pembuatan mebel dan limbah lainnya. Pellet ini dibuat dengan menghancurkan bahan baku dan dengan bantuan perekat biasanya tapioka, kemudian dilakukan pencetakan dengan alatnya yang bernama pellet mill. Biopellet dibuat dalam bentuk silinder dengan diameter 6-12 mm dan panjang 10-30 mm. Peletisasi adalah proses ekstrusi tipe pencetak termoplastik, dimana bahan biomassa diberikan gaya tekan oleh roller internal untuk dapat melewati cetakan silinder yang diam di eksternal ring yang berputar, dan menghasilkan padatan pelet. Kerapatan biomassa yang rendah menjadi meningkat, dari 40–250 kg/m^3 menjadi 600 – 800 kg/m^3 [8].

e) Gasifikasi

Teknologi gasifikasi merupakan proses dimana untuk meningkatkan daya guna yang terkandung dalam bahan biomassa melalui suatu proses dari bahan padat menjadi gas, proses ini berlangsung di dalam suatu alat yang disebut *gasifer*. Dalam alat ini dimasukkan bahan bakar untuk dibakar di dalam reaktor secara tidak sempurna. Dengan kata lain proses gasifikasi merupakan proses pembakaran persial bahan baku padat, melibatkan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar padat. Lalu uap air dan karbon dioksida hasil pembakaran direduksi menjadi gas yang mudah terbakar, yaitu karbon monoksida (CO), hydrogen (H₂), dan methan (CH₄). Gas-gas ini dapat dipakai sebagai pengganti BBM guna berbagai keperluan yang dibutuhkan [9].



Gambar 3. Gasifikasi tipe *up draft*

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya besar kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat [10].

Metode Penelitian

Dalam proses penelitian penulis melakukan uji bahan bakar untuk mendapatkan nilai dan data yang akurat. Dalam proses pengujiannya penulis menggunakan kompor gasifikasi tipe *forced draft* dengan bahan bakar briket biopellet yang divariasikan presentase jumlah arang dan biomassa.



Gambar 4. Diagram Alir

Berdasarkan diagram alir dapat diketahui bahwa penelitian diawali dengan studi literatur dari sumber-sumber yang terkait dengan pembuatan dan pengujian briket biopellet dengan menggunakan kompor gasifikasi biomassa. Setelah melakukan observasi lalu menyiapkan alat dan bahan serta proses pencampuran bahan bakar setelah semua tercampur kemudian dicetak menggunakan alat sehingga terbentuk briket biopellet. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kompor gasifikasi biomassa, pengujian dilakukan dengan menggunakan dua jenis campuran yaitu campuran biomassa serbuk gergaji dengan arang dan campuran biomassa dengan sekam padi dan arang dengan menggunakan variasi 40%, 50%, dan 60% campuran arang yang digunakan. Perekat yang digunakan sebanyak 20%.

1. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa prosedur penelitian yaitu sebagai berikut:

- a) Prosedur Pada Pembuatan Kompor Gasifikasi
 - 1) Mengkaji dan melakukan tahap perencanaan dari segi desain dan bahan.
 - 2) Setelah perencanaan dibuat matang, kemudian dilakukan proses

pengerjaan atau pembuatan rangka gasifikasi.

- 3) Pada plat baja yang akan dibentuk menjadi silinder dan dipasang untuk bagian dinding luar dan bagian tabung bakar pada kompor gasifikasi.
- 4) Setelah rangka terbentuk dan dirangkai, lalu dipasangkan di komponen-komponen kompor gasifikasi seperti *rotary fan*, dan tabung beserta *burner*.
- 5) Kemudian dilakukan pengujian dan pengambilan data ketika semua komponen telah terpasang dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya dan ukuran.

b) Prosedur Pencampuran Biomassa

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dan akan digunakan seperti biomassa dan arang serta peralatan yang digunakan untuk mendukung campuran
- 2) Setelah bahan dan alat telah siap, kemudian dilakukan penakaran untuk biomassa dan arang yang akan dicampur menggunakan neraca atau timbangan .
- 3) Untuk biomassa seperti sekam padi akan dilakukan pencacahan agar ukurannya mudah untuk dilakukan pencampuran.
- 4) setelah didapatkan perbandingan yang akan digunakan untuk mencampur biomassa dan arang, maka selanjutnya biomassa akan dimasukkan ke wadah ataupun mangkuk untuk dilakukan pencampuran
- 5) Lalu diaduk hingga rata biomassa dan arang dengan persentase komposisi yang ditentukan dan diberikan perekat menggunakan lem kayu
- 6) Campuran biomassa dan arang telah siap untuk dibentuk menjadi biopellet.

Tabel 1. Komposisi perbandingan arang dengan biopellet.

No	Komposisi arang (%)	Satuan (kg)	Biomassa	
			Sekam padi (kg)	Serbuk gergaji (kg)
1	40	0,40	0,60	0,60
2	50	0,50	0,50	0,50
3	60	0,60	0,40	0,40

Pada tabel 1, perbandingan antara komposisi yang diberikan dengan biomassa, dimaksudkan bahwa biomassa tidak dicampur dengan biomassa lain jadi biomassa sekam padi dengan arang sendiri dan serbuk gergaji dengan arang sendiri. Penelitian ini difokuskan untuk komposisi arang yang dicampur dengan biomassa jadi komposisi dari biomassa akan mengikuti komposisi arang yang diberikan dengan total campuran yang ditentukan adalah 1 kg.

2. Langkah Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan dari komposisi campuran arang pada biomassa yang dibentuk menjadi arang biopellet yang digunakan sebagai bahan bakar kompor gasifikasi dan tujuannya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variasi komposisi arang sebanyak 40%, 50%, 60% yang diberikan, terhadap suhu dan lama waktu pembakaran

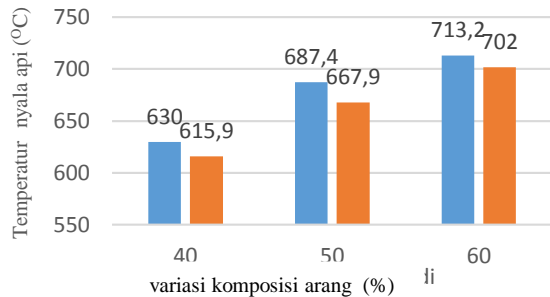
Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini akan dibahas data-data dan hasil yang didapatkan dalam pengujian dimana data yang diperoleh saat proses pembuatan biopellet dan data yang diperoleh saat pembakaran serta data yang diperoleh dari hasil pengukuran dan perhitungan.

1. Pengaruh variasi campuran arang dengan jenis biomassa terhadap temperatur yang dihasilkan pada saat pembakaran.

Dalam pembahasan mengenai pengaruh yang didapatkan dari variasi campuran arang serta jenis biomassa pada

temperatur pembakaran didapatkan hasil dimana dengan variasi campuran arang serta jenis biomassa yang diberikan akan menghasilkan perbandingan temperatur.

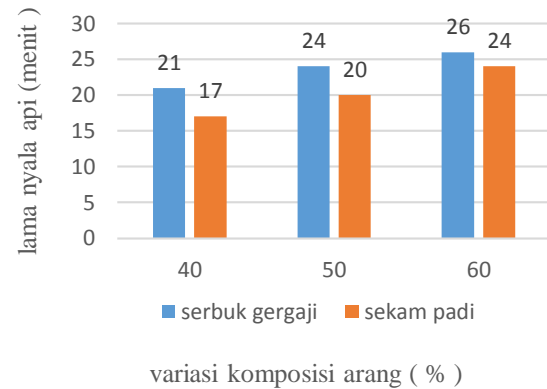


Gambar 5. Grafik perbandingan temperatur tertinggi.

Pada gambar 5, grafik perbandingan temperatur tertinggi menunjukkan bahwa jenis biomassa memiliki pengaruh namun perbedaan temperaturnya tidak terlalu jauh berbeda halnya dengan variasi dari komposisi arang dimana memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap temperatur pembakaran. Semakin tinggi jumlah arang yang divariasikan maka temperatur akan semakin tinggi, hal ini disebabkan dari sifat arang yang nilai kalornya lebih tinggi, dan temperatur tertinggi didapatkan dengan nilai 713,2°C dari jenis biomassa serbuk gergaji dengan variasi campuran arang 60 %. Dan temperatur ini juga lebih tinggi dari temperatur yang dihasilkan dari pembakaran biomassa tanpa campuran.

2. Pengaruh variasi campuran arang dan jenis biomassa terhadap waktu pembakaran

Data dari pengujian mengenai variasi campuran arang terhadap waktu pembakaran juga didapatkan dimana campuran arang yang divariasikan juga menunjukkan perbandingan dari waktu pembakaran, jadi variasi campuran arang dan jenis biomassa memiliki pengaruh yang besar terhadap waktu pembakaran.



Gambar 6. Grafik perbandingan lama mampu nyala api pada tiap variasi

Dari gambar 6, grafik perbandingan lama mampu nyala api pada tiap variasi dapat dilihat bahwa variasi yang dilakukan pada komposisi campuran arang dan jenis biomassa memiliki pengaruh terhadap lama waktu dari nyala api hal ini dapat dijelaskan bahwa dengan semakin banyak komposisi arang pada biopellet maka sebagian besar biopellet adalah arang dengan begitu karena sifat arang yang padat namun mudah terbakar dan tahan lama jadi dengan dicampurnya jenis biomassa juga akan membuat biopellet lebih mudah terbakar dan tahan lama dan pada penelitian ini didapatkan waktu nyala api terlama adalah 26 menit dari variasi komposisi arang sebanyak 60% dan jenis biomassa serbuk gergaji.

Dari variasi campuran arang dengan jenis biomassa juga memiliki perbedaan dari biopellet yang dihasilkan dimana dari segi, tampilan didapatkan hasil perbandingan untuk tampilan dari biopellet yang didapatkan dari pengamatan dan analisa setelah pembuatan.

a) Hasil Briket Biopellet Dengan Campuran Biomassa Serbuk Gergaji



Gambar 7. Hasil Biopellet Arang Dan Biomassa Serbuk Gergaji.

Pada gambar 7, hasil biopellet arang tempurung kelapa dengan jenis biomassa serbuk gergaji dapat dilihat bahwa komposisi arang dengan jenis biomassa memiliki pengaruh terhadap tampilan biomassa yang dihasilkan dimana semakin banyak komposisi arang yang diberikan maka tampilan akan semakin halus dan lebih padat dan dengan campuran biomassa serbuk gergaji biopellet yang dihasilkan juga tidak terlalu kasar.

b) Hasil Briket Biopellet Dengan Campuran Sekam Padi.



Gambar 8. Hasil Biopellet Arang Dan Biomassa Sekam Padi.

Dari gambar 8, hasil briket biopellet dari campuran biomassa sekam padi juga menghasilkan perbandingan dari segi tampilan dari briket biopellet yang dimana semakin besar komposisi arang tempurung kelapa tampilan biopellet yang dihasilkan juga lebih halus namun dengan digunakannya biomassa sekam padi hasil dari tampilan biopellet lebih kasar dibandingkan serbuk gergaji.

Karakteristik hasil pengujian laboratorium yaitu kadar air tertinggi sebesar 7,96% dari variasi arang tempurung kelapa 40% jenis biomassa sekam padi 60%. Kadar abu tertinggi 9,02 % dari variasi arang tempurung kelapa 60% dan jenis biomassa sekam padi 40%. Kemudian untuk nilai kalor tertinggi yaitu 4.571,64 cal/g didapatkan dari variasi arang tempurung kelapa 60% dengan jenis biomassa serbuk gergaji 40%.

Kesimpulan

Waktu nyala api terlama adalah 26 menit dari variasi komposisi arang sebanyak 60% dan jenis biomassa serbuk gergaji 40%

dan waktu nyala api paling pendek didapatkan 17 menit dari variasi arang tempurung kelapa 40% dengan jenis biomassa sekam 60%.

Temperatur tertinggi didapatkan dengan nilai 713,2 °C dari jenis biomassa serbuk gergaji 40% dengan variasi campuran arang 60%. Dan temperatur terendah 615,9 °C didapatkan dari variasi arang tempurung kelapa 40% dengan jenis biomassa sekam padi 60%. Abu hasil sisa pembakaran paling sedikit yaitu 0,102 kg pada variasi komposisi arang sebanyak 40% dengan jenis biomassa serbuk gergaji 60%. dan abu sisa hasil pembakaran paling banyak adalah 0,26 kg dari variasi arang tempurung kelapa 60% dengan jenis biomassa sekam padi 40%.

Karakteristik hasil pengujian laboratorium yaitu kadar air tertinggi sebesar 7,96% dari variasi arang tempurung kelapa 40% jenis biomassa sekam padi 60%. Kadar abu tertinggi 9,02 % dari variasi arang tempurung kelapa 60% dan jenis biomassa sekam padi 40%. Kemudian untuk nilai kalor tertinggi yaitu 4.571,64 cal/g didapatkan dari variasi arang tempurung kelapa 60% dengan jenis biomassa serbuk gergaji 40%.

Referensi

- [1]. Pangala R.P, Tambunan H.A, Kartodiharjo H, Dan Pari G, 2016. Desain pengujian kinerja kompor gasifikasi-pirolisis. Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan. No.1.Vol.6.Bogor.
- [2] jufri M, Farosadid I, Mulyono M, mokhtar A, 2018. Analisis Variasi Temperatur Pengerinan Dan Persentase Perekat Terhadap Lama Waktu Pembakaran Biopellet Sekam Padi. Jurnal Prosiding SENTRA(Seminar Teknologi Dan Rekayasa). Malang.
- [3] Syamsiro M, 2016. Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Padat Biomassa Dengan Proses Dan Torefaksi. Jurnal

- Mekanika Dan Sistem Termal. No.1, Vol.1.
- [4] Prasetya H.A. Dan Marlina P, 2013. Penggunaan Sekam Padi Sebagai Bahan Pengisi Dan Antioksidan Pada Pembuatan Kompon Karet. Jurnal Dinamika Penelitian Industri. No.2, Vol.24.
- [5] Amaria, 2012. Adsorpsi Ion Sianida Dalam Larutan Menggunakan Adsorben Hibrida Aminopropil Silika Gel Dari Sekam Padi T
- [6] Vidian F, 2009. kompor gas berbahan bakar biomassa. Jurusan Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya. No.2, Vol.9.
- [7] Sembiring M.T, Dan Sinaga T.S, 2003. Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatanya). Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara
- [8] Utarina L, 2019. Prospek Bahan Bakar Biopellet Sebagai Energi Alternatif Di Usaha Mikro Kecil Dan Menengah (UMKM). Karya Ilmiah. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negri Sriwijaya Palembang.
- [9] Rinovianto G, 2012. Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifer Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet. Fakultas Teknik. Departemen Teknik Mesin Depok.
- [10] Djafar R, Djamalu Y, Halutis, Dan Botituhe, 2017. Analisis Performa Kompor Gasifikasi Biomassa Tipe Forced Drefit Menggunakan Fariasi Jumlah Bahan Bakar Tongkol Jagung. Jurnal Teknology Dan Entrepreneur. No 2. Vol. 5

Pengaruh variasi tegangan listrik terhadap ketebalan dan kuat lekat pada baja karbon rendah dengan proses elektroplating

Ahmad Zainuri¹, Asroni^{2*}, Sulis Dri Handono³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author. as.roni@aol.com

Abstract

Electroplating is the process of depositing metal ions by means of electroplating metal layers so that they are not easily corroded. Steel is a metal alloy between Iron (Fe) and Carbon (C), where iron is the basic element and carbon is the main alloying element. The research used ST-41 plate steel, sulfuric acid solution and the anode distance was set at 5 cm. The purpose of this coating research is to form a surface with different properties or dimensions from the base metal. The occurrence of deposits in the process is due to the presence of ions in the electrolyte which will settle at the cathode, the electrochemical process will undergo oxidation and reduction reactions. This research method uses coating voltage variations of 7.5 Volts, 8.5 Volts, and 9.5 Volts and then tests the thickness and adhesive strength. The results of this study showed that the coating stress was 7.5 minutes with an average thickness of 0.121 mm, the average adhesive strength value was 23.33 MPa, the coating voltage was 8.5 Volts with an average thickness of 0.139 mm, the average adhesive strength value was 25.06 MPa, coating of 9.5 Volts with an average thickness of 0.148 mm with an average adhesive strength of 26.27 MPa.

Keywords: Steel, coating time, electroplating, thickness test, adhesive strength test.

Abstrak

Elektroplating adalah proses penengndapan ion-ion logam dengan cara elektro lapisan logam yang diplating agar tidak mudah korosi. Baja merupakan logam paduan antara Besi (Fe) dan Karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya,. Adapun dari penelitian menggunakan bahan baja plat ST-41, larutan asam sulfat dan jarak anoda yang ditetapkan 5 cm. Tujuan penelitian pelapisan ini untuk membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses disebabkan adanya ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda, proses elektrokimia akan mengalami reaksi oksidasi dan reduksi. Metode penelitian ini menggunakan variasi tegangan pelapisan 7,5 Volt, 8,5 Volt, dan 9,5 Volt kemudian dilakukan pengujian ketebalan dan kuat lekat. Hasil penelitian ini didapatkan hasil tegangan pelapisan 7,5 menit dengan ketebalan rata rata 0,121 mm rata rata nilai kuat lekat 23,33 MPa, tegangan pelapisan 8,5 Volt dengan ketebalan rata rata 0,139 mm rata rata nilai kuat lekat 25,06 MPa, tegangan pelapisan 9,5 volt dengan ketebalan rata rata 0,148 mm rata rata nilai kuat lekat 26,27 MPa.

Kata kunci : Baja, waktu pelapisan, elektroplating, uji ketebalan, uji kuat lekat.

Pendahuluan

Proses pelapisan dengan elektroplating dilakukan dengan

mengalirkan arus pada rangkaian dua elektroda dalam media larutan elektrolit (*plating bath*). Dalam elektroplating konvensional, arus mengalir dari anoda

menuju arah katoda melalui elektrolit, karena proses lapis listrik reaksi diharapkan berjalan terus menuju arah tertentu secara tetap, maka hal yang paling penting dalam melakukan proses ini adalah mengoperasikan proses dengan arus searah, dimana kedua elektroda terendam dalam elektrolit cair. Suatu proses lapis listrik memerlukan larutan elektrolit yang merupakan media proses langsung. Larutan elektro logam yang mengandung ion-ion positif. Dimana saat proses ini terjadi akan melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi pada elektroda dan akan menghasilkan lapisan endapan karena perbedaan katub elektroda [1].

Elektroplating merupakan suatu proses dengan metode pengendapan zat *ion-ion* logam pada suatu logam dasar melalui proses elektrokimia supaya logam dasar akan terlapis oleh logam pelapis. Untuk pelapisan logam menggunakan elektroplating juga menjelaskan bahwa pelapisan logam terdapat berbagai logam tertentu sebagai pelapis. Proses elektroplating melindungi logam dasar dengan menggunakan logam-logam tertentu sebagai pelapis dan pelindung, misalnya nikel, krom, tembaga, seng dan sebagainya [2].

Tinjauan Pustaka

A. Pelapisan Logam

Secara umum pada saat ini pelapisan logam tidak lagi asing di dunia industri, bahkan sampai masyarakat di Kota Metro juga telah mengetahui pelapisan logam khususnya pelapisan yang menggunakan listrik atau elektroplating, karena pelapisan yang menggunakan proses elektroplating dinilai sangat efektif untuk melapisi logam dengan logam yang digunakan untuk dunia industri maupun rumahan yang menggunakan pelapisan logam secara elektroplating serta diperlukan untuk memperindah logam itu sendiri, baik logam yang dilapisi krom, tembaga, dan lain sebagainya, pada umumnya pelapisan logam sudah lazim menggunakan istilah vernikel, verkrom, dan sebagainya. Pelapisan nikel,

tembaga, khrom, memang sudah populer [3].

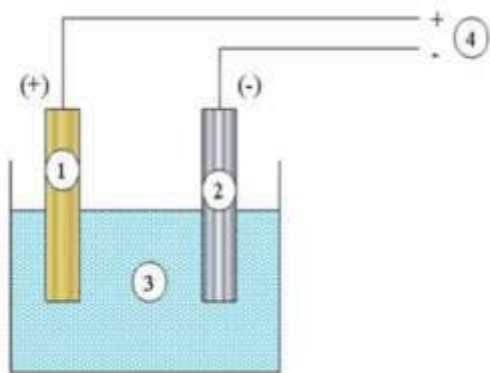
Beberapa pelapisan-pelapisan logam dengan logam atau juga bisa disebut dengan proses elektroplating merupakan salah satu yang tergolong proses *metalurgi* yang umumnya terdapat adanya proses kimia di dalamnya. Pengelompokkan beberapa pelapisan logam yaitu, logam dengan logam secara listrik, logam dengan logam tanpa proses listrik dan logam dengan bahan oksida tanpa bantuan listrik [4].

B. Elektroplating

Elektroplating yaitu gabungan dari dua kata dasar yaitu *elektro* dan *plating* atau listrik dan pelapis yang berarti bahwa dalam suatu pelapisan yang disebut elektroplating adalah suatu pelapisan dimana pelapisan itu menggunakan listrik untuk merekatkan atau menempelkan secara permanen antara bahan perekat dan perekatnya, dengan terdapatnya arus listrik DC maka logam akan mengalami perubahan kimia, secara fisik logam itu salah satunya akan ada yang melepaskan *ion-ion* dan sebaliknya ada yang akan mengikat ion-ion yang terlepas akibat adanya energi listrik. Proses elektroplating adalah proses lapisan menggunakan prinsip pengendapan logam dengan cara elektrokimia [5]. Elektroplating adalah salah satu inovasi pelapisan logam di era globalisasi ini karena walaupun sudah banyak dilakukan atau sering terdengar di masyarakat umum khususnya di Kota Metro, elektroplating masih digunakan sebagai idola untuk pelapisan antara logam dengan logam untuk memperindah suatu logam yang lebih menarik, tahan lama serta mengandung unsur keindahan yang memiliki kualitas modern dan tangguh. Di masyarakat umum, elektroplating yang dikenal sebagai finishing logam ialah vernikel dan verkrom, hasil barang garapannya pun lebih indah, memikat, berkilau dan lebih awet” [6].

C. Dasar Dasar Pelaksanaan Elektroplating

Hasil dari proses elektroplating akan menghasilkan bentuk *estetika* pada logam yang dilapisi, diantaranya bentuk-bentuk yang bervariasi dan juga pada warnanya yang akan lebih menarik, plating juga bertujuan mengurangi kontak secara langsung serta meningkatkan dan menambah nilai *konduktifitas* di permukaan luar yang bisa juga dikatakan dengan daya pantul. Sebelum logam dilakukan proses pelapisan menggunakan elektroplating pada logam aslinya atau logam dasarnya, permukaan logam asli atau logam dasa juga diupayakan untuk menerima adanya lapisan baru. Upaya seperti ini nantinya akan bertujuan untuk meningkatkan daya kuat rekat dan mengikat antara logam asli dengan lapisannya. Permukaan logam dasar bisa dikatakan ideal apabila permukaan itu seluruhnya mengandung struktur atom logam tersebut tanpa ada stuktur logam asing lainnya. Proses ini meliputi terjadinya *abrasi* secara mekanik yang saat dilakukan untuk *inert* yang besar dan juga kasar, pembersihan dengan cara mencuci ini berguna untuk menghilangkan kotoran seperti debu-debu, lemak-lemak dan minyak-minyak supaya menjadi lebih bersih, selain dengan cara dicuci penggunaan larutan alkali juga dapat menghilangkan nilai oksidasinya. Secara prinsip proses elektroplating mencakup empat hal yaitu pembersihan, pembilasan, pelapisan dan proteksi setelah pelapisan [7].



Gambar 1. Skema pelaksanaan pelapisan logam secara (elektroplating) [7]

Keterangan :

1. Anoda Bahan Pelapis
2. Katoda (Bahan Yang Dilapisi)
3. Elektrolit
4. Sumber Arus Searah.

Masing-masing *elektroda* dialiri sumber arus listrik DC yang dinamakan dengan kutub positif sebagai anoda sedangkan kutub negatif dinamakan dengan katoda. Proses *elektrokimia* akan mengalami reaksi *oksidasi* dan *reduksi* atau reaksi *redoks*. Prinsip dasar elektroplating ini dari pelapsian logam atau *plating* secara bantuan arus listrik DC ini yaitu posisi ion-ion logam yang akan ditambah elektron pada logam yang ingin dilapisi, yang mana nantinya ion-ion logam tersebut akan didapat dari elektroda anoda dan larutan elektrolit yang digunakan. “Arus listrik DC mengalir maka elektron akan dialirkan melalui elektroda yang bermuatan positif atau juga bisa disebut anoda menuju elektroda negatif atau katoda dan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka akan menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang lain yang dilapisi [7].

Material utama yang dapat di pakai seperti Baja karbon rendah, baja karbon sedangn Serta Baja Karbon Tinggi (HCS) [2].

D. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Elektroplating

a. Suhu

Suhu juga berpengaruh untuk menemukan jalannya reaksi dan melindungi pelapisan ketika proses elektroplating. Kestabilan suhu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jarak antara anoda dan katoda, ketahanan, serta besar kecilnya arus listrik yang dialirkan.

b. Kerapatan Arus Listrik

semakin kerapatan arus listrik yang dialirkan tinggi maka akan sangat baik juga ketika proses elektroplating ini dilakukan karena ketika arus tinggi

ketebalan lapisan juga semakin cepat untuk pencapaiannya.

c. Variasi

Variasi selain untuk menambah nilai keragaman yang berbeda-beda namun variasi juga harus disesuaikan, variasi terdiri dari beberapa macam, yaitu jarak katoda dan anoda serta arus yang dialirkan tidak sesuai dengan rancangan. Variasi yang tidak sesuai mungkin akan merusak hasil rancangan, variasi sebaiknya disesuaikan dengan rancangan dan tidak keluar dari rancangan sebelumnya.

d. Konduktifitas

Konduktivitas larutan *elektrolit* tergantung pada konsentrasi *ion* yang besar.

e. Nilai Ph

Tinggi rendahnya nilai keasaman (pH) juga merupakan faktor penting dalam mengetahui larutan elektroplating.

f. Pasivitas

kejadian inisiering dijumpai pada logam yang mengalami oksidasi yang menyebabkan korosi, dimana logam yang teroksidasi menjadi terkorosi, juga bisa disebut lapisan yang pasif. Bila hal ini terjadi pada anoda, maka ion-ion logam pelapis terus mengurung bahkan habis terkikis, sehingga akan mengganggu proses elektroplating.

g. Waktu pelapisan

Waktu pencelupan pelapisan secara elektroplating sangat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan yang dihasilkan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dan praktekkan sesuai dengan konsep dan dilakukan secara langsung di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.

Alat :

- Meja Elektroplating
- Wadah Elektroplating
- Power Suplay
- Multimeter
- Micrometer

- Gerindra
- Amplas
- PosiTest AT-M Adhesion untuk menguji kerekatan bahan uji.

Bahan :

- Baja Plat ST41
- Logam Nikel
- NiSO₄
- Larutan Asam Sulfat (H₂SO₄)
- Kabel
- Aqua Dest

Prosedur-prosedur penelitian yang akan dilaksanakan dalam rangka pelaksanaannya terbagi beberapa tahap diantaranya:

Persiapan Penelitian

- Mempersiapkan wadah penampung sebagai media elektroplating
- Mempersiapkan bahan-bahan uji dari logam Nikel (anoda) dan baja karbon rendah (katoda),
- Mempersiapkan larutan elektrolit Asam Sulfat(H₂SO₄).
- Pembuatan bahan uji baja karbon rendah dan logam nikel lalu, memotong dengan ukuran tinggi 70 mm, lebar 25 mm, tebal 20 mm.
- Membersihkan dan menghaluskan permukaan bahan uji menggunakan gerinda, amplas, dan kain lap.
- Mengukur ketebalan bahan uji gunanya untuk mengetahui ketebalan sebelum pengujian dilakukan.
- Merendam atau mencelupkan bahan uji dengan menggunakan larutan air bersih
- Mengeringkan bahan uji dengan cara membiarkan bahan uji kering dengan sendirinya.
- Menghubungkan baja karbon rendah (katoda) pada arus listrik negatif.
- Menghubungkan logam nikel (anoda) pada arus listrik positif.

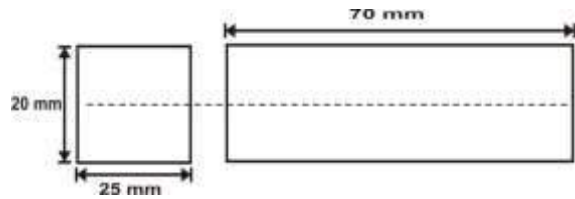
Proses Pelapisan (Elektroplating)

- Menyiapkan wadah elektrolit untuk proses elektroplating

- b) Merangkai kabel-kabel yang akan dihubungkan antara katoda dan sumber daya listrik DC di sumbu positif
- c) Merangkai kabel-kabel yang akan dihubungkan antara katoda dan sumber daya listrik DC di sumbu negatif
- d) Menyusun susunan katoda dan anoda sesuai ukuran yang telah diatur dalam wadah.
- e) Menyiapkan larutan elektrolit 20 ml asam sulfat (H_2SO_4), 800gr nikel sulfat ($NiSO_4$) serta 2 liter aquades dan aduk hingga larutan tercampur dan merata.
- f) Memasukkan elektrolit ke dalam wadah sampai katoda dan anoda terendam secara baik.
- g) Mengatur jarak katoda dan anoda serta tegangan listrik DC yang telah disesuaikan.
- h) Menghubungkan multimeter pada saat tertentu ketika ingin melakukan atau memulai proses elektroplating.
- i) Melakukan pengujian ketebalan dan kerekatan pada bahan uji sebelum proses elektroplating dilakukan.
- j) Menghidupkan daya listrik dan hubungkan ke power supply ke katoda (-) dan anoda (+)
- k) Mencatat waktu akan memulai perendaman dan setelah perendaman proses elektroplating saat daya listrik dihubungkan.
- l) Mengangkat bahan uji pada waktu yang telah ditentukan.
- m) Membersihkan bahan uji dengan menggunakan air bersih secara mengalir dan kemudian dikeringkan.
- n) Melakukan pengujian ketebalan dan kerekatan pada bahan uji setelah proses elektroplating dilakukan.

Pengukuran Ketebalan Bahan Uji

Pengukuran ketebalan lapisan bahan, alat yang digunakan adalah alat ukur micrometer.



Gambar 2. Ukuran Bahan Uji.

Adapun langkah-langkah pengukuran tebal lapisan adalah sebagai berikut:

- a) Mengukur ketebalan sebelum dan sesudah proses elektroplating dilakukan, bahan uji dari masing-masing sisi.
- b) Setelah mendapatkan ukuran, kemudian dilakukan perhitungan perbandingan antara sebelum dan sesudah proses elektroplating. Maka akan didapat nilai ketebalan pada lapisan dari proses elektroplating.
- c) Mencatat hasil-hasil pengukuran yang telah dilakukan baik sebelum maupun sesudah proses pelapisan berlangsung.
- d) Mengukur beberapa bahan uji dengan metode yang sama

Pengukuran Kuat Rekat Bahan Uji

Pengujian kerekatan lapisan hasil proses elektroplating ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Metro dengan menggunakan alat uji posi Test AT-M Adhesion Tester. Adapun langkah-langkah pengukuran kerekatan lapisan adalah sebagai berikut:

- a) Benda kerja ditempelkan atau direkatkan pada bahan uji menggunakan *glue* atau lem *poxy* lalu dibiarkan mengering selama 12 jam.
- b) Membersihkan bahan uji dari sisa-sisa lem pada samping alat penarik dengan menggunakan alat *cutting tool* yang berbentuk lingkaran dan tajam.
- c) Melakukan proses pengujian *pull-off* dengan memasukkan tuas penarik ke dalam alat penarik yang terhubung dengan alat indikator digital tekanan. Kemudian mulai proses penarikan sampai lapisan *coating* terangkat.
- d) Mencatat hasil pengujian kuat rekat yang telah dilakukan.

- e) Menguji bahan uji dengan metode yang sama.

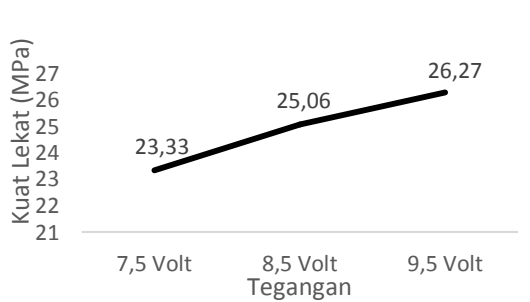
Hasil dan Pembahasan

Pada proses pengujian ini telah diperoleh data dengan menguji ketebalan menggunakan *Vernier Caliper* (jangka sorong) dan menguji kuat lekat. Hasil pengujian yang telah didapat dimasukkan ke dalam tabel dan grafik, untuk dibandingkan dan diambil kesimpulan sehingga dapat diketahui variabel mana yang lebih optimal. Berdasarkan hasil dari pengujian didapatkan hasil rata – rata ketebalan dan kuat lekat dari proses elektroplating didapatkan dari hasil:

Tabel 1. Hasil rata-rata nilai variasi

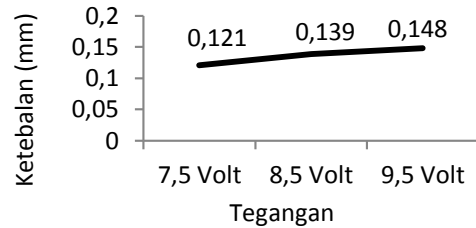
NO	Bahan Uji	Tegangan (Volt)	Waktu	Nilai Kuat Lekat (MPa)	Ketebalan (mm)
1	I	7,5	30	23,33	0,121
2	II	8,5	30	25,06	0,139
3	III	9,5	30	26,27	0,148

Dari data yang dianalisa pada tabel diperoleh sehingga dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik pengujian kuat lekat

Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pengujian kuat lekat dari variasi tegangan 7,5 Volt, 8,5 Volt, dan 9,5 dapat disimpulkan bahwa dari pengujian kuat lekat yang mendapat nilai yang terbaik yaitu pada tegangan 9,5 Volt yaitu terdapat nilai 26,27 Mpa.



Gambar 4. Grafik pengujian ketebalan

Dari grafik pengujian ketebalan dapat dijelaskan dari variasi tegangan 7,5 Volt, 8,5 Volt, dan 9,5 Volt dapat dilihat dari grafik nilai ketebalan yang terbaik terdapat pada tegangan 9,5 Volt dengan nilai 0,148 mm.

Pembahasan

Dari analisa Gambar 3 dan 4, dapat disimpulkan hasil dari garafik masing-masing data pengujian ketebalan dan kuat lekat mempunyai hasil dari pengujian kuat lekat yang paling tinggi adalah spesimen dengan tegangan 9,5 Volt yaitu dengan rata-rata nilai 26,27 MPa dan sedangkan nilai yang paling rendah ada pada spesimen dengan tegangan 7,5 Volt dengan nilai 23,33 MPa.

Sedangkan dari pengujian ketebalan didapatkan hasil ketebalan paling tinggi adalah spesimen dengan tegangan 9,5 Volt yaitu dengan hasil 0,148 mm dari nilai rata-rata tersebut, sedangkan nilai yang paling rendah terdapat pada hasil tegangan 7,5 Volt 0,121 mm dari nilai rata-rata pada grafik pengujian ketebalan.

Setelah didapatkan hasil dari nilai-nilai tersebut dapat disimpulkan dengan batasan nilai variasi yang telah ditentukan nilai kuat lekat berbanding lurus dengan lama variasi tegangan, maka semakin kuat tegangan arus listrik maka akan semakin tinggi nilai kuat lekatnya, begitu juga dengan ketebalan berbanding lurus dengan lama variasi tegangan listrik maka semaking besar tegangan listrik maka semakin tebal pelapisannya.

Kesimpulan

Dari variasi pengujian elektroplating tentang ketebalan yang paling terbaik ditemukan pada tegangan 9,5 Volt dengan nilai kuat lekat 0,148 mm, sedangkan nilai yang paling rendah terdapat pada tegangan 7,5 Volt dengan nilai 0,121 mm.

Dari variasi pengujian elektroplating tentang kuat lekat yang terbaik ditemukan pada tegangan 9,5 Volt dengan nilai kuat lekat sangat tinggi yaitu 26,27 MPa, sedangkan nilai yang paling rendah terdapat pada tegangan 7,5 Volt dengan nilai 23,33 MPa.

Referensi

- [1] Budiyanto, E., Setiawan, D. A., Supriadi, H., & Ridhuan, K. (2017). Pengaruh jarak anoda-katoda pada proses elektroplating tembaga terhadap ketebalan lapisan dan efisiensi katoda baja AISI 1020. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1)..
- [2] Paridawati, 2013. *Analisa Besar Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.1, No.1 Februari 2013 Universitas Islam 45, Bekasi.
- [3] Dermawan, Arif Surya dkk, 2015, *Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom*, Dinamika Teknik Mesin, Volume 5 No. 2 Juli 2015, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- [4] Mubin, ahmad 2001, *Uji Pemanfaatan Teknologi Elektroplating Pada Produk Pandai Besi Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Dan Daya Saing*, Optimum Vol. 2. No. 1. 2001, hal 01-09, Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang..
- [5] Cahyono, Darmalia dan Tjahjanti, 2016 *Analisa Produk Elektroplating As Sepeda Motor Dari Home Industri Di Pasuruan*, SenasPro 17-18 Oktober 2016, Universitas Muhammadiyah Malang
- [6] Sutomo, Senen, Rahmat, 2010. *Pengaruh Arus Dan Waktu Pada Pelapisan Nikel Dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat*. Program Diploma III Teknik Mesin, Vol. 6 No. 02. 2010 Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [7] Suarsana, I Ketut 2008, *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*, Jurnal Teknik Mesin CAKRAM Vol.2 No.1.Juni 2008 (48-60), Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali.

Pengaruh waktu pelapisan terhadap ketebalan dan kuat lekat pada baja karbon rendah dengan proses elektroplating

Nurvan Wijanarko¹, Asroni^{2*}, Eko Budiyanto³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: as.roni@aol.com

Abstract

Steel is a metal alloy between Iron (Fe) and Carbon (C), where iron as the basic element and carbon as the main alloying element, electroplating is the process of coating a metal electrolytically through the use of direct electric current (DC) and chemical solutions (electrolytes). Coating aims to form a surface with different properties or dimensions from the base metal. The occurrence of deposits in the process is due to the presence of ions in the electrolyte which will settle at the cathode, this study used variations in coating time of 20 minutes, 25 minutes, and 30 minutes, then thickness and adhesive strength. The tests result were carried out. coating time 30 minutes with an average 0.314 mm average adhesive strength 26.79 MPa, coating time 25 minutes with an average thickness of 0.216 mm average adhesive strength value 22.58 MPa, coating time 20 minutes with an average thickness of 0.114 mm the average adhesive strength value 18.95 MPa.

Keywords: Steel, coating time, electroplating, thickness test, adhesive strength test.

Abstrak

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Elektroplating atau pelapisan secara listrik merupakan proses lapisan suatu logam secara elektrolisis melalui penggunaan arus listrik searah (DC) dan larutan kimia (*elektrolit*). Pelapisan bertujuan untuk membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses disebabkan adanya ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda. Penelitian ini menggunakan variasi waktu pelapisan 20 menit, 25 menit, dan 30 menit kemudian dilakukan pengujian ketebalan dan kuat lekat. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil waktu pelapisan 30 menit dengan ketebalan rata-rata 0,314 mm rata-rata nilai kuat lekat 26,79 MPa, waktu pelapisan 25 menit dengan ketebalan rata-rata 0,216 mm rata-rata nilai kuat lekat 22,58 MPa, waktu pelapisan 20 menit dengan ketebalan rata-rata 0,114 mm rata-rata nilai kuat lekat 18,95 MPa.

Kata kunci : Baja, waktu pelapisan, elektroplating, uji ketebalan, uji kuat lekat.

Pendahuluan

Perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan serta teknologi pada industri pelapisan logam telah menjadi bidang pekerjaan yang mengalami kemajuan yang sangat pesat mulai dari jenis pelapisan, bahan pelapis yang digunakan, hingga hasil lapisannya. Tersedianya material logam

yang mempunyai keunggulan sangat diperlukan untuk menjadi bahan dasar dari komponen pelapisan logam. Dalam proses pengerjaan mesin, baja merupakan salah satu logam yang paling banyak digunakan karena secara umum baja memiliki sifat yang tangguh. Namun salah satu kelemahan baja ialah dapat terkorosi secara cepat ketika

berada di udara, lingkungan berair maupun media asam, sehingga perlu dilakukan proteksi untuk menurunkan laju korosi baja. Pelapisan logam atau plating merupakan perlindungan logam yang cukup efektif untuk mengatasi korosi [1].

Berdasarkan perlakuan permukaan suatu material logam, mekanisme interaksi akan melibatkan pertukaran ion antara perlakuan logam dengan lingkungan atau disebut dengan korosi. Korosi merupakan masalah serius dalam penggunaan bahan dari logam, karena mengakibatkan bermacam macam kerusakan, salah satu contohnya adalah berkaratnya besi. Terjadinya korosi ini berakibat penurunan mutu dan daya guna serta menimbulkan kerugian dari segi biaya perawatan. Korosi ini tidak dapat dicegah namun dapat dikendalikan. Upaya pengendalian yang lazim diterapkan dalam perlindungan terhadap logam yang digunakan adalah *finishing* dengan metode pelapisan pada logam [2].

Elektroplating ialah elektrodeposisi pelapis (*coating*) logam melekat keelektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan dengan sifat dan dimensi berbeda dari pada logam basisnya tersebut. Beberapa proses, misalnya anodisasi chrome, elektroda yang dimaksud ialah anoda. Akan tetapi kebanyakan yang disebut elektroda dalam perumusan di atas ialah katoda [3].

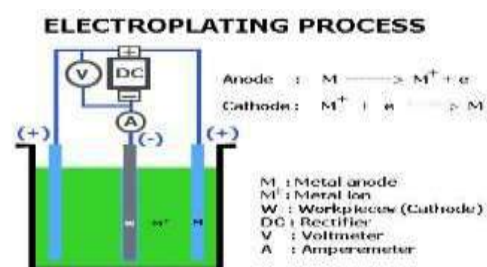
Dalam proses pengerjaan logam, proses elektroplating dikategorikan sebagai proses pengerjaan akhir. Secara sederhana, dapat diartikan sebagai proses pelapisan logam, dengan menggunakan bantuan arus listrik dan senyawa kimia tertentu guna memindahkan partikel logam pelapis ke material yang hendak dilapisi. Terdapat beberapa kondisi operasi yang mempengaruhi proses elektroplating, diantaranya rapat arus, konsentrasi larutan, suhu larutan elektrolit dan lama waktu pelapisan. Karna masih perlunya informasi pengaruh elektroplating ini maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh suhu elektrolit dan

waktu pelapisan terhadap nilai ketebalan lapisan melalui proses elektroplating [4].

Tinjauan Pustaka

Baja karbon rendah merupakan material multiguna, sedikit lebih mahal dan paling banyak diterapkan pada rekayasa material logam. Baja karbon rendah keunggulan pada sifat mekanik dan sifat fisiknya yang dapat ditingkatkan dengan proses penambahan unsur paduan dan perlakuan panas. Kekurangan dari baja karbon rendah dan paduannya adalah ketahanan terhadap korosi yang buruk meskipun bekerja dalam media korosi yang ringan, dan biasanya membutuhkan lapisan perlindungan atau pengkondisian lingkungan [5].

Prinsip dasar dari proses lapis listrik atau elektroplating adalah berdasarkan pada hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Disamping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut. Dalam pelaksanaan proses elektroplating ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu arus yang diperlukan untuk melapisi dalam proses elektroplating (rapat arus), temperatur larutan, waktu pelapisan dan konsentrasi larutan. Plating adalah salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan, disamping itu plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi.



Gambar 1. Rangkaian dasar elektrik untuk elektroplating [6]

Pada prinsipnya proses pelapisan logam dengan cara *elektroplating* merupakan rangkaian yang terdiri dari sumber listrik searah, anoda, katoda serta larutan elektrolit [4]. Rangkaian disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu sistem lapis listrik sebagai berikut:

1. Sirkuit luar terdiri dari sumber arus DC dan peralatan terkait seperti *Ampermeter*, *Voltmeter*, dan alat pengatur tegangan dan arus
2. Katoda adalah elektroda negative yang merupakan benda kerja yang akan dilapisi. Katoda atau benda kerja dapat memiliki bentuk dan dapat terbuat dari beraneka logam, yang terpenting katoda harus memiliki kumpulan atom-atom yang terkait dimana electron-elektronnya dapat bergerak bebas sehingga proses lapis listrik dapat berlangsung dengan baik dan logam dapat menempel kuat pada katoda
3. Di dalam larutan pelapis terdapat ion-ion logam yang sering disebut "*Bath*".
4. Anoda atau bahan pelapis adalah elektroda positif yang merupakan logam pelapis. Pada anoda terjadi oksidasi, ion bergerak (migrasi) ke anoda

Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas pelapisan Nikel adalah:

1. Konsentrasi larutan, Larutan elektrolit yaitu zat-zat yang dilarutkan dalam air murni yang dapat menjembatani partikel-partikel bermigrasi dari anoda ke katoda. Konsentrasi ini akan berkaitan dengan nilai pH dari larutan. Pada larutan elektrolit nikel mempunyai batas-batas pH yang diijinkan agar proses tersebut berlangsung baik, berkisar antara 2–4,5. Jika nilai pH melebihi
2. Rapat arus adalah harga yang menyatakan jumlah arus listrik

yang mengalir persatuan luas permukaan elektroda. Terbagi menjadi dalam dua macam rapat arus anoda dan rapat arus katoda. Pada proses lapis listrik rapat arus yang diperhitungkan adalah rapat arus katoda, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang akan dilapisi. Untuk proses lapis listrik ini faktor rapat arus memegang peranan sangat penting, karena akan mempengaruhi efisiensi pelapisan, reaksi reduksi, oksidasi dan difusi dari hasil pelapisan pada permukaan benda yang dilapisi.

3. temperatur dan waktu pelapisan yang cukup rendah dan rapat arus yang cukup optimum akan mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam, tetapi jika temperature tinggi dengan rapat arus yang optimum maka pelapisan menjadi tidak merata. Waktu pelapisan akan mempengaruhi terhadap kuantitas dari hasil pelapisan yang terjadi dipermukaan produk yang dilapisi. Kenaikan temperature akan menyebabkan naiknya konduktivitas dan difusitas larutan elektrolit, berarti tahanan *elektrolit* akan mengecil sehingga potensial akan dibutuhkan untuk mereduksi ion-ion berkurang.

Nikel adalah unsur kimia metalik dalam table periodic yang memiliki symbol Ni, merupakan logam yang mempunyai sifat hantaran arus dan panas yang baik. Nikel digunakan sebagai pelapis dasar karena dapat menutup permukaan bahan yang dilapisi dengan baik. nikel lazim digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industry. Nikel juga sangat penting dalam pembentukan logam campuran terutama baja tidak berkarat [7].

Ketebalan adalah salah satu syarat penting dari suatu lapisan hasil *elektroplating*. Oleh karena itu, dari sekian

banyak jenis pengujian yang dilakukannya terhadap hasil penting, permukaan ketebalan adalah salah satu uji yang harus dilakukan. Dalam merencanakan pengukuran ketebalan perlu diperhatikan kejelasan pengukuran ketebalan yang diinginkan, yaitu ketebalan rata-rata atau ketebalan pada lokasi atau titik tertentu yang sangat strategis. Diambil ketebalan rata-rata karena distribusi ketebalan yang serba sama disetiap titik pada suatu permukaan yang dilapisi jarang sekali bias dihasilkan dengan proses *elektroplating*.

Untuk mengetahui nilai ketebalan pada specimen maka akan dilakukan pengukuran ketebalan dengan menggunakan alat ukur *veirnier caliper* (jangka sorong). Ketebalan lapisan *elektroplating* akan semakin tebal seiring dengan naiknya kuat arus dan juga bertambahnya distribusi arus, begitu pula dengan hasil kekerasan permukaan pada pelapisan akan bertambah kuat ketika di uji dengan menggunakan *Vickers* [8].

Kuat arus listrik dan Waktu proses berpengaruh terhadap Ketebalan dan Massa lapisan yang terbentuk pada proses *elektroplating*. Semakin besar arus listrik dan waktu proses yang digunakan, maka semakin besar pula ketebalan dan massa lapisan yang dapat terbentuk. Nilai ketebalan dan massa lapisan yang diperoleh secara teoritis lebih besar dibandingkan dengan nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran [9].

Pengujian kelekatan pada lapisan *coating* dapat di uji *pulloff* dengan menggunakan alat *posiTest AT-M Adhesion Tester*, dengan spesifikasi resolusi 1 psi (0.01 Mpa), akurasi + 1% skala penuh.



Gambar 2. Alat uji kerekatan posiTest AT-M Adhesion Tester [10].

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara langsung di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro sebagai tempat proses pengerjaan elektroplating. Dalam penelitian ini menggunakan alat serta bahan untuk mendukung proses elektroplating dalam pengerjaannya. Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

- a) Alat Elektroplating
- b) Wadah Elektroplating
- c) Power Suplay
- d) Multimeter
- e) Penggaris
- f) Stopwatch
- g) Micrometer
- h) Posi Test AT-M Adhesion Tester alat untuk menguji kerekatan bahan uji.
- i) Baja Plat ST41 Baja karbon rendah sebagai bahan penelitian (katoda)
- j) Logam Nikel sebagai bahan (anoda).
- k) Nikelsulfat (NiSO_4) digunakan sebagai campuran elektrolit
- l) Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) digunakan sebagai larutan elektrolit
- m) Kabel Kabel sebagai penghubung dan penghantar energi listrik
- n) Aquades, air mineral yang telah di proses dengan cara destilasi sehingga diperoleh air murni yang bebas mineral

Dalam prosedur penelitian ini, sebelum melaksanakan penelitian terlebih dahulu mempersiapkan tahap demi tahap dalam penelitian. Adapun tahapannya sebagai berikut:

Persiapan Penelitian

Adapun persiapan penelitian sebagai berikut:

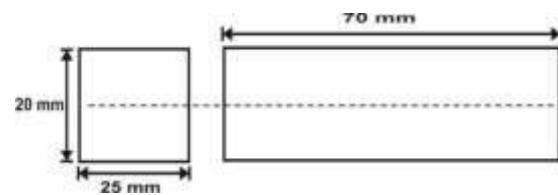
1. Wadah penampung sebagai media elektroplating
2. Bahan uji dari Logam Nikel (anoda) dan baja karbon rendah (katoda),
3. Larutan elektrolit Asam Sulfat (H_2SO_4).

4. Membuat bahan uji baja karbon rendah dan logam nikel lalu, memotong dengan ukuran tinggi 70 mm, lebar 25 mm, tebal 20 mm.
5. Membersihkan dan menghaluskan permukaan bahan uji menggunakan gerinda, amplas dan kain lap
6. Mengukur ketebalan bahan uji gunanya untuk mengetahui sebelum pengujian dilakukan.
7. Merendam atau mencelupkan bahan uji dengan menggunakan larutan air bersih
8. Mengeringkan bahan uji dengan cara membiarkan bahan uji kering dengan sendirinya.
9. Menghubungkan baja karbon rendah (katoda) pada arus listrik negatif. Menghubungkan logam nikel (anoda) pada arus listrik positif.
9. Melakukan pengujian ketebalan dan kerekatan pada bahan uji sebelum proses elektroplating dilakukan.
10. Menghidupkan daya listrik dan hubungkan ke power suplai ke katoda (-) dan anoda (+)
11. Mencatat waktu akan memulai perendaman dan setelah perendaman proses elektroplating saat daya listrik dihubungkan.
12. Mengangkat bahan uji pada waktu yang telah ditentukan.
13. Membersihkan bahan uji dengan menggunakan air bersih secara mengalir dan keringkan.
14. Melakukan pengujian ketebalan dan kerekatan pada bahan uji setelah proses elektroplating dilakukan.

Proses Pelapisan (Elektroplating)

1. Menyiapkan wadah elektrolit untuk proses elektroplating
2. Merangkai kabel-kabel yang akan dihubungkan antara katoda dan sumber daya listrik DC di sumbu positif
3. Merangkai kabel-kabel yang akan dihubungkan antara katoda dan sumber daya listrik DC di sumbu negatif
4. Menyusun susunan katoda dan anoda sesuai ukuran yang telah diatur dalam wadah.
5. Menyiapkan larutan elektrolit 20 ml asam sulfat (H₂SO₄), 800 gr nikel sulfat (NiSO₄) serta 2 liter Aqua Dest dan aduk hingga larutan tercampur dan merata.
6. Memasukkan elektrolit kedalam wadah sampai katoda dan anoda terendam secara baik.
7. Mengatur jarak katoda dan anoda serta tegangan listrik DC yang telah disesuaikan.
8. Menghubungkan multimeter pada saat-saat tertentu ketika ingin melakukan atau memulai proses elektroplating.

Pengukuran Ketebalan Bahan Uji
Pengukuran ketebalan lapisan bahan uji menggunakan alat ukur micrometer.



Gambar 3. Ukuran Bahan Uji.

Adapun langkah-langkah pengukuran tebal lapisan adalah sebagai berikut:

1. Mengukur ketebalan sebelum dan sesudah proses elektroplating dilakukan, bahan uji dari masing-masing sisi.
2. Setelah mendapatkan ukuran, kemudian dilakukan perhitungan perbandingan antara sebelum dan sesudah proses elektroplating. Maka akan didapat nilai ketebalan pada lapisan dari proses elektroplating
3. Mencatat hasil-hasil pengukuran yang telah dilakukan baik sebelum maupun sesudah proses pelapisan berlangsung.
4. Mengukur beberapa bahan uji dengan metode yang sama.

Pengukuran Kuat Rekat Bahan Uji

Pengujian kerekatan lapisan hasil proses elektroplating ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Metro dengan menggunakan alat uji posi Test AT-M Adhesion Tester. Adapun langkah-langkah pengukuran kerekatan lapisan adalah sebagai berikut:

1. Benda kerja di tempelkan atau direkatkan pada bahan uji menggunakan *glue* atau lem *poxy* lalu dibiarkan mengering selama 12 jam.
2. Bersihkan bahan uji dari sisa - sisalem pada samping alat penarik dengan menggunakan alat *cutting tool* yang berbentuk lingkaran dan tajam.
3. Melakukan proses pengujian *pull-off* dengan memasukan tuas penarik kedalam alat penarik yang terhubung dengan alat indikator digital tekanan. Kemudian mulai proses penarikan sampai lapisan *coating* terangkat.
4. Mencatat hasil pengujian kuat rekat yang telah dilakukan.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kerekatan pada proses *elektroplating* yang dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Hasil pengujian yang telah didapat dimasukkan ke dalam tabel dan grafik, untuk dibandingkan dan diambil kesimpulan sehingga dapat diketahui variabel mana yang lebih optimal. Pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan dengan variasi waktu 20 menit dengan jumlah spesimen pengujian 3 buah, pengujian kuat lekat menggunakan alat uji tarik sedangkan pengujian ketebalan menggunakan alat jangka sorong sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 1 Pengujian dengan variasi waktu 20 menit

No	Waktu Pelapisan (menit)	Kuat Lekat (MPa)	Ketebalan Lapisan (mm)
01	20	19,61	0,112
02	20	17,65	0,111
03	20	19,61	0,119
Rata- rata		18,95	0,114

Pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan dengan variasi waktu 25 menit dengan jumlah spesimen pengujian 3 buah, pengujian kuat lekat menggunakan alat uji tarik sedangkan pengujian ketebalan menggunakan alat jangka sorong sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian dengan variasi waktu 25 menit

No	Waktu Pelapisan (menit)	Kuat Lekat (MPa)	Ketebalan Lapisan (mm)
01	25	22,55	0,208
02	25	22,65	0,212
03	25	22,55	0,229
Rata- rata		22,58	22,58

Pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan dengan variasi waktu 30 menit dengan jumlah spesimen pengujian 3 buah, pengujian kuat lekat menggunakan alat uji tarik sedangkan pengujian ketebalan menggunakan alat jangka sorong sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Pengujian dengan variasi waktu 30 menit

No	Waktu Pelapisan (menit)	Kuat Lekat (MPa)	Ketebalan Lapisan (mm)
01	30	27,45	0,312
02	30	26,47	0,301
03	30	26,47	0,331
Rata- rata		26,79	0,314

Analisis Data

Berdasarkan data pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan pada tabel di

atas didapatkan hasil nilai rata rata dari pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan dari pengujian kuat lekat dan pengujian ketebalan yang telah dilakukan dengan variasi waktu 20,25,dan 30 menit dengan 9 spesimen uji didapatkan nilai rata rata sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai rata rata pengujian kuat lekat dan ketebalan lapisan

No	Waktu Pelapisan (menit)	Kuat Lekat (MPa)	Ketebalan Lapisan (mm)
01	20	18,95	0,114
02	25	22,58	0,216
03	30	26,79	0,314

Pembahasan

Setelah melakukan pengujian maka dilakukan pengumpulan data yang diperoleh dari hasil pelapisan dengan memvariasikan waktu 20 menit, 25 menit, dan 35 menit. Pengujian ketebalan menggunakan jangka sorong didapatkan hasil yang mempunyai nilai ketebalan paling tinggi adalah spesimen dengan lama pelapisan 30 menit yaitu dengan rata rata nilai 0,314 mm, sedangkan nilai ketebalan paling rendah ada pada spesimen dengan lama pelapisan 20 menit yaitu dengan nilai rata rata 0,114 mm dari pengujian ketebalan dengan variasi yang telah ditentukan dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai ketebalan berbanding lurus dengan lama waktu pelapisan.



Gambar 4. Pengukuran ketebalan

Pengujian kuat lekat dilakukan menggunakan alat kuat lekat dengan memvariasikan lama waktu pelapisan 20

menit, 25 menit, dan 30 menit didapatkan hasil kekuatan lekat paling tinggi adalah spesimen dengan lama pelapisan 30 menit yaitu dengan rata rata nilai 26,79 MPa, sedangkan nilai paling rendah ada pada spesimen dengan lama pelapisan 20 menit yaitu dengan nilai 18,95 MPa. Setelah didapatkan hasil tersebut berarti dengan batasan variasi yang telah ditentukan nilai kuat lekat berbanding lurus dengan lamanya waktu pelapisan semakin lama pelapisan maka semakin tinggi nilai kuat lekatnya, berhubungan dengan penelitian yang dilakukan oleh Billy (2019) dari beberapa variasi yang telah ditentukan mendapatkan hasil nilai uji kuat lekat paling tinggi ada dilapisan elektroplating paling tebal [3]. Serta penelitian yang dilakukan oleh Dien (2019) dengan variasi waktu pelapisan 10 menit,15 menit, dan 20 menit dan didapatkan hasil nilai kuat lekat ketebalan berbanding lurus dengan lama waktu pelapisan semakin lama waktu pelapisan semakin tinggi nilai kuat lekat dan ketebalan lapisan elektroplatingnya.

Hasil pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pencelupan 20 menit pengujian ini mendapatkan hasil dengan nilai rata-rata kuat lekatnya 18,95 MPa dan nilai ketebalan dengan rata rata sebesar 0,114 mm.



Gambar 5. Pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pelapisan 20 menit.

Hasil pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pencelupan 25 menit pengujian ini mendapatkan hasil dengan

nilai rata-rata kuat lekatnya 22,58 MPa dan nilai ketebalan dengan rata rata sebesar 0,216 mm dengan lapisan elektroplating yang terangkat sebesar 15%, hasil dari pengujian ini tidak terkelupas dikarenakan lapisan elektroplating lebih kuat dari pada lem yang digunakan.



Gambar 6. Pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pelapisan 25 menit

Hasil pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pencelupan 25 menit pengujian ini mendapatkan hasil dengan nilai rata rata kuat lekatnya 22,58 MPa dan nilai ketebalan dengan rata rata sebesar 0,216 mm, hasil dari pengujian ini lapisan elektroplating pada spesimen tidak terkelupas dikarenakan lapisan elektroplating lebih kuat daripada lem yang digunakan.



Gambar 7. Pengujian kuat lekat dengan variasi waktu pelapisan 30 menit.

Kesimpulan

Dari pengujian ketebalan didapatkan hasil, dengan waktu pelapisan 30 menit dengan rata rata nilai 0,314 mm, waktu pelapisan 25 menit yaitu dengan nilai rata rata 0,216 mm, dan waktu pelapisan 20 menit yaitu dengan nilai rata rata 0,114 mm dari hasil tersebut disimpulkan bahwa waktu celup paling optimal yaitu 30 menit dengan rata rata nilai ketebalan 0,314 mm.

Dari pengujian tarik yang dilakukan didapatkan hasil waktu pelapisan 30 menit dengan ketebalan rata-rata 0,314 mm rata rata nilai kuat lekat 26,79 MPa, waktu pelapisan 25 menit dengan ketebalan rata rata 0,216 mm rata-rata nilai kuat lekat 22,58 MPa, waktu pelapisan 20 menit dengan ketebalan rata-rata 0,114 mm rata rata-nilai kuat lekat 18,95 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dengan batasan variasi yang telah ditentukan nilai kuat lekat berbanding lurus dengan lamanya waktu pelapisan semakin lama pelapisan maka semakin tinggi nilai kuat lekatnya.

Referensi

- [1] Syam, F. R. (2014). *Pengaruh Variasi Waktu Celup 4, 6 Dan 8 Detik Terhadap Tebal Lapisan Dan Kekasaran Tembaga Pada Pelat Baja Karbon Sedang Dengan Proses Elektroplating* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [2] Budiyanto, E., Setiawan, D. A., Supriadi, H., & Ridhuan, K. (2017). Pengaruh jarak anoda-katoda pada proses elektroplating tembaga terhadap ketebalan lapisan dan efisiensi katoda baja AISI 1020. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- [3] Permadi, B., Asroni, A., & Budiyanto, E. (2019). Proses elektroplating nikel dengan variasi jarak anoda katoda dan tegangan listrik pada baja ST-41.
- [4] Basmal, B., Bayuseno, A. P., & Nugroho, S. (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel

- pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran.
- [5] Furqon, N. G., & Sulistijono, S. (2015). Pengaruh Densitas Arus dan Waktu Kontak Efektif Elektrolit Gel Terhadap Ketebalan Dan Kekuatan Lekat Lapisan Krom Pada Baja Dengan Metode Elektroplating.
- [6] Sutomo, Senen, Rahmat, 2010. *Pengaruh Arus Dan Waktu Pada Pelapisan Nikel Dengan Elektroplating Untuk Bentuk Plat*. Program Diploma III Teknik Mesin, Vol. 6 No. 02. 2010 Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [7] Suarsana, I Ketut 2008, *Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan*, Jurnal Teknik Mesin CAKRAM Vol.2 No.1.Juni 2008 (48-60), Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali
- [8] Rasyad, Abdul, and Budiarto Budiarto. "Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah." *Rekayasa Mesin* 9.3 (2019): 173-182.
- [9] Dermawan, Arif Surya dkk, 2015, *Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom*, Dinamika Teknik Mesin, Volume 5 No. 2 Juli 2015, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram..
- [10] Paridawati, 2013. *Analisa Besar Pengaryh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Pelapisan Chrome Pada Pelat Baja Dengan Proses Elektroplating*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol.1, No.1 Februari 2013 Universitas Islam 45, Bekasi.

Rancang bangun mesin CNC laser cutting CO₂ 2 axis berbasis microcontroler dengan software Mach3

Samsul Hadi¹, Mafruddin^{2*}, Tri Cahyo Wahyudi³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: mafruddinmn@gmail.com

Abstract

Laser technology is now so fast and is used in almost all fields, such as in manufacturing, medical, arts, trade transactions and printing. Although there are various types of lasers on the market, but in the manufacturing sector, the CO₂ laser is often encountered. This is due to its relatively large power so that its utilization is more flexible and can be used for cutting thin sheet materials as well as rather thick materials. Laser cutting has various advantages over other manufacturing technologies because it can receive data directly from a computer, so that cutting automation can run in the industrial world. The use of CNC (Computer Numerical Control) machines in laser cutting systems is very necessary, because we can cut a material with the design shape we want and with good cutting quality. The method used is experimental by designing and manufacturing and testing a CO₂ CNC laser cutting machine. Testing is done by finding the best feedrate and knowing the level of accuracy of the cutting results on different types of cutting grooves. From the results of the study it can be concluded that the best feedrate is 50 (mm/min), and also the level of accuracy with different groove cutting shapes affects the level of cutting accuracy, the lowest accuracy coefficient is 0.73 (mm).

Keywords: CNC Laser CO₂, best feedrate, different cutting accuracy shape.

Abstrak

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir disegala bidang, seperti dibidang manufaktur, medis, seni, transaksi perdagangan dan percetakan. Walaupun ada berbagai jenis laser yang ada dipasaran, namun dibidang manufaktur yang seringkali dijumpai adalah Laser CO₂. Hal ini disebabkan dayanya yang relatif besar sehingga pemanfaatannya lebih fleksibel dapat digunakan untuk pemotongan pada material lembaran tipis maupun pada material yang agak tebal. Laser *cutting* memiliki berbagai keunggulan dibandingkan teknologi manufaktur lainnya karena dapat menerima data langsung dari komputer, sehingga *otomatisasi* pemotongan dapat berjalan pada dunia industri. Penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) pada sistem laser *cutting* sangat diperlukan, karena kita bisa memotong suatu bahan dengan bentuk desain sesuai yang kita inginkan dan dengan kualitas pemotongan yang bagus. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan merancang dan membuat serta menguji mesin CNC laser cutting CO₂. Pengujian dilakukan dengan mencari *feedrate* yang terbaik dan Mengetahui tingkat akurasi hasil pemotongan pada jenis alur pemotongan yang berbeda. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *feedrate* yang terbaik adalah 50 (mm/menit), dan juga tingkat akurasi dengan bentuk pemotongan alur yang berbeda mempengaruhi pada tingkat keakurasian pemotongan, koefisien akurasi terendah pada bentuk lingkaran 0,73 (mm).

Kata kunci :CNC Laser CO₂, *feedrate* terbaik, bentuk akurasi pemotongan berbeda.

Pendahuluan

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir disegala bidang, seperti di bidang manufaktur, medis, seni, transaksi perdagangan dan percetakan. Walaupun ada berbagai jenis laser yang ada di pasaran, namun di bidang manufaktur yang seringkali dijumpai adalah Laser CO₂. *Computer Numerical Controlled* atau yang sering dikenal dengan istilah mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai dengan standar ISO. Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik, sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi massal [1].

Mesin CNC Laser Cutting saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usaha kecil menengah seperti usaha mebel dan interior rumah. Sementara untuk merancang bangun mesin CNC Laser Cutting untuk skala laboratorium dan industri kecil saat ini relatif sudah lebih mudah dilakukan mengingat perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan komponen-komponen standar dan komponen pendukung serta *software* pendukung yang dapat dibeli dengan lebih murah [2].

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, aplikasi laser telah banyak digunakan oleh masyarakat dalam berbagai bidang. Sehingga saat ini telah banyak dikembangkan berbagai teknik perlakuan permukaan material dengan menggunakan laser atau sering disebut *laser processing materials*. Penerapan aplikasi laser *processing material* dapat berupa laser *engraving*, laser *sintering*, maupun aplikasi lain digunakan untuk memotong suatu material. Salah satunya mesin yang digunakan dalam proses pemotongan yaitu mesin *laser cutting* yaitu mesin yang

digunakan untuk memotong *acrylic*. *Acrylic* atau *pmma* memiliki kekerasan dalam *rocvell B* adalah 67-97 HRB dan mempunyai sifat yang ringan dan kuat, serta memiliki ketahanan tekanan yang baik sehingga dapat diaplikasikan secara luas, dalam sebuah sektor seperti rumah sakit, rumah tangga, kereta api, pertanian, konstruksi, kimia, elektronik, maupun bidang perindustrian. Dengan demikian hasil produk *acrylic* dituntut untuk memiliki nilai kekerasan yang baik karena seiring dimanfaatkannya oleh manusia dan untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan saat dipakai manusia [3].

Tinjauan Pustaka

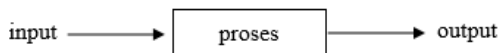
Laser pemotong yaitu teknologi menggunakan laser sebagai sumber pemotong yang bekerja dengan mengarahkan daya tinggi pada lokasi tertentu. Pemotongan menggunakan laser menerima data langsung dari komputer sehingga otomatisasi pemotongan dapat berjalan pada mesin CNC (*Control Numeric Computer*). Laser cutting biasanya juga disebut dengan laser *engraving*. Laser *engraving* adalah salah satu teknologi yang digunakan dalam perancangan untuk mengukir atau menandai objek, dalam metode ini sinar laser digunakan untuk menghilangkan objek yang padat sesuai pola yang ditentukan. Mesin laser merupakan alat batu dalam berkreasi yang memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan alat potong lainnya seperti CNC router dan gergaji. Laser memotong dengan menggunakan energi panas, maka dari itu material yang akan tidak akan menerima tekanan jika dibandingkan dengan alat potong lainnya, selain itu juga, jika memotong material plastik seperti akrilik, maka hasil potongannya akan mulus dan dapat langsung digunakan sesuai yang diinginkan.

Secara garis besar dengan dilihat dari karakteristiknya cara untuk mengoperasikan mesin CNC dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu System Absolut dan System incremental [4]. Pada system

incremental penempatan titik awal yang dipakai sebagai titik acuan ialah selalu berpindah-pindah sesuai dengan titik actual yang dinyatakan terakhir. Presisi ditentukan menggunakan kumpulan data dari hasil suatu pengukuran berulang. Untuk indikator presisi pada umumnya digunakan simpangan baku, yang menunjukkan perbedaan kumpulan data yang didapatkan. Makin kecil simpangan baku, data yang didapatkan pun akan saling mendekati. Hal ini berarti, presisi hasil dari suatu pengukuran yang dikerjakan ialah lebih baik [5].

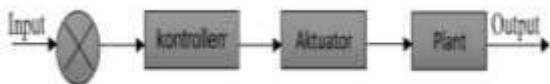
Sistem kendali atau kontrol

Sistem adalah gabungan dari beberapa komponen untuk melakukan suatu pekerjaan tertentu yang dilakukannya secara bersama-sama. Komponen ini bekerja dengan dirinya sendiri maupun bekerja secara berkesinambungan dengan komponen dari sistem tersebut ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

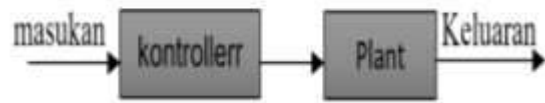
Sistem kendali merupakan proses pengaturan beberapa elemen atau variabel yang dapat menghasilkan suatu tanggapan dengan besaran tertentu sesuai dengan hasil yang diharapkan. Elemen-elemen yang terdapat pada sistem kendali terdiri dari input, error detector, kontroler, aktuator [6] dapat di lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Sistem Kendali

Sistem kendali dikenal dengan dua jenis pengaturan yaitu *open loop system* dan *close loop system*. *Open loop system* merupakan suatu sistem pengaturan umpan maju di mana pada keluaran tidak akan di perhitungkan kembali melalui proses *feedback*, dengan hal demikian pada

keluarannya tidak akan pengaruh pada aksi kontrol atau pada masukan. Diagram block system open loop sistem pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok open loop system

Close loop system atau kontrol lup tertutup merupakan pengaturan pada suatu sistem yang mengutamakan pada ketepatan pada hasil keluarannya. Mempunyai proses *feedback* yang mempunyai fungsi untuk mengirimkan kembali suatu informasi dari keluaran ke error detector, proses ini akan dilakukannya secara terus menerus sampai didapatkan pada hasil keluaran yang diinginkan

Software System Control (Mach3)

Mach3 adalah paket perangkat lunak yang berjalan pada komputer dan mengubahnya menjadi pengontrol pada mesin yang sangat kuat dan ekonomis. Mach3 dapat berjalan menggunakan Windows XP atau Windows 2000 atau idealnya berjalan pada prosesor 1GHz dengan resolusi layar 1924 x 768 piksel. Mach3 pada dasarnya berkomunikasi melalui satu atau dua port paralel (*printer*) dan jika diinginkan port serial (*com*).

Breakout Board (mach3 USN RNR)

Breakout board (BOB) merupakan kartu elektronik yang mempunyai fungsi untuk menghubungkan sinyal input maupun output data dari komputer kepada aktuator. BOB merupakan komponen utama sistem kontrol yang mempunyai fungsi sebagai otak pada mesin CNC. BOB ini nantinya akan difungsikan sebagai penghubung sinyal data dari komputer menuju relay atau driver, ataupun untuk menghubungkan sinyal dari luar agar dapat dibaca oleh komputer. BOB ini mempunyai port 4 axis yang dapat digunakan untuk sumbu x, y, z, dan A.

1. Motor Driver (TB6600)

Motor driver adalah komponen yang memiliki fungsi untuk mengkomunikasikan antara kontroler dengan aktuator serta untuk meningkatkan sinyal keluaran dari kontroler sehingga aktuator dapat membacanya, pada driver motor ini terdapat beberapa port yang terhubung ke masing-masing port di antaranya input power, *motor stiper*, dan *breakout board controler*, selain itu juga terdapat *driver cwiching* yang digunakan untuk mengatur *micro step* dan *current control* [7].

2. Power supply

Power supply merupakan perangkat elektronik yang mempunyai fungsi untuk menurunkan dan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC.

3. Motor stiper (nema 17)

Motor stiper mempunyai fungsi sebagai aktuator atau motor penggerak untuk sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC, penentuan atau pemakaian motor stiper didasari terhadap beban yang ditanggung oleh motor stiper tersebut, dimana motor stiper menggerakkan sumbu X, Y dan Z, sehingga motor stiper tersebut dapat dikembalikan dengan cukup mudah dan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi.

4. Power Supply Laser CO₂

Power supply laser CO₂ ini berfungsi seperti pada umumnya yang membedakan adalah arusnya yang khusus untuk laser CO₂ satu daya tabung laser 40 Watt ini tersedia dalam tegangan *input* 110 atau 220.

5. Tabung laser CO₂

Tabung CO₂ yang digunakan untuk menembakkan sinar laser inilah yang nantinya bisa melakukan pemotongan atau pembentukan dalam suatu objek. Pantulan sinar laser yang dikeluarkan dari dalam tabung laser dapat mengeluarkan diameter sinar yang sangat kecil yaitu 0,02 (mm). Dengan ukuran yang kecil tersebut dapat membuat hasil pemotongan maupun

pembentukan bisa lebih halus dan juga rapih.

6. limit swit dan *emergensi stop*

Limit swit merupakan jenis saklar yang memiliki lengan memanjang yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit swit* sama halnya dengan saklar *push on / off*, ketika tuas ditekan maka akan memutus atau menghubungkan kontak [8].

7. Lensa Focus Laser

Lensa focus ialah lensa yang digunakan untuk memantulkan cahaya api dari tabung laser ke head laser dan mempunyai lensa yang berbeda-beda jadi harus sesuai dengan yang sudah ditentukan, lensa yang harus digunakan harus sesuai dengan daya laser, jenis bahan, tingkat detail dan resolusi grafis, ketebalan bahan.

8. Kompresor power 40 watt

Pada proses pemotongan laser cutting logam atau metal atupun akrilik dilakukan dengan nitrogen tekanan tinggi dan konsentrasi tinggi.

9. Pompa Air

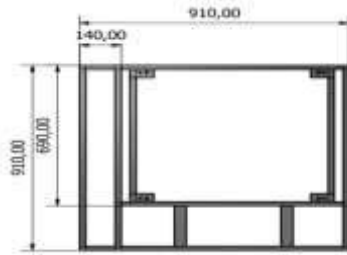
Pompa air ini sangat diperlukan untuk melindungi tabung laser CO₂. Gunakan air lunak (air suling atau air murni) untuk mendinginkan air, dan selalu perhatikan suhu air pendingin. Suhu air harus dikontrol dalam kisaran 25 ° C-30 ° C.

10. Akrilik

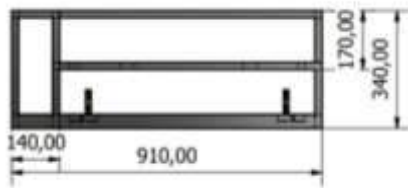
Akrilik (*Polymethyl methacrylate*) ialah thermoplastik transparan yang digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kaca. Polimer ini merupakan suatu jenis material rekayasa non logam (*non metallic metal*) material ini sudah banyak digunakan menjadi bahan pengganti atau substitusi yang telah banyak digunakan pada material logam karena bahan ini mempunyai sifat yang ringan, tahan korosi, tahan terhadap zat kimia, dan harga yang murah.

Metode Penelitian

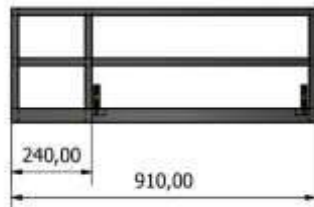
1. Teknik Sampeling, Rancangan Desain



1. Desain atas



2. Desain samping



3. Desain depan

Gambar 4. Rancangan Desain Mesin CNC Laser CO₂ 2 Axis

a. Tahap Perencanaan

Dalam hal ini akan dilakukan desain mesin CNC Laser CO₂ yang akan dibuat dengan menyesuaikan ukuran dan jenis bahan diantaranya aluminium T-slot, holo galvanis, plat strip, mekanisme rel, komponen penggerak, dan komponen elektronik yang ada di pasaran.

b. Tahap Pelaksanaan

Proses pembuatan mesin CNC Laser CO₂ dan elengkapannya dikerjakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro. Adapun langkah pembuatan mesin CNC Laser CO₂ 2 Axis yaitu:

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- 2) Mengukur bahan
- 3) Memotong bahan

- 4) Menyambung dan melakukan pengelasan, merangkai atau merakit sesuai dengan gambar rancangan
- 5) Memasang atau merakit perangkat elektronik seperti controller dan perangkat lainnya
- 6) Mengaktifkan perangkat lunak seperti Software pendukung lainnya.

D. Teknik Pengambilan Data

Adapun proses pengujian Mesin CNC Laser CO₂ 2 axis terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Mempersiapkan Alat

Mempersiapkan mesin CNC Laser CO₂ 2 axis, media uji (akrilik), dan peralatan tambahan lainnya.

2. Menghidupkan Alat Uji

Menghidupkan mesin CNC Laser CO₂ 2 axis, menghidupkan computer, membuka software nach3 dan software Aspire untuk membuat file G-code.

3. Melakukan Pengujian

Mengatur parameter-parameter pada pembuatan file G-Kode sesuai pada ketentuan pengujian, kemudian upload file G-kode ke Mach3 dan dilakukan pengujian.

4. Mencatat Hasil Pengujian

Melakukan pengamatan selama pengujian dan mencatat data hasil pengujian dari parameter-parameter yang telah diberikan terhadap hasil pemotongan pada variasi zig-zag (segi tiga), persegi panjang dan melingkar dari masing-masing hasil pemotongan.

5. Melakukan Perhitungan dan Analisa

Melakukan perhitungan dan analisa terhadap data-data yang telah didapatkan selama proses pengujian.

E. Intrumen penelitian

Pada bagian ini berisi tentang alat dan bahayang digunakan dalam penelitian.

1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Seperangkat Mesin CNC Laser CO₂ 2 Axis Berbasis Mach3

Mesin CNC Laser CO₂ 2 Axis ini merupakan mesin CNC rakitan yang

mennggunaan software Mach3. Mesin ini mempunyai ukuran panjang dan lebar 600 (mm) x 600 (mm). serta tinggi 300 (mm), dengan menggunakan ranka dari besi holo galvanis dan alumunium T-slot ukuran 20 x 20 (mm). mesin ini mempunyai 2 sumbu yaitu X dan Y. Untuk sumbu Y merupakan gerakan braket kanan dan kiri positif dan negative dan untuk sumbu x digunakan untuk gerakan head laser ke arah positif dan negatif pada sumbu7 tersebut.

b. Laptop atau Komputer

komputer atau laptop yan digunakan untuk menjalankan *software Mach3* dan juga digunakan untuk mendesain gambar atau mermbuat file G-kode pada mesin CNC.

2. Bahan

Adapun bahan yan digunakan dalam penelitian ini adalah akrilik trasnparan dengan ketebalan 5 (mm).



Gambar 5. Akrilik

a. Proses pembuatan mesin CNC laser cutting co2 2 axis

Merancang mesin CNC laser cutting co2 dengan software inventor.

Tahap awal untuk memulai desain menggunakan software inventor professional terlebih dahulu memilih sumbu yang sudah di sediakan X,Y,dan Z untuk membuat line sesuai mesin yang sudah di rencanakan sampai membentuk gambar 3D dan proses perakitan perkomponen hingga membentuk kerangka mesin CNC laser cutting co2 2 axis.

- (a) Buka software Autodesk inventor professional
- (b) Membuat sketch 2D

- (c) Membuat linier shaft
- (d) Design area kerja pada mesin cnc laser co2
- (e) Design part sumbu X dan Y
- (f) Motor stepper nema 17
- (g) Bracket nema 17
- (h) Perakitan pada sumbu X dan Y
- (i) Perakitan semua sumbu mesin cnc laser co2 2 axis

1) Proses pembuatan mesin cnc laser cutting co2 2 axis

Pada proses pembuatan mesin CNC laser cutting co2 2 axis ini adalah proses awal dalam pembentukan mesin mulai dari mengukur, memotong, dan merakit mesin.

(a) Pemasangan komponen pada mesin cnc



Gambar 6. Mesin cnc laser co2 2 axis

Cara pengoprasian mesin cnc laser cutting co2 2 axis

Mach3 menghasilkan pulsa langkah dan sinyal arah untuk melakukan langkah langkah yang di tentukan oleh program bagian Gcode dan mengirimnya ke port (s) atau papan pengontrol gerak. Driver untuk motor sumbu mesin harus menerima pulsa langkah dan sinyal arah mach3. Hampir semua driver motor stepper bekerja seperti ini, seperti halnya seperti servo DC dan AC modern dengan encoder digital. Fitur dari mesin yang di gunakan oleh mach3 ini meliputi:

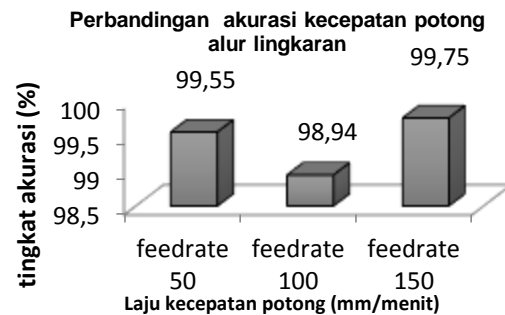
- 1) Beberapa kontrol pengguna. Tombol berhenti darurat (Estop) harus di sediakan di setiap mesin
- 2) Dua atau tiga sumbu gerak, yang biasanya tegak lurus satu sama lain (di sebut sebagai sumbu X Y dan Z).
- 3) Alat yang bergerak relatif terhadap benda kerja. Asal sumbu referensi di dapatkan dalam kaitan nya dengan benda kerja. Gerakan relatif dapat dilakukan dengan (1) alat bergerak (misalnya nozzel laser bergerak ke arah X.
- 4) Beberapa tombol mengatakan saat alat berada pada posisi home.
- 5) Beberapa saklar untuk menentukan batas pergerakan relatif yang di izinkan limit switch)
- 6) Sebuah saklar yang mengunci pelindung pada mesin.
- 7) Control untuk pengiriman cara pendingin.
- 8) Probe di pemegang alat yang memungkinkan digitalisasi bagian yang ada.
- 9) Pembuatan encode, seperti timbangan kaca linier, yang dapat menampilkan posisi bagian bagian mesin./
- 10) Fungsi khusus.

Hasil dan Pembahasan

Tingkat akurasi pada pemotongan alur lingkaran

Pengaruh *cutting feedrate* sangat berpengaruh terhadap alur pemotongan pada mesin CNC Laser CO₂, dengan menggunakan *Feedrate* 50 menghasilkan selisih pada Lebar (x) 0,00 (mm) hasil yang baik tetapi pada hasil panjang menghasilkan selisih 0,20 (mm), sedangkan pada *Feedrate* 100 (mm/menit) pada lebar (X) tidak mengalami selisih, melainkan pada panjang (Y) mengalami selisih 0,50 (mm) dan juga pada *Feedrate* laju pemotongan 150 (mm/menit), lebar (X) mengalami selisih 0,10 (mm) begitu juga pada panjang (Y) juga mengalami selisih sebesar 0,60 (mm), hal ini dapat di amati semakin besar *feedrate*

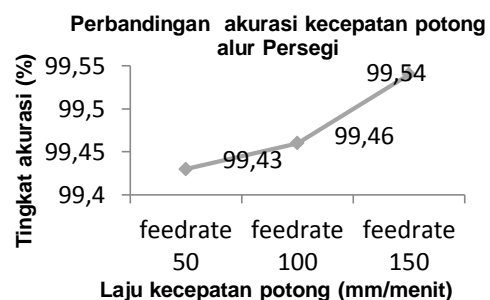
yang digunakan pada proses Cutting mesin CNC CO₂ rakitan pada bentuk pemotongan lingkaran maka hasilnya semakin tidak akurasi, dan juga dianjurkan untuk memilih *feedrate* yang lebih rendah agar pemotongan mendapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 7. Grafik perbandingan akurasi pemotongan alur lingkaran

Pada pemotongan dengan dengan alur lingkaran tingkat akurasi yang di hasilkan dapat di lihat pada gambar 7. Grafik akurasi *cutting feedrate* 50, 100, dan 150 mm/menit memiliki akurasi yang berbeda pada pemotongan menggunakan *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi 99,55 % dan pada *cutting feedrate* 100 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan yang lebih rendah yaitu dengan nilai 98,94%, dikarenakan pada pemotongan dengan *feedrate* 100 dengan pemotongan alur lingkaran mengalami getaran yang sangat besar, dan mengakibatkan lebar X dan lebar Y menjadi tidak presisi. Maka hasil cutting yang terbaik berada di *cutting feedrate* 150 mm/menit menghasilkan 99,75%.

Tingkat akurasi pada pemotongan alur persegi

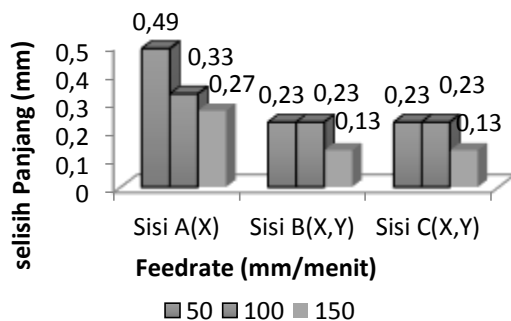


Grafik 8. Perbandingan akurasi kecepatan potong alur persegi

Dari hasil pengujian pemotongan dari alur persegi dapat dilihat pada gambar 8. dijelaskan pada grafik akurasi pemotongan dengan *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi 99,43%. Dan pada alur pemotongan menggunakan *feedrate* 100 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan 99,46% dan yang paling akurasi diperoleh dari pemotongan dengan *feedrate* 150 mm/menit, dengan tingkat akurasi pemotongan 99,54%. Karena pada *feedrate* 50 dan 100 mm/menit laju pemotongan yang terlalu lambat untuk pemotongan alur persegi, mesin mengalami getaran yang lebih yang membuat alur pemotongan persegi tidak presisi.

Tingkat akurasi pada proses pemotongan alur segitiga sama sisi

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh kecepatan potong *feedrate* terhadap kekerasan pada media akrilik pada alur pemotongan bentuk segitiga sama sisi yaitu sebagai berikut.

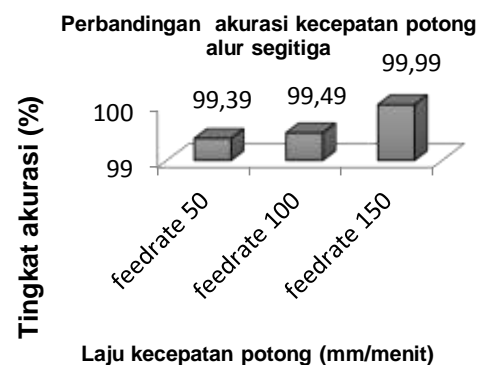


Gambar 9. Grafik perbandingan akurasi pemotongan dengan alur segitiga sama sisi

Pada kecepatan laju pemotongan 50 mm/ menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu pada sisi C (sumbu XY) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hasil akhir 51,84mm. mengalami perubahan dimensi 0,49 mm, sedangkan pada sisi B (sumbu X Y) mengalami perubahan dimensi menjadi 51, 98 mm, dan sisi C (sumbu X Y) mengalami perubahan paling kecil menjadi 51,84 mm mengalami perubahan dimensi 0,07 mm. pada kecepatan laju pemotongan

100 mm/menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu sisi B (sumbu X Y) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hasil akhir 51,90 mm, mengalami perubahan dimensi 0,53 mm. pada sisi C (X Y) mengalami perubahan dimensi menjadi 51,84 mm. dan perubahan dimensi yang paling kecil terdapat pada sisi A (X) menjadi 52,12 mm, berkurang menjadi 0,21mm. Pada kecepatan laju pemotongan 150 mm/menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu pada sisi c (X Y) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hail akhir 51,62 mm, mengalami perubahan dimensi 0,71 mm. sedangkan pada sisi A (X) mengalami perubahan dimensi 51,68 mm, perubahan yang paling kecil terdapat pada sisi B (XY) dengan hasil akhir 51,76 mm mengalami perubahan dimensi 0,57 mm.

Berdasarkan penjelasan di atas maka perubahan dimensi tertinggi diperoleh dengan *feedrate* 150 mm/menit pada sisi C(X Y) yaitu dengan bentuk gambar awal 52,33 mm dan hasil akhir 51,62mm, mengalami perubahan dimensi 0,71 mm. perubahan dimensi terkecil pada *feedrate* 50 mm/menit bagian sisi A (x) dengan hasil akhir 52,40 mm, mengalami perubahan dimensi 0,07 mm. Dikarenakan pada *feedrate* 50 mm/menit laju pemotongan lebih lambat dan hasil dari pemotongan lebih sesuai keinginan.



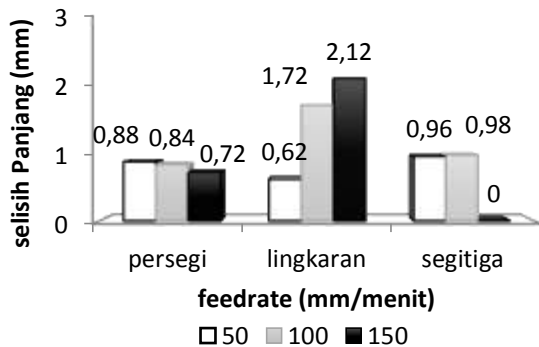
Gambar 10. Grafik perbandingan akurasi kecepatan potong alur segitiga sama sisi.

Dari hasil pemotongan dapat dilihat akurasi dari pengujian pemotongan menggunakan *feedrate* 50 mm/menit

menghasilkan tingkat akurasi 99,39%, dan dengan pengujian pemotongan dengan *feedrate* 100 mm/menit, menghasilkan tingkat akurasi pemotongan 99,49%. Tingkat akurasi yang terbaik terdapat pada pengujian pemotongan menggunakan *feedrate* 150 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan sebesar 99,99%.hal ini di sebabkan karena pada pengujian pemotongan dengan alur segitiga sama sisi dengan menggunakan *feedrate* 50 dan 100 mm/menit, mesin cnc mengalami getaran yang berlebih, dan mengakibatkan pada pemotongan menggunakan *feedrate* 50 dan 100 mm/menit kurang akurasi dan presisi.

Perbandingan hasil pemotongan keliling

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui jumlah keliling pada setiap gambar yang diuji yaitu sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil pemotongan keliling

Dari gambar 11 dapat dilihat pengaruh *feedrate* terhadap alur pemotongan pada mesin CNC laser cutting CO₂ 2 Axis yang berbasis mach3 rakitan, adapun selisih yang terjadi pada keliling alur pemotongan persegi, lingkaran dan juga segitiga sama sisi, untuk alur pemotongan persegi empat pada *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih keliling pemotongan 0,88 (mm), pada *feedrate* 100 (mm/menit) mempunyai selisih ke erroran yang hampir sama 0,84 (mm) dan juga pada *feedrate* 150

pada keliling alur pemotongan memiliki selisih ke erroran 0,72 (mm). Untuk keliling alur pemotongan lingkaran dengan *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih ke erroran 0,62 (mm), pada *feedrate* 100 (mm/menit) juga memiliki selisih keakurasian yang lebih besar dari *feedrate* 50 yaitu sebesar 1,72 (mm) dan pada *feedrate* 150 (mm/menit) mengalami kenaikan ketidakakurasian yang begitu besar senilai 2,12 (mm), dari sini bisa dilihat bahwa untuk bentuk lingkaran, setiap ditambahkannya *feedrate* maka hasil pemotongan akan semakin tidak akurasi dan lebih baiknya setiap pemotongan alur lingkaran menggunakan *feedrate* yang lebih rendah, sedangkan untuk keliling alur pemotongan segitiga pada *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih ke akurasinya bernilai 0,96 (mm) hasil yang hampir akurat begitu juga pada *feedrate* 100 (mm/menit) hasilnya keliling alurnya sudah mendekati dari akurat 0,98 dan pada *feedrate* 150 pada keliling laju alur segitiga memiliki keakuratan dan juga selisih ke errorannya 0,00 dan dapat dinyatakan tidak ada selisih.

Selain itu juga karena adanya backlash yang mempengaruhi ketelitian alat tersebut. Ini dinyatakan karena hal-hal seperti ketidakpresisian kisar (*pitch*) pada ulir penggerak ataupun antara baut ulir penggerak dengan murnya terdapat jarak kerenggangan. Selain itu juga disebabkan karena penghubung poros penggerak dengan ulir penggerak masih menggunakan *flexible coupling* yang masih punya kelenturan pada saat berputar. Hal ini dapat dianalisis, pada *cutting feedrate* semakin tinggi artinya kecepatan pada motor stiper juga semakin tinggi, dan dengan alur pemotongan yang berbeda motor stiper yang bekerja tiap alur pemotongan tidak sama. Pada alur pemotongan persegi satu motor stiper yang bekerja pada setiap *line* pemotongan, sedangkan pada alur pemotongan lingkaran dan segitiga dalam satu *line* pemotongan dua motor stiper bekerja bersamaan. Perbedaan ini akan memberikan pengaruh pada daya motor saat

menghadapi tingkat kekerasan permukaan pemotongan sehingga memberikan perbedaan ukuran. Semakin tinggi kecepatan maka daya motor semakin rendah

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *feedrate* yang terbaik adalah 50 (mm/menit), dan juga tingkat akurasi dengan bentuk pemotongan alur yang berbeda mempengaruhi pada tingkat keakurasian pemotongan, koefisien akurasi terendah pada bentuk lingkaran 0,73 (mm).

Referensi

- [1] Amala, M., Widiyanto S.A. 2015. Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling Cnc Trainer, JTM. Vol. 2 (3), Hal 204-210
- [2] Salam, A., Muktar. 2020. Rancang Bangun Mesin Cnc Laser Cutting Sebagai Media Pembelajaran
- [3] Armansyah, M., Purwanti, E., dan karuniawan, B. 2018. Optimasi Parameter Proses Pemotongan Acrylic terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Laser Cutting Dengan Metode Response Surface, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [4] Lukmana, M.A. Martana, B. dan Hendrarsakti, J. 2018. Optimasi Pada Proses Potong Pelat Akrilik 5mm Menggunakan Desktop CNC LASER 6,5 Watt 445nm Dengan Metode Taguchi-Grey, Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
- [5] Ratnawati, E., dan Sunarko. (2008). Evaluasi Kinerja Fasilitas Iradiasi Sistem Rabbit Menggunakan Bahan Acuan Standard Dengan Metode AAN. Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, 5(2), 49–55.
- [6] Ridwanda, H., Triyanto, D., dan Brianorman, Y. (2014). Sistem Kendali Alat Listrik Berbasis Waku Dengan Atmega A8535. Jurnal

Coding Sistem Komputer Universitas Tanjung Pura, 2(3), 11–20.

- [7] Ikhwan. 2017. Pengaruh Pengendalian Arus Dan Kecepatan Pada Laser Enggaving Machine Terhadap Permukaan Bahan Kaca Dan Akrilik. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.
- [8] Harrizal, S. I., Syafri., dan Prayitno, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System. Jom Fteknik, 4(2), 1-8

Pengaruh campuran bahan bakar minyak plastik dan premium terhadap prestasi mesin sepeda motor

Arif Permadi¹, Untung Surya Dharma^{2*}, Dwi Irawan³

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: untungsdh@yahoo.co.id

Abstract

Energy consumption is currently relatively large resulting in increased prices of fossil fuels and reduced distribution in every island in Indonesia. A mixture of plastic and premium oil is an alternative fuel in controlling the current energy crisis. The purpose of this study was to determine the maximum output power of a motorcycle, torque and acceleration. In the power measurement method, every increase in rotation is from 2000, 3000, 4000, 5000 and 6000 rpm, in the acceleration test, measurements are made at speeds of 20, 40, 60, 80 and 100 km/h, with mixed variables 1:4, 2: 4 and 3:4, as well as comparing the results with premium fuels. As a result, mixture 1 produces power, torque and acceleration better than mixture 2 and mixture 3. The power produced is 7.88 kW with a specific fuel of 0.091 kg/hour/kW, torque of 12.55 Nm, the highest acceleration or acceleration is 5, 52 m/s² by consuming 0.25 liters of fuel, while the premium power produced is 8.1 kW with a specific fuel of 0.09 kg/hour/kW, 12.9 Nm of torque, and the highest acceleration of 5.45 m/s² with fuel consumption of 0.25 liters. So it is stated that the value of power, torque and acceleration in mixture 1 is still below premium fuel, but mixture 1 has a better efficiency level than premium fuel.

Keywords: Mix 1, power, torque, acceleration

Abstrak

Konsumsi energi saat ini tergolong besar mengakibatkan meningkatnya harga bahan bakar fosil serta berkurangnya distribusi di setiap pulau di Indonesia. Campuran minyak plastik dan premium merupakan alternatif bahan bakar dalam mengendalikan krisis energi yang saat ini terjadi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui maksimal daya keluaran sepeda motor, torsi dan akselerasi. Dalam metode pengukuran daya dilakukan setiap kenaikan putaran yaitu dari 2000, 3000, 4000, 5000 dan 6000 rpm, pada uji akselerasi dilakukan pengukuran pada kecepatan 20, 40, 60, 80 dan 100 km/h, dengan variabel campuran 1:4, 2:4 dan 3:4, serta dilakukan perbandingan hasil dengan bahan bakar premium. Hasilnya, campuran 1 menghasilkan daya, torsi dan akselerasi lebih baik dari campuran 2 dan campuran 3. Daya yang dihasilkan adalah 7,88 kW dengan bahan bakar spesifik 0,091 kg/jam/kW, torsi 12,55 N.m, Akselerasi atau percepatan tertinggi 5,52 m/s² dengan menghabiskan bahan bakar sebanyak 0,25 liter, sedangkan daya yang dihasilkan premium ialah 8,1 kW dengan bahan bakar spesifiknya 0,09 kg/jam/kW, torsi 12,9 N.m, dan percepatan tertinggi 5,45 m/s² dengan konsumsi bahan bakar 0,25 liter. Sehingga dinyatakan bahwa nilai daya, torsi dan akselerasi pada campuran 1 masih dibawah bahan bakar premium, namun campuran 1 memiliki tingkat efisiensi lebih baik dari bahan bakar premium.

Kata Kunci : Campuran 1, daya, torsi, akselerasi

Pendahuluan

Kelangkaan bahan bakar premium yang terjadi belakangan ini telah

memberikan dampak yang sangat luas diberbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampaknya adalah

sektor transportasi. Di samping hal tersebut, penggunaan bahan bakar dari minyak bumi telah memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Fluktuasi suplai dan harga minyak bumi seharusnya membuat kita sadar bahwa jumlah cadangan minyak yang ada di bumi semakin menipis. Karena minyak bumi adalah bahan bakar yang tidak bisa diperbarui maka kita harus mulai memikirkan bahan penggantinya. Untuk itulah dibutuhkan suatu energi alternatif yang ramah lingkungan sebagai bahan bakar motor bakar, salah satu diantara energi alternatif itu adalah Minyak dari plastik. Minyak plastik ini terbuat dari sampah Plastik dengan metode pirolisis [1].

Perlunya peninjauan mengenai uji aplikasi terhadap sepeda motor, yang memungkinkan minyak tersebut berpengaruh dengan kerja mesin. Motor bakar bensin merupakan motor dengan pembakaran dalam. Pembakaran merupakan reaksi kimia cepat antara oksigen dan bahan bakar pada suhu tertentu, yang disertai pelepasan kalor.

Untuk keamanan serta kenyamanan saat pengujian, diperlukan bahan bakar lainnya sebagai campuran untuk kedua faktor penting tersebut. Selain untuk keamanan dan kenyamanan, faktor lain yang mempengaruhi ialah penyesuaian mesin terhadap bahan bakarnya. Beberapa alasan tersebut perlu dipertimbangkan, untuk menghindari terjadinya kerusakan apabila bahan bakar tersebut tidak layak atau belum bisa digunakan pada sepeda motor. Percampuran tersebut harus dilakukan secara bertahap, agar diketahui kemampuan maksimal bahan bakar dalam menciptakan tenaga pada sepeda motor. Tujuan daripada penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bahan bakar campuran dalam menghasilkan torsi, daya dan akselerasinya.

Tinjauan Pustaka

Bahan Bakar Minyak Plastik

Plastik adalah material rekayasa yang struktur molekulnya memiliki komposisi yang rumit, yang sengaja diatur untuk memenuhi aplikasi – aplikasi spesifik sesuai dengan keinginan. Dengan kata lain

plastik merupakan gabungan antara polimer dan zat aditif. Polimer secara umum tersusun dari unsur atom karbon, oksigen dan hidrogen. Unsur – unsur atom tersebut merupakan unsur atom yang mendekati sama dengan unsur atom dari bahan bakar yang terdiri dari karbon dan hidrogen. Sehingga hanya diperlukan serangkaian proses penguraian kembali dengan suatu metode khusus untuk membuat bahan bakar tersebut [2].

Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu pesawat yang digunakan untuk merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas (termal), dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik.

1. Tekanan efektif rata-rata [3]

$$P_e = \frac{N_e \times 60 \times 10^5}{V_l \cdot z \cdot n \cdot a}$$

Dimana :

P_e : Tekanan efektif rata – rata (N/cm^2)

N_e : Daya efektif (kW),

V_l : Volume langkah torak (cm^3),

z : Jumlah silinder,

a : Jumlah siklus per putara

(1 untuk motor dua langkah dan

2 untuk motor empat langkah)

2. Daya efektif [4]

$$N_e = \frac{2\pi \times n \times T}{60}$$

Dimana :

T : Torsi ($N.m$),

N_e : Daya efektif dinyatakan dalam kW.

n : Putaran mesin (rpm)

3. Torsi [5]

$$T = F \cdot r$$

Dimana :

T : Torsi ($N.m$)

F : aya yang diberikan (N)

r : Jari – jari atau jarak titik gaya (m).

4. Akselerasi [6]

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Dimana :

a : Akselerasi (m/s^2)

Δv : Perubahan kecepatan (m/s)

Δt : Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh kecepatan tersebut (s)

5. Pemakaian bahan bakar [6]

a. Pemakaian bahan bakar

$$B = \frac{\rho_{bb} \cdot V}{t} \times 3600$$

Dimana :

B : Pemakaian bahan bakar ($kg/j m$),

ρ_{bb} : Massa jenis bahan bakar (kg/l)

V : Volume bahan bakar dalam liter (l),

t : Waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar dalam detik (s).

Untuk mencari massa jenis (ρ_{bb}), menggunakan persamaan berikut : [7]

$$\rho_{bb} = \frac{M_{bb}}{V_{bb}}$$

Dimana :

ρ_{bb} : Massa jenis bahan bakar (kg/l),

M_{bb} : Massa bahan bakar (kg),

V_{bb} : Volume bahan bakar yang diukur dalam liter (l).

b. Pemakaian bahan bakar spesifik [3]

$$be = \frac{B}{N_e}$$

Dimana :

be : Pemakaian bahan bakar spesifik ($\frac{kg/jam}{kW}$),

B : Pemakaian bahan bakar (kg/jam),

N_e : Daya efektif (kW).

Metode Penelitian

Prosedur penelitian

Adapun sepeda motor yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Sepeda Motor Bajaj Jenis Pulsar 180 DTS-i

Spesifikasi teknis sepeda motor tersebut disajikan pada uraian berikut ini.

Isi silinder : $179,8 \text{ cm}^3$

Diameter : $63,50 \text{ mm}$

Langkah : $56,40 \text{ mm}$

Tekanan pembakaran : 98 N/cm^2

Torsi maksimum: $15,22 \text{ Nm at } 6000 \text{ rpm}$

Tenaga maksimum : $12.15 \text{ kW} \pm 10\% @ 8000 \text{ rpm}$

Bahan penelitian

Adapun bahan penelitian menggunakan tiga variabel yakni :

1. Perbandingan 1 : 4 (C1)

2. Perbandingan 2 : 4 (C2)

3. Perbandingan 3 : 4 (C3)

Premium memiliki variabel tetap, sedangkan minyak plastik memiliki variabel yang tidak tetap. Berikut propertis minyak plastik 2 kali pirolisis.

Tabel 1. Sifat kimia fisik minyak plastik dua kali pirolisis

Parameter	HDPE	LDPE	HDPE+LDPE
NK	10968	10839	10516
Kkal/kg			
KA (g/l)	-	-	0,1122
CI	50	54	20

Sumber : [2]

Tahapan Penelitian

1. Tahap pertama, pengadaan alat dan bahan sesuai pada peralatan yang telah disebutkan. Pada tahap pertama ini juga melakukan kegiatan instalasi peralatan yang telah disetting sebelumnya, yaitu meliputi pemasangan tachometer digital dan botol selang infus.

2. Tahapan kedua adalah mengukur massa jenis tiap – tiap campuran, cara pengukuran massa jenis ialah dengan menimbang bahan bakar campuran pada volume 1 liter. Kemudian hasil tersebut dikalkulasi dengan cara dikurangi massa wadahnya.

3. Uji Aplikasi

1) Uji performa sepeda motor menggunakan bahan bakar premium meliputi :

a. Menghidupkan mesin dengan putaran idle berkisar antara 850 rpm, menaikkan putaran sesuai yang diinginkan, kemudian lakukan pembebanan dengan cara menginjak pedal rem belakang yang sudah terpasang neraca pegas. Pembebanan ini dilakukan bertahap dari 5% sampai 40 % hingga roda belakang sepeda motor berhenti dan mencatat data – data pembebanan pada putaran tertentu. Dengan variabel putaran mesin 2000, 3000, 4000, 5000 dan 6000 rpm. Supaya putaran menjadi lebih ringan, kondisi pengujian tersebut di lakukan pada top gear. Dengan tenggang waktu masing – masing putaran yaitu selama 10 menit.

b. Melakukan pencatatan konsumsi bahan bakar, hal ini bertujuan untuk mengetahui pemakaian bahan bakar pada pengujian tersebut.

c. Pengujian ini dilakukan 3 kali, per kenaikan putaran (pada poin a dan b). Dengan ketentuan temperatur awal ruang bakar yang sama pada pengujian awal serta waktu yang sama.

2) Selanjutnya adalah uji akselerasi, tujuan uji ini untuk mengetahui respon mesin terhadap bahan bakar yang digunakan dengan parameter kecepatan, konsumsi bahan bakar habis dan waktu yang diperlukan, diluar konteks dari spesifikasi pabrikan mesin sepeda motornya. Metode pengujian akselerasi ini dilakukan dengan cara memacu sepeda motor pada lintasan lurus, dengan variabel kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam dan berjalan konstan dengan jarak 2 km. Mencatat waktu yang diperlukan sepeda motor untuk mencapai

kecepatan tersebut menggunakan stopwatch (keadaan diam – kecepatan yang ditentukan), setelah kecepatan tersebut tercapai kemudian memacu kendaraan dengan kecepatan konstan sesuai pada variabel kecepatannya. Kecepatan konstan diperlukan untuk menentukan konsumsi bahan bakarnya, dengan asumsi bahwa konsumsi bahan bakar dinyatakan dalam rata – rata pemakaian setiap kecepatannya dianggap sama.

Uji performa sepeda motor menggunakan bahan bakar campuran premium dan minyak dari plastik dengan menggunakan metode yang sama saat menggunakan bahan bakar premium.

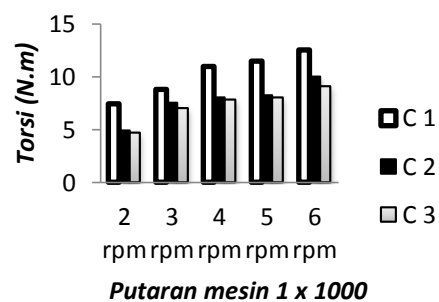
Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. Massa jenis campuran miplas dan premium

Perbandingan Campuran (Miplas : Premium)	Massa jenis ρ (kg/l)
1:4	0,804
2:4	0,815
3:4	0,832
Premium	0,711

Tabel 2 di atas didapatkan menggunakan pengukuran langsung. Adapun menurut penelitian, hasil prestasi disajikan sebagai berikut.

Torsi

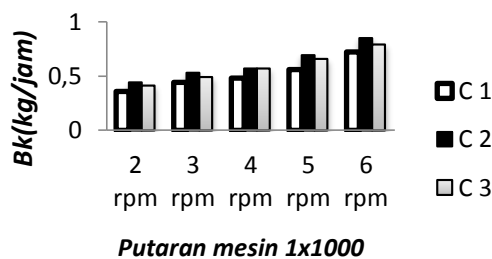


Gambar 2. Grafik torsi per kenaikan putaran

Grafik di atas menunjukkan besarnya nilai torsi pada campuran 1 dengan

perbandingan 1:4, pada putaran 2000 rpm menghasilkan torsi 7,45 N.m sedangkan pada putaran tertinggi 6000 rpm menghasilkan torsi sebesar 12,55 N.m. Namun, pada campuran 2 dan 3 hasil yang diperoleh dibawah campuran 1, pada putaran 2000 rpm menghasilkan torsi 4,9 N.m pada campuran 2 dengan perbandingan 2:4 dan 10 N.m pada putaran 6000 rpm. Sedangkan pada campuran 3 dengan perbandingan 3:4 menghasilkan torsi 4,70 N.m pada putaran 2000 rpm dan 9,12 N.m pada putaran 6000 rpm.

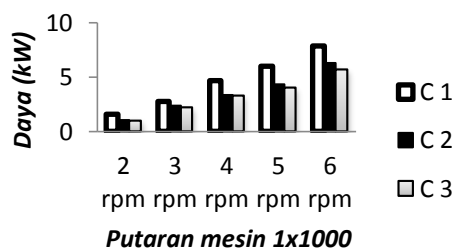
Pemakaian bahan bakar



Gambar 3. Grafik konsumsi bahan bakar

Gambar di atas menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar campuran 1 lebih irit dibandingkan dengan campuran 2 dan campuran 3. Pada campuran 1 putaran 2000 rpm pemakaian bahan bakarnya menghabiskan 0,36 kg/jam, sedangkan pada campuran 2 konsumsi bahan bakarnya 0,44 kg/jam dan campuran 3 menghabiskan bahan bakar 0,41 kg/jam. Hal ini menyatakan bahwa pemakaian bahan bakar campuran 1 cenderung mempunyai tingkat efisiensi yang lebih irit dibandingkan dengan bahan bakar campuran 2 dan 3.

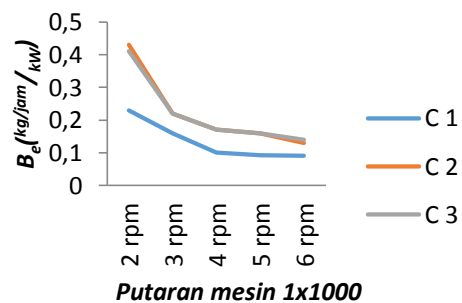
Daya



Gambar 4 Grafik Daya keluaran

Grafik di atas menunjukkan bahwa bahan bakar campuran 1 (Perbandingan 1:4) 2000 rpm – 6000 rpm menghasilkan daya yang lebih besar daripada campuran 2 dan 3. Hal ini juga dibutuhkan pada nilai torsi yang dihasilkan. Pada putaran tinggi 6000 rpm campuran 1 menghasilkan daya sebesar 7,88 kW. Sedangkan nilai tertinggi pada campuran 2 adalah 6,30 kW dan pada campuran 3 menghasilkan 5,73 kW. Hal ini disebabkan oleh besar nilai torsi pada putaran tersebut. Dengan demikian, campuran 1 mempunyai potensi yang cukup untuk menghasilkan daya yang lebih maksimal. Selain hal tersebut, menurut penelitian Mat Agus pada tahun 2014, besarnya nilai kalor minyak plastik adalah 10968 kkal/kg, nilai tersebut masih di bawah premium yaitu 11414 kkal/kg. Sehingga dinyatakan wajar apabila campuran 2 dan 3 tidak dapat menghasilkan daya yang besar seperti campuran 1.

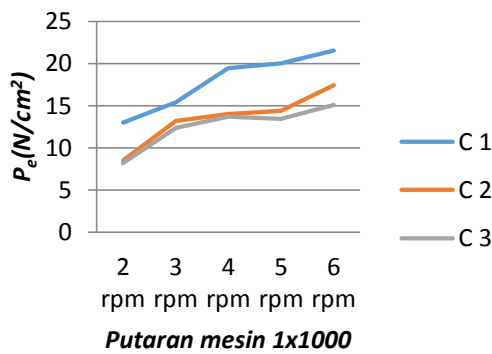
Pemakaian Bahan Bakar Spesifik



Gambar 5. Grafik Be

Pada grafik di atas terlihat bahwa pada putaran rendah pemakaian bahan bakar spesifiknya lebih tinggi dibandingkan pada putaran tinggi. Hal ini disebabkan kestabilan (konstan) pada saat pengujian tidak dapat dicapai dengan baik pada bahan bakar campuran 2 dan 3. Namun sebaliknya, campuran 1 pada grafik menunjukkan nilai lebih rendah dari campuran 2 dan 3, dengan demikian bahan bakar campuran 1 ini memiliki tingkatan efisiensi yang lebih baik dari bahan bakar yang lainnya.

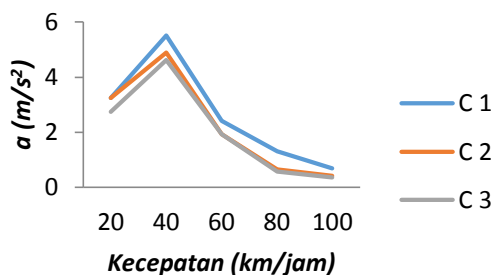
Tekanan efektif rata – rata



Gambar 6. Grafik P_e

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada saat kenaikan putaran dapat dipastikan bahwa tekanan efektif rata – rata akan naik. Kenaikan tekanan ini menunjukkan nilai yang bersangkutan dengan daya keluaran mesin. Terlihat pada grafik diatas, bahwa campuran 1 mempunyai nilai yang lebih besar daripada campuran 2 dan 3. Pada putaran 2000 tekanan rata – ratanya sebesar 13 N/cm^2 . Sedangkan pada campuran 2 adalah $8,50 \text{ N/cm}^2$ dan campuran 3 sebesar $8,17 \text{ N/cm}^2$. Hal tersebut menyatakan bahan bakar campuran 1 lebih baik dari campuran 2 dan campuran 3.

Akselerasi



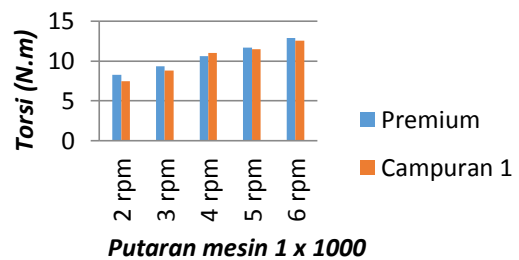
Gambar 7. Grafik Akselerasi

Gambar di atas menunjukkan bahwa pada setiap kenaikan kecepatan tidak berbanding lurus dengan penambahan kecepatan yang konstan. Terlihat bahwa, pada kecepatan 40 km/jam percepatan tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar campuran 1. Namun pada kecepatan yang ditempuh selanjutnya, nilai akselerasi atau percepatannya cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh, transmisi pada sepeda

motor ini memiliki perbandingan yang besar. Sehingga pada transmisi tersebut akan menghasilkan torsi besar namun berbanding terbalik dengan kecepatan maupun percepatannya.

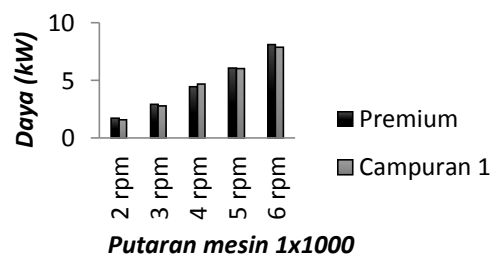
Perbandingan campuran 1 dan premium

Hasil torsi yang didapatkan oleh campuran 1, yaitu campuran terbaik dalam prestasi mesin dibanding dengan campuran 2 dan 3. Di bawah ini disajikan grafik perbandingan antara bahan bakar campuran dan premium.



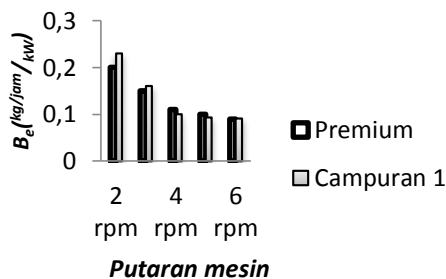
Gambar 8 Grafik perbandingan torsi premium dan campuran 1

Nilai tertinggi dari uji torsi pada campuran 1 yaitu $12,55 \text{ N.m}$, diperbandingkan dengan spesifikasi teknis dari sepeda motor ini yang mempunyai nilai torsi $15,22 \text{ N.m}$. Maka, disimpulkan bahwa hasilnya hanya mempunyai selisih nilai $2,67 \text{ N.m}$. Selisih nilai tersebut dinyatakan wajar, karena perbandingan roda gigi pada kondisi ini tidak sama dengan standar pabrikan sepeda motornya. Hal tersebut dibuktikan dengan naiknya torsi pada setiap kenaikan putaran dan juga pada uji akselerasi pencapaian pada setiap kecepatan tinggi memerlukan waktu yang lebih lama. Sedangkan daya keluaran, disajikan pada grafik berikut.



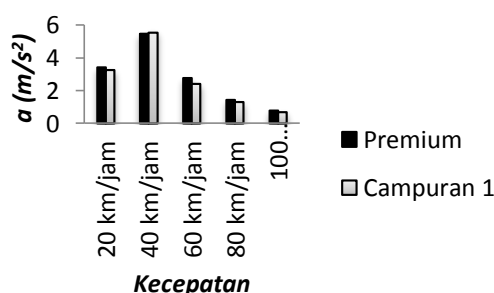
Gambar 9. Grafik perbandingan daya bahan bakar campuran 1 dan premium

Diagram batang di atas menunjukkan angka yang signifikan pada kedua jenis bahan bakar masing – masing. Apabila diperbandingkan dengan spesifikasi teknis pabrik sepeda motornya yang mempunyai daya 12 kW nilai tersebut mempunyai selisih 3,89 kW untuk premium dan 4,12 kW untuk campuran 1, kedua nilai daya yang dihasilkan tersebut mempunyai selisih 2,198 kW, apabila keduanya diperbandingkan. Sehingga selisih tersebut menyatakan bahwa campuran 1 mampu menghasilkan daya yang hampir setara dengan bahan bakar premium. Sedangkan bahan bakar spesifiknya disajikan berikut.



Gambar 10. Grafik perbandingan b_e

Diagram di atas menunjukkan bahwa campuran 1 mempunyai nilai ekonomis dalam menghasilkan daya pada pemakaian bahan bakar spesifiknya, hal ini dibuktikan bahwa konsumsinya lebih irit dibandingkan premium pada putaran tinggi. Dengan demikian campuran 1 menunjukkan nilai terbaik dalam hal efisien, namun dalam menghasilkan suatu daya bahan bakar ini lebih rendah nilainya dibandingkan premium. Untuk perbandingan akselerasi premium dan campuran 1 digambarkan sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik perbandingan akselerasi

Grafik diatas menyatakan bahwa akselerasi yang dihasilkan bahan bakar campuran 1 sedikit lebih rendah dari bahan bakar premium.

Kesimpulan

Dari ke tiga variabel perbandingan yaitu campuran 1 (1:4), campuran 2 (2:4) dan campuran 3 (3:4), hasil keluaran daya, torsi dan akselerasi terbaik adalah pada campuran 1 dengan hasil daya 7,88 kW, torsi 12,55 N.m dan akselerasi 5,52 m/s². Menurut hasil perbandingan bahan bakar campuran dan premium dinyatakan bahwa semakin besar perbandingan maka semakin berkurang daya keluaran, torsi dan akselerasi pada sepeda motor, hal ini dikarenakan indeks cetane minyak plastik campuran HDPE dan LDPE adalah 20, sehingga semakin besar perbandingan maka semakin besar indeks cetane bahan bakarnya

Referensi

- [1] Adityo, Suryo, A.W, 2011. *Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plastik Prolypropylene (PP)*. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [2] Mat Agus, 2014. *Analisis Proximate Minyak Plastik Dengan Variasi Temperatur dan Bahan Baku Sampah Plastik dengan dua kali pirolisis*. Skripsi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- [3] Arismunandar Wiranto.1980.*Penggerak Mula, Motor Bakar Torak Edisi 3*.Institut Teknologi Bandung; Bandung.
- [4] UTF. 2014.*Analisa Kerja Motor 4 Langkah*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.
- [5] E. Karyanto.,2002.*Panduan Reparasi Mesin Diesel (Dasar Operasi Servis)*. Pedoman Ilmu Jaya; Jakarta.

- [6] Didi, Nuryadi.2005.*Fisika SMA, Kelas X Semester 1 dan 2. Gunung Pesagi; Bandar Lampung.*
- [7] Joko, Santoso,2010. *Uji Sifat Minyak Pirolisis Dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis Dari Sampah Plastik.*

Analisa pengaruh media pendingin dan arus listrik pada proses pengelasan titik (*spot welding*) *stainless steel* terhadap nilai kekuatan tarik

Tri Cahyo Wahyudi ^{1*}, Sulis Dri Handono², Hendi Ahmad Sanjaya³, Abdul Basir Sulaiman Azis⁴

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{3,4}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: tricahyowahyudi3@gmail.com

Abstract

Welding is one of the metal joining techniques by melting some of the parent metal and filler metal under pressure and with or without additional metal so as to produce a continuous welded joint. The cooling medium and electric current in this welding process greatly affect the welding results. Lap joint is one type of welding connection that exists in spot welding, namely the type of pile connection. This study uses AISI 316 Stainless Steel plate. The purpose of this study was to determine the tensile strength and the type of coolant with which current is the most optimal for tensile loading. The welding time is equalized, which is 2 seconds and the parameters used are ordinary water, salt water, mineral water and variations in currents of 660 Ampere, 880 Ampere and 1100 Ampere. The tests carried out were tensile tests using the Ultimate Testing Machine. In the test results, it was found that the most optimum type of lap joint connection to be given tensile loading from the yield strength value was ordinary water cooling at 1100 Ampere currents of 159.17 kg/mm², tensile strength with mineral water cooling at 1100 Ampere currents of 195.92 kg/mm², and the elongation value with mineral water cooling at a current of 1100 Ampere is 11.19 %.

Keywords: *Spot welding, lap joint, stainless steel, tensile strength.*

Abstrak

Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah sehingga menghasilkan sambungan las yang kontiyu. Media pendingin dan arus listrik pada proses pengelasan ini sangat mempengaruhi hasil pengelasan. *Lap joint* adalah salah satu jenis sambungan las yang ada pada las titik yaitu jenis sambunga tumpuk. Penelitian ini menggunakan plat baja *Stainless Steel* AISI 316. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan jenis pendingin dengan arus berapa yang paling optimal untuk diberikan pembebanan tarik. Untuk waktu pengelasan disamakan yaitu 2 detik dan untuk parameter yang digunakan adalah media pendingin air biasa, air garam, air mineral dan variasi arus 660 *Ampere*, 880 *Ampere* dan 1100 *Ampere*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik menggunakan alat *Ultimate Testing Machine*. Pada hasil pengujian didapat bahwa jenis sambungan *lap joint* yang paling optimum untuk diberikan pembebanan tarik dari nilai *yield strength* yaitu pendingin air biasa pada arus 1100 *Ampere* sebesar 159,17 kg/mm², *tensile strength* dengan pendingin air mineral pada Arus 1100 *Ampere* sebesar 195,92 kg/mm², dan nilai *elongation* dengan pendingin air mineral pada arus 1100 *Ampere* sebesar 11.19%.

Kata kunci: *Spot welding, lap joint, stainless steel, kekuatan tarik.*

Pendahuluan

Teknologi, maka industri pada saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Karena pesatnya kemajuan teknologi, maka banyak sekali proses produksi yang menggunakan proses pengelasan, karena pengelasan mempunyai kelebihan seperti hasil sambungan lebih kuat, mudah untuk pemakaian, murah dan efisien [1]. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, industri karoseri dan sebagainya. Disamping untuk konstruksi, las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam dan mempertebal logam yang aus [2].

Dari berbagai macam jenis pengelasan di Indonesia proses pengelasan yang populer digunakan dalam industri otomotif terutama mobil untuk pengerjaan body atau kerangka mobil adalah menggunakan las titik [3].

Las titik (*Spot Welding*) adalah salah satu metode pengelasan yang prinsip kerjanya menggunakan arus listrik untuk menyambung pelat logam. Proses pengelasannya yaitu dengan menjepit dimana satu atau lebih pelat menggunakan elektroda. Siklus pengelasannya yaitu dengan memberikan tekanan pada pelat kemudian mengalirkan arus listrik dalam jumlah yang besar. Akibat besarnya arus listrik yang diberikan, maka bagian pelat yang ditekan dan diberi arus akan memanas dan meleleh, tekanan elektroda yang diberikan pada pelat akan dilepas sesaat setelah arus dialirkan agar pelat yang dilas dapat menempel dengan sempurna [4].

Kualitas dan kekuatan lasan titik sangat penting terhadap perancangan umur dan keamanan dari suatu kendaraan. Prosesnya yang mudah, ekonomis, dan cepat sehingga cocok untuk produksi massal, suplai panas yang diberikan cukup akurat dan reguler, sifat mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las [5]. Proses pengerjaan las ini lebih rapi hasilnya dan tidak mengandung terak las. Media pendingin dan besarnya arus listrik pada

pengelasan ini sangat mempengaruhi karakteristik hasil pengelasan karena pengontrolan ini mempengaruhi kualitas hasil las yang optimal, seperti kekuatan geser, kekerasan dan kekuatan terhadap pengaruh dari luar [6].

Penggunaan *stainless steel* dalam las titik dikarenakan bahan tersebut tahan terhadap korosi, mudah dibentuk dan dilas, tahan terhadap temperatur panas tinggi maupun rendah, dan desain produk yang sangat berkualitas. Untuk mengetahui sifat mekanik dari sambungan baja dapat dilakukan melalui uji tarik pada material/logam tersebut. Kekuatan tarik pada sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ (*heat affected zone*), sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan [7].

Berdasarkan pemaparan diatas, peneliti melakukan analisa beberapa parameter pengelasan yaitu pengaruh media pendingin dan arus listrik pada *Stainless Steel* terhadap nilai kekuatan tarik. Dengan demikian diharapkan penelitian ini akan diketahui kondisi optimal dari sambungan material/logam tersebut yang paling baik.

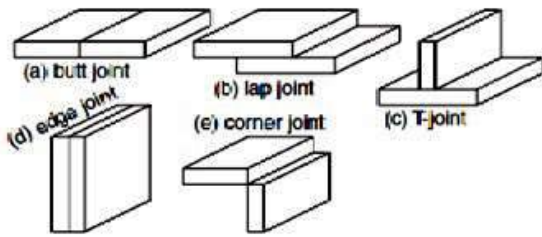
Tinjauan Pustaka

Pengelasan

Pengelasan merupakan teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontiyu.

Sambungan las

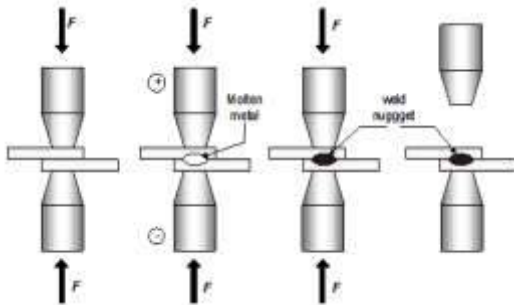
Sambungan antara dua logam dengan cara pemanasan, dengan atau tanpa logam pengisi. Sambungan terjadi pada kondisi logam dalam keadaan plastis atau leleh. Sambungan las banyak digunakan pada konstruksi serta pada permesinan. Ada lima jenis sambungan dasar pada pengelasan, antara lain, yaitu Jenis sambungan las *butt joint*, *lap joint*, *t-joint*, *edge joint*, *corner joint*.



Gambar 1. sambungan pada pengelasan

Las titik (*Spot Welding*)

Pada las titik, logam yang akan disambungkan di jepit dengan elektroda dari paduan tembaga dan kemudian dialiri arus listrik yang besar dalam waktu yang sangat singkat. Karena aliran listrik antara kedua elektroda tersebut harus melalui (logam) plat yang dijepit, maka pada tempat jepitan timbul panas yang menyebabkan logam ditempat tersebut mencair dan tersambung. Pada tempat kontak antara elektroda dan logam yang tidak di las juga terjadi panas karena tahanan listrik, tetapi tidak sampai mencairkan logam karena ujung elektroda didinginkan [8].



Gambar 1. Proses Pengelasan Titik

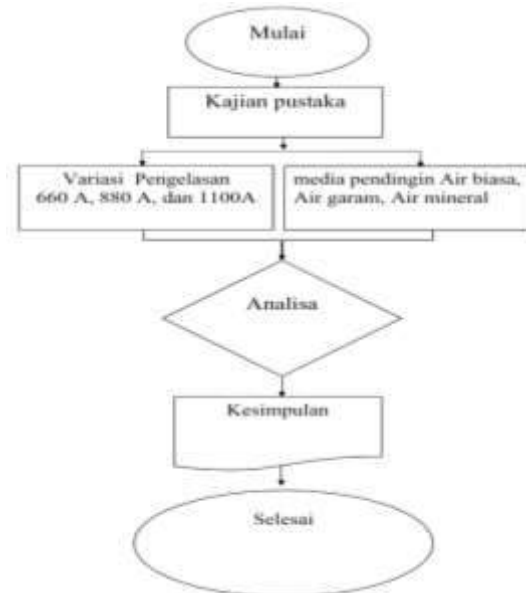
Pendingin dan arus listrik

Pemilihan media pendingin dan penggunaan arus listrik sangat mempengaruhi hasil penyambungan logam optimal atau tidaknya, menggunakan media pendingin yang berbeda seperti air biasa, air garam, dan air mineral. Fungsi media pendingin pada pengelasan titik yaitu untuk mendinginkan elektroda pada saat proses pengelasan dengan fase sirkulasi melalui lengan tekan sehingga hasil pengelasan bisa optimal.

Metode Penelitian

Diagram Alir Penelitian

Secara skematik, prosedur penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti berikut:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Alat Yang digunakan

1. Mesin las titik
2. Alat uji tarik
3. Penggores plat
4. Mesin pemotong plat
5. Sikat dan amplas
6. Gerindra
7. Mistar

Bahan yang digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja tahan karat AISI 316 dengan komposisi kimia yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel. Komposisi kimia plat baja stainless steel AISI 316.

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr
Stainless steel	0.1	0.4	10.52	0.0	0.0	14.56

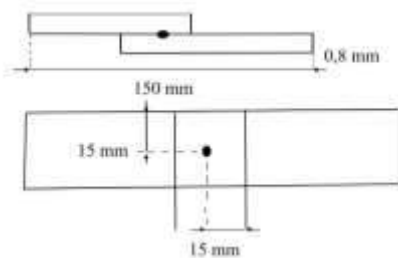
Prosedur pengelasan

Plat baja *stainless steel* dengan ketebalan 0,8 mm dilas dengan

memvariasikan media pendingin air, air garam dan air mineral serta arus pengelasan 660 *Ampere*, 880 *Ampere*, dan 1100 *Ampere*, dengan waktu pengelasan dilakukan selama 2 detik.

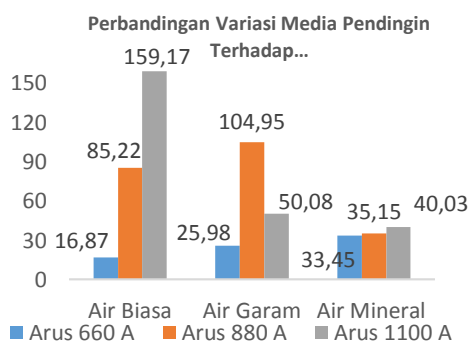
Uji kekuatan Tarik

Pembuatan spesimen uji kekuatan tarik didasarkan pada standar JIS Z 3139, bentuk spesimen uji kekuatan tarik berukuran panjang 150 mm, lebar 30 mm, serta jarak antara titik las dan ujung tumpul an plat 15 mm.



Gambar 4. Bentuk spesimen uji kekuatan tarik standar JIS Z 3139 [9].

Setelah dilakukan uji kekuatan tarik, didapatkan nilai yang berbeda –beda menurut variasi media pendingin dan arus listrik. Seperti yang ditunjukkan pada nilai tensile strength pada pendingin air biasa.

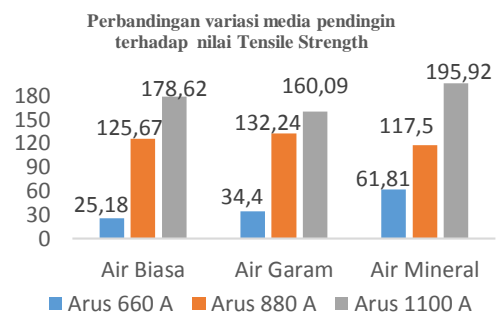


Gambar 5. Nilai perbandingan variasi pendingin terhadap *yield strength*

Pada gambar 5 di atas dapat dilihat nilai *Yield Strength* tertinggi yaitu pada media pendingin air biasa sebesar 159,17 kg/mm^2 pada arus listrik 1100 *Ampere*, kemudian mengalami penurunan pada pendingin air garam pada arus 880 *Ampere* sebesar 104,95 kg/mm^2 , mengalami penurunan kembali pada arus 110 *Ampere*

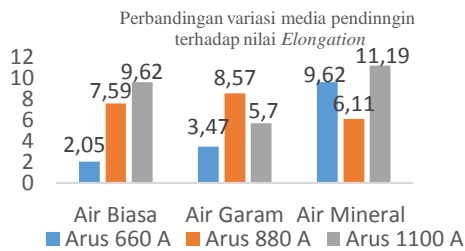
dengan pendingin air mineral sebesar 40,03 kg/mm^2 . Bisa kita lihat dari perbandingan variasi media pendingin yang berbeda pada nilai maksimum *yield strength*, hal ini disebabkan karena arus listrik yang tinggi maka timbul fasa bainit dan martensit yang kekerasannya tinggi, maka kekuatan tarik sambungan las berkurang, bahwa semakin tinggi arus listrik pada pengelasan ini, semakin besar daerah HAZ, akibatnya menurunnya kandungan perlit diiringi terjadi peningkatan *ferrite* pada HAZ, karena pada daerah las, panas yang diterima logam lebih besar.

Hal ini terbukti pada perubahan bentuk yang terjadi pada material tersebut lebih tinggi yaitu pada kekuatan luluhnya, walaupun beban yang bekerja ditiadakan [10].



Gambar 6. Nilai perbandingan variasi pendingin terhadap *tensile strength*

Seterti pada gambar 6 di atas nilai *tensile strength* dari perbandingan media pendingin dapat dilihat nilai *tensile strength* tertinggi yaitu pada media pendingin air mineral pada arus 1100 *Ampere* sebesar 195,92 kg/mm^2 , kemudian mengalami pada pendingin air biasa pada arus 660 *Ampere* sebesar 178,62 kg/mm^2 , serta pada pendingin air garam pada arus 880 *Ampere* sebesar 160 kg/mm^2 . Semakin besar kuat arus dan waktu pengelasan pada proses *spot welding* yang digunakan maka nilai kekuatan tarik pada material juga akan semakin tinggi [11].



Gambar 7 Nilai Perbandingan variasi pendingin terhadap *Elongation*

Seperti pada tabel gambar 7 di atas nilai *Elongation* dari perbandingan variasi media pendingin dapat dilihat nilai *elongation* tertinggi yaitu pada media pendingin air mineral dengan arus *1100 Ampere* sebesar 11.19 %, kemudian pada pendingin air biasa pada arus *660 Ampere* sebesar 9.62 %, mengalami serta pada pendingin air garam dengan arus *880 Ampere* sebesar 8,57 %. Bisa dilihat pada gambar 13, dari variasi arus pada pendingin air mineral nilai tertinggi *elongation* masing-masing berbeda. Hal ini terbukti semakin getas suatu material, maka keuletannya akan semakin rendah, sehingga material mudah dipatahkan dengan energi yang relatif lebih rendah. Variasi media pendingin dan arus listrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan lasan, tegangan luluh dan perubahan sifat mekanisnya, besar kecilnya arus listrik dan media pendingin, akan mempengaruhi kecepatan rambatan yang terjadi, baik saat atau setelah pengelasan, Sehingga akan berpengaruh pada pembentukan fasa akhir yang terbentuk dan akan menentukan kekuatan sambungan las.

Semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan maka nilai kekuatan tarik pada material juga akan semakin tinggi [12], terlihat pada grafik di atas nilai rata-rata kekuatan tarik maksimal yaitu pada media pendingin air mineral pada arus listrik *1100 Ampere* sebesar 195,92 kg/mm². Hal ini membuktikan bahwa media pendingin pada proses pengelasan titik sangat berpengaruh pada hasil pengelasan. Untuk jenis sambungan tumpuk (*lap joint*) pada pengelasan titik yang paling optimal ini

terjadi pada variasi media pendingin air mineral dengan arus listrik *1100 Ampere*, ini dikarenakan diameter *nugget* (manik las) yang terbentuk lebih besar, dan pengelasan pun dilakukan secara tumpuk pada dua permukaan yang mengakibatkan panas tidak hanya terjadi pada satu sisi material, maka hasil sambungan las titik pada plat baja *stainless steel* ini akan semakin kuat sehingga gaya tarik yang dibutuhkan untuk diameter manik las tersebut semakin besar. Pemilihan parameter las titik yang tepat, akan berpengaruh terhadap kekuatan lasan dan perubahan sifat mekanisnya. Besar-kecilnya arus listrik dan lama waktu operasi las akan mempengaruhi kecepatan rambatan yang terjadi, baik saat atau setelah pengelasan. Sehingga akan berpengaruh pada pembentukan fasa akhir yang terbentuk dan akan menentukan kekuatan sambungan las [13].

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jenis sambungan *lap joint* yang paling optimum untuk diberikan pembebanan tarik dari nilai *yield strength* yaitu pendingin air biasa pada arus *1100 Ampere* sebesar 159,17 kg/mm², *tensile strength* dengan pendingin air mineral pada Arus *1100 Ampere* sebesar 195,92 kg/mm², dan nilai *elongation* dengan pendingin Air mineral pada arus *1100 Ampere* sebesar 11.19%.

Referensi

- [1] Purwaningrum, Yustiasih, Fatchan M. 2013 "Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al-Steel" ROTASI – Vol. 15, No. 1, Januari 2013: 16–22.
- [2] Haryono Wiryosumarto, Teshi Okumura. 1991. "Teknik pengelasan logam". Cetakan kedelapan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [3] Pouranvari, M & Marashi, S.P.H. 2011. *Dissimilar Spot.Weld of AISI 304 / AISI 1008: Metallurgical and*

- Mechanical Characterization. Steel Research Journal*, 82 (12): 1355-1360.
- [4] Amstead, B.H., (1995), *Teknologi mekanik*, Edisi ke7 jilid 1, PT. Erlangga, Jakarta.
- [5] Anis, M., Irsyadi, A., & Ferdian, D. 2009. Studi lapisan intermetalik Cu₃Sn pada ujung Elektroda dalam pengelasan titik baja galvanis. *Jurnal teknologi*, 13 (2): 91-95.
- [6] Arifin, 1997. Las listrik dan otogen. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [7] Wiryosumarto, H. 1996. “*Teknologi Pengelasan Logam*”, PT. Pradnya Paramita *journal of Manufacturing Science and Engineering*, August 2001 Vol. 123.
- [8] Hendri, 2012. “Analisa kekuatan tarik hasil *spot welding* baja karbon rendah” *Jurnal teknik mesin* Vol.1, No.2, Institut Teknik Padang.
- [9] JIZ, hand book, Ferrous Material and, Tokyo Japanese Standart Acociation 1984.
- [10] Nurhidayat Achmad, Triyono, 2012. “*Pengaruh Waktu Dan Arus Listrik Pengelasan Rsw Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Sambungan Logam Tak Sejenis Antara Baja Tahan Karat SS 316 Dan Baja Karbon ST37*”.
- [11] Agustriyana, L, Yudi S.I & Sugiarto. 2011. “*Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Las Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Hasil Las Dari Baja Fasa Ganda (Ferrite Martensite)*”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2 (3): 175-181.
- [12] Purwaningrum, Y., & Fatchan, M. 2013. “*Pengaruh arus listrik terhadap karakteristik fisik - mekanik sambungan las titik logam dissimilar Al – steel* ”. *Jurnal teknik mesin*, 15 (1): 16-22.
- [13] Wiryosumarto, H., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT. Pradya Paramita, Jakarta.

Pengaruh perubahan diameter pipa mendadak 1 inch ke $\frac{3}{4}$ dan 1 $\frac{1}{4}$ inch terhadap *pressure drop* dengan variasi bukaan katup

Muhammad Taufiq Afifudin^{1*}, Basuki², Mohammad Arif Irfa'i³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang
Jl. Irian Jaya No. 55, Tebuireng, Cukir Kec. Diwek Kab. Jombang

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang
Jl. Irian Jaya No. 55, Tebuireng, Cukir Kec. Diwek Kab. Jombang

*Corresponding author: m.taufiqafifudin@gmail.com

Abstract

Application of the principles of fluid mechanics can be found in the fields of industry, transportation and households. The series of PVC pipes that are used to distribute water at home, of course, has losses caused by its components, one of which is the change in the cross-section of the pipe. One of the energy losses in the change in pipe section is the pressure drop. The pressure drop can be influenced by the fluid flow discharge and the magnitude of the change in the pipe, debit has fluid flow which causes pressure on the pipe wall. The research in this thesis was carried out in the Mechanical Engineering Laboratory of the Hasyim Asy'ari University. This research is quantitative in nature which will discuss the pressure drop in the sudden change in cross-section which has a diameter of 1 inch to $\frac{3}{4}$ inch and 1 inch to 1 $\frac{1}{4}$ inch with variations in valve openings of 100%, 75% and 50%. 1 inch to $\frac{3}{4}$ inch at each valve opening is 100% 0.1 bar, 75% 0.09 bar and 50% 0.05 bar, while the pressure drop of 1 inch cross section change at each valve opening is 100% equal to 0.03 bar, 75% at 0.03 bar and 50% at 0.06 bar.

Keywords: Pressure drop, change in pipe diameter, valve opening, fluid mechanics

Abstrak

Penerapan prinsip-prinsip mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi dan rumah tangga. Rangkaian pipa PVC yang digunakan untuk mendistribusikan air di rumah, tentunya memiliki kerugian- kerugian yang diakibatkan oleh komponen-komponennya, salah satunya pada perubahan penampang pipa. Salah satu kerugian energi pada perubahan penampang pipa yaitu penurunan tekanan. Penurunan tekanan dapat dipengaruhi oleh debit aliran fluida dan besarnya perubahan pipa tersebut, debit memiliki aliran fluida yang mengakibatkan tekanan pada dinding pipa. Penelitian dalam skripsi ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Hasyim Asy'ari. Penelitian ini bersifat kuantitatif yang akan membahas tentang penurunan tekanan pada perubahan penampang mendadak yang memiliki diameter 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci dan 1 inci ke 1 $\frac{1}{4}$ inci ini dengan variasi bukaan katup 100%, 75% dan 50%. Hasil Penelitian penurunan tekanan perubahan penampang pipa 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci pada setiap bukaan katup yaitu 100% sebesar 0,1 bar, 75% sebesar 0,09 bar dan 50% sebesar 0,05 bar, sedangkan penurunan tekanan perubahan penampang 1 $\frac{1}{4}$ inci pada setiap bukaan katup yaitu 100% sebesar 0,03 bar, 75% sebesar 0,03 bar dan 50% sebesar 0,06 bar.

Kata kunci: penurunan tekanan, perubahan diameter pipa, bukaan katup, mekanika fluida.

Pendahuluan

Lingkungan di sekitar kita tidak akan jauh dari fluida untuk memenuhi kebutuhan hidup. Fluida tersebut merupakan zat yang dapat dengan mudah kita jumpai, contohnya

yaitu udara sebagai sumber pernafasan makhluk hidup dan air sebagai sumber mineral makhluk hidup. Fluida dapat diartikan sebagai zat yang bisa berubah bentuk sesuai dengan bidang atau bentuk

yang dialirinya secara terus menerus. Penerapan fluida dapat dijumpai pada bidang transportasi, industri dan sebagainya. Kegunaan fluida yang sudah begitu penting membuat hal tersebut perlu di kaji lebih dalam, dimana fluida dalam pipa memiliki kerugian yang mengakibatkan aliran fluida tersebut kurang maksimal. Bentuk-bentuk kerugian energi pada aliran fluida dapat dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian tersebut diakibatkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa dan juga komponen yang terdapat pada sistem perpipaan tersebut.

Mekanika fluida merupakan ilmu yang digunakan untuk mempelajari hal-hal yang terjadi pada fluida. Fluida dapat dibedakan menjadi dua zat yaitu zat cair dan zat gas. Fluida gas merupakan zat yang memiliki partikel-partikel yang tidak rapat sehingga dapat termampatkan, sedangkan fluida cair merupakan zat memiliki partikel-partikel rapat sehingga fluida ini tidak bisa termampatkan. Komponen pada sistem perpipaan yaitu percabangan, belokan pipa, sambungan pipa, katup-katup, pembesaran dan pengecilan pipa. Pembesaran penampang dan pengecilan penampang pipa mengakibatkan kerugian yang terjadi karena kontraksi fluida dengan dinding pipa yang mengalami perubahan besar bidang. Kerugian tersebut juga mengakibatkan perbedaan tekanan yang terjadi antara sebelum dan sesudah komponen pipa, sehingga terjadi penurunan tekanan atau *pressure drop*. Sehingga dengan dasar mekanika fluida, dapat diketahui pemecahan masalah tentang kerugian penurunan tekanan akibat perubahan penampang yang terjadi pada sistem perpipaan.

Penelitian sebelumnya tentang eksperimental karakteristik *pressure drop* pada sambungan T (*Tee contraction*) untuk posisi searah dengan variasi sudut kemiringan, menyimpulkan pada aliran fluida sebelum memasuki sambungan (*tee*) contraction dengan variasi sudut kemiringan mengalami peningkatan *pressure drop* yang sama. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor gesekan pada aliran pipa yang lurus

horizontal. Selain itu, *pressure drop* akan memiliki nilai yang semakin besar apabila luas penampang aliran fluida mengalami perubahan semakin kecil. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor gesekan yang terjadi pada dinding pipa yang mengecil. Semakin kecil penampang yang dialiri fluida maka faktor gesekannya juga kecil [1].

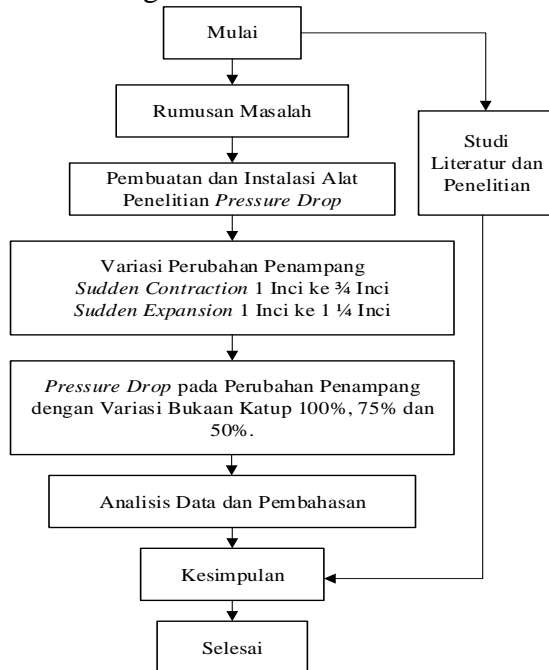
Penelitian berikutnya tentang eksperimental karakteristik *pressure drop* pada pipa dan variasi *elbow* 90° untuk sistem perpipaan menyimpulkan peningkatan bilangan *Reynolds* pada pipa vertikal menyebabkan karakteristik *pressure drop* juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan *elevasi* yang dominan dibandingkan dengan faktor gesekan. Karakteristik *pressure drop* pada *elbow* 90° yang mempengaruhi peningkatan secara signifikan, akibat bentuk dimensi dari *elbow* yang menyebabkan adanya perbedaan ketinggian (*elevasi*), dimana *elevasi* lebih tinggi menghasilkan *pressure drop* lebih tinggi dibandingkan dengan *elevasi* yang rendah. Karakteristik *pressure drop* pada pipa horizontal sampai jarak 10 D pada pipa horizontal yang menggunakan *elbow short* yang mendominasi adalah pada *elbow*, dibandingkan faktor gesekan. Sedangkan karakteristik *pressure drop* pada pipa horizontal sesudah jarak 10 D pada pipa horizontal dengan penggunaan *elbow short* maupun *elbow long* faktor gesekan yang lebih dominan. Penelitian tersebut menginformasikan tentang *pressure drop* pada pipa dan variasi *elbow* 90°, tetapi belum menginformasikan tentang sambungan T (*tee*) terhadap *pressure drop* [2].

Penelitian lain juga pernah dilakukan yakni tentang pengaruh rasio diameter pipa terhadap perubahan tekanan pada bernoulli theorem apparatus menyimpulkan rasio diameter berpengaruh terhadap perubahan tekanan dan pengaruhnya adalah semakin besar rasio diameter maka tekanan menjadi besar. Hasil penelitian tekanan maksimum terjadi pada debit 0,0192 lt/dt di titik pengukuran 1 pada rasio 0,67. Tekanan minimum terjadi pada

variasi debit 0,0247 lt/dt di titik pengukuran 5 pada rasio 0,33 [3].

Metode Penelitian

1. Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

2. Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki variabel bebas yaitu variasi diameter perubahan pipa 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci dan 1 inci ke $1\frac{1}{4}$ inci, dimana variabel bebas dapat mempengaruhi penelitian dan menjadi sebab perubahan variabel terikat. Variabel terikat penelitian ini yaitu penurunan tekanan atau *pressure drop*, dimana variabel terikat merupakan hasil dari variabel bebas. Variabel kontrol penelitian ini yaitu variasi bukaan katup 100%, 75% dan 50% dan volume air *reservoir*, dimana variabel ini merupakan variabel yang di atur, dikontrol dan dikendalikan sehingga pengambilan datanya valid dan hasilnya sesuai rencana.

3. Teknik Pengumpulan Data

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi literatur, dimana dilakukan metode untuk mendapatkan bahan-bahan penelitian yang dapat digunakan sebagai acuan melakukan penelitian dengan cara mempelajari jurnal-

jurnal atau buku-buku yang relevan dengan bidang penelitian.

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data secara eksperimen, metode eksperimen adalah suatu metode yang dilakukan dengan cara melakukan suatu eksperimen guna mendapatkan suatu data yang valid dan sesuai dengan yang dibutuhkan. Maka dari itu perlu dilakukan perancangan alat untuk melakukan penelitian ini. Penelitian ini menggunakan alat yang dirancang dari kerangka alat, sambungan sistem perpipaan dan sambungan *tee* untuk tempat alat ukur tekanan yang diletakkan pada sebelum dan sesudah perubahan penampang. Setelah itu, terdapat katup setelah *tee* sesudah perubahan penampang yang jaraknya 3 kali diameter pipa untuk mengontrol debit.

Pada tahap sebelum pengambilan data dilakukan percobaan alat uji *pressure drop* dengan melihat aliran pada pipa keluaran terlihat stabil dan kalibrasi alat ukur yang akan digunakan untuk mengukur tekanan sebelum dan sesudah perubahan penampang pipa serta persiapan pada katup yang akan divariasi diposisikan membuka sebesar 100%, 75% dan 50%. Setelah persiapan dilakukan maka dapat dilakukan proses penelitian dan mencatat data yang ditampilkan alat ukur *pressure gauge* pada *tee* sebelum dan sesudah perubahan penampang pada setiap bukaan katup yang telah divariasi 100% 75% dan 50%. Setelah mendapatkan data dilakukan perhitungan penurunan tekanan dengan persamaan berikut [4]:

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

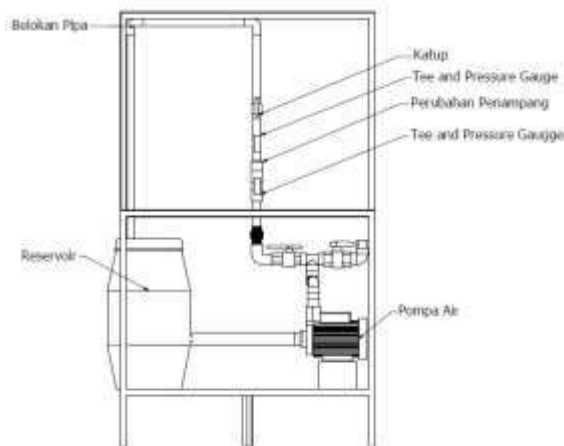
4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data statistik deskriptif yang merupakan teknik untuk mendeskripsikan atau menyampaikan hasil penelitian dalam bentuk gambar grafik. Data yang diambil dalam penelitian ini yaitu tekanan pada sesudah dan sebelum perubahan penampang dengan variasi bukaan katup 100%, 75% dan 50%. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara hasil

penurunan tekanan terhadap bukaan katup yang divariasi. Sehingga didapatkan hasil penurunan tekanan yang terjadi di setiap bukaan katup dengan variasi 100%, 75% dan 50%.

5. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan instrumen peralatan dan bahan untuk melaksanakan penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan terdiri dari pompa, bak penampung air, *pressure gauge*, pipa, *tee*, sambungan pipa, perubahan penampang mendadak dan katup. Berikut ini skema alat penelitian yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Instrumen Penelitian

Keterangan:

- Reservoir adalah bak penampung untuk menyimpan air. Bak penampung memiliki kapasitas 40 Liter.
- Pompa air yang digunakan merupakan pompa modifikasi dengan kapasitas ± 100 Liter/menit.
- Pressure gauge yang digunakan memiliki kapasitas 1,5 bar dengan ketelitian 0,05 bar.
- Sistem perpipaan merupakan rangkain dari komponen-komponen pipa yang digunakan. Komponen tersebut yaitu pipa, percabangan pipa, belokan pipa, pengecilan dan pembesaran pipa. Ukuran sistem perpipaan yang digunakan yaitu $\frac{3}{4}$ inci, 1 inci dan $1 \frac{1}{4}$ inci.

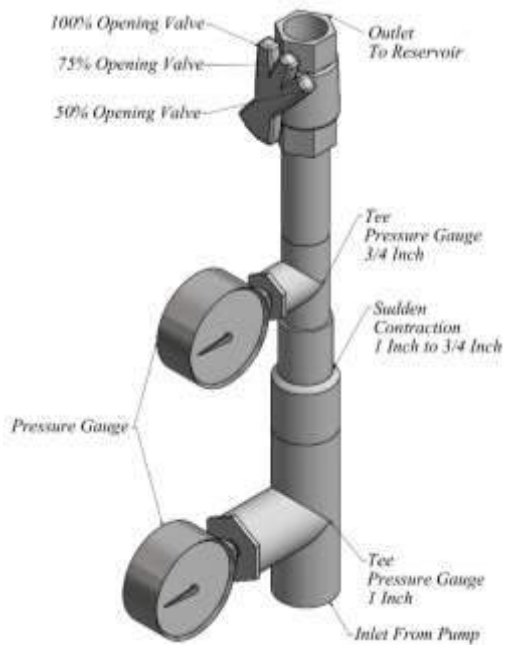
Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Hasyim Asy'ari Jombang. Penelitian ini menggunakan sambungan perubahan penampang 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci dan 1 inci ke $1 \frac{1}{4}$ inci dengan sambungan *tee* yang diletakkan pada sebelum dan sesudah perubahan penampang yang digunakan untuk alat ukur *pressure gauge*. Pengujian pertama yaitu pada perubahan pipa 1 inci ke $\frac{3}{4}$ inci dan dilanjutkan pengujian perubahan pipa 1 inci ke $1 \frac{1}{4}$ inci, kedua pengujian tersebut dilakukan sebanyak 3 kali pengujian. Maka, dari pengujian yang dilakukan diambil rata-rata pada semua pengujian yang dilakukan dan digunakan sebagai data hasil penelitian. Adapun hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

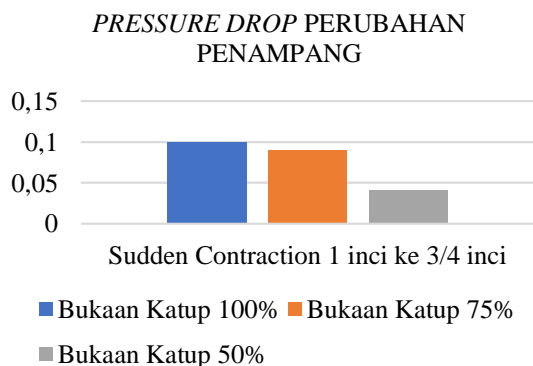
Tabel 1. Rata-rata hasil pengujian *pressure drop*

Hasil Penelitian Pressure Drop						
No	Nama Komponen	Bukaan	Δp	Δp	Δp	Rata-rata Δp (bar)
		Katup	(bar)	(bar)	(bar)	
1	Perubahan Penampang 1 Inci ke $\frac{3}{4}$ Inci	100%	0,1	0,1	0,1	0,1
		75%	0,08	0,1	0,1	0,09
		50%	0,03	0,05	0,05	0,04
2	Perubahan Penampang 1 Inci ke $1 \frac{1}{4}$ Inci	100%	0,03	0,05	0,00	0,03
		75%	0,03	0,05	0,00	0,03
		50%	0,05	0,10	0,03	0,06

Berikut ini Pembahasan hasil penelitian *pressure drop* pada setiap perubahan penampang:

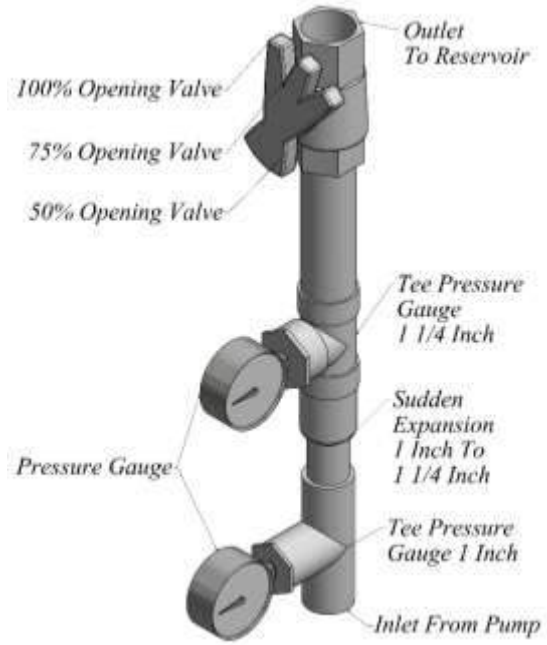


Gambar 3. Perubahan Penampang 1 Inchi ke 3/4 Inchi dengan Variasi Bukaannya Katup

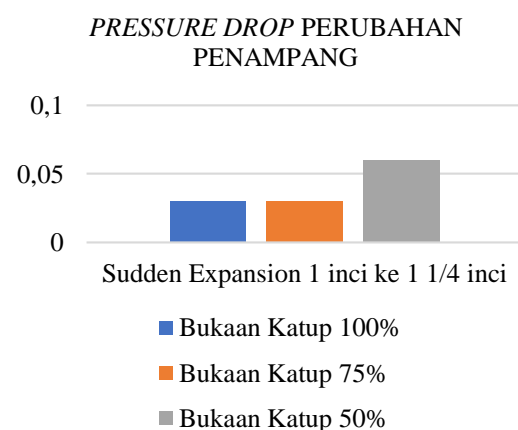


Gambar 4. Grafik *Pressure Drop* pada Perubahan Penampang 1 Inchi ke 3/4 Inchi pada Setiap Bukaannya Katup

Pada gambar 4 menunjukkan hasil *pressure drop* pada perubahan penampang 1 inci ke 3/4 inci pada setiap variasi bukaan katup yang dapat dilihat pada gambar 3. Nilai *pressure drop* terbesar terjadi pada bukaan katup 100% dengan nilai 0,1 bar, sedangkan nilai *pressure drop* terkecil terjadi pada bukaan katup 50% dengan nilai 0,04 bar. Hasil dari gambar 4 menunjukkan nilai *pressure drop* semakin menurun seiring dengan semakin besarnya variasi bukaan katup. Hal tersebut terjadi karena dipengaruhi oleh kecepatan fluida yang turun karena kecilnya bukaan katup pada perubahan penampang pipa mendadak 1 inci ke 3/4 inci.



Gambar 5. Perubahan Penampang 1 Inchi ke 1 1/4 Inchi dengan Variasi Bukaannya Katup



Gambar 6. Grafik *Pressure Drop* pada Perubahan Penampang 1 Inchi ke 1 1/4 Inchi pada Setiap Bukaannya Katup

Pengujian *pressure drop* perubahan penampang pipa 1 inci ke 1/4 inci yang dapat dilihat pada gambar 5 memiliki hasil yang dapat dilihat pada gambar 6 yaitu grafik *pressure drop* perubahan penampang 1 inci ke 1 1/4 inci pada setiap variasi bukaan katup. Nilai *pressure drop* terbesar terjadi pada bukaan katup 50% dengan nilai 0,06 bar, sedangkan nilai *pressure drop* terkecil terjadi pada bukaan katup 100% dan 75% dengan nilai 0,03 bar. Hasil dari gambar 6 menunjukkan nilai *pressure drop* semakin meningkat seiring dengan kecepatan aliran fluida yang turun karena kecilnya bukaan

katup pada perubahan penampang pipa mendadak 1 inci ke 1 ¼ inci.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh perubahan penampang terhadap pressure drop pada setiap bukaan katup, dapat diambil simpulan bahwa pada perubahan penampang pipa mendadak 1 inci ke ¾ inci pada bukaan katup 100%, 75% dan 50%, terjadi penurunan *pressure drop* apabila persentase bukaan katup semakin kecil. Nilainya yaitu 0,1 bar, 0,09 bar dan 0,04 bar. Pada perubahan penampang pipa mendadak 1 inci ke 1 ¼ inci pada bukaan katup 100%, 75% dan 50%, terjadi peningkatan *pressure drop* apabila presentase bukaan katup semakin besar. Nilainya yaitu 0,03 bar, 0,03 bar dan 0,06 bar. Pada perubahan penampang 1 inci ke ¾ inci memiliki luas perubahan penampang yang lebih kecil, sehingga memiliki gesekan pada dinding pipa yang kecil. Hal tersebut membuat nilai *pressure drop* yang besar dibandingkan dengan pipa 1 inci ke 1 ¼ inci yang luas perubahan penampangnya lebih besar.

Saran

Dari rangkaian penelitian diatas, maka dapat diberikan saran untuk penelitian selanjutnya. Beberapa saran dari penulis sebagai berikut:

1. Hendaknya alat disempurnakan lagi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih detail yaitu pada alat ukur pressure gauge dengan ketelitian yang tinggi atau pressure gauge digital.
2. Meneruskan penelitian dengan mengganti posisi perubahan penampang mendadak dipasang secara frontal/horizontal dengan perubahan penampang bertahap.

Referensi

- [1] S. Z. Mohammad dan P. H. Adiwibowo, "Jurnal Teknik Mesin," *Eksperimental Karakteristik*

Pressure Drop pada Sambungan T (Tee) Contraction untuk Posisi Searah dengan Variasi Sudut Kemiringan, vol. 01, no. 03, pp. 74-78, 2013.

- [2] Lukman. 2011. *Eksperimental Karakteristik Pressure Drop Pada Pipa Dan Variasi Elbow 90° Untuk Sistem Perpipaan*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT-UNESA.
- [3] Aufa, Ahmad. Rubiono, Gatut dan Mujiyanto, Haris. *Pengaruh Rasio Diameter Pipa Terhadap Perubahan Tekanan Pada Bernoulli Theorema Apparatus*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-11, 2016.
- [4] C. J. Geankoplis, *Transport Processes and Unit Operations*, New Jersey: Prentice Hall Inc., 1993.

Pengaruh jumlah pipa udara pada reaktor pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair

Fajar Khusaini¹, Ridwan², Kemas Ridhuan^{3*}, Dwi Irawan⁴

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: kmsridhuan69@gmail.com

Abstract

Pyrolysis temperature is very influential on the results of charcoal and liquid smoke can also be influenced by the amount of air that exists and the amount of air can be regulated by the number of air pipes. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the number of air pipes 1, 3, 5 in the pyrolysis combustion reactor on the temperature and combustion time and the results of charcoal and liquid smoke. The research method is designing, manufacturing and testing a pyrolysis device with variations of 1, 3, 5 air pipes in a 1 inch diameter reactor, 8 kg corn cobs raw material, using a straight type condenser and 40 ml/second flowing water. From the results of the research, variations in air pipes affect the temperature and time of combustion as well as the results of charcoal and liquid smoke. The highest temperature of the reactor occurred at pipe 5 variation, which is 485°C for 120 minutes and the lowest temperature in pipe 1 was 353°C for 185 minutes. Variations in air pipes also greatly affect the yield of charcoal and liquid smoke. The yield of liquid smoke with the highest quantity in the variation of pipe 5 is 0.5 kg and the result of the least liquid smoke in the variation of pipe 1 as much as 0.32 kg. For the highest charcoal yield in the variation of pipe 1 weighing 4 kg and for the least charcoal yield, namely in the variation of pipe 5 weighing 3.2 kg.

Keywords: Air pipe, combustion, pyrolysis, charcoal, liquid smoke

Abstrak

Temperatur pirolisis sangat berpengaruh terhadap hasil arang dan asap cair juga dapat dipengaruhi oleh jumlah udara yang ada dan banyaknya udara dapat diatur dengan jumlah pipa udara. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah pipa udara 1, 3, 5 di dalam reaktor pembakaran pirolisis terhadap temperatur dan waktu pembakaran serta hasil arang dan asap cair. Metode penelitian yaitu merancang, membuat, serta menguji alat pirolisis dengan variasi pipa udara 1, 3, 5 di dalam reaktor berdiameter 1 inch, bahan baku tongkol jagung seberat 8 kg, menggunakan kondensor tipe lurus dan debit air mengalir 40 ml/detik. Dari hasil penelitian, variasi pipa udara berpengaruh terhadap temperatur dan waktu pembakaran serta hasil arang dan asap cair. Temperatur tertinggi reaktor terjadi pada variasi pipa 5 yaitu 485°C selama 120 menit dan temperatur terendah pada pipa 1 yaitu 353 °C selama 185 menit. Variasi pipa udara juga sangat berpengaruh terhadap hasil arang dan asap cair. Hasil asap cair dengan kuantitas terbanyak pada variasi pipa 5 yaitu 0,5 kg dan hasil asap cair paling sedikit pada variasi pipa 1 sebanyak 0,32 kg. Untuk hasil arang terbanyak pada variasi pipa 1 seberat 4 kg dan untuk hasil arang paling sedikit yaitu pada variasi pipa 5 seberat 3,2 kg.

Kata kunci: Pipa udara, pembakaran, pirolisis, arang, asap cair

Pendahuluan

Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang bersumber pada bahan biologis pada organisme yang belum lama mati. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa yang bersumber dari kayu antara lain: limbah penggergajian kayu, limbah *plywood* dan limbah *logging*. Selain ketersediaannya cukup banyak di Indonesia, karena Indonesia memiliki hutan tropis yang luas sehingga biomassa kayu banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Selain itu biomassa kayu juga cenderung tidak menyebabkan dampak negatif pada lingkungan. Salah satu pemanfaatan biomassa yaitu dengan cara proses pirolisis.

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas pirolisis biomassa umumnya berlangsung pada rentang suhu 300 °C sampai dengan 600 °C. Namun keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Suhu pirolisis untuk mereduksi biomassa dicapai secara optimal pada 300°C [1].

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pirolisis yaitu kadar air, ukuran partikel, temperatur, waktu, bahan, dan tipe pirolisis. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (*charcoal/ arang*), gas (*fuel gas*) dan cairan (*bio-oil*) [2]. Proses pirolisis ini mengakibatkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk alkohol, tar, dan hidrokarbon, serta uap-uap asam asetat [3].

Penurunan berat molekul terjadi saat proses pirolisis sehingga dari penurunan tersebut menyebabkan polimer akan berubah menjadi monomer. Setiap biomassa memiliki karakteristik dan komposisi yang berbeda-beda tergantung dari jenis dan bentuknya. Seperti biomassa jenis kayu dengan tekstur keras, panjang, dan sedikit air. Kemudian kulit durian dengan bijian besar, lunak, kandungan air tinggi. Pada

pembakaran pirolisis akan menghasilkan produk asap cair yang berbeda pula [4].

Pada proses pembakaran biomassa sebagai bahan bakar, jenis dan ukuran biomassa merupakan suatu hal yang sangat penting. Hal itu dikarenakan setiap biomassa memiliki cepat bakar yang berbeda. Hasil maksimum bio-oil (47,3%) dapat diperoleh dan berkerja pada tingkat menengah untuk suhu operasi (500°C). Suhu merupakan faktor yang paling penting, memiliki efek positif yang signifikan terhadap produk hasil bio-oil. Semakin tinggi suhu pirolisis yang diberikan maka produk padatan atau arang yang dihasilkan akan semakin sedikit [5].

Rizky pada tahun 2019 dalam penelitiannya variasi jumlah lubang udara yang diterapkan 20, lubang udara 30, dan lubang udara 40 serta variasi kecepatan aliran udara primer memberikan pengaruh pada kinerja reaktor, semakin banyak jumlah lubang maka semakin besar nilai laju kalor, efisiensi termal dan laju konsumsi bahan bakar. Variasi kecepatan aliran udara yang diterapkan memberikan pengaruh pada kinerja kompor gasifikasi. Rata-rata ditiap variasi jumlah lubang udara, semakin tinggi kecepatan aliran udara yang diberikan maka semakin besar nilai laju kalor, efisiensi termal dan laju konsumsi bahan bakar [6].

Proses pembakaran biomassa dengan menambahkan jumlah pipa udara di dalam reaktor merupakan metode pembakaran dengan memanaskan biomassa melalui pipa udara di dalam reaktor sehingga udara panas yang berasal dari burner pembakaran masuk melalui pipa dan membakar biomassa. Pembakaran dengan metode ini dimaksudkan untuk lebih optimalnya panas dan suplai udara yang tercukupi pada reaktor, sehingga proses pemanasan berlangsung merata dan diharapkan mempersingkat waktu pembakaran bahan baku. Keuntungan dari proses ini adalah proses pembakaran dapat berlangsung secara cepat karena suplai oksigen dapat masuk melalui pipa udara sesuai dengan kebutuhan pembakaran pirolisis. dengan variasi jumlah pipa udara

yaitu 1, 3, 5. Dari perbandingan jumlah pipa tersebut sehingga akan didapat banyaknya asap cair dan arang yang optimal. Kemudian asap dari pembakaran di dalam reaktor akan masuk pada proses kondensasi dari gas yang terbentuk, akan berubah wujud ke bentuk cairan. Asap cair adalah bahan cairan yang berwarna hitam yang berasal dari biomassa seperti kayu, kulit kayu dan biomassa lainnya seperti dari limbah kehutanan melalui proses pirolisis. Asap cair biasa digunakan sebagai bahan pengawet ikan, tahu, bakso, atau daging. Keuntungan penggunaan asap cair sebagai bahan pengawet adalah mampu menjaga kadar protein dan lemak yang terkandung dalam produk tersebut. Selain berfungsi sebagai pengawet makanan, asap cair biasa digunakan sebagai bahan baku disinfektan, kosmetik, hingga penyubur tanah dan pupuk. Produk lainnya yang dapat dihasilkan dari proses pirolisis berupa bio-arang. Bio-arang dihasilkan dari pembakaran di reaktor memiliki kualitas nilai kalor yang lebih baik. Dengan pengolahan biomassa tersebut menjadi bio-arang pirolisis dapat meningkatkan nilai jual produk tersebut menjadi lebih baik [7].

Tinjauan Pustaka

Biomassa

Biomassa diartikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Secara umum sumber-sumber biomassa yang tersedia di Indonesia antara lain, tongkol, jerami, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit dan lain sebagainya. Material kayu seperti kayu atau kulit kayu hasil logging, serbuk gergaji.

Sebagai bahan bakar, biomassa perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu agar dapat lebih mudah dipergunakan yang dikenal sebagai konversi biomassa.

Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata *Pyro* (fire/api) dan *Lyo* (*loosening*/pelepasan proses dekomposisi termal dari suatu bahan

organik. Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik pada suhu tinggi dan terurai menjadi ikatan molekul yang lebih kecil. Teknologi ini adalah pembakaran yang tanpa melibatkan oksigen (O₂) dalam proses pembakarannya. Pirolisis telah dikenal sejak ratusan tahun yang lalu untuk membuat arang dari sisa tumbuhan, sekitar pada abad ke-18 pirolisis dilakukan untuk menganalisis komponen penyusun biomassa [8].

Reaktor Pirolisis

Reaktor dengan penambahan jumlah pipa udara di dalam ruang pembakaran merupakan metode pembakaran dengan memanaskan biomassa melalui pipa udara di dalam reaktor sehingga uap panas yang berasal dari burner pembakaran masuk melalui pipa dan membakar biomassa. Pembakaran dengan reaktor jenis ini dimaksudkan untuk lebih optimalnya panas dan suplai udara yang tercukupi pada reaktor, sehingga proses pemanasan berlangsung merata dan diharapkan mempersingkat waktu pembakaran bahan baku. Keuntungan dari reaktor ini adalah proses pembakaran dapat berlangsung secara cepat karena suplai oksigen dapat masuk melalui pipa udara sesuai dengan kebutuhan pembakaran pirolisis. dengan variasi jumlah pipa udara yaitu 1, 3, 5. Dari perbandingan jumlah pipa tersebut sehingga akan didapat banyaknya asap cair dan arang yang optimal.

Arang

Arang biomassa adalah produk yang diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap biomassa tersebut. Pembakaran tidak sempurna terhadap biomassa akan menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida, peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga sebagian besar molekul karbon yang kompleks terurai menjadi karbon atau arang. Makin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka makin tinggi pula kadar fixed carbonnya dan

mutu arang tersebut juga akan semakin tinggi [9].

Pembakaran

Pembakaran pirolisis dapat menghasilkan produk utama yang berupa arang (*char*), asap cair (*bio-oil*) dan gas. Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalori yang tinggi ataupun digunakan sebagai karbon aktif. Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat additive atau bahan pengawet makanan atau produk tertentu. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung.

Asap cair

Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil dari pembakaran tidak sempurna dari kayu. Selama pembakaran, komponen utama kayu yang berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan mengalami pirolisis. Asap cair diperoleh dengan teknis pirolisis, dimana senyawa-senyawa yang menguap secara simultan akan ditarik dari zona reaktor panas dan akan berkondensasi pada system pendingin. Ditambahkan bahwa selama proses kondensasi akan terbentuk kondensat asap kasar yang akan memisah menjadi tiga fasa, yaitu fase larut dalam air, fase tidak larut dalam air dan fase tar [10].

Asap cair mempunyai beberapa kelebihan yaitu : mudah diterapkan/praktis penggunaannya, flavor produk lebih seragam, dapat digunakan secara berulang-ulang, lebih efisien dalam penggunaan bahan pengasap, dapat diaplikasikan pada berbagai jenis bahan pangan, polusi lingkungan dapat diperkecil dan yang paling penting senyawa karsinogen yang terbentuk dapat dieliminasi [10]. Diketahui pula bahwa temperatur pembuatan asap merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap yang dihasilkan. Produk yang diberikan asap cair yang dihasilkan pada temperatur 400° C dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis yang lebih tinggi.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eskperimental dengan melakukan pembuatan dan pengujian burner oli dan air. Pengujian dilakukan dengan menjalankan atau menggunakan alat pirolisis dengan variasi pipa udara 1, 3, 5 di dalam reaktor.

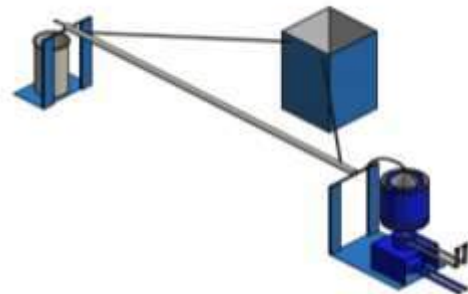
Adapun tahapan penelitian dari proses pengujian Pirolisis dengan variasi pipa udara didalam reaktor terdiri dari beberapa tahap yaitu :

a. Pengeringan Bahan baku (Biomassa)

Setelah tongkol jagung sudah terkumpul proses selanjutnya adalah mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari sampai benar-benar kering yang bertujuan untuk mengurangi kadar air di dalam tongkol jagung tersebut.

b. Persiapan Alat Pirolisis

Mempersiapkan alat yang akan digunakan dalam penelitian seperti alat ukur termokopel, tabung reaktor yang sudah divariasi dengan pipa udara di dalamnya, dan kondensor pipa lurus.



Gambar 1. Desain Alat Pirolisis



Gambar 2. Desain Reaktor Pirolisis

c. Pengujian Pirolisis

Dalam penelitian ini burner yang dipakai dalam proses pembakaran pirolisis

yaitu burner oli dan air kemudian dihidupkan, setelah itu mengarahkan burner tersebut ke Reaktor pirolisis untuk membakar biomassa yang ada di reaktor. Data temperatur yang diukur dan waktunya dicatat. Setelah selesai, mencatat jumlah arang dan asap cair yang didapat. Kemudian, melakukan cara yang sama untuk tiap jumlah pipa udara 1, 3 dan 5.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.

Hasil dan Pembahasan

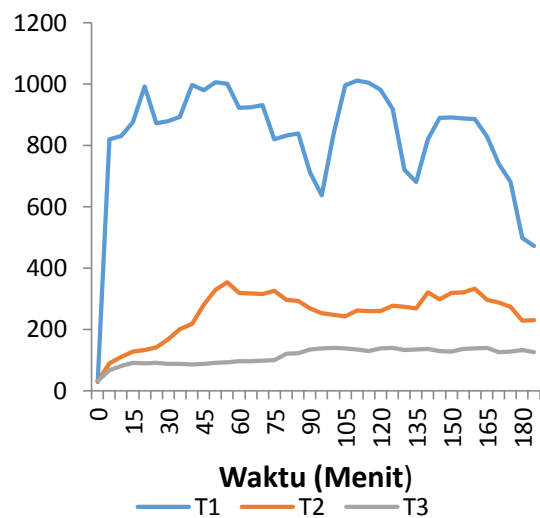
1. Jumlah Pipa Udara didalam Reaktor Pembakaran Pirolisis Terhadap Temperatur dan Waktu yang Dihasilkan

Berikut ini pengaruh dari variasi pipa udara didalam reaktor pirolisis serta menggunakan burner pembakaran oli dan air temperatur dan waktu pembakaran pirolisis terhadap hasil arang dan asap cair. Berikut pengaruh variasi pipa udara di dalam reaktor pirolisis terhadap temperatur dan waktu pembakaran pirolisis.

Pengujian dengan variasi 1 pipa udara di dalam reaktor pirolisis dengan biomassa tongkol jagung 8 kg.

Pada gambar 3 Variasi 1 pipa udara didalam reaktor memiliki suhu tertinggi di dalam reaktor yaitu 353°C dan suhu tertinggi pada api burner pembakaran yaitu 1011°C. Variasi 1 pipa udara juga sangat berpengaruh terhadap cepat atau lambatnya biomassa yang ada didalam reaktor terdekomposisi, dapat dilihat dari garfik bahwa temperatur pada reaktor pembakaran sangat kecil sehingga berpengaruh pada waktu pembakaran. Pengaruh penambahan variasi 1 pipa udara di dalam reaktor juga hanya menghasilkan suhu tertinggi di dalam reaktor yaitu sebesar 353°C hal itu dikarenakan suplai udara panas pada burner pembakaran hanya sedikit yang masuk melalui 1 pipa udara ke dalam reaktor pembakaran pirolisis sehingga memperlambat proses penguraian biomassa

pada reaktor. Penurunan temperatur pada T1 diakibatkan oleh bahan bakar oli dan air yang sudah mulai habis sehingga api yang dihasilkan semakin kecil dan harus dilakukannya pengisian bahan bakar oli dan air. Selain itu penurunan pada T1 juga bisa diakibatkan oleh tersumbatnya pipa api pada burner yang disebabkan kerak asap yang menempel pada pipa sehingga perlu dilakukannya pembersihan agar api bisa menyala secara maksimal.



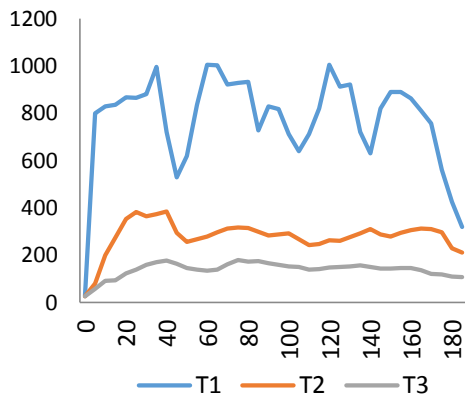
Gambar 3. Pengaruh variasi 1 pipa udara terhadap temperatur yang dihasilkan

Temperatur yang rendah pada reaktor juga mempengaruhi waktu pembakaran pada proses pirolisis. Pada variasi 1 pipa udara didalam reaktor membutuhkan waktu 30 menit sampai asap cair mulai menetes dan 185 menit sampai asap cair mulai berhenti menetes. Sehingga untuk proses pirolisis 8 kg tongkol jagung dengan variasi 1 pipa udara didalam reaktor memiliki waktu yaitu 185 menit sampai berhenti menetes

Pengujian dengan variasi 3 pipa udara didalam reaktor pirolisis dengan biomassa tongkol jagung 8 kg.

Pada gambar 4, variasi 3 pipa udara di dalam reaktor memiliki temperatur tertinggi pada api burner pembakaran sebesar 1005°C dan suhu tertinggi di dalam reaktor sebesar 385°C. Bisa dilihat pada grafik dimana penambahan pipa 3 sangat

berpengaruh terhadap temperatur yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan suplai udara panas yang masuk melalui lubang pada pipa udara lebih banyak dibandingkan dengan variasi 1 pipa. Pada gambar di bawah naik turunnya T1 secara drastis disebabkan oleh bahan bakar oli dan air pada burner sudah mulai habis sehingga api yang dihasilkan semakin mengecil sehingga harus dilakukannya pengisian bahan bakar oli dan air agar temperatur pada api burner kembali naik. Penyumbatan pada pipa saluran api juga mempengaruhi nyala api sehingga harus selalu dibersihkan agar api menyala secara maksimal



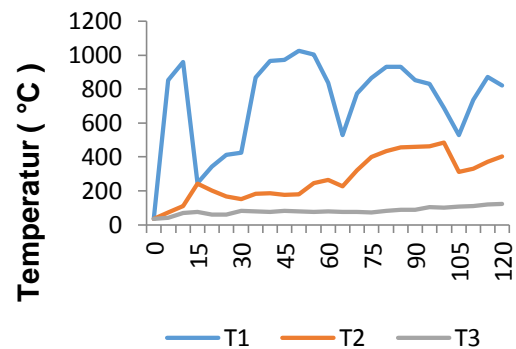
Gambar 4. Pengaruh variasi 3 pipa udara terhadap temperatur yang dihasilkan

Dengan adanya penambahan pipa udara didalam reaktor yang awalnya hanya berjumlah 1 buah pipa dan kini ditambah 3 pipa membuat proses pembakaran pirolisis hanya membutuhkan waktu 15 menit sampai asap cair mulai menetes dikarenakan suplai udara panas yang lebih banyak dibandingkan dengan 1 pipa udara sehingga biomassa lebih cepat terdekomposisi menjadi asap. Pada proses pirolisis dengan variasi 3 pipa udara didalam reaktor membutuhkan waktu 15 menit sampai menetes dan 185 menit sampai berhenti menetes .

Pengujian dengan variasi 5 pipa udara didalam reaktor pirolisis dengan biomassa tongkol jagung 8 kg.

Pada gambar 5. Variasi 5 pipa udara didalam reaktor memiliki suhu tertinggi

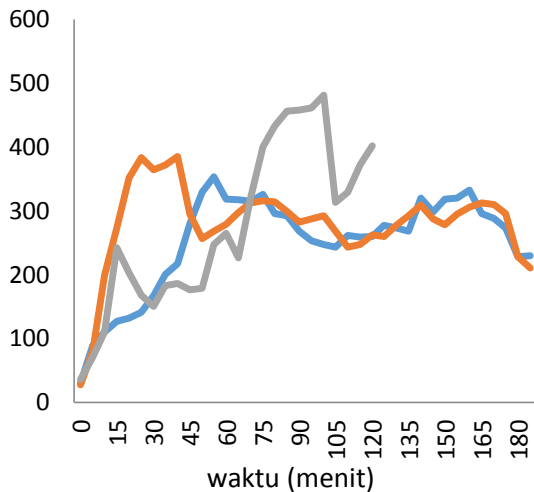
pada api burner pembakaran sebesar 1025°C dan suhu tertinggi di dalam reaktor sebesar 485°C. Penambahan variasi 5 pipa sangat berpengaruh terhadap temperatur yang dihasilkan hal ini terjadi karena suplai udara panas yang masuk lebih banyak dibandingkan pipa 3 dan 1. Temperatur di dalam reaktor yang tinggi juga berpengaruh terhadap waktu proses pembakaran. Naik turunnya temperatur pada T1 diakibatkan oleh kondisi bahan bakar oli dan air pada burner akan segera habis sehingga nyala api yang dihasilkan semakin kecil.



Gambar 5. Pengaruh variasi 5 pipa udara terhadap temperatur yang dihasilkan

Proses pirolisis dengan variasi 5 pipa udara di dalam reaktor hanya membutuhkan waktu 15 menit sampai asap cair mulai menetes. Hal ini bisa dilihat pada grafik bahwa temperatur variasi 5 pipa udara di dalam reaktor lebih tinggi dibandingkan variasi pipa 1 dan 3. Pada variasi 5 pipa udara di dalam reaktor membutuhkan waktu 15 menit asap cair mulai menetes dan 120 menit asap cair berhenti menetes.

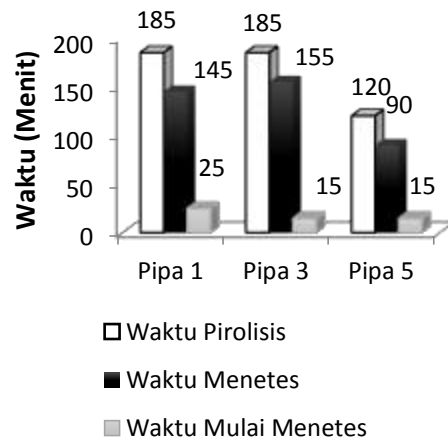
Pada gambar 6, dapat dilihat perbedaan temperatur di dalam reaktor untuk setiap variasi pipa 1, 3, 5 di dalam reaktor. Pada gambar 26. Dapat dilihat bahwa temperatur tertinggi pada reaktor pirolisis yaitu jenis variasi 5 pipa udara dengan temperatur mencapai 485°C dan membutuhkan waktu 120 menit sampai asap cair berhenti menetes.



Gambar 6. Perbedaan temperatur pada reaktor pirolisis masing masing variasi

Untuk pipa 3 menghasilkan temperatur tertinggi mencapai 385°C dan membutuhkan waktu 185 menit sampai asap cair berhenti menetes dan untuk var pipa 1 menghasilkan temperatur tertinggi mencapai 353°C dan membutuhkan 185 menit sampai asap cair berhenti menetes. Pada variasi pipa 5 mendapatkan temperatur tertinggi pada reaktor dibandingkan dengan variasi pipa 1 dan 3 dikarenakan jumlah pipa dan lubang yang lebih banyak sehingga udara panas pada burner pembakaran dapat diserap dengan baik untuk mendekomposisi biomassa yang berada di dalam reaktor. Perbedaan temperatur pada masing masing pipa di dalam reaktor juga memberikan pengaruh pada lama waktu proses pembakaran, semakin banyak jumlah pipa dan lubang pada reaktor maka proses pembakaran pirolisis akan semakin cepat. Pada gambar di atas naik turunnya temperatur di dalam reaktor diakibatkan oleh api burner pembakaran yang kurang stabil sehingga mempengaruhi temperatur yang ada di dalam reaktor. Kurang stabilnya api pada burner pembakaran juga mengakibatkan penyerapan udara panas pada masing masing pipa kurang efektif sehingga menghasilkan pirolisis slow yaitu dengan temperatur berkisar 300°C - 485°C.

Perbandingan Waktu Pirolisis



Gambar 7. Grafik Perbandingan Waktu Menetes Setiap Variasi

Pada gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa temperatur pada di setiap variasi pipa 1, 3, 5 memiliki pengaruh terhadap waktu pembakaran pirolisis. Pada variasi pipa 1 dengan temperatur tertinggi di dalam reaktor 353 °C menghasilkan waktu pembakaran yaitu 185 menit dan asap cair mulai menetes pada menit ke 25 dan menetes selama 145 menit. Pada variasi pipa 3 dengan temperatur tertinggi di dalam reaktor 385°C menghasilkan waktu pembakaran yaitu 185 menit dan asap cair mulai menetes pada menit ke 15 dan menetes selama 155 menit . Pada pipa 3 asap cair mulai menetes lebih cepat dibandingkan dengan pipa 1 dikarenakan suplai udara panas yang masuk melalui pipa lebih banyak sehingga lebih cepat menguraikan biomassa. Pada variasi pipa 5 dengan temperatur tertinggi di dalam reaktor 485°C menghasilkan waktu pembakaran yaitu 120 menit dan asap cair mulai menetes pada menit ke 15 dan menetes selama 90 menit. Waktu pembakaran pada pipa 5 lebih cepat dibandingkan dengan pipa 1 dan 3 dikarenakan temperatur yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan pipa 1 dan 3 sehingga biomassa lebih cepat terurai menjadi asap dan menghasilkan asap cair.

2. Pengaruh Jumlah Pipa Udara didalam Reaktor Pembakaran Pirolisis Terhadap Presentase Hasil Arang dan Asap Cair

Hasil arang dan asap cair

Hasil pirolisis berupa arang dan asap cair berbanding terbalik. Semakin banyak asap cair yang dihasilkan maka semakin sedikit arang yang dihasilkan. Dari variasi 5 pipa udara di dalam reaktor dengan biomassa tongkol jagung seberat 8 kg mendapatkan 0,5 kg asap cair, 0,4 kg menggunakan 3 variasi pipa udara serta 0,32 kg menggunakan 1 variasi pipa udara didalam reaktor. Variasi 5 pipa udara mendapatkan arang 3,4kg, variasi 3 pipa mendapatkan 3,8 kg arang, dan 1 variasi pipa mendapatkan 4 kg arang. Hasil arang dan asap cair sangat dipengaruhi oleh temperatur yang ada didalam reaktor. Pada proses pembakaran dengan variasi pipa udara 1, 3, 5 menghasilkan tipe pirolisis slow karena hanya menghasilkan temperatur 200°C - 400°C di dalam reaktor sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak arang daripada asap cair. Hal ini dikarenakan semakin tingginya temperatur di dalam reaktor akan mempengaruhi hasil arang dan asap cair yang didapat. Sesuai dengan pernyataan Lin dan Kuo, (2012) Pirolisis slow yaitu proses pirolisis yang membutuhkan waktu yang lebih lambat dan menggunakan temperatur reaksi di dalam reaktor yang lebih rendah yaitu sekitar 400°C sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak arang dibandingkan dengan asap cair. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan setiap variasi pipa udara memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda di setiap asap cair yang dihasilkan. Asap cair grade 3 yang dihasilkan dari variasi 1 pipa udara memiliki kandungan pH yang cukup besar yaitu 3,43. Sedangkan untuk variasi 3 pipa udara memiliki kandungan pH 3,31, kandungan. Untuk variasi 5 pipa udara memiliki kandungan pH terendah yaitu 3,11.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Maulina dan Sari (2017) bahwa peningkatan temeperatur akan

menyebabkan pH asap cair yang dihasilkan semakin rendah, hal ini disebabkan semakin tingginya temperatur pirolisis, konversi selulosa, hemiselulosa dan lignin yang ada dalam bahan baku menjadi lebih besar sehingga menyebabkan nilai pH semakin kecil [3].

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi 5 pipa udara merupakan variasi yang lebih banyak menghasilkan asap cair pada proses pirolisis dibandingkan variasi lainnya, dikarenakan panas api dari burner pembakaran lebih cepat masuk dan menyebar keseluruhan bagian reaktor sehingga dapat menghasilkan temperatur yang tinggi dibandingkan variasi 1 dan 3 sehingga mempercepat proses dekomposisi pada biomassa dan memproduksi asap dan dikondensasikan menjadi asap.cair.

Presentase hasil arang dan asap cair

Nilai presentase arang dari variasi 1 pipa adalah 50% dan untuk presentase arang variasi 3 pipa adalah 47,50% dan untuk presentase arang variasi 5 pipa udara adalah 42,50% Sedangkan untuk presentase asap cair dari variasi 1 pipa adalah 4%, presentase asap cair variasi 3 pipa adalah 5% dan variasi 5 pipa adalah 6,25%. dapat disimpulkan bahwa perbedaan hasil arang dan asap cair pada setiap variasi dikarenakan suplai udara panas yang masuk melalui pipa udara tersebut berbeda beda sehingga mempengaruhi proses pirolisis dan lama waktu terhadap hasil dan asap cair yang dihasilkan. Presentase arang lebih besar dibandingkan dengan presentase asap cair dikarenakan proses pirolisis yang dihasilkan dari variasi pipa 1, 3, 5 yaitu pirolisis slow dikarenakan temperatur tertinggi di dalam reaktor hanya mencapai 485°C sehingga lebih banyak menghasilkan arang dibandingkan dengan asap cair.

Dibandingkan dengan penelitian Ridhuan (2019) dari hasil penelitian presentase asap cair biomassa kayu jengkol seberat 30kg pada pembakaran langsung menghasilkan sebanyak 148 ml atau 0,31% dan untuk pembakaran biomassa menghasilkan sebanyak 172 ml atau 0,43% dan pembakaran LPG menghasilkan

sebanyak 244 ml atau 0,72%. Sedangkan presentase arang dari pembakaran langsung sebesar 27,66% atau 8,3 kg sedangkan pembakaran biomasa menghasilkan sebesar 14,33% atau 4,3 kg dan pembakaran LPG menghasilkan sebesar 30% atau 9 kg [7].

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dimulai dari pengujian, pengambilan data, dan analisa data dapat disimpulkan bahwa variasi pipa udara 1, 3, 5 di dalam reaktor pirolisis sangat berpengaruh pada temperatur di dalam reaktor serta waktu pada saat proses pembakaran. Variasi pipa terbaik terjadi pada variasi pipa 5 menghasilkan temperatur 485 °C di dalam reaktor dan memiliki waktu reaksi yaitu 120 menit sampai asap cair berhenti menetes. Variasi pipa 1 menghasilkan temperatur terkecil yaitu 353 °C di dalam reaktor dan membutuhkan waktu reaksi 185 menit sampai asap cair berhenti menetes. Jadi semakin banyak pipa udara maka semakin tinggi temperatur di dalam reaktor serta mempersingkat waktu proses pembakaran sampai asap cair berhenti menetes.

Hasil pirolisis berupa arang dan asap cair berbanding terbalik, semakin banyak asap cair yang dihasilkan maka semakin sedikit arang yang didapat Variasi pipa udara 1, 3, 5 sangat berpengaruh terhadap hasil arang dan asap cair yang dihasilkan. Untuk hasil asap cair dengan jumlah terbanyak yaitu pada variasi pipa 5 dengan hasil 0,5 kg dan 3,4 kg arang dari bahan baku 8 kg tongkol jagung. Sehingga nilai presentase asap cair pirolisis menggunakan variasi 5 pipa udara sebesar 6, 25%.

Referensi

- [1] Basu, P. 2010. *Biomass Gasification And Pyrolysis Practical Design And Theory*. Oxford: Elsevier Inc.
- [2] Wijayanti, Widya. Nur, Mega Sasongko. Dkk., 2013, Metode Pirolisis Untuk Penanganan Sampah Perkotaan Sebagai Penghasil Bahan Bakar Alternatif, *Jurnal Rekayasa*

- Mesin, Vol.4, No.2, ISSN 0216-468X, Hlm. 85-92
- [3] Seri Maulina, Feni Sari Putri. 2017. Pengaruh Suhu, Waktu, Dan Kadar Air Bahan Baku Terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawit . *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 6, No. 2 . Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [4] Guillen, M.D., Dkk. 2001. *Carbohydrate And Nitrogenated Coumpounds In Liquid Smoke Flavoring*. *J Agric Food Chem* 49: 2395-2403
- [5] Ratnawati,. Hartanto, S., 2010. Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Asap Cair. *Jurnal Akreditasi LIPI*, 2010, 12 (1) : 7-11
- [6] Rizky , Dkk 2019. Pengaruh Jumlah Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Serta Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Dengan Bahan Bakar Pelet Kayu Jati *e-Proceeding of Engineering* : Vol.6, No.2 Agustus 2019 | Page 5225
- [7] Ridhuan, K. et al 2019 Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan
- [8] Nindita, D. 2012. Sintesis Bioasap Dari Serbuk Gergaji Kayu Albasia Dengan Metode Pirolisis. [Skripsi]. Depok. Program Studi Ekstensi Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- [9] Nicolas Tumbel, 2019. Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi *Coconut Shell Charcoal Processing Process Using A Modified Combustion Furnace* *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* Vol. 11 No. 2 Desember 2019 : h 83-92
- [10] Simon R, Calle B, Palme S, Meler D, Anklam E. 2005. Composition And Analysis Of Liquid Smoke Flavouring Primary Products. *J. Food Sci.* 28: 871-882 Hlm. 85-92.