

Analisa penambahan unsur mangan pada *remelting velg* motor bekas terhadap nilai kekerasan

Rahmat Rudiansyah¹, Eko Nugroho², Asroni^{3*}

¹Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

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

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

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

*Corresponding author: asroni14@yahoo.com

Abstract

Remelting or metal casting is a recycling method that can be done to obtain a material with the desired physical and mechanical properties by changing its basic properties. Remelting has a weakness, namely the toughness of the metal will decrease along with the remelting treatment, due to phase changes that occur during the remelting step, both physical and mechanical changes. Recycled aluminum wheels so that they can be reused properly and safely, treatment must be carried out to justify their structure. Manganese is used in several metal alloys to enhance favorable characteristics such as strength, hardness, and durability. The purpose of this study was to determine the hardness value of the effect of remelting used aluminum alloy wheels with manganese added in it. The research method used was experimental by remelting used aluminum alloy wheels with manganese added, printing specimen models, and testing hardness using the Vickers method. The addition of manganese was carried out with a composition of 1.0%Wt, 1.2%Wt, and 1.4%Wt. The highest hardness value is owned by the specimen with the addition of 1.2%Wt manganese, which is 87.8 kgf/mm². The higher the Mn composition up to 1.2%Wt, the higher the hardness value. The hardness value will weaken when the addition of manganese exceeds 1.2%Wt.

Keywords: Remelting, Aluminum Rims, Manganese, Hardness Value

Abstrak

Remelting atau pengecoran ulang logam adalah metode daur ulang yang bisa dikerjakan untuk mendapatkan suatu bahan dengan sifat fisik serta mekanik yang diharapkan dengan mengganti sifat dasarnya. Remelting memiliki kelemahan yaitu ketangguhan logam akan mengalami penurunan seiring dengan perlakuan remelting yang dilakukan, karena perubahan fasa yang terjadi selama langkah remelting, baik perubahan fisis maupun mekanis. Velg aluminium hasil dari daur ulang agar bisa dipakai kembali dengan baik serta aman, maka harus dilakukan treatment untuk membenarkan strukturnya. Mangan dipakai beberapa campuran logam untuk menaikkan karakteristik yang menguntungkan seperti kekuatan, kekerasan, dan ketahanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kekerasan dari pengaruh hasil remelting velg aluminium bekas yang ditambahkan unsur mangan di dalamnya. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan remelting velg aluminium bekas yang ditambahkan unsur mangan, mencetak model spesimen, serta melakukan pengujian kekerasan dengan metode vickers. Penambahan unsur mangan dilakukan dengan komposisi 1,0%Wt, 1,2%Wt, dan 1,4%Wt. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh spesimen dengan penambahan unsur mangan 1,2%Wt, yaitu sebesar 87,8 kgf/mm². Semakin tinggi komposisi Mn sampai dengan 1,2%Wt, maka semakin tinggi nilai kekerasannya. Nilai kekerasan akan melemah ketika penambahan unsur mangan melebihi 1,2%Wt.

Kata kunci: Remelting, Velg Aluminium, Mangan, Nilai Kekerasan

Pendahuluan

Aluminium merupakan salah satu logam yang sangat banyak digunakan dalam rekayasa sebab bobotnya yang ringan dan tahan terhadap keropos. Tetapi, perihal ini dapat diubah melalui proses daur ulang.

Daur ulang merupakan langkah mengubah barang sisa menjadi benda baru bertujuan merubah barang bekas sebenarnya bisa menjadi berguna, menurunkan jumlah yang berlebihan, kerusakan alam, dan polusi gas buang jika dibanding pembuatan benda baru. Material aluminium sisa yang tidak dapat dipergunakan lagi, seperti halnya komponen kendaraan (roda motor bekas) masih dapat digunakan kembali dengan metode mendaur ulang melalui proses *remelting*. Aluminium adalah logam lunak dengan warna putih keperakan dan termasuk logam yang seringkali ditemukan dikerak bumi, dan unsur paling melimpah ketiga setelah Unsur O₂ serta Si. Terhitung sekitar 8,07% - 8,23% aluminium dari total keseluruhan material padat yang terdapat dikerak bumi, dengan pengolahan dunia pertahun dekat 30 jt ton per tahun dalam wujud batuan. Aluminium dari Sir Humphrey D. 1809 selaku faktor, dan awal kali direduksi selaku logam oleh H.C. Oersted, 1825. Dalam industrial Paul H. di Prancis dan C.M. Hall di Amerika Serikat dengan terpisah mendapatkan logam Aluminium melalui aluminna dengan elektrolisis garam leburannya. Sampai dikala ini proses *Heroult Hall* masih digunakan untuk memproduksi aluminium. [1].

Peleburan kembali merupakan suatu cara yang dipakai buat memperoleh sesuatu bahan baru bersifat fisik serta mekanik yang diharapkan melalui metode merubah sifat material dasar tersebut. Produk yang dilebur bukanlah produk olahan dari batangan.

Keunggulan peleburan ulang antaralain anggaran yang rata-rata lebih ekonomis dan dapat dilakukan oleh industry walaupun dalam lingkup industry rumahan. Hambatan yang mungkin ada pada kegiatan *remelting* adalah cacat keropos (porositas).

Kelemahan dari peleburan merupakan ketangguhannya menurun bersama dengan perlakuan peleburan yang dicoba. Sebagian logam mengalami pergantian fasad, baik pergantian fisik maupun mekanik yang dicoba dengan proses pembekuan. Supaya roda daur ulang dapat dipakai dengan nyaman, perlu dilakukan tindakan untuk meningkatkan mutu peleburan paduan aluminium.

Pergantian sifat tersebut dapat membetulkan sifat logam serta pula bisa merusak logam di dalamnya. Pergantian sifat ini tergantung media yang digunakan selama proses pendinginan [2].

Mangan merupakan unsur kimiawi yang memiliki lambang Mn serta bilangan atom 25 pada susunan periodik. Mangan adalah transisi logam dengan warna perak metalik. Kebanyakan pengecoran logam kecil tidak menggunakan aluminium murni, tetapi menggunakan paduan lain seperti penambahan mangan dari pengecoran sebelumnya. Hal ini berpengaruh hasil dan mutu produk yang di hasilkan. Oleh sebab itu, kekuatan serta komposisi paduan aluminium harus diuji terlebih dahulu.

Dalam pembuatan komponen yang kita inginkan, mengapa peneliti memilih campuran unsur mangan untuk dipadukan dengan aluminium karena unsur mangan dapat meningkatkan kekuatan bahan. Sifat mekanik paduan dapat dipengaruhi sebagian faktor: kandungan kimiawi, pemrosesan, *heattreatment*, dan alur kerja. Jadi melalui sedikit perubahan kandungan kimiawi, dengan menerapkan *heattreatment*, sifat mekanik akan membaik dari yang kita inginkan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah roda sepeda motor.

Peleburan atau peleburan roda sepeda motor bekas menggunakan tungku berkubah dan cetakan yang dipakai untuk membentuk spesimen uji (sampel) adalah beton metalik. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa suplemen mangan yang mengandung hingga 1,4% berat dapat meningkatkan kekuatan. Pada penelitian ini ditambahkan mangan dengan tiga formulasi yang berbeda yaitu 1,0 % berat, 1,2 % berat,

dan 1,4 % berat. Hasil bahan tahan api akan diuji kekerasannya untuk mengetahui pengaruh penambahan mangan. [3]

Mangan merupakan unsur kimiawi yang memiliki lambang Mn serta bilangan atom 25 pada susunan periodik. Mangan adalah transisi logam dengan warna perak metalik. Kebanyakan pengecoran logam kecil tidak menggunakan aluminium murni, tetapi menggunakan paduan lain seperti penambahan mangan dari pengecoran sebelumnya. Hal ini berpengaruh hasil dan mutu produk yang di hasilkan. Oleh sebab itu, kekuatan serta komposisi paduan aluminium harus diuji terlebih dahulu.

Dalam pembuatan komponen yang kita inginkan, mengapa peneliti memilih campuran unsur mangan untuk dipadukan dengan aluminium karena unsur mangan dapat meningkatkan kekuatan bahan. Sifat mekanik paduan dapat dipengaruhi sebagian faktor: kandungan kimiawi, pemrosesan, *heattreatment*. dan alur kerja. Jadi melalui sedikit perubahan kandungan kimiawi, dengan menerapkan *heattreatment*, sifat mekanik akan membaik dari yang kita inginkan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah roda sepeda motor.

Tinjauan Pustaka

Remelting

Pengecoran logam adalah manufaktur logam, yang diolah menjadi logam cair serta diceatak memperoleh bagian-bagian dalam wujud yang mendekati ukuran produk jadi. Keunggulannya menghasilkan material dengan bentuk sederhana hingga kompleks dan proses akhir yang minimum sehingga menekan anggaran serta waktu pengerjaan. Aluminium merupakan material yang banyak digunakan dalam bidang yang luas, misalnya peralatan, konstruksi. Aluminium banyak diminati oleh industri, sebab ringan, tahan karat yang tinggi, rendah, mudah dibentuk, dan konduktivitas tinggi. Peleburan kembali digunakan mendapatkan bahan dengan sifat yang diinginkan. Produk peleburan bukanlah produk batangan yang diolah.

Keunggulan remelting antara lain rendah biaya dan dapat dilakukan oleh skala industri rumahan. Kendala yang sering terjadi pada proses peleburan ulang ialah keropos. Kerugian dari peleburan kembali adalah bahwa ketangguhannya menurun dengan perlakuan peleburan kembali.

Beberapa logam akan mengalami perubahan fasad, baik perubahan fisik maupun mekanik yang dilakukan dengan proses pembekuan. Remelting roda supaya dapat aman digunakan, perlu dilakukan perawatan agar meningkatkan sifat roda Aluminium hasil perbaikan peleburan [4].

Aluminium

Aluminium merupakan material lunak putih sedikit perak serta paling melimpah di kerak bumi, serta ketiga terbanyak setelah O₂ dan Si. Aluminium terhitung sekitar 8,07% - 8,23% dari keseluruhan material padat kerak bumi. Al adalah material ringan yang memiliki ketahanan karat yang mumpuni. Berat jenisnya yaitu 2.643 kg/m³ yang cukup ringan dibandingkan logam lainnya. Kekuatannya dalam kisaran 83-310 Mpa bisa dikerjakan dengan pengolahan dingin maupun panas. Aluminium ditemukan di pasaran dalam wujud kawat foil, selebaran, plate serta laba. Umumnya paduan Aluminium ini bisa dibentuk, dikerjakan, atau dilas [5].

Mangan

Mangan ialah unsur kimiawi pada tabel periodik yang mempunyai simbol Mn dan bilangan atom 25. Mn adalah material transisi logam perak.

Manfaat Penggunaan mangan

Mangan adalah salahsatu hasil tambang dengan guna yang luar biasa. Komoditas di kelompok 12 mineral kerak bumi merupakan material utama produksi baja dunia. Mangan ialah kunci dari formulasi anggaran rendah untuk baja tahan karat tertentu serta banyak dipakai. Mangan dipakai pada campuran baja guna meningkatkan karakter dengan keuntungan layaknya kekerasan. Imbuhan Mn dapat mempengaruhi sifat stress hardening dengan mudah sehingga diperoleh paduan material

dengan kuat tarik tinggi tetapi tidak terlalu getas [6].

Pemanfaatan Limbah Velg Motor

Penggunaan aluminium begitu meluas sehingga jika tidak digunakan dengan baik dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Selain itu, mengolahnya kembali membutuhkan dana yang tidak sedikit. Sehingga, perlu diperlakukannya prosedur daur ulang limbah aluminium untuk dijadikan bahan rekayasa. Salah satu cara pengolahannya adalah dengan mengolah kembali sisa hasil produksi menjadi bahan baku. Dalam dunia otomotif atau dalam kehidupan sehari-hari banyak sekali komponen limbah yang tidak terpakai seperti roda motor bekas atau mobil yang sudah rusak dan tidak terpakai, padahal komponen tersebut masih memiliki kualitas yang baik untuk dapat digunakan kembali, sehingga penggunaan aluminium harus di daur ulang. Dalam penelitian ini menggunakan metode *remelting* dimana penggunaan roda sepeda motor bekas yang ditambahkan mangan (Mn) untuk mengetahui kekerasan aluminium. Roda ialah bagian penting oleh setiap kendaraan yang bekerja dalam system suspensi kendaraan yang menopang gaya statis dan gaya dinamis pada kendaraan. Velg aluminium dikenal dengan beratnya yang ringan dibandingkan dengan velg jenis lain dan anti karat. Oleh karena itu, velg aluminium sering digunakan pada sepeda motor *drag* dan *road race*. Untuk mencukupi permintaan global market akan velg aluminium bermutu tinggi, baik dari sudut fungsional ataupun tampilannya, artinya produk tersebut harus memiliki kualitas sama dengan standar. Agar menghasilkan suatu produk yang berkualitas tentunya terlepas dari apa dan bagaimana produk tersebut dibuat, mulai dari bahan paduan, proses treatment, heat treatment, hingga proses akhir (*finishing*). Sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari terbuat dari aluminium murni tetapi dari paduan aluminium atau paduan aluminium [7].

Material aluminium membuat anggaran produksinya naik. Roda tipe ini mempunyai sifat anti karat karena tidak ada korosi serta bisa memberi rasa nyaman pada kendaraan. Pada pemakaian sepeda motor, kuatnya roda paling penting, karena roda termasuk salah satu bagian kendaraan yang mendapatkan tegangan serta gaya yang relatif tinggi. Aluminium memiliki beberapa kelemahan jadi perlu ditambahkan unsur seperti (Cu), (Mg), (Si), (Mn) dan lainnya, karena sifat mekaniknya rendah banyaknya kendaraan bermotor sejajar dengan naiknya bagian pengganti (*spare part*). Penggantian bagian dibutuhkan untuk mengganti part kendaraan bekas tidak bisa digunakan. Hasil riset pendahulu menyimpulkan bahwa velg remelting hanya mempunyai kandungan Al sebanyak 81 %, cukup rendah dibandingkan kandungan pasar orinya. Melalui langkah pengujian kandungan velg sepeda motor pasaran asli memakai material dasar Al sebanyak 92,0% [8].

Dari berbagai definisi, kekerasan material diartikan sebagai ketahanan bahan terhadap gaya tekan bahan lain yang mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi. Berdasarkan penekanannya, dapat dibagi menjadi 3 metode pengujian kekerasan [9].

Untuk menaikan sifat mekanik Aluminium yang diberi Mangan serta Perlakuan panas T6 menyatakan bahwa Sifat mekanik menunjukkan peningkatan dari hasil yang ditunjukkan setelah pengujian karena penambahan perlakuan panas dan penanganan T6 [6].

Pengujian Kekerasan

Dari berbagai definisi, kekerasan material diartikan sebagai ketahanan bahan terhadap gaya tekan bahan lain yang mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi. Berdasarkan penekanannya, dapat dibagi menjadi 3 metode pengujian kekerasan. yaitu Uji Kekerasan *Vickers*, *Brinell*, *Rockwell*.

Metode Penelitian

Rancangan ini ialah metode yang dipakai penulis untuk memperbaharui keseluruhan menjadi satu kesatuan yang

logik serta sistematik untuk menganalisa hal-hal yang menjadi inti penelitian secara eksperimental. Percobaan yang dimaksud ialah pembuatan bahan uji melalui proses peleburan kembali hingga membentuk benda uji yang masing-masing akan menguji hasilnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan beberapa benda uji. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan mangan pada remelting velg motor bekas terhadap uji kekerasan bahan. Dan untuk Mengetahui komposisi yang tepat untuk penambahan unsur (Mn) pada *remelting* velg motor bekas. Benda yang dipakai pada analisa ini ialah Al (velg motor bekas) dan penambahan unsur mangan (Mn). dengan banyaknya mangan yang ditambah dengan persen berat 1,0%Wt, 1,2%Wt, 1,4%Wt. Peleburan di temperature 660⁰ Celcius. Menggunakan tungku peleburan kupola. Cetakan yang dipakai tipe cetakan pasir. Analisa yang diperlukan ialah uji kekerasan.

Langkah peleburan

Adapun langkah pencairan pada proses *remelting* ialah sebagai berikut.

- 1) Menyiapkan alat serta bahan yang akan dipakai
- 2) Memotong velg bekas menjadi beberapa *part* kecil
- 3) Menimbang berat potongan *velg* dan mangan sesuai dengan persentase unsur mangan yang digunakan dalam proses *remelting* ini adalah 1,0Wt%, 1,2Wt%, dan 1,4Wt%
- 4) Menyiapkan tungku dan dipanaskan hingga ruang tungku lebur mencapai suhu peleburan
- 5) Memasukan material yang akan di *remelting*
- 6) Tunggu sampai material menjadi cair
- 7) Tuang aluminium cair yang telah ditambah unsur mangan ke dalam cetakan
- 8) Jika sudah dingin keluarkan dari cetakan dan rapikan hasil cetakan menggunakan mesin bubut dan gerinda.

Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian yang dilakukan pada velg bekas yang dicampur dengan unsur mangan melalui proses peleburan, dilakukan pengujian lebih lanjut, observasi, dan pengambilan data. Pada penelitian ini ditambahkan mangan dengan 3 komposisi yang berbeda yaitu 1,0%Wt, 1,2%Wt, dan 1,4%Wt. Penambahan mangan pada aluminium yang diperoleh dari velg aluminium bekas bertujuan untuk memperbaiki karakteristiknya terutama kekerasannya.

Proses pembuatan spesimen sendiri yang dimulai dari proses peleburan bahan, pencetakan alas, dan pembuatan spesimen. Proses peleburan dilakukan dengan menggunakan tungku cungkup, sedangkan proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan pasir cetak, dan proses pembuatan spesimen dilakukan menggunakan mesin bubut dan gerinda sesuai standar ukuran ASTM E8. Data yang diambil dari penelitian ini adalah nilai kekerasan yang diuji dengan menggunakan *Vickers hardness tester*.

Aluminium (Al) dari velg bekas



Gambar 1. Aluminium dari velg bekas
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Aluminium yang diperoleh dari velg bekas ini digunakan sebagai material uji yang akan dilakukan peleburan pada penelitian ini.

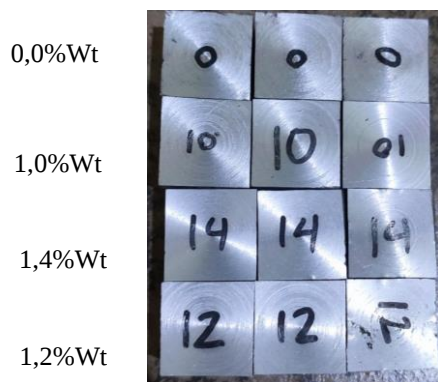
Mangan (Mn)



Gambar 2. Mangan
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021)

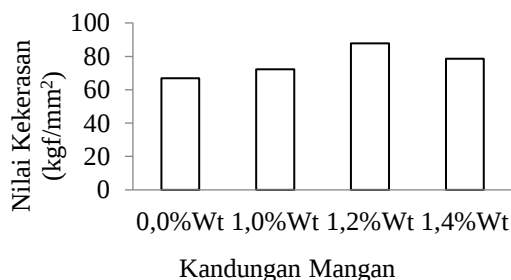
Mangan ini akan digunakan sebagai unsur paduan pada peleburan aluminium dengan persentase yang berbeda beda.

Spesimen hasil pengujian



Gambar 3. Spesimen Uji Kekerasan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini, diketahui hal-hal sebagai berikut. Berikut adalah diagram hasil perhitungan kekerasan *Vickers*.



Gambar 4. Grafik nilai kekerasan

Pembahasan

Pengujian kekerasan benda uji berbahan pelek motor Aluminium bekas plus mangan dengan persentase 1,0%Wt, 1,2%Wt, dan 1,4%Wt diuji menggunakan *Vickers tester* untuk menghasilkan lubang

pada permukaan benda uji akibat tekanan indenter. ujung pada puncak sudut. indenter 1360 dan tekanan beban 1 kgf. Hasil pengukuran lubang diagonal kemudian dihitung untuk mendapatkan nilai kekerasan.

Pada proses peleburan menggunakan velg aluminium, penambahan unsur mangan menyusun senyawa Al Mn terdistribusi rata pada batas butir ataupun matriks. Penyebaran manusia meningkatkan kekerasan spesimen. Peningkatan ini disebabkan senyawa Al Mn menempati tempat di antara atom Al, sehingga tatanan atom jadi lebih dekat dan menyebabkan kenaikan yang tinggi.

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa diagram menunjukkan nilai kekerasan yang meningkat secara bertahap pada spesimen dengan penambahan mangan 1,0%Wt dan 1,2%Wt. Nilai kekerasan pada benda uji tanpa penambahan mangan adalah 66,9 kgf/mm². Nilai kekerasan kemudian meningkat sebesar 5,3 kgf/mm² menjadi 72,2 kgf/mm² ketika spesimen ditambahkan dengan mangan 1,0% Wt.

Nilai kekerasan terus meningkat ketika mangan 1,2% Wt ditambahkan. Nilai kekerasan benda uji dengan mangan 1,2%Wt meningkat sebesar 15,6 kgf/mm² sehingga nilai kekerasannya menjadi 87,8 kgf/mm². Namun jika penambahan tidak perlu dinaikkan menjadi 1,4%Wt maka nilai kekerasan pada benda uji berkurang sebesar 9,2 kgf/mm², sehingga nilai kekerasan pada spesimen dengan mangan 1,4%Wt adalah 78,6 kgf/mm².

Penambahan unsur mangan pada velg bekas memiliki nilai maksimal, jika penambahan unsur mangan melebihi 1,2% Wt maka nilai kekerasannya akan melemah, sehingga dapat dikatakan gaya yang dibutuhkan untuk mengalami deformasi (deformasi) akan semakin kecil, yang mana berarti menurunkan nilai kekerasan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, observasi dan pengumpulan data serta pembahasan data yang diperoleh, maka

penulis memperoleh kesimpulan yang diperoleh dari penelitian penambahan unsur mangan pada pembuatan velg sepeda motor bekas bahwa semakin tinggi kandungan mangan hingga 1,2% Wt, semakin tinggi nilai kekerasannya. Nilai kekerasan akan melemah ketika penambahan mangan melebihi 1,2%Wt. Nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh benda uji dengan penambahan mangan 1,2% Wt, yaitu 87,8 kgf/mm².

Referensi

- [1] Budiyanto, E., dkk. 2018. Uji Ketahanan Fatik Aluminium Scrap Hasil Remelting Piston Bekas Menggunakan Alat Uji Fatik Tipe Rotary Bending. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 7(1), h. 93-100.
- [2] Septiadil, A., dkk. 2016. Analisa Pengaruh Variasi Media *quenching* dan Penambahan Silikon pada Paduan Al – Si Remelting Velg Sepeda Motor Terhadap Sifat Fisik dan Mekanis. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 11(2), h. 66-70.
- [3] Andika, R., dkk, 2019. *Analysis of Hardness and Micro Structure of Used Aluminium Casting on Brake Soe with Addition of Manganese Elements (Mn)*. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM)*, 02(02), h. 81-92.
- [4] Bashori, H., 2020. Uji Material Aluminium Paduan dengan Metode Kekerasan Rockwell, *Journal Mechanical and Manufacture Technology*, 1(1), h. 24-29
- [5] Sundari, E., 2011. Rancang Bangun Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas. *Jurnal Austenit*, 3(1), h. 17-26.
- [6] Anzip, A., dan Suhariyanto, 2006. Peningkatan Sifat Mekanik Paduan Aluminium A356.2 dengan Penambahan Mn dan Perlakuan Panas T6. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), h. 64-68.
- [7] Pranata, R., dan Widayat, W., 2020. Pengaruh Kadar Silikon Terhadap Karakteristik Material Aluminium Sekrap Hasil Remelting. *Jurnal Inovasi Mesin*. 2(2). h. 19-28.
- [8] Dahlan, A., dan Rusiyanti. 2021. Pengaruh Penambahan Unsur Aluminium Murni pada Bahan Aluminium Scrap Terhadap Ketangguhan Impak dan Struktur Mikro Hasil Pengecoran Velg Motor Honda. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(1), h. 58-68.
- [9] Haryadi, G. D., 2006. Pengaruh Suhu *Tempering* Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik, dan Struktur Mikro pada Baja K-460. *Jurnal Rotasi*. 8(2), h. 1-8.
- [10] Furqon, G. R., dkk, 2016. Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 01(02), h. 21-26.
- [11] 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).
- [12] 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).
- [13] 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).
- [14] Wahyono, W., Nugroho, E., Handono, S. D., & Budiyanto, 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.