

Volume 3
Nomor 1

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

ARMATUR

Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Jurnal
ARMATUR

Volume 3
Nomor 1

Maret
2022

Halaman
1-52



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

Kaji eksperimen pengaruh hardening dan tempering terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang Akmal Barry, Zuraida Zuraida	1-10
Pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg Nur Aini Uwar, Erol Richard Sospelissa	11-18
Pengaruh penambahan Magnesium pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan fatik dan porositas Mahmud Yunus, Tri Cahyo Wahyudi, Eko Nugroho	19-27
Analisa kerja mesin CNC laser cutting CO2 2 axis berbasis MACH3 pada variasi pemotongan Giri Halim, Asroni Asroni, Eko Budiyanto	28-36
Pengaruh komposisi campuran kotoran sapi dan limbah cair tapioka terhadap biogas yang dihasilkan Agus Subakti, Dwi Irawan, Mafruddin Mafruddin, Sulis Dri Handono	37-45
Kajian eksperimental pemakaian Hidrokarbon Musicool 22 sebagai pengganti R 22 untuk mesin pengatur udara AC split terhadap konsumsi listrik Wahyu Setiawan, Lukito Dwi Yuono, Kemas Ridhuan, Nurlaila Rajabiah	46-52

Kaji eksperimen pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang

Akmal Barry^{1*}, Zuraida²

^{1,2}Politeknik Negeri Banjarmasin
Jl. Brig Jend. Hasan Basri, Pangeran, Kec. Banjarmasin Utara, Kota Banjarmasin,
Kalimantan Selatan 70124

*Corresponding author: akmal.barry@poliban.ac.id

Abstract

This study aims to determine the effect of hardening and tempering on tensile strength (ASTM E 8) and hardness (Rockwell) applied to medium carbon steel. The heat treatment process hardening is heated by a furnace at a temperature of 900 °C and 920 °C then held for 30 minutes and cooled quickly and then further processed by Tempering with each being tempered at 500 °C and cooled slowly. The results obtained are in the hardening process with a temperature variation of 900 °C, the hardness value increases from the raw material value of 5.7 HRC to 7.52 HRC and has increased again at a temperature of 920 °C of 8.08 HRC. Tempering process temperature variation of 900/ 500 °C the value is above raw material by 5.7 HRC to 7.24 HRC, down at a temperature of 920/500 °C by 6.4 HRC. For tensile testing of the hardening process against ultimate stress, the value for raw material is 516,095 MPa, temperature is 900 °C/451,065 MPa and temperature is 920 °C/389,625 MPa. for yield strength raw material value is 477.4165 MPa, temperature is 900°C/270.8395 MPa, temperature is 920°C/256.4555 MPa, for modulus raw material value is 347.53 GPa, temperature is 900°C/3452605 MPa , the temperature is 920 °C/338.206 MPa, for the elongation value the raw material value is 7.871%, the temperature is 900 °C/11.392%, the temperature is 920 °C/16.448 %. for tempering to ultimate stress the raw material value is 516,095 MPa, temperature 900/500 °C is 417,5635 MPa and temperature 920/500 °C is 372.416 MPa. For yield strength raw material value is 477.4165 MPa, temperature 900/500°C 304.1745 MPa, temperature 920/500 °C is 269.818 MPa, for modulus raw material value is 347.53 GPa, temperature 900 /500°C is 353.1525 MPa, temperature 920/500 °C is 366.5695 MPa, for the elongation value the raw material value is 7.871%, temperature 900/500 °C is 11.392%, temperature 920/500 °C is 13.7665%.

Keywords: *hardening, tempering, tensile strength, hardness, steel.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Hardening* dan *Tempering* terhadap kekuatan tarik (ASTM E 8) dan kekerasan (*Rockwell*) yang diterapkan pada baja karbon sedang. Proses perlakuan panas *hardening* dipanaskan tungku pemanas (*furnance*) pada temperatur 900 °C dan 920 °C kemudian ditahan selama 30 menit dan didinginkan secara cepat lalu diproses lanjutan *tempering* dengan di *temper* masing-masing 500 °C didinginkan secara perlahan. Hasil yang didapat yaitu pada proses *hardening* dengan variasi temperatur 900 °C nilai kekerasannya meningkat dari nilai *Raw Material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,52 HRC dan mengalami peningkatan kembali pada temperatur 920 °C sebesar 8,08 HRC proses *tempering* variasi temperatur 900/500 °C nilainya diatas *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,24 HRC turun pada temperatur 920/500 °C sebesar 6,4 HRC. Untuk pengujian tarik proses *hardening* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900 °C/451,065 MPa dan temperatur 920 °C/389,625 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900°C/270,8395 MPa, temperatur 920 °C/256,4555 MPa,

untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900 °C/3452605 MPa, temperatur 920 °C/338,206 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900 °C/11,392 %, temperatur 920 °C/16,448 %. Untuk *tempering* terhadap *ultimate stress* nilai *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900/500 °C adalah sebesar 417,5635 MPa dan temperatur 920/500°C adalah 372,416 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900/500°C adalah 304,1745 MPa, temperatur 920/500 °C adalah 269,818 MPa, untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900/500°C adalah 353,1525 MPa, temperatur 920/500 °C adalah 366,5695 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900/500 °C adalah 11,392 %, temperatur 920/500 °C adalah 13,7665 %.

Kata kunci: hardening, tempering, kekuatan tarik, kekerasan, baja

Pendahuluan

Hingga saat ini terdapat berbagai jenis bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Jenis - jenis yang sangat beragam kadang - kadang menyulitkan kita untuk memilih mana yang tepat. Oleh karena itu, dalam hal pemilihan sering tidak semata mata berdasarkan pertimbangan teknis, pertimbangan ekonomis, selain baja dan besi merupakan satu satunya material yang memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomis, namun baja memiliki sifat yang tidak dapat dibandingkan dengan material yang lain seperti sifat kekerasan, kekuatan, ketangguhan, dan keuletan yang baik. Untuk mendapatkan bahan baja karbon yang baik sebelum digunakan sesuaikan dengan keperluan maka perlu dilakukan perlakuan panas pada baja karbon tersebut [1].

Perlakuan panas adalah suatu metode yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, dan kadang-kadang sifat kimia dari suatu material. Secara umum perlakuan panas adalah memanaskan atau mendinginkan material, biasanya dalam suhu ekstrem, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan material [2]. Perlu dicatat bahwa walaupun perlakuan panas sengaja dilakukan untuk tujuan mengubah sifat secara khusus, di mana pemanasan dan pendinginan dilakukan untuk tujuan mengubah sifat. Perlakuan panas itu sendiri bermacam-macam antara lain *hardening*, *annealing*, *normalizing*, dan *tempering* dimana masing-masing perlakuan panas tersebut memiliki fungsi tertentu sesuai yang dibutuhkan. Seperti halnya *hardening* dan *tempering* [3].

Proses *hardening* ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja sampai titik temperatur austenit kemudian didinginkan secara mendadak atau *quenching* dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi. Besarnya Temperatur pemanasan austenit tergantung dari jenis baja, biasanya untuk mencapai suhu austenit ± 900 °C. dengan menggunakan *holding time* atau lama penahanan selama 1 jam. Setelah proses *hardening* biasanya baja akan sangat keras dan bersifat rapuh, untuk itu perlu proses lanjutan yaitu proses *tempering*, proses *tempering* ini bertujuan untuk mengurangi kekerasan, mengurangi tegangan, dalam memperbaiki susunan struktur baja. lalu didinginkan di udara dan pada suhu 300 - 400 °C [4].

Secara kimia selama *tempering* yang terjadi adalah atom (C) yang setelah proses *hardening* terperangkap pada jaringan besi Alfa dan pada proses pemanasan *tempering* atom (C) mendapat kesempatan untuk melakukan diffuse yaitu pemerataan kadar (C) tanpa adanya halangan dan kembali menjadi zementit. Proses ini berlangsung terus menerus sampai diperoleh struktur *ferrit* yang bercampur dengan *cementit*, dan diperoleh struktur yang ulet. *Hardening* dengan temperatur 900 °C, dan 920 °C. Dan proses *Tempering* dengan temperatur 500 °C dan 500 °C dengan menggunakan media pendingin oli dengan lama penahan masing

– masing 30 menit serta menerapkan proses tersebut terhadap baja karbon sedang [5].

Baja karbon sedang mempunyai kadar karbon (0,30 – 0,40 % C) mempunyai kekerasan dan kekuatan tarik lebih besar dibandingkan baja karbon rendah. Namun, tegangan total yang dimiliki lebih rendah karena sifat ini baja karbon sedang sangat cocok digunakan. Seperti telah diketahui bahwa baja tersebut banyak digunakan di dunia industri seperti untuk pembuatan obeng, palu, *crank shaft*, *connecting root*, rel kreta api, poros dll. Yang membutuhkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi namun tidak mudah patah. baja ini dapat dikeraskan [6]. Untuk menghasilkan suatu produk dengan kualitas yang baik maka perlu dilakukan modifikasi terhadap baja tersebut yang diantaranya dengan memberikan perlakuan panas. untuk mengetahui pengaruh terhadap baja karbon sedang dan memberikan informasi tentang spesifikasi baja tersebut setelah dilakukan perlakuan panas, maka perlu dilakukan pengujian yaitu pengujian dengan tarik dan pengujian kekerasan yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahan dari suatu bahan uji terhadap pembebanan tarik dan untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu [7].

Tinjauan Pustaka

Proses perlakuan panas (*heat treatment*)

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan [8].

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat setelah perlakuan panas dapat mencakup

keseluruhan bagian logam atau sebagian dari logam [9].

Perlakuan panas biasanya menggunakan pemanasan dan pendinginan hingga suhu ekstrim, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Perlakuan panas yang umum digunakan yaitu normalisasi, *hardening*, *tempering*, dan lain-lain [6]. Pengerasan baja dilakukan dengan proses pemanasan dan pendinginan. Pada saat pendinginan mengalami transformasi martensit yang dapat meningkatkan kekerasan.

Jenis – jenis perlakuan panas (*heat treatment*)

Beberapa jenis perlakuan panas adalah:

Normalizing

Proses ini sama dengan *annealing*. Perbedaannya terletak pada waktu pemanasan yang lebih pendek dan laju pendinginan yang lebih cepat. Hasilnya adalah baja yang lebih kuat dan lebih keras dari baja yang di-*anneal* secara penuh tetapi lebih mendekati sifat kondisi yang di-*anneal* daripada dengan yang di-*temper*.

Hardening

Proses *Hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu benda kerja yang keras, proses ini dilakukan pada temperatur tinggi yaitu pada temperatur austenisasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian didinginkan [10]. *Hardening* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *Strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan, dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenit, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan masih terdapat struktur lain maka setelah di-*quench* akan diperoleh

struktur yang tidak seluruhnya terdiri dari martensit [6].

Annealing

Proses *Annealing* merupakan kebalikan proses *quenching* dan *tempering*. Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja diatas tempertur kritisnya dan kemudian didinginkan perlahan-lahan. Hasil proses ini adalah baja dengan sifat yang sama dengan sebelum dilakukan pengerasan [11-16].

Tempering

Proses *tempering* merupakan lanjutan dari proses *quenching* dan bertujuan untuk mengurangi kegetasan material hasil *quenching*. proses ini dilakukan dengan memanaskan material yang sudah di-*quench* pada temperatur di bawah temperatur kritisnya selama rentang waktu tertentu dan kemudian didinginkan secara perlahan [11-16].

Quencing

Proses *quenching* adalah proses pendinginan cepat yang dilakukan pada logam yang telah dipanaskan diatas temperatur kritisnya. Pada baja karbon sedang atau tinggi proses ini akan menghasilkan fasa yang disebut *martensit* yang sangat kuat dan getas. ada beberapa macam media pendingin yaitu media air, oli, air garam dan sebagainya. Pada penelitian ini akan menggunakan media pendingin oli [11-16].

Metode Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan

Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut : alat uji kekerasan Rockwell alat uji tarik, gerinda, stopwatch, mistar, camera, termokopel, amplas. Bahan yang digunakan adalah material baja karbon sedang.

Prosedur penelitian

Dalam prosedur penelitian yang menjadi dasar dalam penganalisa kaji eksperimen pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang. Data - data penelitian dan hasil perhitungan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan

temperatur optimal pada proses *hardening* dan *tempering*. Tahap pertama dalam proses *hardening* yaitu perlakuan panas bertujuan untuk mengeraskan baja karbon sedang, dengan variasi temperatur 900 °C, dan 920 °C terhadap uji kekerasan dan tarik dengan waktu penahanan atau *holding time* selama 30 menit dengan media pendinginan atau *quenching* yaitu media oli.

Setelah proses *hardening* dan *quenching* tahap selanjutnya yaitu proses *Tempering* merupakan proses lanjutan dari proses *Hardening* yang bertujuan untuk mengurangi kegetasan material hasil *quencing* dengan variasi temperatur 500 °C dan 500 °C terhadap uji kekerasan dan tarik dengan waktu penahanan atau *holding time* selama 30 menit dengan media pendinginan atau *quencing* yaitu media oli.

Pengamatan penelitian

Penelitian dilakukan pada satu tahap yaitu dengan pengambilan data penelitian secara manual, yaitu dengan melakukan pengujian tarik. Adapun langkah pengujian kekerasan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan benda uji (spesimen) yang akan di uji,
2. Mengikir dan membersihkan (diamplas) bagian spesimen sebelum di uji kekerasannya dengan ketentuan dua permukaan atas bawah harus rata, sejajar dan cukup halus,
3. Posisi handle pada alat Rockwell adalah vertikal/tegak,
4. Meletakkan benda uji diatas landasan yang sesuai, bila bendanya pipih/rata digunakan landasan datar dan untuk benda bulat gunakan landasan v,
5. Memutar handle landasan (arah landasan ke atas/searah jarum jam) sambil memperhatikan jarum ukuran pada dial skala nonius,
6. Memerikan beban awal 10 kgf dengan cara menekan benda uji pada indentor (sehingga jarum pendek pada dial skala nonius menunjukkan titik merah sedangkan jarum panjang diatur dan di tempatkan pada posisi 0,
7. Menarik *handle* pembeban utama. Dalam hal ini jarum panjang akan

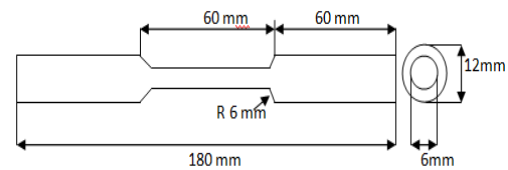
- bergerak berlawanan arah jarum jam. Tunggu beberapa saat dan jarum panjang berhenti.
8. Waktu pembebanan (lama tergantung jenis bahan) untuk logam fero selama 12 detik dan untuk tembaga dan paduannya selama 20 detik serta 30 detik untuk aluminium dan paduannya,
 9. Mengangkat beban utama dengan mendorong balik handle pembebanan utama,
 10. Selanjutnya tingkat kekerasan dapat langsung dibaca dan dicatat dari penunjukkan jarum panjang pada dial skala nonius saat benda uji masih dibebani oleh beban awal 10 kgf.
 11. Menurunkan *handle* landasan (arah landasan ke bawah/berlawanan jarum jam) dan benda uji diambil,
 12. Melakukan kegiatan di atas sebanyak 5 kali pada tempat titik yang lainnya (bejarak) pada spesimen tersebut untuk menjamin ketetapan hasil pengujian. Kemudian diambil nilai rata-ratanya.
 13. Melakukan hal yang sama untuk benda uji atau spesimen yang lainnya (benda bahan atau perlakuan

Adapun langkah-langkah dalam pengujian tarik ini adalah sebagai berikut:

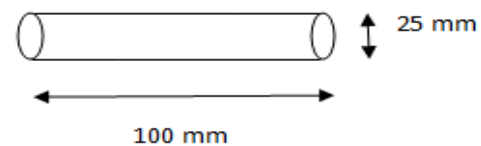
1. Menyiapkan plat yang akan diuji.
2. Mengukur panjang, lebar dan tebal awal plat uji.
3. Menggunakan *hand lever* (tarik atau tekan) pada posisi tarik.
4. Menggerakkan tuas yang berfungsi sebagai persneling pada posisi lambat untuk pengujian.
5. Memasang spesimen pada *Damping Head*.
6. Memastikan batang uji tercekam dengan baik pada *upper* dan *lower Damping Head*.
7. Menghidupkan mesin hidrolik dengan menekan push button, sehingga pilot lamp menyala.
8. Mengamati dan membaca besarnya gaya tarik pada skala pada saat *yield*, maksimum, dan patah. Serta perpanjangan (ΔL) yang dialami benda uji akibat gaya tarik saat *yield*,

maksimum dan patah untuk menentukan regangan yang dialami benda uji dengan memperhatikan jarum penunjuk yang terdapat di bagian belakang mesin uji tarik.

9. Melepas benda kerja dari pencekam
10. Mengambil gambar spesimen setelah patah.
11. Mengukur panjang batang uji setelah patah.
12. Mengambil data hasil pengujian
13. Selesai



Gambar 1. Dimensi dan ukuran spesimen uji tarik standar ASTM E 8 [17]



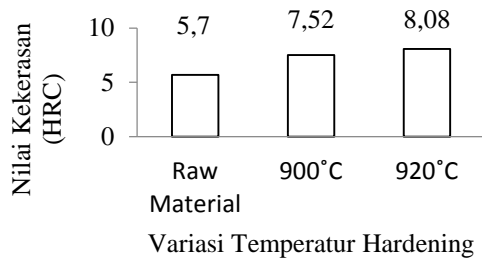
Gambar 2. Dimensi dan ukuran spesimen uji kekerasan Rockwell Skala C [18].

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil pengujian kekerasan

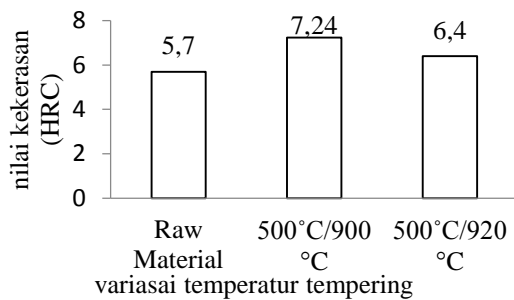
Dari hasil laporan pengujian kekerasan dan pengujian tarik telah diketahui data dari hasil pengujiannya.. Pengujian ini menggunakan metode kekerasan Rockwell dengan skala C dengan pengujian 5 titik dari setiap spesimennya. dari pengujian kekerasan dapat diperoleh data sebagai berikut.

Pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan pada proses *hardening*



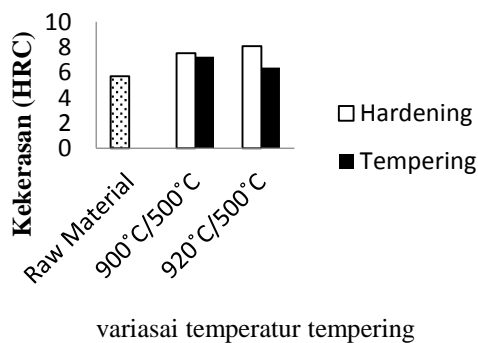
Gambar 3. Grafik pengaruh variasi temperatur *hardening* terhadap nilai kekerasan

Pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan pada proses *tempering*



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi temperatur *tempering* terhadap nilai kekerasan

Perbandingan nilai kekerasan raw material, *hardening* dan *tempering*



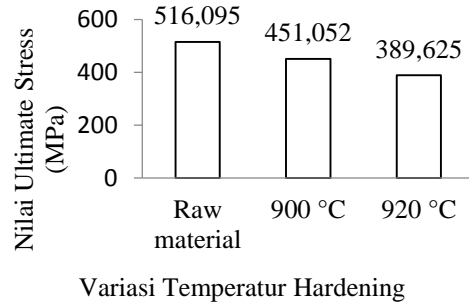
Gambar 5. Grafik perbandingan nilai kekerasan *hardening* dan *tempering*

2. Hasil Uji Tarik

Pada pengujian Uji Tarik ini menggunakan alat uji tarik dan spesimen uji menggunakan Standar *ASTM E 8 Tension* dengan melakukan pengujian terhadap

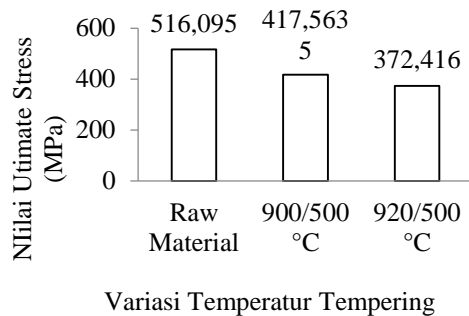
kekuatan tarik hasil yang diperoleh tercantum pada tabel berikut.

Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress*



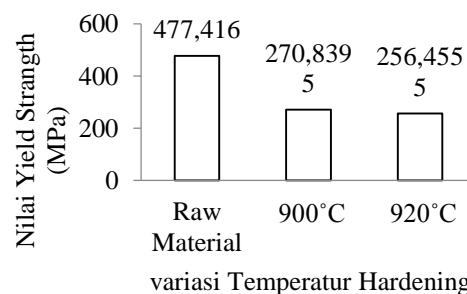
Gambar 6. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress*

Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress*



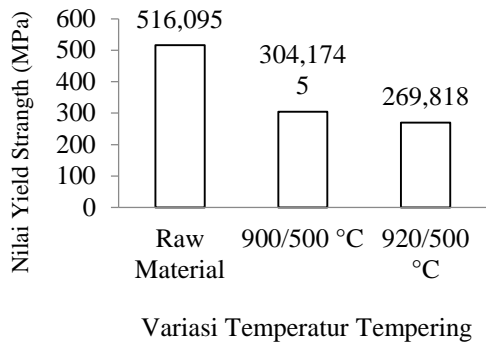
Gambar 7. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress*

Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *yield strength*



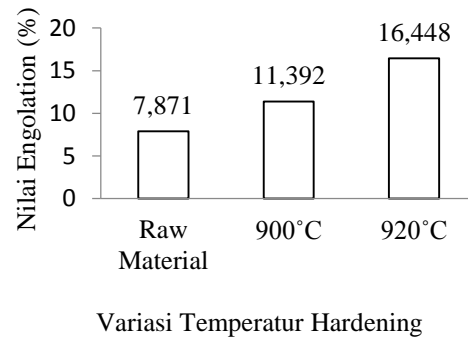
Gambar 8. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *yield strength*

Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap yield strength



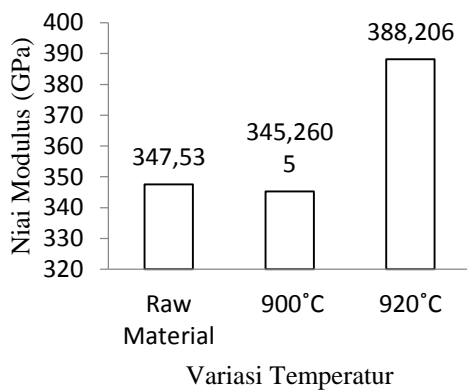
Gambar 9. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *yield strength*

Pengaruh variasi temperatur pada proses hardening terhadap elongations



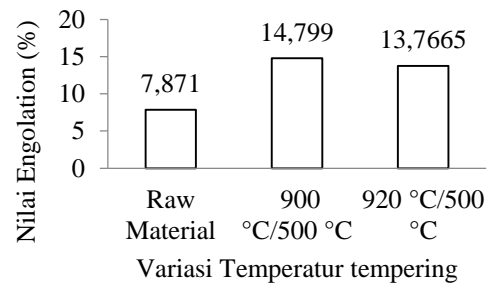
Gambar 12. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *elongations*

Pengaruh variasi temperatur pada proses hardening terhadap modulus



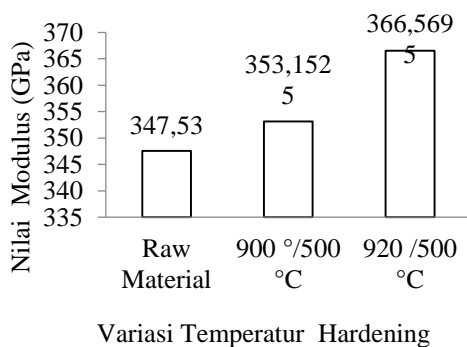
Gambar 10. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *modulus*

Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap elongation



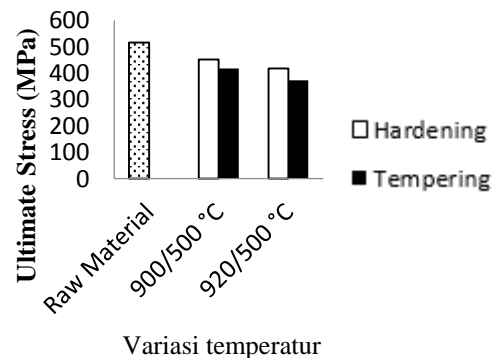
Gambar 13. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *elongation*

Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap modulus



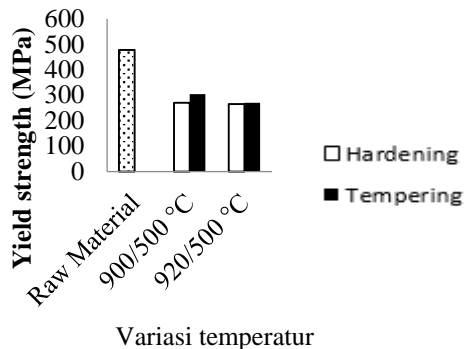
Gambar 11. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *modulus*

Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses hardening dan tempering terhadap ultimate stress



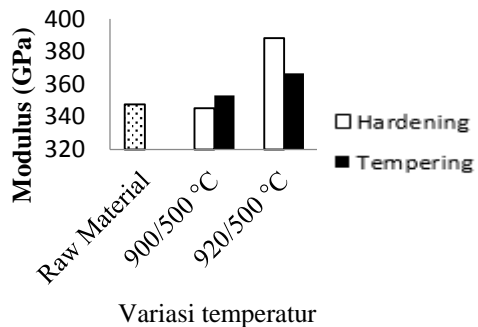
Gambar 14. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *ultimate stress*

Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *yield strength*



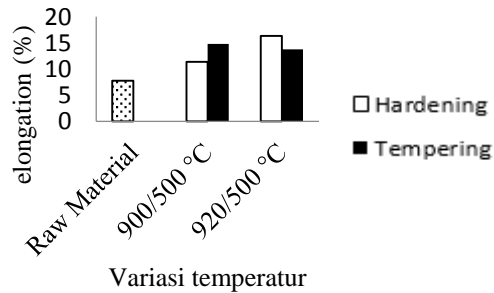
Gambar 15. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *yield strength*

Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *modulus*



Gambar 16. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *modulus*

Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *elongation*



Gambar 17. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *elongation*

3. Pembahasan

Dari hasil pengumpulan data-data yang diperoleh dari penelitian uji kekerasan yang menggunakan metode *Hardness Rockwell* skala *C* yang dilakukan. Tentang pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap uji kekerasan pada baja karbon sedang didapatkan hasil kekerasan untuk *raw material* dengan nilai kekerasan sebesar 5,7 HRC, untuk variasi temperatur *hardening* dengan temperatur 900°C sebesar 7,52 HRC dan temperatur 920°C sebesar 8,08 HRC sedangkan untuk proses lanjutan dari proses *hardening* yaitu proses *tempering* dengan memvariasikan temperatur sama yaitu 500 °C dengan nilai kekerasannya sebesar 7,24 HRC dan 6,4 HRC. Pada proses *hardening* pengaruh temperatur dengan variasi temperatur 900 °C dan 920 °C nilai kekerasannya lebih besar dari pada *tempering* hal ini terjadi karena proses *hardening* yang dipanaskan pada temperatur tinggi *austenit* lalu ditahan dengan waktu 30 menit dan pendinginan secara cepat dapat membentuk struktur *martensit* yang keras yang menyebabkan nilai kekerasannya tinggi, beda dengan proses *tempering* pemanasan dibawah temperatur autenit dan pendinginan cenderung lebih lama sehingga nilai kekerasannya lebih rendah.

Sedangkan untuk hasil Pengujian Tarik menggunakan metode ASTM E 8 dapat kita simpulkan bahwa, untuk nilai *ultimate stress*, dan *yield strength* pada *raw material* 516,095 MPa, lebih besar dibandingkan dengan proses perlakuan panas *hardening* dan *tempering* 451,065 MPa dan 417,635 MPa, akan tetapi nilai dari *modulus* dan *elongation*nya lebih rendah. pada proses *hardening* dan *tempering* nilai *ultimate stress* lebih tinggi *hardening* namun untuk nilai *yield strength* lebih tinggi *tempering*. proses *tempering* adalah proses lanjutan dari *hardening* yang bertujuan untuk menurunkan nilai kekerasan namun meningkatkan nilai keuletannya, jadi dapat kita lihat pada proses *tempering* nilai *modulus* dan *elongasi*nya lebih tinggi dibandingkan dengan *hardening*. Pada perlakuan panas ini tergantung dengan

aplikasi yang digunakan aplikasi konstruksi mana yang sesuai menggunakan baja dengan tingkat *modulus* dan *elongation*nya tinggi ataupun sebaliknya dengan *modulus* dan *elongation*nya rendah.

Kesimpulan

Proses *hardening* dengan variasi temperatur 900 °C nilai kekerasannya meningkat dari nilai *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,52 HRC dan mengalami peningkatan kembali pada temperatur 920 °C sebesar 8,08 HRC. Pada proses *tempering* dengan variasi temperatur 900/500 °C nilai kekerasannya tetap diatas *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,24 HRC namun mengalami penurunan pada temperatur 920/500 °C sebesar 6,4 HRC. Untuk pengujian tarik pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900 °C/451,065 MPa dan temperatur 920 °C/389,625 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900°C sebesar 270,8395 MPa, temperatur 920 °C sebesar 256,4555 MPa, untuk *Modulus* nilai *Raw Material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900 °C sebesar 3452605 MPa, temperatur 920 °C sebesar 338,206 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900 °C adalah 11,392 %, temperatur 920 °C sebesar 16,448 %. Untuk pengujian tarik pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900/500 °C sebesar 417,5635 MPa dan temperatur 920/500°C 372,416 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900/500°C sebesar 304,1745 MPa, temperatur 920/500 °C sebesar 269,818 MPa, untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900/500°C sebesar 353,1525 MPa, temperatur 920/500 °C sebesar 366,5695 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900/500 °C sebesar 11,392 %, temperatur 920/500 °C sebesar 13,7665 %.

Referensi

- [1] Bujakesuma, Faiz Ammar. 2011. Pengaruh Komposisi Lu dan Mg Pada Proses Penuaan dan Fenomena Rafid *Hardening* Pada Paduan Al-Lu-Mg.
- [2] Damarto. 2006. Pengaruh *Holding Time* Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Reffining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah. Universitas Negri WAHAS.
- [3] Erizal. 2011. Kaji Eksperimen Pengujian Tarik Baja Karbon *Medium* yang Disambung Denga *CAS SMAW* dan *Quencing* Dengan Air Laut. Universitas Prof. DR.Hazairim JH.
- [4] Hernawan, Dedy. 2015. Pengaruh Variasi Suhu Proses *Aneling* Pada Sambungan *SWAM* Terhadap Ketangguhan Las Baja Kg45 EMS45. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negri Semarang.
- [5] Murtiono, Arief. 2012. Pengaruh *Quencing* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta *Struktur Mikro* Baja Karbon Sedang Untuk Pisau Panen Sawit. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara.
- [6] Abdunaser dan Sumiyanto. 2004. Pengaruh proses *hardening* dan *tempering* terhadap kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Sedang jenis sncm 447
- [7] Mizhar. Dkk. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi *Tempering* Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140. Fakultas Teknik Industri Medan Sumatra Utara.
- [8] Asmara, Anjar. 2015. Analisa pengaruh perlakuan panas sebelum dan sesudah penemperan terhadap nilai kekerasan pada baja perkakas *hss maktek*” tahun vii no. 3, september.
- [9] Hasrin. 2009. Analisa Perpatahan Baja St 60 Yang dikenai Beban *Impack Charpy*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Medan

- [10] Muh, Bahtiar. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 Pada *Quencing* Dan *Tempering* Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Universitas Tadulako.
- [11] Priadi, dedi, Iwan Setyadi dan Eddy S. Siradj. 2003 Pengaruh Kecepatan Dan Temperatur Uji Tarik Terhadap Sifat Mekanik Baja S48c.
- [12] Sutowo, Cahya, Bayu Agung Susilo. 2005. Pengaruh Proses Hardening Pada Baja Hq 7 Aisi 4140 Dengan Media Oli Dan Air Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Jakarta pusat
- [13] Suwandono. Mukhamad masykur, lagiyono, 2007. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang St 60.
- [14] Syawaldi. 2006. Analisa Kekuatan Tarik Struktur Mikro Dari Baja Kontruksi Bangunan Terhadap Pengaruh Temperatur. Universitas Islam Riau.
- [15] Sukamto. 2009. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Hasil Pengelasan Tig Pada Baja Karbon Rendah. Universitas Janabadra.
- [16] Salindeho. Dkk. Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Matrial. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi.
- [17] Sutowo, Cahya. Dkk. Pengaruh Proses *Hardening* Pada Baja Hq 7 Aisi Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [18] Vauziawati, Nova Nur. 2010. *Modulus Elastisitas* Jurusan Teknologi Industri Pangan Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran Jati Nagor.
- [19] Wahyu, ika. Ahmad Barkati Rojul. Erlin Nasocha, Nindia, Fauzia Rosyi, Nurul khusnia, Oktaviana Retna Ningsih, 2010. Uji kekerasan Material dengan Metode Rockwell. Jurusan fisika Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya.
- [20] Yogantoro, Anom. 2010. Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan *low Tempering*, *Medium Tempering*, *Hight Tempering*. pada *Medium Carbon Steel* produksi pengecoran batur – klaten Terhadap Struktur Mikro Kekerasan Dan Ketangguhan.
- [21] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- [22] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Masruri, A. (2017). Pengaruh diameter filler dan arus pada pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon rendah. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- [23] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening baja AISI 1045 menggunakan gel aloe vera sebagai media pendingin. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.
- [24] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [25] Wahyudi, T. C., & Budiyanto, E. (2021). Variasi temperatur pada proses squeeze casting berbahan magnesium semi solid terhadap hasil kekerasan. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 19-26.
- [26] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Suseno, E. B. (2021). Experimental evaluation of mechanical properties of friction welded mild steel. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1).

Pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg

Nur Aini Uwar^{1*}, Erol Richard Sospelissa²

^{1,2}Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Politeknik Perikanan Negeri Tual Jl. Raya Langgur-Sathean Km.6, Kabupaten Maluku Tenggara, Provinsi Maluku

*Corresponding author: nurainiuar@gmail.com

Abstract

In general, plastics have low density, are insulating to electricity, have varying mechanical strength, limited temperature resistance, and varying chemical resistance so that they are widely used because of their advantages. Efforts to manage plastic waste practically and effectively to reduce the widespread pollution. The purpose of this study was to find out the effect of the use of condenser cooling water on the results of the distillation of plastic waste capacity of 3 Kg. Testing was carried out in two ways: measuring the relationship of the time and heat of the kettle, the relationship of time and heat of the condenser. The results showed that the longer time achieved will be the greater the increase in the temperature of the kettle obtained that is 65°C to 72°C means a change (72°C - 65°C = 7°C), and the longer time achieved will be less heat obtained ie heat value of 2805.688125 and hour later decreased by 2622.88125. In conclusion, the longer the time reached at the time of energy administration in the kettle and the provision of energy to the condenser, the greater the increase in the temperature of the kettle.

Keywords: plastic waste, Terephthalate Polyethylene, High Density Polyethylene, temperature, time

Abstrak

Secara umum plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia bervariasi sehingga banyak digunakan karena kelebihanannya. Upaya pengelolaan sampah plastik secara praktis dan efektif dalam rangka mengurangi pencemaran yang semakin luas. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg. Pengujian dilakukan dengan dua cara: mengukur hubungan waktu dan panas ketel, hubungan waktu dan panas kondensor, serta hasil yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambah lama/waktu yang dicapai akan semakin besar kenaikan suhu ketel yang diperoleh yakni 65°C menjadi 72°C, semakin besar kapasitas air pendingin lebih baik pertukaran suhu pada kondensor (54-33=21C⁰) serta hasil destilasi yang lebih baik 942 cc.

Kata kunci: Limbah plastik, Terephthalate Polyethylene, High Density Polyethylene, suhu dan waktu

Pendahuluan

Berbagai macam jenis sampah plastik yang bisa didaur ulang untuk menjadi bahan bakar minyak, yaitu dari limbah plastik botol air mineral gelas, bungkus nasi, kantong plastik, dan lain-lain. Sampah adalah wujud barang atau sisa makanan yang sudah tidak terpakai. Menurut

Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah menyebutkan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik atau anorganik bersifat dapat terurai atau tidak dapat terurai yang dianggap sudah tidak berguna lagi dan dibuang ke

lingkungan. Sampah botol plastik merupakan bahan padat buangan dari kegiatan manusia yang sudah terpakai [1].

Sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Bukan sesuatu yang mengherankan jika plastik banyak digunakan karena plastik memiliki banyak kelebihan jika dibandingkan dengan bahan lainnya. Secara umum plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia bervariasi. Sifat plastik yang ringan akan cenderung terangkat ke permukaan bila ditimbun sehingga akan mengotori lingkungan sekitar. Bila tercecer di atas permukaan air maka akan menyumbat selokan dan bila dibakar akan menimbulkan asap yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Bahkan plastik juga tidak dapat diuraikan di dalam tanah.

Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, sehingga penggunaan plastik dalam masyarakat modern mengalami peningkatan yang amat pesat, karena plastik mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil, namun sulit terurai oleh mikroorganisme dalam lingkungan. Plastik adalah istilah umum bagi polimer yaitu material yang terdiri dari rantai panjang karbon dan elemen-elemen lain (oksigen, nitrogen, klorin, atau belerang) yang mudah dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran. Bahan pembuat plastik pada mulanya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, tetapi di dalam perkembangannya bahan-bahan ini digantikan dengan bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan [2].

Sebagian besar plastik yang digunakan masyarakat merupakan jenis plastik *Polypropylene* (PP). Ada dua jenis plastik *Polypropylene*, yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene* (LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol plastik minuman, sedangkan LDPE untuk kantong plastik.

Mengingat asal mula plastik adalah minyak bumi, maka sampah plastik ini dapat diubah kembali menjadi bentuk semula. Akan lebih bermanfaat jika diubah menjadi minyak seperti semula dibandingkan dengan kebiasaan masyarakat yang selalu membakar sampah yang berdampak tidak baik bagi lingkungan [3-5].

Limbah plastik dianggap sebagai berpotensi sumber ekonomi bahan kimia dan energi. Banyak dari kita telah menemukan berbagai produk yang menggunakan bahan plastik hari ini. Sebagai hasil dari meningkatnya tingkat konsumsi swasta bahan-bahan plastik dalam jumlah besar limbah yang dibuang ke lingkungan. *Catalytic cracking* (proses retak) adalah proses yang mengubah limbah plastik menjadi produk hidrokarbon cair berharga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk berbagai keperluan seperti mesin diesel, generator, kendaraan, dll gas produk sampingan yang diperoleh dalam proses dapat digunakan untuk mengisi dalam silinder dan juga untuk menjalankan turbin gas [6].

Kajian pemanfaatan sampah plastik sebagai sumber bahan bakar cair didapatkan hasil bahan baku plastik jenis kantong kresek (PP) dengan massa 500 gram yaitu 484 ml bahan bakar, bahan botol oli (HDPE) massa 500 gram yaitu 403 ml bahan bakar [7].

Pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pirolisis di dapatkan hasil dengan bahan baku plastik (HDPE) dengan massa 500 gram terjadi pada suhu 400°C dan waktu operasi 60 menit dengan jumlah produk sebesar 453 ml bahan bakar. dan bahan baku plastik (LDPE) dengan massa 500 gram terjadi pada suhu 400°C dan waktu operasi 60 menit dengan jumlah produk sebesar 445 ml bahan bakar [8].

Pemanfaatan sampah plastik dengan cara daur ulang umumnya dilakukan oleh industri. Secara umum terdapat empat persyaratan agar suatu sampah plastik dapat diproses oleh suatu industri, antara lain sampah harus dalam bentuk tertentu sesuai

kebutuhan (biji, pellet, serbuk, pecahan) sampah harus homogen, tidak terkontaminasi, serta diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, sebelum digunakan sampah plastik diproses melalui tahapan sederhana, yaitu pemisahan, pemotongan, pencucian, dan penghilangan zat-zat seperti besi dan sebagainya.

Maluku tenggara adalah suatu propinsi yang belum memiliki pengolahan sampah plastik sehingga menyebabkan kesulitan bagi pemerintah daerah dalam mencari lahan untuk tempat pembuangan akhir dan juga harus mencari lahan luas lain yang dibutuhkan untuk lahan pengomposan. Pembakaran sampah yang dilakukan di udara terbuka, walaupun mampu mengurangi volume sampah secara cepat namun menimbulkan polusi udara berupa abu (*particulat*) atau gas beracun seperti misalnya gas furan dan dioksin.

Media pendingin pada destilasi sangat banyak namun bentuk pendingin lain sangat sulit mendesain alat yang digunakan termasuk efisiensi dari penggunaannya. Pendingin dengan udara membutuhkan proses desain dan perhitungan yang rumit karena membutuhkan tekanan (P) yang cukup besar.

Pendinginan dengan menggunakan air sangatlah muda dan desain alatnyapun sangat mudah, namun jika airnya berlebihan menjadikan unsur yang bersirkulasi dengan uap akan membeku dan menempel pada dinding pipa kondensor dan jika air pendingin sedikit maka unsur masih tercampur dengan minyak plastik.

Untuk mengatasi masalah pencemaran limbah plastik pada lingkungan masyarakat dan mengurangi krisis BBM yang selama ini menjadi keluhan di masyarakat, maka penulis berinisiatif dengan suatu perencanaan untuk mengetahui pengaruh menggunakan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik.

Diharapkan dengan adanya mesin ini, dapat menjadi sebuah terobosan baru dalam mengatasi masalah sampah plastik sebagai sumber polusi pada lingkungan

Tinjauan Pustaka

1. Sejarah destilasi

Destilasi pertama kali ditemukan oleh kimiawan Yunani sekitar abad pertama masehi yang akhir perkembangannya dipicu terutama oleh tingginya permintaan akanspritus. Hypathia dari Alexandria dipercaya telah menemukan rangkaian alat untuk destilasi dan Zosimus dari Alexandria-lah yang telah berhasil menggambarkan secara akurat tentang proses destilasi pada sekitar abad ke-4. Bentuk modern destilasi pertama kali ditemukan oleh ahli-ahli kimia Islam pada masa kekhalifahan Abbasiyah, terutama oleh Al-Razi pada pemisahan alkohol menjadi senyawa yang relatif murni melalui alat alembik, bahkan desain ini menjadi semacam inspirasi yang memungkinkan rancangan destilasi skala mikro, The Hickman Stillhead dapat terwujud. Tulisan oleh Jabir Ibnu Hayyan (721-815) yang lebih dikenal dengan Ibnu Jabir menyebutkan tentang uap anggur yang dapat terbakar. Ia juga telah menemukan banyak peralatan dan proses kimia yang bahkan masih banyak dipakai sampai saat ini. Kemudian teknik penyulingan diuraikan dengan jelas oleh Al-Kindi (801-873).

Salah satu penerapan terpenting dari metode destilasi adalah pemisahan minyak mentah menjadi bagian-bagian untuk penggunaan khusus seperti untuk transportasi, pembangkit listrik, pemanas, dll.

Proses destilasi banyak digunakan oleh industri dan merupakan metode pemisahan yang sering digunakan untuk mendapatkan fluida murni dari suatu campuran tertentu. Proses destilasi sebenarnya tidak 100% memisahkan campuran tetapi hanya meningkatkan konsentrasinya saja. Contoh industri yang menggunakan proses destilasi ialah industri minyak bumi, industri gas, industri pembuatan alkohol, dan lain-lain.

2. Defenisi

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia

berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya.

3. Prinsip Kerja Destilasi

Pada prinsipnya pemisahan dalam suatu proses destilasi terjadi karena penguapan salah satu komponen dari campuran, artinya dengan cara mengubah bagian-bagian yang sama dari keadaan cair menjadi berbentuk uap. Dengan demikian persyaratannya adalah kemudahan menguap (volatilitas) dari komponen yang akan dipisahkan berbeda satu dengan yang lainnya. Pada campuran bahan padat dalam cairan, persyaratan tersebut praktis selalu terpenuhi. Sebaliknya, pada larutan cairan dalam cairan, biasanya tidak mungkin dicapai sempurna, karena semua komponen pada titik didih campuran akan mempunyai tekanan uap yang besar. Destilasi yang murni praktis hanya dapat diperoleh jika cairan yang sukar menguap mempunyai tekanan uap yang kecil sekali sehingga dapat diabaikan.

Secara umum, destilasi merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogenya. Dalam proses destilasi terdapat dua tahap proses yaitu tahap penguapan dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan kembali uap menjadi cair atau padatan. Atas dasar ini maka perangkat peralatan destilasi menggunakan alat pemanas dan alat pendingin.

4. Tungku Bakar

Ketebalan tungku adalah 1,3 cm dan berfungsi sebagai tempas sumber energi

pembakaran. Proses perpindahan panasnya adalah :

Konduksi

Perambatan kalor melalui zat padat atau perantaranya zat padat.

$$Q = k .A .(\Delta T)$$

dimana :

Q = jumlah kalor yang merambat per satuan waktu (joule).

ΔT = gradien temperatur ($^{\circ}\text{C}$).

K = koefisien konduksi ($\text{kJ}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

A = luas penampang (m^2)

Konveksi

Perambatan kalor yang terjadi dengan zat penghantarnya adalah fuida.

$$q = h .A .\Delta T$$

Dimana

q = jumlah kalor yang merambat per satuan waktu(joule)

h = koefisien konveksi($\text{kJ}/^{\circ}\text{C}$)

ΔT = kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Pembakaran

Pembakaran terjadi secara proses kimia antara bahan-bahan yang mudah terbakar dengan oksigen dari udara untuk menghasilkan energi panas yang dapat digunakan untuk keperluan pembakaran. Komponen utama bahan-bahan yang mudah terbakar adalah carbon, hidrogen, dan campuran lainnya. Dalam proses pembakaran komponen ini terbakar menjadi karbondioksida dan uap air. Sejumlah sulfur juga terdapat pada sebagian besar bahan bakar.

5. Jenis-Jenis Destilasi

Destilasi Sederhana

Pada destilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Salah satu contoh aplikasi destilasi sederhana yaitu

digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

Destilasi Uap

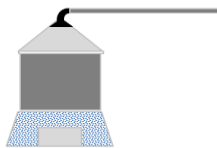
Tipe khusus atau spesial dari sebuah destilasi untuk suatu bahan yang sensitif terhadap suhu seperti senyawa aromatik yang biasanya terdapat didalam minyak atsiri. Destilasi uap ini dibuat karena terdapatnya masalah dari beberapa senyawa yang terkadang rusak atau molekul molekulnya pecah saat pemanasan dengan suhu tinggi.

Destilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Destilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih.

6. Peralatan Destilasi

Ketel

Ketel berfungsi sebagai tempat penampung bahan plastik air dan atau uap untuk mengadakan kontak dengan bahan (plastik). Di dalam ketel terjadi penguapan plastik, ketel tersebut dilengkapi dengan penutup yang dapat dibuka dan diapitkan pada bagian atas penampang ketel. Pada tutup ketel pasang pipa Pipa ini berguna untuk mengalirkan uap ke kondensor.



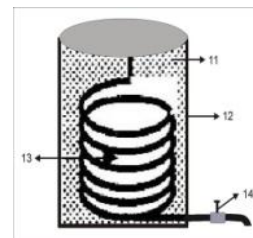
Gambar 1.ketel

Pipa penghubung ini berdiameter paling kecil 1 inchi dan jika diinginkan proses penyulingan yang lebih cepat, maka diameternya harus lebih besar. Semua sambungan pada pipa ketel harus di las/disolder dengan kuat, karena setiap tempat yang bocor mengakibatkan hilangnya sebagian uap dan pemborosan bahan bakar. Supaya uap tidak menerobos keluar melalui celah antara ketel dan

penutup, sebaiknya antara ketel dan penutup ditambahkan karet, kain, atau bahan lain yang dapat menghambat keluarnya uap. Selain penambahan perapat pada ketel dan penutup, sehingga penguapan tidak bisa keluar dari celah-celah ketel dari penutup.

Kondensor (pendingin)

Kondensor merupakan suatu perlengkapan utama dalam penyulingan. Ukuran dan bentuk kondensor dapat bermacam-macam. Kondensor berfungsi untuk mengubah seluruh uap menjadi fase cair. Jumlah panas yang dikeluarkan pada peristiwa kondensasi sebanding dengan panas yang diperlukan untuk penguapan uap minyak dan uap air.



Gambar 2.kondensor

Tipe kondensor dalam penyulingan yang lain adalah kondensor berpilin (*coil condenser*) dan kondensor tubular. Kondensor yang paling umum digunakan adalah kondensor berpilin. Pipa berpilin dimasukan ke dalam tangki berisi air pendingin yang mengalir secara konstan. Untuk menaikkan efisiensi pendinginan, arah aliran air pendingin berlawanan dengan arah aliran uap air dan uap minyak. Untuk lebih efektif dalam pendinginan, disisipkan 2 pipa berpilin pada tangki kondensor.

Pipa destilasi/Steel Head

Berfungsi sebagai penyalur uap atau gas yang akan masuk ke alat pendingin (kondensor),



Gambar 3. Pipa destilasi

7. Sampah plastik

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan, dan stabil, namun sulit terurai oleh mikroorganisme dalam lingkungan sehingga menyebabkan masalah lingkungan yang sangat serius di tengah-tengah masyarakat. Plastik berisikan hal-hal atau kebutuhan manusia yang sangat dibutuhkan, air, minuman bahkan minyak-minyak.



Gambar 4. Sampah plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semisintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi [6]. Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini. Salah satu jenis plastik adalah *Polytehylene* (PE). Polietilen dapat dibagi menurut massa jenisnya menjadi dua jenis, yaitu: *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 gmL- Identifikasi Jenis plastik Pada tingkat bandar, lapak, dan sebagainya, masih saja kesulitan dalam membedakan jenis plastik

sebab secara fisik banyak sekali kemiripan fisik walaupun sebenarnya berupa jenis plastik yang berbeda.

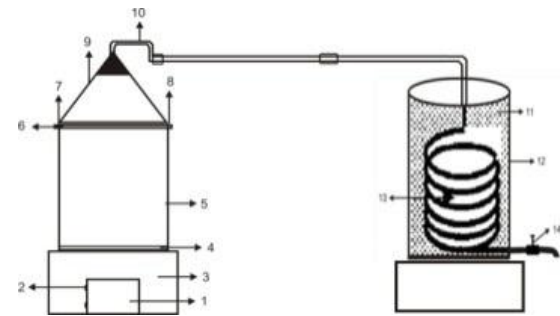
Metodologi Penelitian

1. Tipe Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, dengan tujuan mengetahui pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik. Objek penelitian adalah sampah plastik dan mesin destilasi. Sampah plastik yang dijadikan sampel pengujian adalah sampah plastik jenis *Polytehylene* (PE) yang berbahan dasar polimer PET (*Polyethylene Terephthalate*).

2. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pendukung. Dan melalui penggunaan excel.



Gambar 5. Sketsa Gambar

Hasil dan Pembahasan

1. Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil penelitian air 50 liter (plastik bening)

Waktu	T ketel	T kond 1	T kond 2	Kpsts (cc)
09.00 - 09.30	50	46	33	35
09.30 - 10.00	55	49	36	
10.00 - 10.30	64	54	40	
10.30 - 11.00	72	59	43	
11.00 - 11.30	63	52	41	
11.30 - 12.00	62	46	37	

Tabel 2. Hasil penelitian air 60 liter (plastik bening)

Waktu	T ketel	T kond. 1	T.kond. 2	Kps ts (cc)
09.00 - 09.30	53	48	30	40
09.30 - 10.00	55	49	34	
10.00 - 10.30	64	56	37	
10.30 - 11.00	72	59	36	
11.00 - 11.30	71	56	37	
11.30 - 12.00	70	53	37	

Tabel 3. Hasil penelitian air 70 liter (plastik bening)

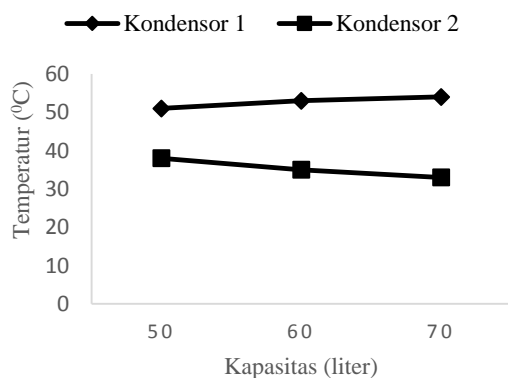
Waktu	T ketel	T kond. 1	T kond. 2	Kpst s (cc)
09.00 - 09.30	52	47	28	41
09.30 - 10.00	54	49	30	
10.00 - 10.30	65	57	35	
10.30 - 11.00	71	60	36	
11.00 - 11.30	68	57	34	
11.30 - 12.00	69	54	35	

2. Kapasitas dan suhu kondensor

Hubungan antara waktu pemberian energi dan suhu yang terukur pada ketel sebagaimana tabel dan grafik berikut :

Tabel 4. Hasil kapasitas dan suhu

Kapasitas (liter)	Suhu T (°C)	
	T kond.1	T kond.2
50	51	38
60	53	35
70	54	33



Gambar 6. Hubungan air dan suhu kondensor

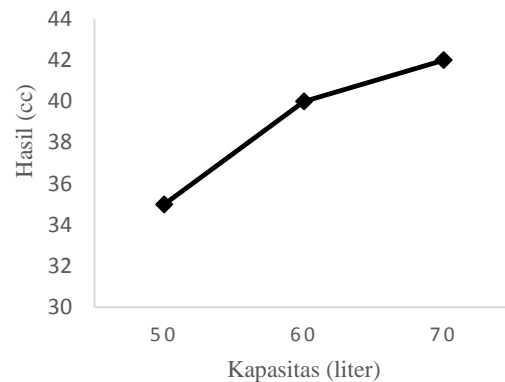
Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin banyak air pendingin pada kondensor semakin baik proses pendinginan, pada 50 liter (51-38=14), 60 liter (53-35=18) dan 70 liter (54-33=21), ini menunjukkan bahwa perpindahan panas dari uap pipa kondensor ke air yang kapasitas lebih banyak lebih baik.

3. Hubungan waktu dan panas kondensor

Hubungan antara kapasitas air dan hasil destilasi setelah dilakukan destilasi sebagaimana tabel dan grafik berikut :

Tabel 4. Hubungan kapasitas air dan hasil destilasi

Kapasitas (liter)	Hasil (cc)
50	35
60	40
70	42



Gambar 7. Hubungan kapasitas dan hasil destilasi

Dari tabel dan grafik terlihat bahwa semakin banyak air pendingin pada kondensor semakin baik proses pendinginan dan hasil yang diperoleh pun lebih baik yakni pada 50 liter sebanyak 35 cc, 60 liter sebanyak 40 cc dan 70 liter sebanyak 42 cc.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu yang dicapai pada saat pemberian energi pada ketel akan semakin

besar kenaikan suhu ketel yang diperoleh terutama pada jam 10.30 - 11.00 sebesar 72⁰C. Semakin banyak kapasitas air kondensor (70 liter) menyebabkan pertukaran suhu lebih baik (54-33=21) dan hasil destilasi yang lebih baik (42 cc).

Proses Pirolisis.Jawa Timur:
Universitas Pembangunan Nasional.

Referensi

- [1] Undang-Undang RI No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah Plastik
- [2] Anonim, 2020. sampah plastik <https://www.indonesiana.id/read/143908/proses-mengubah-sampah-plastik-menjadi-minyak-pelumas>. Diakses Pada Tanggal 9 Maret 2020
- [3] Mustofa, D., 2014, "Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900 °C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan," Simposium Nasional RAPI XIII-2014, Jakarta.
- [4] Natalia, M., 2013, "Pengolahan Sampah Organik (Sayur-Sayuran)," Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Usakti, Jakarta
- [5] Ramadhan P., A. dan Ali, M., 2011, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis," Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 4(1). Penerbit: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional, Jakarta
- [6] Mohana Jeya Valli, G.Gnanavel, Dkk. 2012. Alternate Fuel From Synthetic. Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif Dengan Metode Destilasi. Skripsi. Banjar Baru: Jurusan Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat. (Online). <http://scholar.tmnulm.ac.id/>. Diakses Pada Tanggal 17 Desember 2017
- [7] Kadir, 2012, Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair, 3.2: 223-228
- [8] Aprian Ramadhan P. & Munawar Ali. 2015. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan

Pengaruh penambahan Magnesium pada *remelting* piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan fatik dan porositas

Mahmud Yunus¹, Tri Cahyo Wahyudi^{2*}, Eko Nugroho³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia
*Corresponding author. trichyowahyudi3@gmail.com

Abstract

Metal is a natural material that is very useful in various aspects of human life, one of which is non-ferrous metal material, the metal does not contain iron elements such as copper, aluminum, tin. The purpose of this study was to determine the effect of the addition of Magnesium on fatigue and porosity testing, using the casting method of used Aluminum piston motor using an induction furnace with a pouring temperature of 700°C. In the fatigue test, the addition of Magnesium element by 1% gets a cycle value of 5,100, and a variation of 1.5% gets a cycle value of 5,220 and a 2% variation gets a cycle value of 5,420. As for the porosity test, the addition of Magnesium element by 1% gets a porosity value of 9.2% and a variation of 1.5% gets a porosity value of 4.5% and a variation of 2% gets a porosity value of 3.5%.

Keywords: Aluminum, remelting, Magnesium, fatigue, porosity.

Abstrak

Logam adalah material alam yang sangat berguna dalam berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya adalah material logam non ferro, logam tersebut tidak mengandung unsur besi contohnya tembaga, Alumunium, timah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur magnesium pada pengujian fatik dan porositas, dengan metode pengecoran bahan aluminium piston motor bekas menggunakan tungku induksi dengan temperatur penuangan sebesar 700°C. Pada pengujian fatik penambahan unsur magnesium sebesar 1% mendapatkan nilai siklus sebesar 5.100, dan variasi 1,5% mendapatkan nilai siklus sebesar 5.220 dan variasi 2% mendapatkan nilai siklus 5.420. Sedangkan untuk pengujian porositas penambahan unsur magnesium sebesar 1% mendapatkan nilai porositas sebesar 9,2% dan variasi 1,5% mendapatkan nilai porositas sebesar 4,5 % dan variasi 2% mendapatkan nilai porositas 3,5%.

Keywords: Alumunium, remelting, Magnesium, fatik, porositas.

Pendahuluan

Logam adalah material alam yang sangat berguna dalam berbagai aspek kehidupan manusia, pada material logam dibagi menjadi dua yaitu logam besi (ferro) dan logam bukan besi (non ferro). Logam Ferro yaitu suatu logam paduan yang terdiri campuran unsur karbon dengan besi contohnya besi tempa dan baja. Sedangkan untuk logam non ferro adalah logam yang tidak mengandung unsur besi contohnya tembaga, Alumunium, timah dan lain-lain.

Kebutuhan material Alumunium mulai tahun 1980 khususnya pada komponen otomotif seperti piston, blok mesin, kepala silinder dan katup terus meningkat sampai saat ini, untuk mengurangi pencemaran limbah tersebut perlu diadakannya daur ulang, selain itu juga daur ulang akan menghemat bahan material baru dengan cara pengecoran logam [1].

Tungku induksi atau yang biasa disebut dengan tanur induksi yaitu bekerja dengan prinsip transformator dengan kumpulan primer dialiri arus AC dari

sumber tenaga dan kumpulan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakan hasilkan arus induksi. Berbeda dengan transformator, kumparan sekunder digantikan dengan bahan baku peleburan serta dirancang sedemikian rupa agar arus induksi tersebut berubah menjadi panas yang sanggup mencairkan suatu benda material. Pada alur proses pembuatan mempunyai langkah-langkah seperti pembuatan catu daya, rangkaian inverter frekwensi tinggi, kapasitor bank, pembuatan kumparan kerja dan perakitan alat [2].

Kelebihan dari tungku induksi adalah peleburan bersih, mudah dalam mengatur kalor atau panas selain itu juga dapat dipakai untuk berbagai jenis material. Pada tungku induksi semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak energi Panas yang terbuang kelilingkungan sekitar yang suhunya lebih rendah. Alumunium mempunyai titik leleh 600°C dan massa jenis $2,75 \text{ kg/m}$. Pemakaian Alumunium sebagai pengikat memiliki banyak keuntungan yaitu: Alumunium lebih ringan, tahan korosi, pengantar panas yang baik, non magnetik. Didalam bidang otomotif Alumunium dipadukan dengan Silikon (Al-Si) untuk pembuatan piston sebagai komponen penting dalam kendaraan [3].

Paduan Alumunium biasanya dipadukan dengan unsur-unsur antara lain: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni dan masih banyak unsur paduan lainnya. masing-masing paduan ini mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dengan tujuan yang berbeda-beda pula. Magnesium (Mg) adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan merupakan sekitar 2% dari berat kerak bumi dan merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut, 4 magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting didalam bebatuan seperti dolomit. Penambahan unsur magnesium (Mg) akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada Alumunium tanpa terlalu menurunkan keuletan pada suatu bahan material, tingkat kekerasan paduan Alumunium juga ditentukan oleh persentase unsur paduan yang ditambahkan,

besarnya persentase dan unsur paduan yang ditambahkan juga akan berpengaruh pada struktur mikro hasil coran, dalam karakteristik suatu logam paduan, pengaruh ukuran butir merupakan bagian terpenting yang perlu mendapatkan perhatian karena parameter ukuran butirakan menentukan kekuatan mekanis logam paduan. Magnesium adalah salah satu unsur yang sering digunakan pada peleburan Alumunium, karena Penambahan magnesium akan meningkatkan nilai kekuatan, kekerasan dan menghaluskan butiran kristal secara efektif pada Alumunium supaya paduan cepat tercampur, biasanya magnesium yang digunakan berupa serbuk [3]. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui Pengaruh penambahan magnesium pada remelting piston bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan fatik, dan Pengaruh penambahan Magnesium (Mg) pada remelting piston terhadap pengujian porositas

Tinjauan Pustaka

1. Pengecoran Logam

Pada bidang industri proses pengelolaan logam, salah satunya menggunakan metode pengecoran (*casting*) masih menjadi pilihan utama dikarenakan proses pengecoran dapat mengerjakan sesuatu yang rumit dan kompleks, Logam yang paling banyak dipergunakan untuk pembuatan produk cor adalah Alumunium, disisi lain Alumunium mempunyai sifat mampu cor dan juga memiliki sifat mekanik yang kurang bagus, maka dari itu dipergunakan unsur paduan Alumunium. Tujuan dari penambahan unsur paduan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik pada Alumunium, hasil dari pengecoran Alumunium yang meliputi pembuatan alat rumah tangga, kesehatan, kontruksi bangunan. Dalam proses pengecoran logam juga mempunyai peranan penting didalam bidang otomotif untuk keperluan pembuatan komponen-komponen mesin seperti blok silinder, Head silinder,

piston, stang piston, sudu (*impeller*), poros rumah pompa, dan lain-lain [4].

2. Tungku Induksi

Tungku induksi atau biasa kita sebut tanur induksi telah banyak digunakan dalam berbagai industri dalam proses peleburan logam dan pada era modern seperti saat ini penemuan ini semakin berkembang pesat dan dapat dipergunakan sebagai dasar pembuatan pemanas induksi, dengan memanfaatkan energi listrik yang dihasilkannya, karena tungku induk silebih ramah lingkungan dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar. induksi ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1831, dimana proses pemanasan induksi terjadi ketika suatu logam atau benda kerja yang memiliki sifat kemagnetan terkena gelombang elektromagnetik dan akan menimbulkan induksi panas [2].

3. Penambahan Unsur Paduan Logam

Produk pengecoran logam terbuat dari bahan seperti magnesium, Alumunium, kuningan, perunggu, besi cor, baja cor dan untuk spesifik khusus didalam dunia industri telah dikembangkan berbagai jenis material contohnya: seng, nikel, crom timah dan lain -lain.

Paduan dalam Al-Mg-Si merupakan suatu fasa yang berada didalam larutan, Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antara logam kelebihan dari paduan Al-Si-Mg memiliki ketahanan korosi yang cukup baik. Paduan Al-Si juga memiliki sifat mampu cair yang sangat baik, 24 dan memiliki permukaan cukup bagus tanpa ketegasan panas, memiliki kualitas yang sangat baik untuk paduan coran [5].

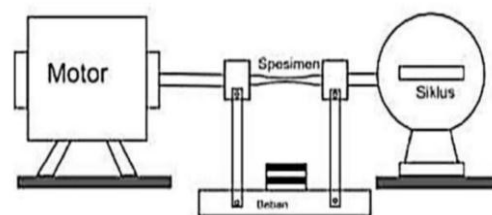
4. Remelting

Dalam proses pengecoran logam pada industri kecil tidak selalu menggunakan Alumunium murni biasanya menggunakan bahan yang tidak terpakai contoh nya piston motor bekas, Alumunium *scrap* atau *reject materials*. Material yang sebelumnya sudah di cor di sebut remelting. Remelting adalah metode pengecoran logam daur ulang dengan melebur kembali bahan

material yang sudah tidak terpakai, Hal ini bertujuan untuk mengurai limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan sekitar. Kelebihan dari daur ulang Remelting adalah biaya tidak terlalu mahal dan juga dapat memanfaatkan limbah dari sisa produksi, namun daur ulang remelting memiliki kekurangan yaitu kualitas bahan tidak sebgus pengecoran dengan material Alumunium tetapi masih dapat dipergunakan untuk benda yang tidak menerima gaya yang terlalu besar [6]. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengecoran logam adalah suhu penuangan, karena hal ini sangat berpengaruh terhadap hasil cetakan, suhu tuang pada Alumunium yang terlalu rendah maka akan menyebabkan rongga cetakan tidak akan terisi penuh dimana saluran masuk akan terbuka dan jika suhu tuang Alumunium terlalu tinggal makan akan menyebabkan penyusutan atau kehilangan akan keakuratan dimensi coran [3].

5. Pengujian Fatik

Pengujian fatik atau yang lebih dikenal dengan pengujian kelelahan merupakan kerusakan material yang di timbulkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih rendah dari *yield strength* material yang diberi beban kosnan.

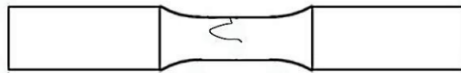


Gambar 1. Alat uji fatik

Uji kelelahan dan pengamatan bentuk patahan benda uji sangat penting dilakukan untuk material logam yang terkena beban berulang-ulang ini bertujuan mengetahui apakah material logam tersebut layak untuk digunakan pada pengaplikasiannya [7]. Dalam pengujian fatik terdapat tiga fase perpatahan yaitu :

Permulaan Retak

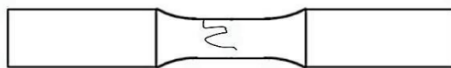
Cara kerja fatik umumnya diawali dari *crack Initiation* yang terjadi pada permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi kontraksi tegangan di permukaan benda kerja, isi bagian tinjauan pustaka ditulis ringkas, dan hanya teori yang benar-benar digunakan sebagai dasar penelitian.



Gambar 2. Permulaan retak

Penyebaran Retak

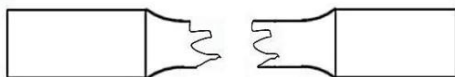
Crack initiation ini berkembang menjadi *microcracks*, atau perambatan perpaduan *microcracks* hal ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*.



Gambar 3. Penjalaran retak

Perpatahan Akhir

Pada pengujian fatik perpatahan ini terjadi karena material telah mengalami siklus tegangan atau regangan yang dapat menghasilkan kerusakan secara fatal dan permanen.



Gambar 4. Perpatahan akhir

Kasus kegagalan yang dialami oleh komponen biasanya disebabkan oleh beban dinamis pembebanan yang berulang-ulang dan berbeda) dapat mengakibatkan suatu benda atau material yang terkena gaya akan mengalami patah (*fracture*). Terdapat dua kegagalan dalam komponen struktur yaitu kegagalan statik (merupakan kegagalan yang tidak tergantung pada waktu, dan juga ketahanan dinyatakan dengan kekuatan). Kedua pada kegagalan yang sangat bergantung pada saat waktu ketahanan terhadap kegagalan dinyatakan dengan umur atau usia.

6. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pengujian fatik

Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi dalam pengujian fatik yaitu :

- Suhu lingkungan faktor, suhu lingkungan sangat berpengaruh besar terhadap pengujian fatik, karena kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan pit korosi dan juga retak, pada benda uji yang hal tersebut menyebabkan tingkat kegagalan yang tinggi.
- Faktor tegangan sisa, faktor tegangan sisa mungkin saja terjadi pada saat pembuatan benda uji direduksi dengan cara melakukan pemakaian pahat sehalus mungkin pada benda uji, hal tersebut berguna agar supaya tidak menyebabkan tegangan sisa maupun tegangan lentur.
- Faktor komposisi kimia pada pengaruh komposisi kimia dalam pengujian fatik untuk seluruh benda uji pada satu kali proses pembuatan hal ini bertujuan agar mendapatkan kondisi pengujian yang standar untuk seluruh benda uji [8].

Metode Penelitian

1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2020, kemudian untuk tempat pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Bahan Aluminium yang digunakan limbah piston motor bekas kendaraan roda dua, temperatur tuang hasil pengecoran sebesar 700°C. Penambahan unsur Magnesium sebesar 1%, 1,5%, dan 2%. 4. Pengujian yang dilakukan adalah uji fatik dan uji porositas. Bahan Aluminium paduan yang didapatkan dari piston bekas serta Magnesium. Alat yang dipergunakan berupa timbangan, cetakan logam, thermogun, mesin gerinda, kertas amplas, jangka sorong, alat uji fatik, alat uji porositas.

2. Pembuatan dan peleburan

Benda uji spesimen pada peleburan benda uji spesimen mempunyai urutan atau langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Ingot Aluminium dan Magnesium dipotong dengan menggunakan mesin dengan dimensi yang kecil, Pemotongan ini dilakukan untuk mempermudah menghitung perbandingan paduan Al dan Mg pada saat proses pengecoran.
- b. Ditimbang sesuai dengan jumlah % paduan yang akan dibuat.
- c. Dapur lebur mulai dipanaskan.
- d. Ingot Aluminium dimasukkan ke dalam tungku peleburan, dan dileburkan hingga suhu 700°C.

3. Alur proses pengecoran

Unsur paduan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium paduan (Al-Si) dari piston motor bekas dan penambahan magnesium sebesar 1%, 1,5% dan 2%. Alur dari proses pengecoran meliputi

- a. Persiapan cetakan dalam penelitian ini menggunakan cetakan logam.
- b. Menyiapkan bahan paduan unsur paduan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Magnesium (Mg) sebesar 1%, 1,5%, dan 2%.
- c. Penimbangan unsur paduan penimbangan unsur paduan bertujuan untuk menentukan komposisi paduan agar sesuai dengan ketentuan.
- d. Pencampuran paduan setelah proses penimbangan selesai tahap selanjutnya adalah mencampur dan memasukkan bahan paduan ke dalam wadah (krusibel).
- e. Persiapan burner *furnace* bahan dimasukkan kedalam *furnace* dan menyetel temperatur suhu hingga mencapai 700°C.
- f. Pengadukan setelah benda kerja dicairkan kemudian *furnace* dibuka dan dilakukan pengadukan selama beberapa saat.
- g. Penuangan cairan logam setelah benda kerja mencair, lalu dituangkan kedalam cetakan logam.

- h. Proses pendinginan cairan logam dibiarkan hingga membeku dalam temperatur kamar.
- i. Proses *finishing*, proses ini terbagi menjadi :
 1. Periksa pada produk coran.
 2. Pembersihkan pada produk coran.
 3. Pemotongan bagian yang tidak sesuai cetakan.
 4. Penyesuaian ukuran dengan cara proses *machining*,
 5. Memperbaiki sifat mekanik logam pengecoran dengan perlakuan panas [9].

4. Spesimen uji

Pada pengujian porositas pada pengujian porositas spesimen uji didesain berbentuk balok dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 10 mm. Hal ini bertujuan agar mempermudah dalam proses pengujian dan memperoleh hasil yang baik. Pengujian fatik memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pada pengujian sebelum pengambilan data, diharapkan melakukan pengujian tarik terlebih dahulu agar mendapatkan nilai *yield strength*.
- b. Setelah mengetahui nilai *yield strength* dari pengujian tarik, maka tahap selanjutnya menentukan berat pembebanan.
- c. Pemasangan benda uji atau spesimen pada pencengkam dan diikat dengan kuat.
- d. Pemasangan cover transparan.
- e. Menghubungkan kabel jala listrik ke sumber daya.
- f. Membuka atau memutar ke arah kanan tombol panic.
- g. Mengendorkan roda beban berlawanan arah jarum jam (tidak sampai lepas), atau tanpa beban.
- h. Mengatur Tampilan *forcemeter* menjadi nol, dengan cara memutar potensio disisi kanan panel.
- i. Mereset *countermeter* dan menekan tombol reset di panel.

- j. Menekan tombol *Run-Stop* untuk pengaktifan *motor speed control*.
- k. Menekan tombol *Start* pada *speed control*, frekuensi ditingkatkan secara bertahap sampai putaran tertentu.
- l. Mengamati *forcemeter* dan *countermeter* untuk keperluan data.
- m. Mesin akan berhenti secara otomatis bila benda uji mengalami putus atau patah.
- n. Melepaskan hubungan kabel jala listrik ke sumber daya.
- o. Mengeluarkan patahan benda uji spesimen dari ruang mesin uji fatik.

5. Langkah Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan dari material dengan persentase penambahan unsur Magnesium sebesar 1% di, 1,5%, dan 2% dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Memotong ujung material dari sisa pengujian fatik.
- b. Ukur panjang dengan presisi, panjang 3 cm, tinggi 0,7 dan lebar 2 cm.
- c. Ukur massa kering dari material.
- d. Masukkan material uji ke dalam wadah yang berisi air dan *holding* selama 10 menit.
- e. Kemudian mengukur massa basah material.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian sesudah melakukan penelitian pada pengujian fatik dan porositas yang dilaksanakan untuk memperoleh sampel dan data-data yang diperlukan sebagai bahan kajian eksperimen.



Gambar 5. Proses peleburan



Gambar 6. Spesimen



Gambar 7. Proses uji fatik

1. Hasil pengujian fatik

Setelah dilaksanakan pengujian fatik yang telah dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian fatik

No	Penambahan paduan magnesium	0 %	1 %	1,5 %	2 %
1	L (mm)	44	44	44	44
2	D (mm)	6	6	6	6
3	Beban (Newton)	5	5,10	5,22	5,42
4	Putaran (rpm)	1000	1000	1000	1000
5	Tegangan fatik (MPa)	306	306	306	306
6	Siklus	5000	5100	5220	5420

Penjelasan tabel di atas didapatkan data pengujian fatik dengan nilai tertinggi pada spesimen dengan variasi penambahan unsur Magnesium sebesar 2% dengan nilai siklus sebesar 5.420, sedangkan untuk

variasi sebesar 1,5 mendapatkan nilai siklus sebesar 5.220 dan untuk variasi yang paling terendah sebesar 1% dengan nilai siklus sebesar 5.100. Kemudian variasi yang tidak memiliki penambahan unsur Magnesium 0% memperoleh nilai siklus sebesar 5.000. paduan dalam Al-Mg-Si merupakan suatu fasa yang berada di dalam larutan, Al adalah larutan padat yang merupakan senyawa antara logam Al-Mg₂-Si, kelebihan dari paduan Al-Si-Mg memiliki ketahanan korosi yang cukup baik artinya semakin tinggi nilai penambahan unsur maka nilai kekuatan fatik yang akan dihasilkan semakin tinggi.

2. Hasil pengujian porositas

Hasil Pengujian porositas Setelah dilaksanakan pengujian porositas yang telah dilakukan di Labolatorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro maka di dapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Porositas

No					Rata-Rata
1	Penambahan Unsur Paduan Magnesium	1%	1,5 %	2 %	
2	Apperent Density (gr/cm)	2,452	2,579	2,608	2,605
3	True Destiypt h (gr/cm)	2,7	2,7	2,7	2,7
4	Presentase Porositas (P) %	9,2	4,5	3,5	3,6

Pada tabel di atas didapatkan nilai porositas tertinggi yaitu spesimen dengan variasi sebesar 2% dengan nilai porositas sebesar 3,5 dan porositas terkecil didapat dari penambahan unsur Magnesium sebesar 1% dengan nilai porositas sebesar 9,2% sedangkan untuk variasi 1,5% memperoleh nilai porositas sebesar 4,5%,. Artinya semakin tinggi nilai penambahan unsur

maka akan semakin rendah porositas yang akan dihasilkan, nilai porositas tersebut dapat dilihat berdasarkan penimbangan pada saat di udara dan di dalam air pada penelitian untuk sebuah material. Paduan Al-Si juga memiliki sifat mampu cair yang sangat baik, dan memiliki permukaan cukup bagus tanpa ketegasan panas, selain itu memiliki kualitas yang sangat baik untuk paduan coran, sehingga dapat mengurangi porositas pada benda uji [10].

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian *remelting* piston bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan fatik dan porositas, memperoleh kesimpulan bahwa paduan Al-Si-Mg memiliki sifat mampu cair yang sangat baik, dan memiliki permukaan cukup bagus tanpa ketegasan panas, selain itu memiliki kualitas yang sangat baik untuk paduan coran. Dari hasil *remelting* piston motor bekas pada pengujian fatik setiap spesimen dengan variasi penambahan unsur magnesium sebesar 1%, 1,5% dan 2%, memakai temperatur tuang sebesar 700°C, dengan putaran 1000 rpm, didapatkan data pengujian fatik dengan nilai tertinggi pada spesimen dengan variasi penambahan unsur Magnesium sebesar 2% dengan nilai siklus sebesar 5.420, sedangkan untuk variasi sebesar 1,5 mendapatkan nilai siklus sebesar 5.220 dan untuk variasi yang paling terendah sebesar 1% dengan nilai siklus sebesar 5.100. Kemudian variasi yang tidak memiliki penambahan unsur Magnesium memperoleh nilai siklus sebesar 5.000.

Pada proses pengujian Porositas spesimen dengan penambahan unsur magnesium 1%, 1,5% dan 2% menggunakan temperatur tuang sebesar 700°C didapatkan nilai porositas tertinggi yaitu spesimen dengan variasi sebesar 2% dengan nilai porositas sebesar 3,2% dan porositas terendah didapat dari penambahan unsur magnesium sebesar 1% dengan nilai porositas sebesar 9,2 sedangkan untuk variasi 1,5% memperoleh nilai porositas sebesar 4,5 %.

Referensi

- [1] Agung Dwi W, Danar Susilo W, Budi Harjanto. 2012. "Pengaruh Variasi Jenis Cetakan Dan Penambahan Serbuk Dry Cell Bekas Terhadap Porositas Hasil Remelting Al-9% Si Berbasis Piston Bekas", Teknik Mesin. pendidikan Teknik dan Kejuruan FKIP. UNS Pabelan. Sukarakarta.
- [2] [2] Syabardia, Herman Sumantri, Aldi Suryaman. 2018. "Pembuatan Tungku Induksi Sederhana". Teknik Mesin. Universitas Diponegoro.
- [3] Eko Budiyo, Eko Nugroho, Agus Zainudin. 2018. "Uji Kekuatan Fatik Aluminium Scrap Bekas Hasil Remelting Menggunakan Alat Uji Fatik Tipe Rotary Bending". Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Metro.
- [4] Suyitno, Urip Agus Salim, Muslim Mahardika. 2016. "Aplikasi Cetakan Permanen Untuk Meningkatkan Produksi Dan Kualitas Produk IKM Pengecoran Logam Kuningan Di Ngawen Sidokarto Godean, Yogyakarta". Teknik Mesin Dan Industri, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- [5] Martin Doloksaribu, Sri Bimo Pratomo. 2014. "Variasi Jenis Dan Metode Pembuatan Cetakan Pasir Terhadap Cacat Penyitrenan Untuk Produk Housing Dan Frame". Balai Besar Logam Dan Mesin, Kementerian Perindustrian.
- [6] Dedi Dwi W. 2019. "Pengaruh Serbuk Ti-AL Dengan Matriks Al-Si Terhadap Kekerasan Dan Porositas Pada Piston kendaraan". Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Malang.
- [7] Bambang Pratmono, Novran Apriansyah. 2016. "Analisa Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah Dengan AC10 Tipe Rotary Bending". Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Bandar Lampung. Lampung.
- [8] Nanang Tawaf, Wahyono Suprpto, Anindito Purnowidodo. 2014. "Analisa Fatigue Failure Suhu Rendah Struktur Batang Duralumin Dengan Siklus Bending". Teknik Mesin. Faklutas Teknik. Universitas Brawijaya. Malang.
- [9] Rudi Siswanto, Abdul Ghofron Dan Komang Aria K. K. 2018. "Analisa Porositas Dan Kekerasan Paduan Al-12,6%Si Dengan Variasi Waktu Tunggu Dalam Cetakan Dan Media Pendingin Hasil Pengecoran Evaporative". Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Lambung Mangkurat.
- [10] Aang Kurniawan, Susilo adi W, Yusuf Umardhani. 2013. "Pengaruh Temperatur Cetakan Pada Cacat Visual dengan Metode Die Casting". Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [11] Budiyo, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji ketahanan fatik aluminium scrap hasil remelting piston bekas menggunakan alat uji fatik tipe rotary bending. *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, 7(1).
- [12] Nugroho, E., Budiyo, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [13] Wahyono, W., Nugroho, E., Handono, S. D., & Budiyo, E. (2020). Analisa uji ketahanan fatigue Aluminium scrap hasil remelting sepatu rem (brake shoe) terhadap variasi beban menggunakan tipe rotary bending. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 1(2), 96-107.
- [14] Indratmoko, A. L., Nugroho, E., Asroni, A., & Budiyo, E. (2020). Pengaruh Holding Time dan media pendingin pada proses quenching terhadap kekerasan dan kekuatan Impact pegas daun sebagai alternatif pengganti pisau slicer penuai tebu. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 1(2), 82-95.

- [15] Nugroho, E., Budiyanto, E., Kurniawan, R., & Sumosusilo, J. (2020). Uji ketahanan fatik aluminium hasil remelting piston bekas menggunakan metode pengecoran centrifugal casting. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2).

Analisa kerja mesin CNC *laser cutting* CO₂ 2 Axis berbasis MACH3 pada variasi pemotongan

Giri Halim¹, Asroni^{2*}, Eko Budiyanto³

¹Prodi Magister 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: asroni14@yahoo.com

Abstract

Laser technology is now so rapidly 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, the CO₂ laser is the most common in manufacturing. This is due to its relatively large power so that its use 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 the 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 laser cutting CNC 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 Cutting, CO₂, Mach3.

Abstrak

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir di segala 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. 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 Cutting*, CO₂, Mach3.

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. 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. Material untuk medium pembentukan sinar lasernya yaitu gas CO₂, N₂ atau O₂, dan H₂ juga relatif mudah diperoleh dan tidak begitu mahal. Laser CO₂ tersebut dapat digunakan untuk melakukan proses pemotongan kontur, proses pembuatan lubang (*hole piercing*), proses pengeboran (*drilling*), dan proses pengelasan [1]. *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. 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 meubel 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]

Proses potong pelat merupakan salah satu proses paling penting pada rapid *prototyping*. Pelat adalah benda kerja dengan dimensi tebal berbanding jauh dengan panjang dan lebarnya. Salah satu metode pemotongan yang sering digunakan adalah *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) [3]. Pengukuran efektivitas dan efisiensi mesin *laser cutting* yang dilakukan perusahaan selama ini adalah dengan metode sederhana. efektivitas dan efisiensi dihitung hanya berdasarkan jam operasi dan riil kapasitas saja tanpa mempertimbangkan input yang lainnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengukuran efektivitas dan efisiensi yang dapat memadukan semua input dan output secara serentak [4]. Produksi manufaktur tidak terlepas dari proses pemotongan bahan baku, baik bahan baku logam ataupun non logam, namun proses pemotongan logam merupakan aktivitas yang paling sering digunakan dalam industri manufaktur. Pemotongan merupakan proses yang sangat penting karena akan menentukan kualitas bahan yang dipotong pada proses selanjutnya

Menurut Juniantoro [6], proses pemesinan dilakukan pada material dengan menggunakan parameter titik fokus sinar laser, tekanan gas *cutting* dan *cutting speed*. Metode yang digunakan adalah *taguchi grey relational analysis*. Penggunaan metode taguchi untuk mengoptimalkan respon kekerasan dan laju pemotongan dikombinasikan dengan menggunakan grey relational analysis agar didapatkan hasil multi respon yang optimum terhadap kualitas minimum kekasaran dan laju pemotongan. Maka dari itu untuk mengetahui proses pemotongan akrilik dalam hal ini perlu diadakan analisa pemotongan menggunakan mesin laser CO₂ 40 Watt rakitan untuk mengetahui keakurasian kerja dari mesin yang sudah dibuat. Adapaun tujuan dari penelitian ini mengetahui *feedrate* yang menghasilkan hasil kerja terbaik dan mengetahui tingkat akurasi hasil pemotongan pada jenis alur pemotongan yang berbeda.

Tinjauan Pustaka

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, aplikasi laser telah banyak digunakan oleh masyarakat dalam berbagai bidang. Hingga saat ini telah banyak dikembangkan berbagai teknik perlakuan permukaan material dengan menggunakan laser atau sering disebut *dengan laser processing materials*. Penerapan aplikasi *laser processing materials* dapat berupa *laser engraving*, *laser sintering*, maupun aplikasi laser untuk melakukan pemotongan suatu material [7]. Mesin CNC *laser cutting* 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 bantu 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 [8]. Jenis jenis laser Ada 3 jenis laser yaitu YAG laser, Fiber Laser dan laser CO₂, mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing dan juga kecocokan untuk pengerjaan material yang berbeda [5].

1. Cara mengoperasikan mesin CNC laser

Secara garis besar dengan dilihat dari karakteristiknya cara untuk mengoperasikan

mesin CNC dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu:

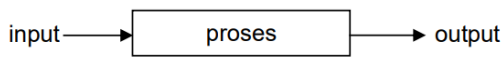
- a) Sistem absolut pada sistem absolut penempatan titik awal alat potong yang dipakai sebagai acuan ialah menetapkan titik referensi yang berlaku tetap selama proses operasi suatu mesin berlangsung.
- b) Sistem incremental pada sistem incremental penempatan titik awal yang dipakai sebagai titik acuan ialah selalu berpindah-pindah sesuai dengan titik aktual yang dinyatakan terakhir.

2. Akurasi dan presisi

Akurasi, presisi serta ketidakpastian hasil pengukuran ialah parameter-parameter yang silih berkaitan satu dengan yang lainnya, yang digunakan untuk penanda unjuk kerja sesuatu tata cara pengujian. ketidakpastian pengukuran memiliki timbal balik yang lumayan besar ketika memastikan akurasi serta presisi. Akurasi dapat didefinisikan sebagai ukuran seberapa dekat hasil dari nilai pengukuran rata-rata yang didapatkan dari beberapa pengukuran yang diulang terhadap nilai yang sebenarnya. Presisi ditentukan menggunakan kumpulan data dari hasil suatu pengukuran berulang. Untuk indikator presisi pada umumnya digunakan simpangan baku, yang menunjukkan perbedaaan 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 [9].

3. Sistem kendali atau kontrol

Pengertian 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. Sistem kendali

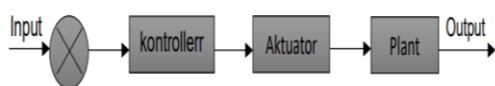


Gambar 3. Blok sistem kendali

Keterangan blok diagram sistem :

- 1) Input adalah suatu komponen masukan yang dapat berupa data atau informasi.
- 2) Proses adalah suatu operasi atau perkembangan alami yang berlangsung secara kontinu yang ditandai oleh suatu deretan perubahan kecil yang berurutan dengan cara yang relatif tetap dan menuju ke suatu hasil atau keadaan tertentu.
- 3) Output adalah suatu hasil dari perubahan yang dilakukan terhadap data atau informasi yang diberikan pada input.
- 4) Sistem kendali

Penelitian *ex post facto* adalah sistem kendali merupakan proses pengaturan beberapa elemen atau variabel yang dapat menghasilkan satu tanggapan dengan besaran tertentu sesuai dengan hasil yang diharapkan. Elemen-elemen yang terdapat pada sistem kendali terdiri dari *input*, *error detector*, *controller*, *actuator*, *plant* dan *output* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem

Sistem kendali dikenal dengan dua jenis pengaturan yaitu *Open loop system* dan *close loop system*. *Open loop system* merupakan suatu sistem pengaturan umpan maju dimana pada keluaran tidak akan diperhitungkan kembali melalui proses *feedback*, dengan hal demikian pada keluarannya tidak akan pengaruh pada aksi kontrol atau pada masukan. Diagram blok sistem *open loop system* pada gambar berikut.

Close loop system atau kontrol lup tertutup merupakan pengaturan pada suatu sistem yang mengutamakan pada ketetapan hasil keluarannya. Mempunyai proses *feedback* yang mempunyai fungsi untuk mengirimkan kembali suatu informasi dan keluaran ke *error detector*, proses ini akan dilakukannya secara terus menerus sampai didapatkannya pada hasil keluaran yang diinginkannya [8].

Metode Penelitian

1. Desain penelitian

Desain penelitian adalah strategi yang dipilih peneliti untuk mengintegrasikan secara menyeluruh komponen penelitian dengan cara logis dan sistematis untuk membahas dan menganalisis yang menjadi fokus penelitian. Desain penelitian yang paling umum digunakan dalam penelitian kuantitatif diantaranya eksperimen dan simulasi.

2. Tahap perencanaan

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

3. Tahap pelaksanaan

Proses pembuatan mesin CNC laser CO₂ dan kelengkapannya 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 kontroler dan perangkat lainnya,
- 6) Mengaktifkan perangkat lunak seperti *software* pendukung lainnya.

4. 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), mempersiapkan laptop yang sudah diinstal *software* Mach3 dan juga sudah di-*setting* dengan setingan pada mesin, mempersiapkan alat ukur jangka sorong dan juga busur derajat.
- 2) Menghidupkan alat uji. Menghidupkan mesin CNC Laser CO₂ 2 axis, sebelum dihidupkan *power supply laser* langkah pertama menghidupkan pompa air agar tabung laser tidak mudah rusak selanjutnya menghidupkan *power supply laser* dan kompresor sebagai pendingin saat pemotongan dan selanjutnya menghidupkan komputer/laptop lalu membuka *software* Mach3 dan *software* Aspire untuk membuat file G-code.
- 3) Melakukan Pengujian Mengatur parameter-parameter pada pembuatan file G-code sesuai pada ketentuan pengujian dan menyesuaikan *feedrate* saat pembuatan G-code, kemudian upload file G-code ke Mach3 sebelum melakukan *upload* G-code sebaiknya menyiapkan bahan dan setting 0 pada benda kerja setelah itu memasukkan G-code dan langsung melakukan 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 sama sisi), persegi empat dan melingkar dari masing-masing hasil pemotongan.

- 5) Mengulangi pengujian. Mengulangi langkah 3-4 sebanyak 3 kali.
- 6) Melakukan perhitungan dan analisa. Melakukan perhitungan dan analisa terhadap data-data yang telah didapatkan selama proses pengujian.

Hasil dan Pembahasan

Gambaran umum laser jenis CO₂ memang memiliki daya yang besar. Jenis laser yang digunakan adalah laser dioda. Dalam penelitian ini juga, dipakai program Inkscape yang digunakan untuk merancang casing secara 2D. Kemudian disain tersebut disimpan atau diubah ke dalam bentuk G-code. File hasil G-code ini kemudian dikirim ke mesin laser engraver untuk dibuat disainnya secara nyata. Kekuatan atau daya kepala laser yang digunakan, akan menentukan ketebalan akrilik yang akan dipotong [10]. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Mulai dari perencanaan alat, pembuatan, sampai dengan pengujian pemotongan akrilik menggunakan mesin CNC *laser cutting* CO₂ rakitan berkapasitas 40 Watt. Pengujian dilakukan dengan cara menghidupkan mesin dan juga menyiapkan laptop yang akan digunakan untuk mengontrol mesin CNC selanjutnya yaitu memasukan program ataupun disain gambar yang akan dipotong ke dalam *software* Mach3, setelah itu untuk meneliti keakurasian mesin tersebut maka dilakukan penelitian dengan mengetahui laju kecepatan yang baik dan juga mengetahui keakurasian dengan pemotongan yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh alur pemotongan (*feedrate*) mempengaruhi pada hasil pemotongan pada bentuk persegi.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh feedrate terhadap lebar dan panjang pada media akrilik pada alur pemotongan bentuk persegi yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan akurasi pada pemotongan alur persegi

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Lebar X (mm)	0,15	0,5	0,5
Panjang Y (mm)	0,59	0,47	0,48

Dari tabel 1, pengaruh (*cutting feedrate*) terhadap alur persegi diketahui bahwa *feedrate* juga mempengaruhi pemotongan dikarenakan ketepatan pemilihan *feedrate* dengan alur pemotongan akan menghasilkan hasil yang baik. Dari diagram grafik di atas dapat diketahui sumbu x dan sumbu y pada pemotongan alur persegi lebih dominan presisi pada sumbu x dikarenakan mengakibatkan terdapat perselisihan yang terjadi di dalam mesin CNC *Laser cutting* CO₂, pada lebar (X) pada *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan selisih 0,15 mm pada lebar (X) dan menghasilkan selisih pada panjang (Y) bernilai 0,59 mm, pada laju pemotongan (*feedrate*) 100 mm/menit juga menghasilkan selisih, hampir sama dengan (*feedrate*) 50 untuk lebar (X) mengalami 0,05 mm lebih kecil dari *feedrate* 50 mm/menit, untuk panjang (Y) pada laju pemotongan mempunyai selisih 0,47 mm, dan juga pada *feedrate* 150 mm/menit lebar (X) mengalami selisih 0,05 mm sama dengan pada *feedrate* 100 mm/menit tetapi panjang (Y) bernilai 0,48 mm/menit.

Tabel 2. Tingkat akurasi pada pemotongan alur lingkaran

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Lebar X (mm)	0	0	0,10
Panjang Y (mm)	0,20	0,50	0,60

Dari tabel 2, 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 diamati 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.

Tabel 3. Tingkat akurasi pada pemotongan alur segetiga sama sisi

Data	Feedrate		
	50	100	150
Sisi A (x)	0,49	0,33	0,27
Sisi B (x,y)	0,23	0,23	0,15
Sisi C (x,y)	0,23	0,23	0,15

Dari tabel 3 di atas bisa terlihat hasil dari pengaruh *feedrate* terhadap kinerja mesin CNC *cutting* CO₂ berbasis Mach3 dengan alur pemotongan segitiga sama sisi, nilai dari sisi A (X) terhadap *feedrate* 50 mm/menit mengalami selisih akurasi sebesar 0,49 mm sedangkan pada sisi B (X,Y) mengalami selisih 0,23 mm dan juga sisi C (X,Y) juga mengalami selisih ke akurasi 0,23 mm, untuk *feedrate* 100 mm/menit juga mengalami eror dan juga mempunyai selisih, untuk yang sisi A (X) sebesar 0,33 mm, dan juga pada sisi pemotongan B (X,Y) memiliki eror sebesar 0,23 mm dan juga pada sisi C (X,Y) memiliki nilai eror 0,23 mm, jadi untuk pemotongan menggunakan *feedrate* 100

mm/menit ini setiap sisinya mengalami eror yang begitu sedikit, sedangkan *feedrate* 150 juga memiliki nilai eror pemotongan pada sisi A (X) 0,27 sedangkan pada sisi B (X,Y) mengalami selisih keakurasian 0,13 mm dan pada sisi C (X,Y) memiliki selisih 0,13 mm, dari hasil yang ada di atas bisa dilihat bahwa pada pemotongan segitiga sama sisi *feedrate* yang baik digunakan adalah yang 150 mm/menit karena mempunyai selisih yang sedikit.

Tabel 4. Tingkat akurasi sudut pada alur segitiga sama sisi

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Sudut A ($^{\circ}$)	1	1	0
Sudut B ($^{\circ}$)	0	0	1
Sudut C ($^{\circ}$)	0	0	1

Dari tabel 4 di atas maka bisa dilihat hasil dari selisih pengujian sudut alur segitiga sama sisi pada mesin CNC Laser cutting CO₂ 2 Axis berbasis mach3, pada pengujian menggunakan kecepatan alur pemotongan (*feedrate*) 50 (mm/menit) didapat hasil selisih sudut pada sisi A 1° dan pada sisi sudut B dan C tidak memiliki selisih sudut, selanjutnya pada kecepatan laju pemotongan (*feedrate*) 100 (mm/menit) didapat hasil pengujian pada sisi A sebesar 1° dan pada sisi sudut B dan C juga tidak mengalami eror dan pada kecepatan laju pemotongan (*feedrate*) 150 didapat setiap sisi sudutnya yang berbeda yaitu pada sisi sudut A didapat 0° berarti disini dapat dilihat pada sisi sudut A tidak terdapat selisih sudut dan pada sisi sudut B memiliki selisih sudut ke akurasian 1°, begitu juga pada sisi sudut C juga mengalami selisih ke akurasian 1°, jadi pada pemotongan pada segitiga sama sisi dapat terlihat rata-rata keakurasian sudut tidak begitu besar kurang lebih hanya 1°.

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

Tabel 5. Perbandingan hasil pemotongan keliling

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Persegi (mm)	0,88	0,84	0,72
Lingkaran (mm)	0,62	1,72	2,12
Segitiga (mm)	0,96	0,98	0

Dari tabel 5 di atas maka dapat dilihat pengaruh *feedrate* terhadap alur pemotongan pada mesin CNC laser cutting CO₂ 2 Axis yang berbasis Mach3 rakitan, adapun ke 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 eror yang hampir sama 0,84 mm dan juga pada *feedrate* 150 pada keliling alur pemotongan memiliki selisih eror 0,72 mm.

Untuk keliling alur pemotongan lingkaran dengan *feedrate* 50 mm/menit mempunyai selisih eror 0,62 mm, pada *feedrate* 100 mm/menit juga memiliki selisih akurasi yang lebih besar dari *feedrate* 50 yaitu sebesar 1,72 mm dan pada *feedrate* 150 mm/menit mengalami kenaikan ke tidak akurasian 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 eror 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 *fleksible coupling* yang masih punya kelenturan pada saat berputar [11].

Hal ini dapat dianalisis, pada *cutting feedrate* semakin tinggi artinya kecepatan pada motor stiper juga semakin tinggi, dan dengan alur pemotongan yang berbeda motor *stepper* yang bekerja tiap alur pemotongan tidak sama. Pada alur pemotongan persegi satu motor *stepper* yang bekerja pada setiap line pemotongan, sedangkan pada alur pemotongan lingkaran dan segitiga dalam satu line pemotongan dua motor *stepper* 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, dijelaskan dalam penelitian konsumsi daya terbesar sebesar 2,22 VA pada kecepatan 12 rpm sedangkan untuk konsumsi daya terkecil 1,32 VA pada kecepatan 43 rpm [12].

Kesimpulan

Feedrate yang terbaik dari penelitian ini adalah 50 mm/menit dilihat dari selisih rata-rata keliling pada hasil pemotongan dengan variasi pemotongan persegi, lingkaran, dan segitiga sama sisi didapat hasil 0,41 % atau selisih 0,82 mm dan pada penelitian dan pengujian menggunakan jenis pemotongan *outside* (luar garis). Pemotongan keliling dengan bentuk yang berbeda sangat berpengaruh pada akurasi, pada akurasi bentuk persegi didapat selisih akurasi rata-rata panjang X dan Lebar Y 0,51 % atau selisih 0,81 mm, pada bentuk lingkaran didapat selisih rata-rata diameter X , Y 0,94 % atau selisih 1,48 mm dan pada bentuk segitiga sama sisi didapat selisih

rata-rata sisi A,B,C 0,41 % atau selisih 0,64 mm. jadi untuk selisih akurasi yang paling kecil pada bentuk segitiga sama sisi dengan nilai 0,41 % atau selisih 0,64 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] 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.
- [4] Aliffianudin, M.B., Riandadari, D., 2018. Analisa Peningkatan Produktivitas Mesin Laser Dengan Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis,JPTM, Vol. 6 (3), Hal 153-160
- [5] Deprintz. 2015. Perbandingan mesin Laser Jenis CO2 , YAG Laser dan FIBER Laser. Maret
- [6] Juniantoro, G. B. (2016). Analisis Toolpath Variasi Zig Zag dan Spiral Mesin CNC Router Terhadap Benda Kerja Berbahan Acrylic. Publikasi Ilmiah, 1–15
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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
- [10] Saputro, A.E., Darwis, M. 2020. Rancang Bangun Mesin Laser Engraver And Cutter Untuk Membuat Kemasan Modul Praktikum Berbahan Akrilik. Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan, 2 (1), h. 40-50.
- [11] 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.
- [12] Ikhwan. 2017. Pengaruh Pengendalian Arus Dan Kecepatan Pada Laser Enggaving Machine Terhadap Permukaan Bahan Kaca Dan Akrilik. Skripsi tidak di terbitkan. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.
- [13] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Putra, Y. G. K. (2020). Electrical Discharge Machine (EDM): evaluasi nilai kekasaran permukaan benda kerja pengaruh variasi kuat arus listrik dan kekerasan material. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 9(1).

Pengaruh komposisi campuran kotoran sapi dan limbah cair tapioka terhadap biogas yang dihasilkan

Agus Subakti¹, Dwi Irawan², Mafruddin^{3*}, Sulis Dri Handono⁴

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

^{2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author: mafruddin.mawon@yahoo.com

Abstract

The depletion of fossil energy in the world is getting attention, this is due to the increasing number of human resources in the world. So that efforts can be made, one of which is finding alternative fuels, namely biogas made from cow dung and tapioca liquid waste, this study aims to determine the variation of the filling mixture on the volume of biogas produced, to know the variation of the filling mixture on the biogas flame and to determine the effect of the mixture variation. charge to the amount of flow rate produced. The research method used is bulk filling with cow dung and tapioca liquid waste using a mixed variation of 0%:100%, 10%:90, 20%:80%, 30%:70%, 40%:60%, 50% : 50%. So that the value of the volume of gas produced is proportional to the productivity of biogas. To find out the volume of biogas in the digester using a manometer U. In the study, the results obtained were the value of the filling mixture variation in biogas productivity for the highest value at the mixed variation of 50%: 50% with a value of 2.061 liter/kg. The highest blue RGB flame was obtained at a mixed variation of 70% : 30% with a value of 66.14 and a red RGB flame value was obtained at a mixed variation of 50% : 50% with a value of 42.14.

Keywords: Renewable energy, biogas, bulk, productivity, flame

Abstrak

Semakin menipisnya energi fosil yang ada di dunia mendapat perhatian, hal ini dikarenakan semakin banyaknya sumberdaya manusia yang ada di dunia. Sehingga upaya yang dapat dilakukan salah satunya menemukan bahan bakar alternatif yaitu biogas yang berbahan baku kotoran sapi dan limbah cair tapioka. Penelitian ini bertujuan mengetahui variasi campuran pengisian terhadap volume biogas yang dihasilkan, mengetahui variasi campuran pengisian terhadap nyala api biogas dan mengetahui pengaruh variasi campuran pengisian terhadap jumlah laju aliran yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan yaitu pengisian curah dengan bahan baku kotoran sapi dan limbah cair tapioka dengan menggunakan variasi campuran 0%:100%, 10%:90, 20%:80%, 30%:70%, 40% :60%, 50% :50%. Sehingga didapat nilai berbandingan volume gas yang dihasilkan terhadap produktivitas biogas. Untuk mengetahui volume biogas yang ada pada digester menggunakan alat ukur manometer U. Pada penelitian didapat hasil yaitu nilai variasi campuran pengisian pada produktivitas biogas untuk nilai yang paling tinggi pada varisai campuran 50% : 50% yaitu dengan nilai 2,061 liter/kg. Sedangkan untuk nilai nyala api RGB biru tertinggi didapat pada varisai campuran 70% : 30% dengan niali 66,14 dan niali nyala api RGB merah didapat pada variasi campuran 50% : 50% dengan nilai 42,14.

Keywords: Energi Terbarukan, Biogas, Curah, Produktivitas, Nyala Api

Pendahuluan

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Biogas tergolong ke dalam energi dari bahan-bahan organik, yaitu seperti kotoran hewan, kotoran manusia, sisa-sisa tumbuhan dan sebagainya. Ketersediaan bahan limbah organik atau sampah di lingkungan. Hal ini memudahkan dalam pembuatan biogas untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Biogas adalah energi alternatif karena bisa digunakan untuk pembangkit listrik, bahan bakar kendaraan, dan dapat menggantikan LPG dan sebagainya. Hal ini dapat mengatasi krisis energi yang ada di dunia yang saat ini energinya sudah menipis. Biogas adalah suatu gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, daun-daun hasil sortir dan sayuran dan dapat menghasilkan panas dan menghasilkan energi listrik dari proses fermentasi tersebut [1].

Proses awal pembuatan biogas ini adalah dengan cara memasukkan kotoran sapi ke dalam botol plastik dan dicampur dengan rumen dan atau air sesuai dengan variabel yang telah ditentukan, lalu aduk atau campur sebentar hingga semua bahan tercampur rata dalam botol. Menutup botol dengan karet penutup yang telah dilubangi dan diberi selang, lalu jepit selang menggunakan klip penjepit, sehingga dalam botol kedap udara, dan dikencangkan dengan menggunakan kawat. Kemudian menyimpannya dalam suhu 30°C atau dalam suhu kamar, disimpan sekitar 30 hari agar gas yang terbentuk banyak. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan biogas antara lain: keadaan di dalam digester, pH, nutrisi, temperatur, rasio C/N, starter. Keadaan di dalam digester harus anaerob dan dijaga dalam kesetimbangan dinamis. Derajat keasaman dijaga dalam kisaran 6,6-7,6 karena bakteri metanogenik hanya bisa bekerja dalam range pH tersebut. Kadar nutrisi yang cukup seperti nitrogen dan fosfor harus terkandung dalam sistem untuk menjamin ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan bakteri. Temperatur yang

optimum yang dibutuhkan mikroorganisme untuk merombak bahan adalah 30-38°C untuk mesofilik, dan 49-57°C untuk termofilik. Perbandingan C/N yang optimum untuk proses pembuatan biogas adalah berkisar antara 25-30 [2]. Tujuan penelitian untuk mengetahui Bagaimana pengaruh komposisi biogas kotoran sapi dan limbah cair tapioka terhadap produktivitas biogas serta pengaruh komposisi biogas kotoran sapi dan limbah cair tapioka terhadap nyala api biogas.

Tinjauan Pustaka

Beberapa peneliti telah banyak melakukan penelitian tentang kotoran sapi, limbah cair tapioka, dan penambahan EM4 sebagai bahan baku membuat biogas salah satunya pembuatan gas bio dari serbuk gergaji, kotoran sapi, dan larutan EM4. Pengolahan limbah organik menjadi biogas merupakan salah satu upaya untuk menciptakan sumber energi terbarukan. Salah satu upaya tersebut adalah pemanfaatan limbah dari penggergajian kayu dan kotoran sapi. Biogas merupakan sebuah proses produksi biogas dari material organik dengan bantuan bakteri. Kandungan utama dari biogas adalah gas metana. Gas metana terbentuk karena terjadinya proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri metana atau bakteri metanogenik sehingga terbentuk gas metana (CH₄), yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas maupun untuk menghasilkan listrik. Limbah dari penggergajian kayu atau serbuk gergaji memerlukan waktu yang cukup lama untuk dilakukan proses fermentasi, sebab serbuk gergaji masih mengandung lignin sehingga sulit untuk diuraikan. Penguraian serbuk gergaji akan mempercepat proses fermentasi biogas, maka dalam penelitian ini digunakan Effective Microorganism (EM4) agar serbuk gergaji lebih cepat diuraikan. Kotoran sapi mengandung bakteri metanogenik yang membantu dalam proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas. Percobaan ini telah diteliti dengan menggunakan gas

kromatografi, sehingga dari penelitian ini didapatkan hasil konsentrasi terbaik yakni konsentrasi kotoran sapi pada 55,5 %, konsentrasi serbuk gergaji 22,2%, dan konsentrasi larutan Effective Microorganism (EM4) 10,25% [3].

1. Energi

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sulit dibuktikan tapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Sedangkan energi alam adalah sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar hidup lebih sejahtera, energi alam bisa terdapat dimana saja seperti di dalam tanah, air, permukaan tanah, udara dan lain sebagainya. Ada beberapa macam bentuk energi, namun semua tipe energi ini harus memenuhi berbagai kondisi seperti dapat diubah kebentuk energi lainnya. Mematuhi hukum konversi energi, menyebabkan perubahan pada benda bermassa yang tidak dikenai tersebut. Bentuk energi yang umum diantaranya energi kinetik dari benda bergerak, energi radiasi dari cahaya, dan radiasi elektromagnetik, energi potensial yang tersimpan dalam sebuah benda karena posisinya seperti medan gravitasi, medan listrik dan medan magnet, dan energi panas yang terdiri dari energi potensial dan kinetik mikroskopik dari gerakan partikel tak beraturan. Beberapa bentuk spesifik dari energi potensial adalah energi elastis yang disebabkan dari pemanjangan atau 8 deformasi benda padat dan energi kimia seperti pelepasan panas ketika bahan bakar terbakar. Setiap benda yang memiliki massa ketika diam, memiliki massa diam atau sama dengan energi diam, meski tidak dijelaskan dalam fenomena sehari-hari di fisika klasik [4].

2. Kotoran sapi

Industri peternakan tidak hanya menghasilkan produk utama yang berupa susu, daging, telur saja. Industri peternakan juga menghasilkan produk lain yang berupa limbah, salah satunya yang berupa kotoran ternak, yang apabila dibiarkan akan

mencemari lingkungan bahkan limbah peternakan dapat mengganggu produksi ternak, karena dapat menjadi sumber penyakit dan dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, untuk menjaga keberlangsungan usaha peternakan diperlukan upaya penanganan limbah. Salah satunya adalah dengan penanganan secara anaerob untuk produksi biogas [5]. Kotoran sapi adalah bahan dasar berpotensi yang lengkap dan terdiri dari molekul berstruktur sederhana sehingga mudah dirubah oleh bakteri serta mudah diproses menjadi slurry/luluan yang homogen dan kotoran sapi ini dihasilkan oleh satu ekor sapi. Kotoran sapi tersebut mengandung terdiri dari 80% kandungan cair dan 20% kandungan padat, adapun karakteristik kotoran sapi yaitu total solid, volatile solid, pH [6].

3. Biogas

Biogas adalah suatu gas yang dihasilkan dari proses anaerobik (fermentasi) bahan organik seperti kotoran sapi manusia, limbah rumah tangga dan juga kotoran hewan. Bahan yang sangat dibutuhkan dalam membuat biogas yaitu metan dan karbon dioksida yang terkandung di dalam bahan organik. Biogas merupakan bahan bakar gas (biofuel) dan bahan bakar yang dapat diperbarui yang dihasilkan secara anaerobic digestion atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metan. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas [1].

4. Manfaat dan keuntungan biogas

Beberapa manfaat dan keuntungan biogas untuk kehidupan rumah tangga

- a) Manfaat biogas yang pertama dapat mengurangi penggunaan dari gas LPG, hal ini dapat saja dilakukan karena gas metan yang terkandung di dalam biogas dapat digunakan sebagai pembakaran seperti halnya yang terdapat di dalam gas LPG.
- b) Manfaat biogas yang kedua adalah lingkungan menjadi lebih bersih dan indah, hal ini terjadi karena

memanfaatkan limbah dan kotoran untuk dijadikan bahan pembuat biogas.

- c) Manfaat biogas yang ketiga yaitu dapat menghemat biaya operasional rumah tangga, dengan mengganti bahan bakar minyak dan gas yang relatif lebih mahal dengan penggunaan biogas.
- d) Manfaat biogas selanjutnya adalah limbah digester dari biogas dapat kita manfaatkan sebagai pupuk organik baik yang berupa cair maupun padat bagi pertanian.
- e) Manfaat biogas selanjutnya adalah biogas dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, pengurangan emisi ini terjadi karena kurangnya pemakaian bahan bakar minyak dan kayu dalam kehidupan rumah tangga.
- f) Manfaat biogas selanjutnya yaitu biogas dapat menjadi bahan bakar alternatif yang dapat menghasilkan listrik untuk mengganti penggunaan solar. Bahan bakar biogas ini dapat menghasilkan sekitar 6000 Watt perjamnya dengan menggunakan 1 m³ biogas.
- g) Biogas juga bermanfaat mengurangi asap dan kadar karbon dioksida di udara.

5. Faktor-faktor yang membentuk biogas

Pada prinsipnya, tahapan dalam proses pembentukan biogas memiliki beberapa parameter bahan dan faktor yang harus diperhatikan dengan baik antara lain yaitu:

- 1) Subtrat bahan organik. Subtrat bahan organik, sangat berpengaruh terhadap lamanya waktu dekomposisi bahan sehingga menghasilkan gas metan yang diperlukan. Bahan organik mengandung selulosa dan ingin lebih lama terdekomposisi dibanding dengan limbah kotoran ternak sehingga, untuk menghasilkan proses optimal, bahan yang digunakan sebaiknya merupakan campuran banyak limbah pertanian dengan kotoran ternak [8].
- 2) Kandungan total solid (TS). Dalam pembentukan biogas bakteri membutuhkan keadaan air yang sesuai

dengan pertumbuhannya, begitu juga dengan bakteri untuk memproduksi biogas. Berdasarkan laju pengumpanan (pembebanan), sistem digester anaerobik dibedakan atas sistem dengan padatan rendah atau *low solid* (LS) dengan kandungan TS kurang dari 10%, sistem medium atau *medium solid* (MS) dengan 14 TS 15%-10%, dan sistem padatan tinggi atau *high solid* (HS) dengan TS 22%- 40%.

- 3) Drajad kemasan pH. Tingginya drajad kemasan atau pH terkait dengan kineja dari mikroorganisme dalam membantu proses fermentasi. Mikroorganisme akan efektif pada kisaran pH 6,5-7,50 /0 [8].
- 4) Nisbah C/N. Merupakan perbandingan antar karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Keduanya diperlukan sebagai energi mikroorganisme dalam melakukan pembakaran. Mikroorganisme perombak akan beraktivitas optimal pada tingkat C/N sebesar 25-30%. Nilai C/N yang tinggi akan mengakibatkan kerja mikroba menjadi rendah sehingga produksi gas metan juga akan rendah.
- 5) Suhu. Suhu atau temperatur selama proses fermentasi berlangsung perlu dikontrol setiap harinya. Kerja dari bakteri dan mikroorganisme penghasil biogas tergantung pada suhu didalam digester. Proses anaerobik di dalam reaktor normalnya memiliki dua kisaran suhu yaitu 25-40⁰C, untuk tingkatan misofilik dan lebih dari 40⁰C untuk tingkatan termofilik [9].
- 6) Pengadukan. Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan bahan bahan lainnya. Karena pada saat pencampuran dilakukan, bahan bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan metana. Pengadukan dapat dilakukan sebelum 15 memasukan ke dalam digester atau ketika bahan sesudah berada di dalam digester.

6. Reaktor biogas (biodigester)

Biodigester atau rakator adalah tempat untuk produksi biogas. Digester biogas/biodigaster bekerja dengan prinsip menciptakan suatu tempat penampungan bahan organik pada kondisi anaerob (bebas oksigen) sehingga bahan organik tersebut dapat difermentasi oleh bakteri metamogen untuk menghasilkan biogas. Biogas yang timbul kemudian dialirkan ke tempat penampungan biogas sedangkan lumpur sisa aktivitas dikeluarkan lalu dijadikan pupuk alami yang dapat dimanfaatkan untuk usaha pertanian maupun perkebunan. Pada dasarnya kotoran ternak yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu dengan sendirinya akan membentuk gas metan. Namun, karena tidak ditampung, gas metana akan hilang menguap ke udara oleh karena itu untuk menampung gas yang terbentuk dari bahan organik dapat dibuat berapa model konstruksi alat penghasil biogas [12]. Biodigester biogas memiliki tiga macam tipe dengan keunggulan dan kelemahannya masing masing. Ketiga tipe biogas tersebut adalah: tipe fixed domed plant, tipe floating drum plant, tipe baloon plant.

7. Pengisian Kontinyu

Yang dimakasud dengan pengisian kontinyu (SPK) adalah bahwa pengisian bahan baku kedalam tangki pencernaan dilakukan secara kontinyu (setiap hari tiga hingga empat minggu sejak pengisian awal, tanpa harus mengeluarkan bahan yang sudah dicerna. Bahan baku segar yang diisikan setiap hari akan mendorong bahan isian yang sudah dicerna keluar dari tangki pencernaan melalui pipa pengeluaran. Keluaran biasanya dimanfaatkan sebagai pupuk kompos bagi tanaman, sedang cairannya sebagai pupuk bagi pertumbuhan algae pada kolam ikan. Dengan SPK, gas bio dapat diproduksi setiap hari setelah tenggang 3-4 minggu sejak pengisian awal. Penambahan biogas ditunjukkan dengan semakin terdorongnya tangki penyimpanan keatas (untuk tipe fixed dome penambahan biogas ditunjukan oleh peningkatan tekanan

pada manometer. Sampai pada tinggi tertentu yang dianggap cukup, biogas dapat dipakai seluruhnya secara efisien [10].

8. Pengisian Curah

Yang dimaksud dengan pengisian kontinyu (SPK) adalah bahwa pengisian bahan baku kedalam tangkib pencernaan dilakukan secara kontinyu (setiap hari) tiga sehingga empat minggu sejak pengisian awal, tanpa harus mengeluarkan mengeluarkan bahan yang sudah dicerna. Bahan baku segar yang diisikan setiap hari akan mendorong bahan isian yang sudah dicerna keluar dari tangki pencernaan melalui pipa pengeluaran. Keluaran biasanya dimanfaatkan sebagai pupuk kompos bagi tanaman, sedangkan cairannya sebagai pupuk pertumbuhan 18 algae pada kolam ikan. Dengan SPK, gas bio dapat diproduksi setiap hari setelah tenggang 3-4 minggu sejak pengisian awal. Penambahan biogas ditunjukkan dengan semakin terdorongnya tangki penyimpanan ke atas (untuk tipe *floating drum*). Sedangkan untuk digester tipe fixed dome penambahan biogas ditunjukkan oleh peningkatan tekanan pada manometer. Sampai pada tinggi tertentu yang dianggap cukup, biogas dapat dipakai seperlunya secara efisien [11].

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro.

1. Alat dan bahan

Alat, drum, dop ban motor, kran gas, flow meter, manometer U, selang, korek api, stopwatch, kamera, serta bahan kotoran sapi dan limbah cair tapioka.

2. Langkah kerja pembuatan biogas

Langakah kerja pembuatan biogas terdapat beberapa tahapan yang pertama yaitu penyipian alat dan bahan dan diakhiri dengan memasukkan bahan campuran kotoran sapi dan limbah cair tapioka ke dalam digester. Adapun cara pembuatan biogas adalah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan kotoran sapi dan limbah cair tapioka
- b) Menyiapkan digester yang akan digunakan, yaitu dengan kapasitas digester 200 liter.
- c) Memasukkan kotoran sapi dan limbah cair tapioka pada tempat pengadukan, melakukan pengadukan hingga tercampur dengan sempurna dan merata.
- d) Kemudian memasukkan kotoran sapi, limbah cair tapioka ke dalam digester melalui lubang inlet sampai pada titik volume pada digester
- e) Setelah selesai memasukkan kotoran sapi dan limbah cair tapioka ke dalam digester, kemudian tutup kembali lubang inlet agar proses pembentukan bakteri yang sempurna dan tidak mengalami kebocoran.

3. Langkah Kerja

Pengujian penelitian ini dilakukan dalam satu tahapan yaitu dengan menggunakan pengisian curah, dimana di dalam penelitian memasukkan bahan isian hanya cukup sekali dalam sekali penelitian. Berikut ini adalah cara kerja pengujian pada proses penggunaan biogas yaitu sebagai berikut:

- a) Setelah mencampurkan kotoran sapi, limbah cair tapioka kemudian dimasukkan ke dalam digester serta alat ukur dan alat bantu sudah dipasang dan dipersiapkan. Maka langkah berikutnya yaitu memasang kamera digital.
- b) Kemudian membuka katup digester selanjutnya membuka atau memutar tuas flowmeter dan mendapatkan hasil debit pada flowmeter yang sesuai dengan penelitian.
- c) Selanjutnya menghidupkan kamera digital yang sudah dipasang pada tempatnya untuk merekam dan mengambil gambar data disaat proses penelitian berlangsung, sampai mendapatkan hasil data penelitian yang sesuai.
- d) Setelah mendapatkan hasil penelitian yang diinginkan kemudian memasukkan data di dalam tabel.

- e) Berikutnya yang dilakukan adalah melakukan pengolahan data dan menganalisa data yang sudah diperoleh dari penelian.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Nilai Tekanan Dan Volume Total Gas Yang Dihasilkan Biogas Pada Pengisian Curah.

Tabel 1. Volume biogas yang dihasilkan

Variasi campuran digester	Volume campuran digester
100% : 0 %	0,8
90 % : 10 %	1,315
80 % : 20 %	6,323
70 % : 40 %	9,77
60 % : 40 %	16,267
50 % : 50 %	19,283

Tabel 2. Nilai rata-rata volume biogas yang dihasilkan

Variasi campuran digester	Nilai rata-rata volume biogas yang dihasilkan
100% : 0 %	0,800
90 % : 10 %	1,315
80 % : 20 %	6,323
70 % : 40 %	9,77
60 % : 40 %	16,267
50 % : 50 %	19,283

Pada penelitian ini nilai volume gas dapat dilihat pada tabel 2, nilai volume rata-rata pada gambar 22 di atas, pada penelitian diatas nilai tertinggi didapat pada variasi campuran digester 50% : 50% dengan nilai 19,283 liter dan nilai terendah pada penelitian di atas dengan variasi campuran digester 100% : 0% yaitu dengan nilai 0,800 liter, karena pada penelitian ini nilai volume yang didapat dipengaruhi oleh jumlah gas yang dihasilkan terutama untuk variasi campuran 50% : 50% yang mendapatkan jumlah gas yang tinggi dibandingkan dengan variasi campuran yang lain. Karena volume gas pada ruang digester akan berbanding lurus dengan nilai tekanan yang dihasilkan.

Semakin besar tekanan yang dihasilkan maka nilai volume akan semakin besar.

Tabel 3. Tekanan biogas yang dihasilkan

Variasi campuran digester	Nilai rata-rata tekanan biogas yang dihasilkan
100% : 0 %	525,78
90 % : 10 %	898,775
80 % : 20 %	1559,530
70 % : 40 %	2063,26
60 % : 40 %	2795,77
50 % : 50 %	3152,13

Pada penelitian ini nilai tekanan dapat dilihat pada grafik nilai tekanan rata-rata pada tabel 3 di atas, pada penelitian diatas nilai tertinggi didapat pada variasi campuran digester 50% : 50% dengan nilai 3152,131 N/m² dan nilai terendah pada peneliatain di atas dengan variasi campuran digester 100% : 0% yaitu dengan nilai 525,78 N/m² , karena pada penelitian ini nilai tekanan yang didapat dipengaruhi oleh jumlah gas yang dihasilkan terutama untuk variasi campuran 50% : 50% yang mendapatkan jumlah gas yang tinggi dibandingkan dengan variasi campuran yang lain. Karena volume gas pada ruang digester akan berbanding lurus dengan nilai tekanan yang dihasilkan. Semakin besar tekanan yang dihasilkan maka nilai volume akan semakin besar.

Tabel 4. Produktivitas Biogas Yang Dihasilkan

Variasi campuran digester	Produktifitas biogas yang dihasilkan
100% : 0 %	0,046
90 % : 10 %	0,141
80 % : 20 %	0,678
70 % : 40 %	1,047
60 % : 40 %	1,613
50 % : 50 %	2,061

Pada penelitian diatas nilai produktifitas biogas dapat dilihat pada grafik nilai produktivitas biogas tabel 4 di atas, pada penelitian ini nilai tertinggi didapat pada variasi campuran digester 50% : 50% dengan nilai 2,061 liter/kg dan nilai terendah didapat pada variasi campuran 100% : 0% yaitu dengan nilai 0,046 liter/kg, karena pada peneliatian ini nilai produktivitas biogas yang didapat dipengaruhi oleh jumlah total gas dibagi dengan total bahan baku maka dari itu nilai produktifitas biogas sangat di pengaruhi dari besar nya volume gas yang dihasilkan karena semua barat bahan baku sama dari setiap variasi campuran yaitu 140 kg untuk pengisian selama 15 hari.

Tabel 5. Laju aliran biogas yang dihasilkan

Variasi campuran digester	Nilai laju aliran rata-rata
100% : 0 %	2,13
90 % : 10 %	2,78
80 % : 20 %	3,58
70 % : 40 %	4,08
60 % : 40 %	4,34
50 % : 50 %	4,49

Pada penelitian di atas nilai laju aliran dapat dilihat pada grafik nilai laju aliran pada tabel 5 di atas. Pada pada penelitian di atas nilai tertinggi didapat pada variasi campuran 50% : 50% dengan nilai 4,49 liter/menit dan nilai terendah didapat pada variasi campuran 90% : 10% dengan nilai 2,69 liter/menit, karena pada penelitian di atas laju aliran yang didapat dipengaruhi oleh jumlah gas dibagi dengan waktu maka nilai hasil laju aliran tertinggi pada variasi campuran 50% : 50%. Untuk variasi campuran 70% : 30% juga mendapatkan nilai sebesar 4,46 liter/menit dan untuk variasi 50% : 50% dan 70% : 30% tidak berselisih terlalu banyak. Dikarenakan laju aliran pada digester akan berbanding lurus dengan nilai volume gas yang dihasilkan

semakin besar volume gas yang dihasilkan maka nilai laju aliran akan semakin besar.

Tabel 6. Persentase nilai nyala api merah dan biru yang dihasilkan

Variasi campuran digester	Presentase warna nyala api (%)	
	Merah	Biru
100% : 0 %	63,00	36,99
90 % : 10 %	64,11	35,88
80 % : 20 %	59,93	35,17
70 % : 40 %	66,14	33,85
60 % : 40 %	59,34	40,65
50 % : 50 %	57,85	42,14

Pada penelitian ini nilai nyala api merah dan biru dapat dilihat pada tabel 6 di atas. Pada penelitian ini nilai persentase nyala api merah terdapat pada variasi campuran 50% : 50% yaitu dengan nilai 42,14, dan untuk nilai persentase nyala api merah terdapat pada variasi campuran 100% : 0% yaitu dengan nilai sebesar 36,99. Kemudian untuk persentase nilai nyala api biru terdapat pada variasi campuran 70% : 30% yaitu dengan nilai sebesar 66,14. Untuk persentase nilai nyala api biru terdapat pada variasi campuran 100% : 0% yaitu dengan nilai sebesar 63,00. Karena pada penelitian ini nilai persentase nyala api merah dan biru dipengaruhi jumlah nilai RGB merah dan RGB biru sebagai pembagi guna untuk mendapatkan nilai persentase nyala api merah (Pm) dan nilai persentase nyala api biru (Pb). Jadi semakin kecil pembagi yang diperoleh dari nilai RGB maka akan semakin besar jumlah nilai persentase nilai yang didapat dan sebaliknya jika pembagi semakin kecil yang diperoleh dari nilai RGB maka jumlah nilai akan semakin kecil

Kesimpulan

Variasi campuran digester berpengaruh pada nilai produktivitas biogas yang dihasilkan. Nilai produktivitas biogas terdapat pada variasi campuran digester 50% : 50% dengan hasil rata-rata

produktivitas gas yang tinggi sebesar 2,061 liter/kg. Sedangkan untuk variasi campuran 60% : 40% dengan hasil rata-rata produktivitas gas sebesar 1,613 liter/kg liter dan untuk variasi campuran 70% : 30% yaitu sebesar 1,047 liter/kg. Kemudian untuk variasi campuran 80% : 20% yaitu sebesar 0,678 liter/kg dan selanjutnya untuk variasi campuran 90% : 10% yaitu sebesar 0,141 liter/kg dan selanjutnya untuk volume biogas yang paling rendah terdapat pada campuran variasi 100% : 0% yaitu dengan jumlah hasil rata-rata 0,046 liter/kg. Jumlah nilai RGB merah dan biru sangat berpengaruh pada jumlah persentase nilai yang dihasilkan. Nilai persentase nyala api pada variasi campuran 50% : 50% yaitu dengan nilai nyala api merah sebesar 42,14 dan untuk nyala api biru sebesar 57,85 dan untuk variasi campuran 60% : 40% yaitu dengan nilai persentase nyala api merah sebesar 40,65 dan nyala api biru sebesar 59,34. Untuk variasi campuran 70% : 30% yaitu nilai persentase nyala api merah dengan nilai 33,85 untuk nyala api merah dengan nilai sebesar 66,14. Selanjutnya untuk variasi campuran 80% : 20% dengan nilai persentase nyala api merah sebesar 35,17 dan untuk nyala api biru sebesar 59,93. Dan untuk variasi campuran 90% : 10% yaitu dengan nilai persentase nyala api merah sebesar 35,88 dan untuk nilai nyala api biru sebesar 64,11. Dan untuk variasi campuran yang terakhir 100% : 0% dengan nilai persentase nyala api merah sebesar 36,99 dan untuk nilai persentase nyala api biru sebesar 63,00.

Referensi

- [1] Sutanto Agus1 , Darmawan Lubis2 . 2015, Prosending Konversi Nasional Ke-5, Zerro Waste Management PT Great Giant Pineapple (GGP) Lampung, Indonesia
- [2] Saputro Roy Renatha dan Rr. Dewi Artanti Putri. 2010, pembuatan biogas dari limbah peternakan. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

- [3] Dewi Tri Kurnia, Claudia Kartika Dewi, *Jurnal Teknik Kimia* No. 1, Vol. 20, Januari 2014. Pembuatan gas bio dari serbuk gergaji, kotoran sapi, dan larutan em4. *Jurnal Teknik Kimia*, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya Jl. Raya Palembang Prabumulih, Ogan Ilir.
- [4] Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*, C.V Andi offset, Yogyakarta, 2013, hlm.
- [5] Elita Rahmarestia, Ana Nurhasanah, Teguh Wikan Widodo, dan Ahmad Asri, 2007, "Perkembangan Digester Biogas di Indonesia (Studi Kasus di Jawa Barat dan Jawa Tengah)", Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian
- [6] Lailan Ni'mah, *infoteknik* Volume 15 No. 1 Juli 2014 (45-60) Study kinematika peruraian partikel pada pemanfaatan limbah ampas tahu dan kotoran sapi sebagai material pembuatan biogas.
- [7] Wahyuni S. 2013 *Biogas Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. PT AGRO MEDIA PUSTAKA Jakarta Selatan 117 Halaman.
- [8] Wahyuni, S. 2015. *Panduan Praktis Biogas*. Penebar Suwadaya. Jakarta Timur. 116 Halaman.
- [9] Ahring, K.B. 2003. *Perspective For Anaerobic Digestion In Biomethanation I (Advences In Biochemical Engginering/biotechnology vol 81)*, editor T. Scheper. Biocentrum, Denmark: 1-30
- [10] Mertahaedianti G.A dan S.R Juliastuti, Yogyakarta 2008 Pengaruh enzim dalam pembuatan biogas dari limbah padat tapioka yang melibatkan effective microorganism (em) dalam anaerobic digester. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi
- [11] Qurtobi Ahmad, S.T.,MT, Rais Nurdimansyah, Amaliyah Rohsari Indah Utami, S.T., Msi.vol.2, No. 2 Agustus 2015| page 3260. Analisa pengaruh level substrat pada digester anaerob skala laboratorium terhadap produksi metan e-Proceeding of Engineering.
- [12] Ridhuan Kemas, Dwi Irawan, Vol, 5 No. 2. 2016, Pengaruh temperatur mesofilik terhadap laju aliran biogas dan uji nyala api menggunakan bahan baku limbah kolam ikan gurame. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*.

Kajian eksperimental pemakaian Hidrokarbon Musicool 22 sebagai pengganti R22 untuk mesin pengatur udara AC split terhadap konsumsi listrik

Wahyu Setiawan¹, Lukito Dwi Yuono^{2*}, Kemas Ridhuan³, Nurlaila Rajabiah⁴

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

Abstract

The use of synthetic refrigerant R22 has been banned by the government which can cause damage to the ozone layer causing global warming effects. temperature ($\Delta T^{\circ}\text{C}$) of the evaporator during the test time at the time of the study. The method used in this research is to vary the refrigerant R 22 and Musicool 22 with a pressure variation of 60,70,80 Psi, the size of the room studied is 3x4x2,5 m and Split AC Changhong, LG, and Panasonic with 1 PK power. Research results it can be seen that each brand of Split AC has a different effect of electricity consumption, the lowest and highest electricity consumption at a pressure of 60 and 80 Psi. Musicool 22 refrigerant is more energy efficient than R22. It can be seen that each brand of Split AC has the effect of the temperature difference ($\Delta T^{\circ}\text{C}$) of the evaporator, which differs the highest at a pressure of 60 and 80 Psi. Musicool 22 refrigeran is more suitable for LG and Changhong brands.

Keywords: Synthetic refrigeran R22, Hydrocarbon Musicool 22, AC Split.

Abstrak

Penggunaan refrigeran sintetik R22 telah dilarang pemerintah yang dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon menyebabkan efek pemanasan global. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggantian refrigeran R 22 ke Musicool 22 terhadap pemakaian daya listrik untuk beberapa jenis merk *room air conditioner* dan mengetahui pengaruh perbedaan suhu ($\Delta T^{\circ}\text{C}$) evaporator selama waktu pengujian pada saat penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan memvariasikan refrigeran R 22 serta Musicool 22 dengan variasi tekanan 60,70,80 Psi ukuran ruangan yang diteliti 3x4x2,5 m serta AC Split Changhong, LG, dan Panasonic dengan daya 1 PK. Hasil penelitian dapat diketahui bahwa setiap merk AC Split ada pengaruh konsumsi listrik yang berbeda beda, konsumsi listrik terendah dan tertinggi pada tekanan 60 dan 80 Psi. Refrigeran Musicool 22 lebih hemat listrik dari R22. Dapat ketahui bahwa setiap merk AC Split ada pengaruh perbedaan suhu ($\Delta T^{\circ}\text{C}$) evaporator yang berbeda beda tertinggi pada tekanan 60 dan 80 Psi. Refrigeran Musicool 22 lebih cocok ke merk LG dan Changhong.

Kata kunci: Refrigran sintetik R22, Hidrokarbon Musicool 22, AC Split.

Pendahuluan

Teknologi tata udara Air Conditioner (AC Split) memanfaatkan sistem refrigerasi siklus kompresi uap. Prinsip kerjanya mengambil energi dari wilayah bersuhu rendah kemudian dibuang ke wilayah yang

bersuhu tinggi, diperlukanya energi untuk menjalankan siklus refrigerasi ini. Fluida kerja pada mesin refrigerasi menurut ASHRAE (2005), disebut refrigeran [1].

Refrigeran atau bahan pendingin adalah suatu zat atau campuran biasanya

berupa cairan, yang digunakan dalam suatu siklus pendinginan. Ada dua tipe refrigeran yakni refrigeran sintetis dan refrigeran alami. Refrigeran sintetis yakni refrigeran yang pada umumnya memiliki sifat yang baik kestabilan yang tinggi, tidak mudah terbakar. Kelemahan refrigeran sintetis yakni setelah digunakan dengan jangka waktu yang lama dapat merusak lapisan ozon dan pemanasan global, contoh refrigeran sintetis di antaranya ialah: R11, R12, R22, R134a dll. Kemudian terbentuklah perjanjian internasional yang mengatur dan melarang penggunaan zat-zat perusak ozon yang di sepakati pada tahun 1987 yang terkenal dengan sebutan Protokol Montreal. CFC (Chloro Fluoro Carbon) dan HCFC (Hydro Chloro Carbon) merupakan dua refrigeran yang akan di hapuskan masing-masing pada tahun 1996 dan 2030 untuk negara maju (*United Nation Environment Programme, 2000*) [2].

Mesin tata udara merupakan suatu kebutuhan di hampir seluruh kalangan masyarakat, untuk mengetahui suatu kinerja AC Split mengkonsumsi energi listrik dan efek refrigerasinya bagaimana sehingga diketahui *coefficient of performance* (COP) dapat melakukan kajian yang lebih lanjut [3].

Maka perlu dilakukan kajian eksperimental pemakaian hidrokarbon sebagai refrigeran pengganti untuk mesin pengatur udara AC Split terhadap konsumsi listrik yang berspesifik ke merk dan model yakni: satu unit Panasonic 1 PK, satu unit Sharp 1 PK dan satu unit LG 1 PK. Penelitian ini menggunakan AC Split tiga merk dan model dengan R22 mengingat unit tersebut masih banyak terpasang di konsumen, sedangkan R22 mulai sulit didapat karena peraturan pemerintah.

Tinjauan Pustaka

1. Prinsip kerja AC

Supaya lebih mudah di mengerti, cara kerja AC di kategorikan menjadi 2 yaitu: [4]

a. Sirkulasi Udara Aliran. Udara di dalam dan luar ruangan yang dikendalikan oleh *blower* (*indoor*) yang berada di ruangan

dan fan yang berada di luar ruangan (*outdoor*).

b. Sirkulasi refrigeran. Di dalam sistem pendingin terdapat bahan pendingin yakni refrigeran, refrigeran merupakan suatu zat yang bersirkulasi terus menerus melewati komponen utama. Refrigeran tidak akan berkurang jika pada komponen utama AC tidak ada yang bocor. Saat melewati komponen utama refrigeran akan mengalami perubahan wujud, temperatur dan tekanan. Sirkulasi refrigeran dalam AC biasa disebut siklus refrigerasi kompresi uap.

2. Jenis-jenis AC

Berdasarkan jenisnya ada 4 AC yang sering dipergunakan pada rumah tangga yaitu [5]:

a. AC Split. Pada AC jenis split komponen AC dibagi menjadi dua unit yaitu unit indoor yang terdiri dari filter udara, *evaporator* dan *blower*, *ekspansi valve* dan *control unit*, serta unit *out door* yang terdiri dari *kompresor*, *kondenser* dan kipas *kondenser*. Selanjutnya antara unit *indoor* dengan unit *out door* dihubungkan dengan 2 buah saluran *refrigeran* satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan kompresor dan satu buah untuk menghubungkan kompresor dan kondensor dengan ekspansi valve serta kabel power untuk memasok arus listrik pada kompresor dan kipas *kondensor*. AC Split cocok untuk ruangan yang membutuhkan ketenangan, seperti ruang tidur, ruang kerja atau perpustakaan.

b. AC Window. Pada AC jenis window semua komponen AC seperti filter udara, evaporator, blower, kompresor, kondensor, katup ekspansi dan kontrol unit terpasang pada satu *baseplate*, kemudian *baseplate* beserta semua komponen AC tersebut dimasukan kedalam kotak plat sehingga menjadi satu unit. AC window merupakan unit yang mengimplementasikan ruangan yang lebih kecil, biasanya dipilih karena

pertimbangan keterbatasan ruangan seperti pada rumah susun [6].

- c. AC Sentral. Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada *cooling plant* di luar ruangan tersebut, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali ke dalam ruangan tersebut. Biasanya cocok untuk dipasang di sebuah gedung bertingkat (berlantai banyak), seperti di hotel atau mall. [7]
- d. Standing AC. Jenis AC ini cocok dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan situasional karena fungsinya yang mudah dipindahkan, seperti seminar, pengajian *outdoor* dsb.

3. Komponen utama AC

a. Kompresor

Kompresor atau pompa isap mempunyai fungsi yang vital. Dengan adanya kompresor, refrigeran bisa mengalir keseluruh sistem pendingin. Sistem kerjanya adalah dengan mengubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir (berpindah) dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi [8].

b. Kondensator

Kondensator berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Kontruksi dari kondensator dicirikan oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan di dalam *shell* (pipa galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (udara dan refrigeran).

c. Katup ekspansi

Komponen utama yang lain untuk mesin refrigerasi adalah katup ekspansi. Katup ekspansi ini dipergunakan untuk menurunkan tekanan dan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat tekanan dan temperatur rendah, atau mengekspansikan refrigeran cair dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi, refrigeran cair

diinjeksikan keluar melalui *orifice*, refrigeran segera berubah menjadi kabut gas yang tekanan dan temperaturnya rendah.

d. Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaannya itu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran.

e. Evaporator

Evaporator adalah komponen pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar kalor, serta bertugas menguapkan refrigeran dalam sistem, sebelum dihisap oleh kompresor.

f. Refrigeran

Pengertian refrigeran yakni liquid atau cairan pendingin yang digunakan dalam sistem pendinginan air conditioner. Refrigeran yang umum dipakai pada saat ini adalah mengandung senyawa sintetik HCFC (*Hydro Chloro Fluoro Carbon*) seperti R22, senyawa CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) seperti R12 dan HFC (*Hydro Fluoro Carbon*) seperti R134a yang memiliki sifat sifat baik ditinjau dari segi teknik seperti: kesetabilan yang tinggi dan tidak mudah terbakar, tidak beracun dan relatif mudah didapat.

4. Refrigeran R 22

Refrigeran R22 adalah senyawa hydrochlorocarbon dan memiliki nama lain CHClF_2 dan memegang peranan penting dalam sistem refrigerasi, sejak ditemukan pada tahun 1930. Hal ini karena CFC memiliki properti fisika dan termal yang baik sebagai refrigeran stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan kompetibel terhadap sebagian besar bahan komponen dalam sistem refrigerasi. Biasanya digunakan pada AC rumah dengan kapasitas rendah sampai menengah. Refrigeran jenis ini memiliki pemanasan perusak ozon 0.05 jika dibandingkan dengan MC 22 yang

hanya bernilai 0. Namun refrigeran R 22 tidak mudah terbakar [9].

5. Musicool 22

Refrigeran hidrokarbon Musicool MC22 merupakan produk Pertamina yang tetap menggunakan penomoran MC22 dengan maksud memudahkan konsumen di Indonesia sebagai pengganti refrigeran HCFC R22 komposisi bahan terbesar dari refrigeran jenis ini yaitu propane (C_3H_8). MC 22 sebagai pengganti refrigeran R22. MC 22 digunakan untuk pendingin ruangan/ AC jenis split, window maupun sentral. Refrigeran ini memerlukan kandungan propane yang sangat tinggi yaitu 99,5% dengan *impurities butane* dan *olefin* yang serendah mungkin atau mendekati nol agar kinerja mesin pendingin berjalan optimal [10].

6. Sifat - sifat refrigeran

- Harus memiliki sifat mudah menguap karena pendinginan (penyerapan panas) terjadi ketika refrigeran menguap.
- Makin besar panas laten yang diserap selama penguapan, volume sirkulasi refrigeran dapat makin diperkecil, berarti dapat memperkecil alat pendingin. Karena itu diharapkan refrigeran dapat menarik panas laten sebanyak-banyaknya.
- Tidak terjadi perubahan kimia dari kandungan unsur-unsur dalam refrigeran walaupun dipakai secara berulang-ulang.
- Tidak merusak logam dan karet yang digunakan dalam air conditioner.

Metode Penelitian

1. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro sebagai tempat pengujian (kajian eksperimental) pemakaian hidrokarbon MC22 sebagai pengganti R22 untuk mesin pengatur udara AC Split terhadap konsumsi listrik.

2. Alat dan bahan

Unit Room Air Conditioner yaitu Changhong, LG, Panasonic, Unit Refrigeran yaitu R 22 4 kg, MC 22 6 kg dan unit alat ukur, termokopel digital, tang ampere, sensor gas, AVometer.

3. Pevakuman AC Split

- Memasang *manifold gauge/analyzer* pada peralatan pendingin dengan ketentuan sebagai berikut: selang warna biru dihubungkan dgn nepel di sisi hisap (*low pressure*); selang warna merah dihubungkan ke nepel sisi tekan (*high pressure*) bila ada, bila tidak ditutup; slang warna kuning dihubungkan ke pompa vakum.
- Memutar kran warna merah dan biru ke arah terbuka sampai maksimum (kran di *high* dan *low pressure*).
- Menjalankan pompa vakum selama minimum 30 menit.
- Setelah sistem divakum putar kran merah dan biru ke arah tertutup. Perhatikan apabila sistem setelah divakum perlu ditambahkan oli, maka sistem perlu pevakuman ulang.

4. Pengisian Refrigeran R22

- Mengambil tabung freon R22 dan menghubungkan slang warna hijau ke tabung tersebut.
- Membuka (putar) kran di tabung freon R22 1/3 bagian saja.
- Membuka (putar) 1/3 bagian kran low pressure agar freon R22 bisa masuk ke dalam sistem pendingin. Karena freon R22 masuk ke dalam sistem dalam wujud cair maka pengisian harus dilakukan pelan-pelan.
- Menjalankan AC sampai tekanan di dalam sistem stabil.
- Bila *low* dan *high pressure* di dalam sistem sudah normal, kran warna biru dan merah ditutup dan selangnya dapat dilepas.
- Melakukan pengukuran terhadap suhu dan konsumsi listrik.

5. Pengecekan mesin AC

- Pengukuran Ampere

- 2) Pengukuran suhu indoor dan outdoor
- 3) Pencarian $\Delta T^{\circ}C$ dan Konsumsi Listrik

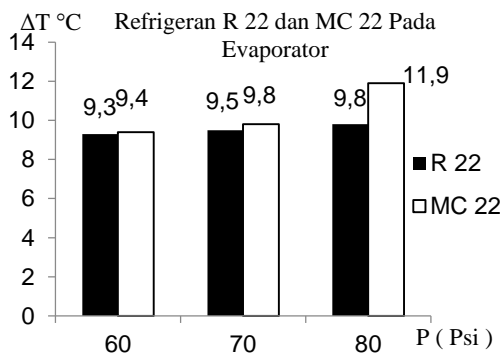
Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan menguji bahan pendingin atau refrigeran freon R22 dan Musicool 22 ke 3 merk AC Split yaitu Changhong, LG, dan Panasonic dengan daya 1 PK lalu memvariasikan tekanan yakni 60 Psi, 70 Psi dan 80 Psi sehingga dapat diketahui konsumsi daya listriknya.

Dalam pembahasan ini akan membahas hasil pengambilan data dan pengujian pada pemakaian Hidrokarbon Musicool 22 sebagai pengganti R 22 untuk mesin pengatur udara AC split terhadap konsumsi listrik.

6. Perbandingan $\Delta T^{\circ}C$ evaporator Changhong dengan Refrigeran R 22 dan Musicool 22

Perbandingan pendinginan refrigeran R 22 dan MC 22 di evaporator.

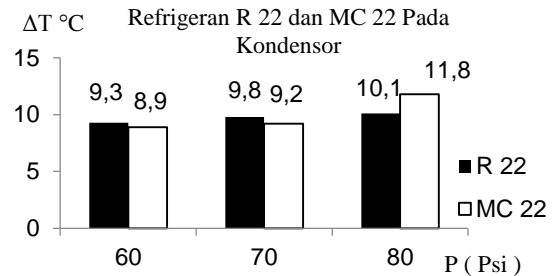


Gambar 1. Grafik nilai Perbandingan R 22 dan MC 22 terhadap $\Delta T^{\circ}C$ evaporator Merk Changhong

Berdasarkan pembahasan dan grafik di atas dapat dilihat nilai perbandingan pendinginan unit Ac Split merk Changhong dengan daya 1 PK antara refrigeran R 22 dan MC 22 yang paling besar pendinginannya pada MC 22 pada tekanan 80 Psi yakni $11,9^{\circ}C$ unit AC Split masih bisa dikatakan bagus karena ΔT menunjukkan di atas $8^{\circ}C$. Pergantian refrigeran berpengaruh terhadap pendinginan, kerja kompresor, dan kerja alat.

7. Perbandingan $\Delta T^{\circ}C$ kondensor Changhong dengan Refrigeran R 22 dan Musicool 22

Berikut grafik perbandingan panas refrigeran R 22 dan MC 22 di kondensor.



Gambar 2. Grafik nilai perbandingan R 22 dan MC 22 terhadap $\Delta T^{\circ}C$ kondensor merk Changhong

Berdasarkan pembahasan dan grafik di atas dapat dilihat nilai perbandingan pembuangan panas kondensor unit Ac Split Merk Changhong dengan daya 1 PK antara refrigeran R 22 dan MC 22 yang besar ada pada MC 22 pada tekanan 80 Psi yakni $11,8^{\circ}C$. Kecepatan putar kipas blower juga berpengaruh dalam pembuangan panas kalor.

8. Perbandingan konsumsi listrik pada AC Panasonic dengan Refrigeran R 22 dan Musicool 22

Tabel 1. Refrigeran R 22 dan MC 22 terhadap konsumsi biaya listrik selama 22 hari.

Refrigeran	Konsumsi biaya listrik (Rp)		
	60 Psi	70 Psi	80 Psi
R 22	69.431,83	74.918,27	84.377,65
MC 22	57.702,20	61.107,58	67.161,58

Pada unit AC Split merk Panasonic biaya konsumsi listrik selama kerja kantor 22 hari hari dalam 1 bulan dan 8 jam setiap hari dapat dilihat pada gambar 4.12 yaitu refrigeran R 22 dengan tekanan 60 Psi sejumlah Rp. 69.431,83 tekanan 70 Psi sejumlah Rp. 74.918,27 dan tekanan 80 Psi sejumlah Rp. 84.377,65 sedangkan jika memakai jenis refrigeran MC 22 biaya konsumsi listriknya yaitu pada tekanan 60

Psi sejumlah Rp. 57.702,20 tekanan 70 Psi sejumlah Rp. 61.107,58 dan tekanan 80 Psi yakni sejumlah Rp. 67.161,58. Dengan demikian merk, tekanan, lama pengujian dan pergantian jenis refrigeran R 22 dan MC 22 sangat mempengaruhi biaya konsumsi listrik.

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa ada pengaruh penggantian R 22 ke Musicool 22 terhadap konsumsi daya listrik pada jenis room air conditioner sebagai berikut: Changhong konsumsi daya listrik refrigeran R 22 tekanan 60 Psi 653,4 Watt, 80 Psi 715 Watt dan Musicool 22 tekanan 60 Psi 574,2 Watt, 80 Psi 624,8 Watt. LG konsumsi daya listrik refrigeran R 22 tekanan 60 Psi 569,8 Watt, 80 Psi 611,8 Watt dan Musicool 22 yakni tekanan 60 Psi 479,6 Watt, 80 Psi 484 Watt. Panasonic konsumsi daya listrik refrigeran R 22 tekanan 60 Psi 807,4 Watt, 80 Psi 981,2 Watt dan Musicool 22 tekanan 60 Psi 671 Watt, 70, 80 Psi 781 Watt. Pada data di atas dapat diketahui bahwa setiap merk AC Split ada pengaruh konsumsi listrik yang berbeda beda, konsumsi listrik terendah dan tertinggi pada tekanan 60 dan 80 Psi. Refrigeran Musicool 22 lebih hemat dari R22.

Ada pengaruh perbedaan suhu (ΔT °C) evaporator sebagai berikut: Changhong R 22 ΔT °C Evaporator tekanan 60 Psi = 9,3°C, 80 Psi = 9,8°C dan Musicool 22 tekanan 60 Psi = 9,4°C, 80 Psi = 11,9°C. LG R 22 ΔT °C Evaporator tekanan 60 Psi = 7,8°C, 80 Psi = 9,3°C dan Musicool 22 tekanan 60 Psi = 8°C, 80 Psi = 9,8°C. Panasonic R 22 ΔT °C Evaporator tekanan 60 Psi = 10°C, 80 Psi = 11,1°C dan Musicool 22 tekanan 60 Psi = 8,7°C, 80 Psi = 10,8°C. Dapat diketahui bahwa setiap merk AC Split ada pengaruh perbedaan suhu (ΔT °C) evaporator yang berbeda beda tertinggi pada tekanan 60 dan 80 psi. Refrigeran Musicool 22 lebih cocok ke merk LG dan Changhong untuk pendinginan.

Referensi

- [1] Arsana, M. E., Sudirman, S., & Sukadana, I. B. (2017). *Kinerja Ac Tipe Split Dengan Sistem Ejector Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon*. Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi, 16(2), 107.
- [2] Firdaus, A. 2010, October. *Analisa Pengaruh Penggunaan Refrigeran Hidrokarbon Musicool-22 Pengganti Freon-22 Terhadap Kinerja Alat Air Conditionig*. In Seminar Tahunan Teknik Mesin, ISBN, Sriwijaya University, Palembang-Indonesia.
- [3] Hanafie, A., Fadhli, F., Hasrullah, A., & Hidayat, M. R. (2017). *Perbandingan Refrigeran Hcfc dan Hidrokarbon Dalam Proses Percepatan Pendinginan dan Penghematan Energi Pada Refrigerator*. ILTEK: Jurnal Teknologi, 12(02), 1806-1809.
- [4] Luthfianto, S., & Riyadi, D. (2011). *Pengaruh Udara Masuk Terhadap Suhu Air Conditioner (AC) Kapasitas 1 PK Pada ruang Instalasi Uji*. ENGINEERING, 2(1).
- [5] Poernomo, H. (2015). *Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor*.
- [6] Rosmayanti, D. (2019). *Analisis Performansi Air Conditioning 1 PK Dengan 3 Fluida Kerja*. Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin, 9(3), 29-35.
- [7] Rianto, D. (2015). *Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Putaran Fan Kondensor Terhadap Laju Pendinginan Mesin AC Split 1 PK*. SIMETRIS, 9(1), 10-15.
- [8] Mahendra, M., Adrian, M., & Homzah, O. F. (2015). *Analisa Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin Air Conditioner Kapasitas 2 HP Menggunakan Refrigeran R22, R290 dan R407c*. PETRA: Jurnal

- Teknologi Pendingin dan Tata Udara, 1(1), 11-19.
- [9] Santosa, B. (2018). *Analisa pemakaian energi listrik dan cop pada AC split 900 watt menggunakan refrigeran hidrokarbon MC-22 dan R-22*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, 12(1), 25-28.
- [10] Syahrizal, I., & Panjaitan, S. (2013). *Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruangan (Studi Kasus Di Politeknik Terpikat Sambas)*. ELKHA, 5(1).
- [11] Budiyanto, E. (2014). HUBUNGAN TEGANGAN INPUT KOMPRESOR DAN TEKANAN REFRIGERAN TERHADAP COP MESIN PENDINGIN RUANGAN. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 3(1).