



JURNAL MISTEK

JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK

MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



ANALISIS FASA DAN KEKERASAN MELALUI FRAKSI BERAT BOLA MILLING PADUAN FE, AL, DAN MN DENGAN METODA MECHANICAL ALLOYING SEBAGAI ALTERNATIF BAJA RINGAN

Syahrul Gunawan¹, Edi Tri Astuti²¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, IndonesiaE-mail : gunawanhs19@gmail.com¹

Masuk : 31 Oktober 2022

Direvisi : 15 November 2022

Disetujui : 25 November 2022

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai fasa dan kekerasan melalui fraksi berat bola milling paduan Fe, Al, dan Mn dengan metoda mechanical alloying sebagai alternatif baja ringan. Paduan ini memiliki komposisi Fe 80%, Al 10%, Mn 10% dengan proses mechanical alloying dengan waktu sintering selama 5 jam menggunakan bola milling dengan variasi perbandingan bola milling sebesar 1:2, 1:3, dan 1:4 dengan tekanan kompaksi sebesar 20 ton dan suhu pemanasan (Sintering) sebesar 350°C. Variasi berat bola milling tersebut berpengaruh terhadap berubahnya struktur mikro, fasa serta nilai kekerasan paduannya. Uji kekerasan paduan Besi(Fe), Aluminium(Al), dan Mangan(Mn) dilaksanakan uji memakai metode pengujian Equotip, serta memperoleh hasil kekerasan yang tidak stabil dikarenakan terdapatnya variasi ukuran butir yang berpengaruh pada kekerasan yang signifikan terhadap variasinya dari sampel variasi bola milling 1:2, 1:3 serta 1:4. diperoleh kekerasan tertinggi terhadap sampel dengan durasi variasi bola milling 1:4 bernilai kekerasan sebesar 404 HL. Kondisi tersebut dikarenakan terdapatnya variasi ukuran butir yang berpengaruh terhadap kekerasan yang cukup signifikan. Tidak seperti sampel dengan variasi bola milling 1:2 dan 1:3 yang nilai kekerasannya cenderung turun sebab partikel penguat Fe erta Al yang terdapat pada paduannya kurang disebabkan kekerasannya dipakai guna aplikasi baja ringan. Hal ini menjelaskan bahwasanya dari ketiga sampel menunjukkan kesamaan diagram fasanya. Selanjutnya dicocokkan pada data referensi melalui mekanisme mengidentifikasi sehingga diketahui bahwasanya puncak tertinggi ialah fasa Fe sementara puncak terendah ialah fasa Mn serta Al.

Kata kunci: *Fasa dan Kekerasan, Fraksi Berat Bola Milling, Paduan Fe, Al, dan Mn, Metoda Mechanical Alloying, Struktur Mikro, Metode Equotip*

Abstract: This study aims to determine the phase and hardness through the weight fraction of the Milling Balls of Fe, Al, and MN with mechanical alloying methods as an alternative to mild steel. This alloy has a composition of Fe 80%, Al 10%, Mn 10% with a mechanical alloying process with a synting time for 5 hours using a milling ball with a milling ball comparison variation of 1: 2, 1: 3, and 1: 4 with a compact pressure of 20 tons and temperature of heating (syinper) of 350 °C. Variation of the weight of the milling ball has an impact on changes in micro structure, phase and the value of violence of the blend. Testing Hardness of Iron Bloak (FE), Aluminum (Al), and Manganese (MN) Testing is carried out using the Equotip Testing Method, and produces unstable violence due to the variation of grain size that affects the significant violence on its variations of the sample variation of Milling Soccer 1: 2, 1: 3 and 1: 4. The highest violence is obtained in the sample with a time variation time of milling balls of 1: 4 with a hardness value of 404 p. This is due to the variation of grain size that affects a significant violence. Unlike the case with samples with variations of milling balls 1: 2 and 1: 3 where the value of violence tends to decrease due to the lack of Fe and Al reinforcing particles in the alloy because their hardness is used for mild steel applications. This shows that of the three samples show the similarity of the phase diagram. Then matched with the reference data by identifying it, it appears that the highest peak is the FE phase while the lowest peak is the MN and Al phase.

Keywords: *Phase and Hardness, Fraction of Milling Balls of Fe, Al, and Mn Alloys, Mechanical Alloying Method, Micro Structur, Equotip Method*

PENDAHULUAN

Aktuator merupakan komponen mekanis yang memiliki fungsi untuk mengontrol sistem hidrolik. Metalurgi serbuk ialah teknik yang ada pada kegiatan produksi dimana sebelum proses pencetakan menggunakan bahan baku berupa serbuk sebagai proses awalnya. Prinsipnya yaitu dengan melakukan pemadatan pada serbuk logam hingga sampai menjadi bentuk sesuai yang diinginkan, yang selanjutnya akan dilakukan proses sintering (pemanasan) dibawah titik leleh. Akibatnya, partikel pada logam akan menyatu dengan mekanisme transportasi masa antara difusi atom pada permukaan partikel.

Beberapa kurun waktu belakangan ini, terus dilakukannya mengenai pengembangan dan riset pada metode metalurgi serbuk, khususnya dalam pengamatan ukuran butir melalui fraksi berat bola milling paduan. Dalam hal ini terdapat metode-metode perlakuan yang diberikan untuk memperoleh data mengenai ukuran butir, salah satu metode yang dipakai ialah dengan menerapkan perlakuan metode Mechanical Alloying.

Mechanical alloying (MA) merupakan suatu bentuk pepaduan menggunakan teknik berupa pengulangan, penggabungan, penghancuran, serta penggabungan kembali (rewelding) pada fase solid suatu serbuk butiran di dalam high energy ball mill. Pada proses metode ini berlangsung digunakannya beberapa paduan, diantaranya nano partikel, sintesis larutan padatan, komposisi kimia, intermetallic, dan paduan amorf. (Khoiriana & Sukarto, n.d.).

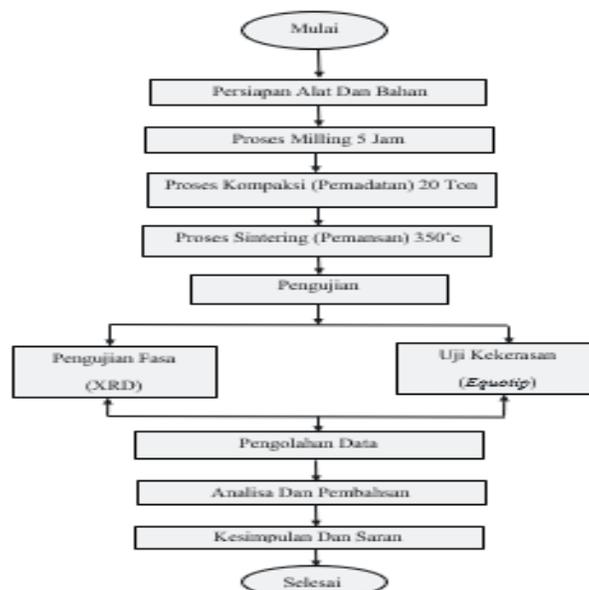
Proses Mechanical alloying (MA) dapat dipengaruhi sebagian besarnya oleh sifat kinetik butiran serbuk dan thermodynamic, serta temperatur dan intensitas milling. Adapun faktor lain yang dapat berpengaruh pada hasil akhir produk, yakni kecepatan, suhu, fraksi volume serbuk, lamanya pemanasan, dan rasio antar bentuk dan berat bola serbuk.

Pemanasan di bawah titik lebur biasanya 0,7-0,9 dari suhu cair serbuk utama, pada proses pengujian serbuk utama yang digunakan sebagai referensi yaitu aluminium dengan titik lelehnya 660°C, sehingga pada proses sintering menggunakan suhu berupa 500°C. Apabila kedua partikel tersebut digabungkan dan dipanaskan hingga temperatur yang diinginkan, setelah sebelumnya dilakukan pemadatan material logam pada proses sintering, sehingga yang terjadi ikatan antara serbuk menjadi semakin kuat. Peningkatan bonding setelah proses sintering disebabkan oleh munculnya liquid bridge (constriction) atau blocking (grain blockage), dimana porositas berkurang dan material menjadi lebih padat.

METODOLOGI

DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Agar mudah proses dalam penelitian dan pekerjaan untuk dilakukan, maka penelitian mengikuti diagram alir, sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir

Diagram alir ialah deskripsi dari proses penelitian secara terstruktur, tahapan yang dijalankan dalam aktivitas riset sebagaimana yang tertera pada Gambar 3.1 ialah meliputi:

1. Mulai
Mulai serta menjalankan langkah-langkah riset.
2. Studi literatur
Tinjauan pustaka meliputi penjelasan penelitian terdahulu serta hasil riset yang berkaitan terhadap riset yang dijalankan.
3. Persiapan alat dan bahan
Mempersiapkan peralatan dan bahan yang dipergunakan ketika riset dan pencampuran material Fe 80%, Al 10%, dan Mn 10%.
4. Proses variasi milling
Proses pepaduan material memakai metode milling dengan proses penumbukan dengan menggunakan variasi bola milling 1:2, 1:3, dan 1:4.
5. Proses kompaksi (pemadatan)
Pada tahap ini material serbuk yang telah dipadukan akan dipadatkan sampai berbentuk pipih (pelet).
6. Pengujian *sintering* dengan suhu 350°C
Ialah aktivitas pemanasan guna membuat struktur material menjadi homogen.
7. Pengujian dan pengambilan data
Pengujian dengan maksud untuk mendapatkan data penelitian yang mencakup:
 - a. Uji kekerasan
Uji pada penelitian ini memakai uji *Equotip*
 - b. Uji struktur mikro
Uji struktur mikro menggunakan alat uji X-RD dengan hasil uji berikutnya dilakukan pencatatan secara benar serta cermat.
8. Analisa dan pembahasan
Hasil uji material yang sudah dicatat kemudian dianalisis.
9. Kesimpulan dan saran
Setelah proses analisa dan pembahasan data melalui hasil uji maka dapat diperoleh simpulan riset serta penulisannya guna riset berikutnya.
10. Selesai

Persiapan Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

1. *HEM (High Energy Milling)*
Fungsi pencampuran material dapat dijalankan melalui pencampuran 2 jenis logam ataupun lebih yang bervariasi guna mendapatkan sifat mekanik dan fisik yang baik. Pencampuran dapat dijalankan menggunakan proses pengeringan (*dry mixing*) ataupun pembasahan (*wet mixing*). Pelumas dapat ditambah untuk memperbaiki sifat aliran serbuk.
2. Tabung HEM
Bertfungsi menjadi tempat pencampuran serbuk ketika milling berlangsung. Tabung ini diletakkan pada penjepit yang terhubung ke roda putaran mesin HEM.
3. Timbangan digital
Dalam riset berikut peralatan pengukuran yang dipergunakan guna melakukan pengukuran berat dari material yang diteliti ialah timbangan digital.
4. Cetakan kompaksi
Cetakan yang digunakan merupakan jenis cetakan mold permanen yang terbuat dari baja perkakas. Cetakan ini dibuat berdasarkan jenis bentuk cetakan logam dengan pola bulat.
5. Hidrolik Press
Dipakai guna proses penekanan material paduan besi, aluminium, dan mangan dengan daya tekan sebesar 20 ton.
6. Muffle Furnace
Proses *sintering* dijalankan pada tungku bakaran *muffle furnace* bersuhu 350°C.
7. Tang jepit dan wadah sampel
Tang jepit digunakan untuk mengangkat sampel yang dipanaskan dalam tungku *sintering* setelah proses pemanasan selesai dilaksanakan.
8. Mesin grinding dan polishing

Syahrul Gunawan¹, Edi Tri Astuti², Analisis fasa dan kekerasan melalui fraksi berat bola milling paduan fe, al, dan mn dengan metoda mechanical alloying sebagai alternatif baja ringan

Mesin ini dipakai guna aktivitas penghalusan permukaan sampel yang diteliti dengan tujuan agar proses pengujian struktur mikro dapat dilakukan dengan akurat.

9. Equotip

Uji kekerasan dalam riset ini memakai metode uji kekerasan equotip dengan alat indentor berlian.

10. XRD

Alat XRD dipergunakan dalam mengobservasi pola kristal mikrostruktur material logam serta mengidentifikasi indikator kristal berupa indikator kisi, banyaknya atom tiap satuan sel, hingga jarak atom.

11. Alat bantu dalam proses penelitian:

- a. Amplas 220, 400, 600, 800, 1000, dan 1200
- b. Pvc
- c. Sarung tangan
- d. Resin
- e. Dll

Persiapan bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian diantaranya:

1. Serbuk Besi (Fe)
2. Serbuk Aluminium (Al)
3. Serbuk Mangan (Mn)

Waktu Dan Tempat Penelitian

1. Pencampuran Serbuk Material Paduan
Hari / Tanggal : Senin 11 April 2022
Tempat : Laboratorium Mesin Universitas Pamulang, Witanaharja Pamulang- Tangerang Selatan
2. Pencetakan Material
Hari / Tanggal : 31 Mei 2022
Tempat : Laboratorium Fisika, Pusat Penelitian - LIPI Puspiptek Serpong- Tangerang Selatan.
3. Pemberian Perlakuan Panas
Hari / Tanggal : Jumat 3 Juni 2022
Tempat : Laboratorium Mesin Universitas Pamulang, Witanaharja Pamulang-Tangerang Selatan.
4. Proses Grinding Dan Polishing
Hari / Tanggal : Selasa 7 Juni 2022
Tempat : Laboratorium Mesin Universitas Pamulang, Witanaharja Pamulang- Tangerang Selatan.
5. Pengamatan Struktur Mikro
Hari / Tanggal : Jumat 24 Juni 2022
Tempat : Laboratorium Mesin Universitas Pamulang, Witanaharja Pamulang-Tangerang Selatan.
6. Pengujian Kekerasan Metode Equotip
Hari / Tanggal : Selasa 19 Juli 2022
Tempat : Laboratorium Mesin Universitas Pamulang, Witanaharja Pamulang- Tangerang Selatan.

PROSES PEMBUATAN SPESIMEN

Pada proses pembuatan material paduan dibutuhkan peralatan serta bahan meliputi:

1. Serbuk Aluminium
2. Serbuk Ferro
3. Serbuk Mangan
4. Penyaring
5. Spatula
6. Hidraulik press
7. Timbangan digital
8. Wadah *milling*
9. Bola giling (*Ball mill*)
10. Cetakan Cor

Tahapan dalam membuat spesimen dijalankan memakai metode metalurgi serbuk, dimana tahapannya meliputi:

1. Proses Pencampuran serbuk (*milling*)

Pencampuran serbuk logam dalam proses kering (*dry mixing*). Serbuk besi, aluminium, dan mangan digiling dengan mesin HEM dengan tabung HEM. Sebelum dicampur, besi, aluminium dan mangan harus

Syahrul Gunawan¹, Edi Tri Astuti², Analisis fasa dan kekerasan melalui fraksi berat bola milling paduan fe, al, dan mn dengan metoda mechanical alloying sebagai alternatif baja ringan

ditimbang terlebih dahulu. Campuran besi, aluminium dan mangan dengan komposisi 80% besi, 10% mangan dan 10% aluminium. Berat total paduan logam yang diinginkan untuk sampel bahan adalah 4 g. Maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a. Besi : $80\% \times 4 \text{ g} = 3,20 \text{ g}$
Aluminium : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$
Mangan : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$
- b. Besi : $80\% \times 4 \text{ g} = 3,20 \text{ g}$
Aluminium : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$
Mangan : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$
- c. Besi : $80\% \times 4 \text{ g} = 3,20 \text{ g}$
Aluminium : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$
Mangan : $10\% \times 4 \text{ g} = 0,40 \text{ g}$



Gambar 3.15 proses penimbangan serbuk

sumber: dokumen pribadi laboratorium teknik mesin universitas pamulang

2. Proses Kompaksi

Kompaksi disini dijalankan dengan memakai metode injection moulding, yaitu menekan dengan kuat cetakan yang berisi serbuk. Setelah ditekan berat adonan menjadi 4gram.



Gambar 3. 16 Proses Kompaksi

Sumber : (Irwana, 2018)

Campuran serbuk tersebut dimasukkan ke dalam cetakan/cetakan permanen, kemudian dimasukkan ke dalam mesin hidrolik kemudian ditekan dengan alat press hidrolik bertekanan 20 ton selama 30 detik.

Pada proses yang dilanjutkan dengan sintering ataupun pembakaran material paduan supaya campuran FeCr-Al bisa menjadi struktur yang diinginkan, dilakukan sintering dengan pembakaran pada suhu 600°C. Pada proses ini ialah proses memanaskan atau membakar bahan/material dengan cara memanaskannya agar tidak melebihi titik leburnya.

3. PROSES PENGUJIAN KEKERASAN

Peralatan yang dipakai meliputi:

1. Mata berlian
2. Material uji
3. Alat tulis
4. Alat uji kekerasan Equotip

Langkah-langkah Equotip test

1. Siapkan dokumen yang akan diperiksa
2. Siapkan ujung intan
3. Bahan diletakkan di atas permukaan yang rata
4. Lakukan pengaturan awal pada layar metode HL
5. Kemudian tekan Leeb hardness tester U
6. Layar membaca nilai kekerasan dan menyimpannya di tabel hasil
7. Selesai

PROSES TAHAPAN STRUKTUR MIKRO

Persiapan yang perlu dilaksanakan mendapatkan gambar struktur mikro yang baik meliputi:

1. *Mounting* (Pemasangan Alat)

Setelah pemotongan, bagan dilampirkan, untuk mempermudah penanganan bagan selama pasca operasi (mudah ditangani) Operasi ini hanya dilaksanakan pada material kecil.

2. *Grinding* (Pengampelasan)

Sesudah benda uji dipasang, dilakukan pengamplasan berurutan dari yang terkasar hingga yang terhalus menggunakan skertas amplas paling kasar bernomor: 220, 400, 500, 800, 1000, 1500 dan 2000. Air bersih harus selalu mengalir selama proses pemolesan guna menghindari panas pada permukaan sampel yang bersentuhan langsung dengan pasir dan pasir. Bahan abrasif juga menempel pada permukaan benda uji untuk menghilangkan partikel material.

3. *polishing* (Pemolesan)

Setelah digiling halus, sampel harus dipoles. Tujuan pemolesan adalah untuk mendapatkan permukaan sampel yang halus, bebas goresan, dan sebening cermin serta untuk menghilangkan ketidaksempurnaan dari sampel. Permukaan spesimen yang akan diperiksa di bawah mikroskop harus rata sempurna. Jika permukaan sampel kasar dan bergelombang, pengamatan struktur mikro tidak optimal. Kain pemoles beludru dan mesin pemoles untuk memoles. Beludru ditempatkan pada cakram berputar di mesin pemoles, setelah itu pasta aluminium dioleskan ke kain dalam bentuk partikel abrasif yang sangat halus. Sampel yang dipoles kemudian diperiksa di bawah mikroskop untuk menentukan apakah ada goresan atau retakan yang memerlukan sampel untuk dipoles ulang. Pemolesan selesai bila tidak ada goresan/pelembutan, retakan atau permukaan cermin pada permukaan benda uji.

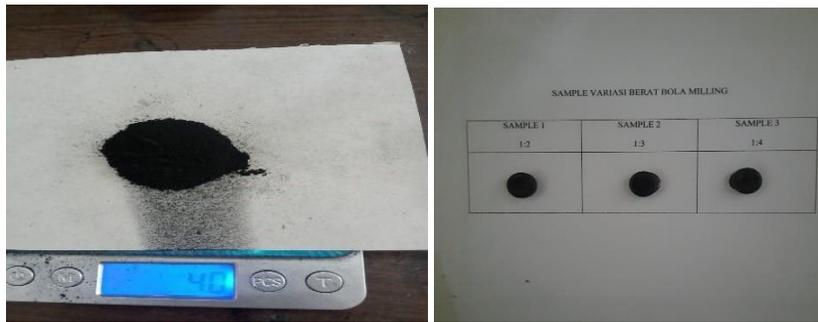
4. Karakterisasi *X-Ray Diffraction*

Sifat berikut meliputi penentuan fase pembentukan, ukuran kristal serta struktur kristal material. Dalam prosedur ini, sampel ditempatkan padaudukan dengan pinset. Ini diikuti oleh sinar-X rentang 20° hingga 90° dan 2θ. Hasil karakterisasi XRD berupa citra difraksi dibandingkan dengan Open Database on Crystallography (COD) standar. Mengolah data yang diperoleh dengan program 3 High Score.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kekerasan serta analisis nilai fasa dari Fe-Al-Mn dilaksanakan di bulan April 2022 hingga Juli 2022. Riset berikut dilakukan di laboratorium mekanik Fakultas Teknik Universitas Pamulang Tangerang Selatan di laboratorium Pusat Penelitian Fisika - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F) - LIPI, Gedung Puspiptek Area. 441-442 Serpong, Tangerang Selatan.

Paduan Fe-Al-Mn dibuat dari serbuk paduan besi (Fe), aluminium (Al) dan mangan (Mn) yang dicampur dalam proses mixing menggunakan ball mill sebagai penggiling. Pencampuran dilakukan dengan proses kering (dry mixing) kemudian dengan ball mill weight varian 1:2, 1:3, 1:4 selama 5jam. Kemudian masing-masing varietas sampel sebanyak 4g tersebut ditimbang untuk menghasilkan serbuk paduan Fe-Al-Mn layaknya di Gambar 4.1. Serbuk tersebut kemudian dikompaksi menjadi pelet dengan gaya tekanan sebesar 20ton selama 30 detik hingga berbentuk pelet. Proses selanjutnya ialah sintering dengan suhu 350°C pada suhu kamar 29°C.



Gambar 4.1 serbuk fe-al-mn yang sudah dikompaksi menjadi pelet
sumber: dokumen pribadi laboratorium teknik mesin universitas pamulang.

HASIL UJI KEKERASAN *HARDNESS LEEB TESTER (EQUOTIP)*

Hasil perhitungan pengujian kekerasan pada sampel paduan Fe-Al-Mn terhadap variasi berat bola milling sebesar 1:2, 1:3, dan 1:4 menggunakan alat *Leeb Hardness Tester (Equotip)* diperlihatkan pada Tabel. 4.1

Tabel 4.1 Hasil Uji Kekerasan *Metode Equotip* Dengan Waktu Milling 5 Jam

No	Variasi Berat Bola Milling	Nilai Kekerasan (HL)
1	1:2	386
2	1:3	314
3	1:4	404

Jika hasil Tabel 4.1 dikonversikan dari satuan HL (*Leeb Hardness*) ke HB (*Brinell Hardness*) maka perlu digunakan rumus:

$$HB = \frac{HL}{1000} \times 514,317 \dots\dots\dots(4-1)$$

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut

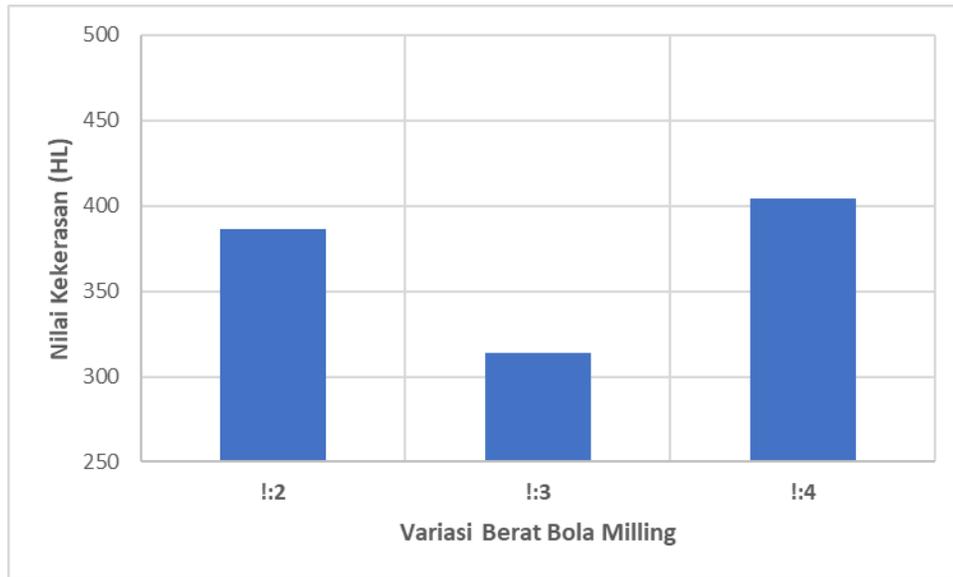
Tabel 4.2 Konversi Hasil Uji Kekerasan *Metode Equotip* Dengan Waktu Milling 5 Jam

No	Variasi Berat Bola Milling	Nilai Kekerasan (HL)	Nilai Kekerasan (HB)
1	1:2	386	198
2	1:3	314	161
3	1:4	404	208

Grafik hasil pengujian nilai kekerasan bahan paduan Fe-Al-Mn terhadap variasi berat bola milling 1:2, 1:3, 1:4 menggunakan alat Equotip diperlihatkan pada. Gambar 4.2. Dari Gambar 4.2. terlihat bahwasanya hasil nilai kekerasan terhadap rasio bola milling pada awalnya tinggi kemudian turun tetapi kemudian tinggi lagi. Nilai

Syahrul Gunawan¹, Edi Tri Astuti², Analisis fasa dan kekerasan melalui fraksi berat bola milling paduan fe, al, dan mn dengan metoda mechanical alloying sebagai alternatif baja ringan

kekerasan tertinggi diperoleh dari sampel dengan rasio bola milling 1:4 dengan nilai kekerasan 404 H (208 HB), kemudian diikuti rasio bola milling 1:2 dengan nilai kekerasan 386 HL (198 HB). Hasil nilai kekerasan tinggi ini disebabkan karena banyaknya partikel penguat Fe-Al-Mn sehingga mempengaruhi kekerasannya. Terlihat dari struktur logam yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 dimana jumlah fasa Fe sangat dominan dari fasa Al dan Mn. Berbeda dengan sampel rasio bola milling 1:3 yang kekerasannya cenderung menurun yaitu sebesar 314 HL (161 HB) karena kurangnya partikel penguat Fe-Al-Mn.



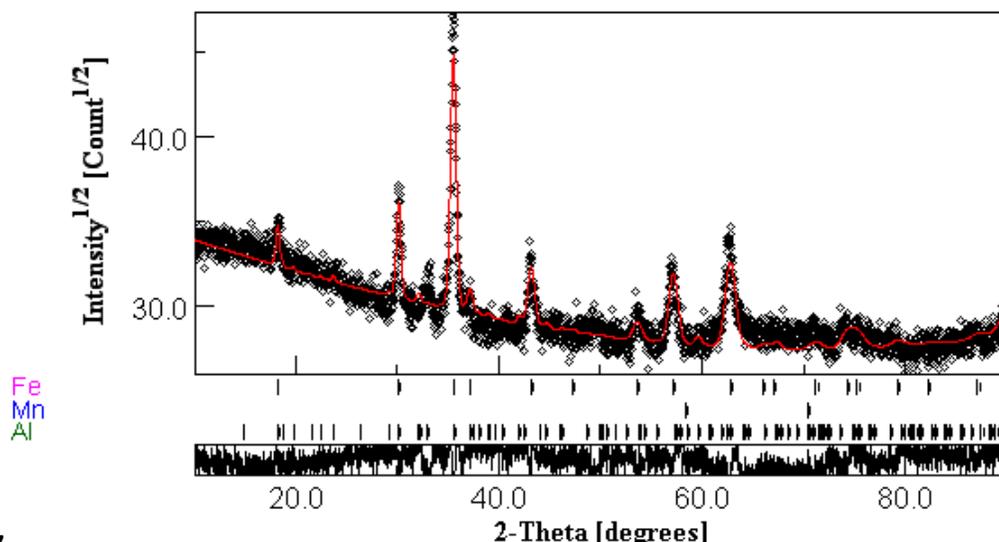
GAMBAR 4.2 GRAFIK KEKERASAN TERHADAP PERBANDINGAN BOLA MILLING 1:2, 1:3, DAN 1:4 DENGAN WAKTU SINTERING 5 JAM MENGGUNAKAN EQUOTIP

IDENTIFIKASI NILAI FASA PADA LOGAM PADUAN FE-AL-MN DENGAN XRD MENGGUNAKAN SOFTWARE MAUD

Pengujian dilakukan menggunakan alat XRD dan software *Material Analysis Using Diffraction* (MAUD). Tujuannya ialah untuk mengamati hasil unsur-unsur struktur fasa yang terbentuk setelah melalui proses sintering dan menganalisis struktur kristal yang terkandung di dalam sampel. Sampel pengujian berupa paduan logam Fe-Al-Mn yang divariasikan terhadap berat bola milling dengan rasio 1:2, 1:3, dan 1:4 yang sebelumnya telah disintering pada temperatur 350 °C.

a. Sampel 1 dengan rasio 1:2

Data XRD pada pengujian pertama dengan rasio 1:2 diperlihatkan pada Gambar 4.2.

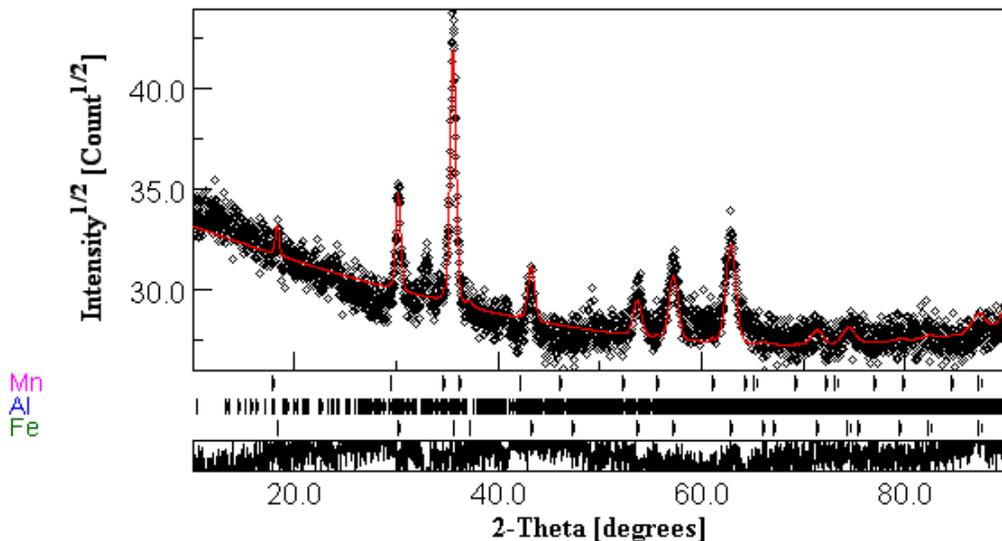


Gambar 4.2 hasil pengujian xrd menggunakan software maud paduan fe, al, dan mn dengan variasi berat bola milling 1:2

Dari Gambar 4.2 teridentifikasi bahwasanya intensitas Mn sangat dominan pada sudut 2-Theta yaitu sekitar 35° sebesar 99.78% dibandingkan kedua unsur lainnya yaitu Fe sebesar 0,18% dan Al sebesar 0.04%. Nilai kekerasan pada sampel ini sebesar 386 HL (198 HB).

b. Sampel 2 dengan rasio 1:3

Data XRD pada pengujian kedua dengan rasio 1:3 diperlihatkan pada Gambar 4.3.

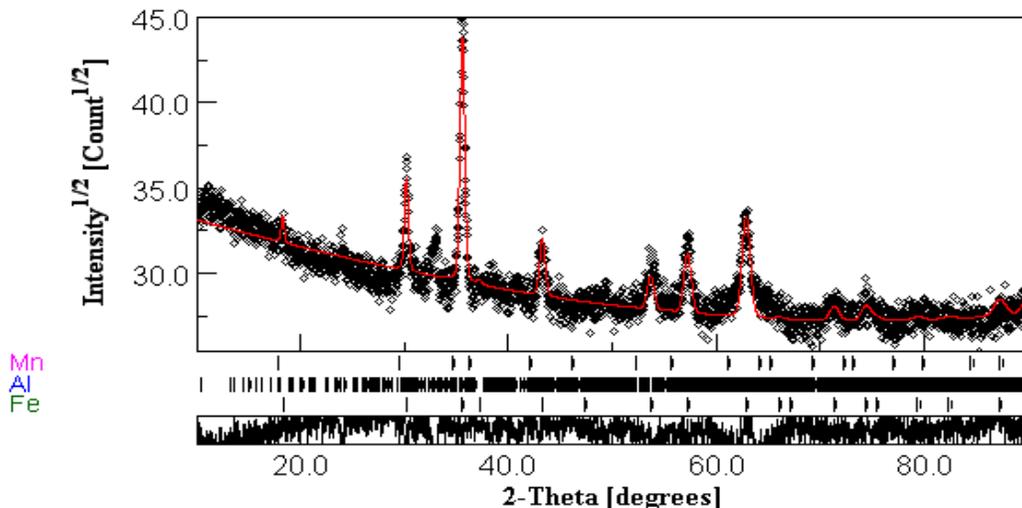


Gambar 4.3 hasil pengujian xrd menggunakan software maud paduan fe, al, dan mn dengan variasi berat bola milling 1:3

Dari Gambar 4.3 teridentifikasi bahwasanya intensitas Fe sangat dominan pada sudut 2-Theta sekitar 35° yaitu sebesar 98.85% dibandingkan kedua unsur lainnya yaitu Mn sebesar 0,85% dan Al sebesar 0.30%. Nilai kekerasan pada sampel ini sebesar 314 HL (161 HB). Jika dilihat dari struktur logam hasil pengujian XRD terlihat adanya kerengangan antar partikel penguat sehingga nilai kekerasannya mengalami penurunan.

c. Sampel 3 dengan rasio 1:4

Data XRD pada pengujian ketiga dengan rasio 1:4 diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 hasil pengujian xrd menggunakan software maud paduan fe, al, dan mn dengan variasi berat bola milling 1:4

Dari Gambar 4.4 teridentifikasi bahwasanya intensitas Fe sangat dominan pada sudut 2-Theta sekitar 35° yaitu sebesar 99.49% dibandingkan kedua unsur lainnya yaitu Mn sebesar 0,10% dan Al sebesar 0.41%. Nilai kekerasan pada sampel ini sebesar 404 HL (208 HB) mengalami peningkatan dibandingkan sampel yang kedua, hal ini disebabkan karena saat proses milling material tercampur lebih sempurna sehingga material penguat lebih saling terikat.

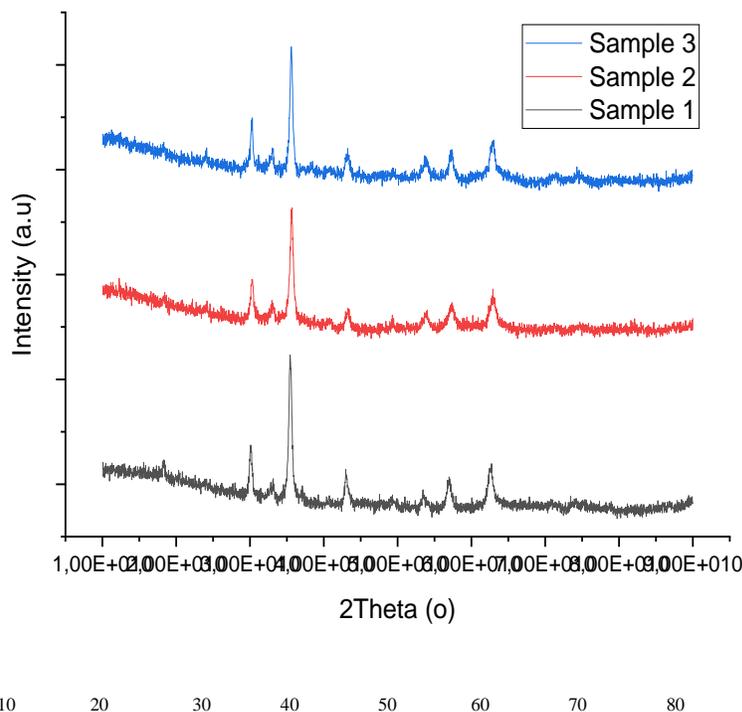
Dari hasil sebelumnya maka dapat dibuat ringkasan hasil pembacaan Uji XRD terhadap fraksi Fe, Mn dan Al dari ketiga sampel yang diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sampel Terhadap Fraksi Fe, Mn dan Al

No	Variasi Berat Bola Milling	Fe (%)	Mn (%)	Al (%)	Nilai Kekerasan (HL)	Nilai Kekerasan (HB)
1	1:2	0.181239	99.78342	0.0353439	386	198
2	1:3	98.854195	0.84657	0.2992365	314	161
3	1:4	99.486275	0.10289	0.4108332	404	208

Dari ketiga sampel terlihat bahwasanya rasio bola milling sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan material yang diuji. Hasil nilai kekerasan yang sudah dihitung kemudian diidentifikasi dengan fasa dari tiap sampel maka akan terlihat bahwasanya puncak tertinggi masing-masing ialah fasa Fe, fasa Mn dan fasa Al.

Penggabungan Hasil XRD



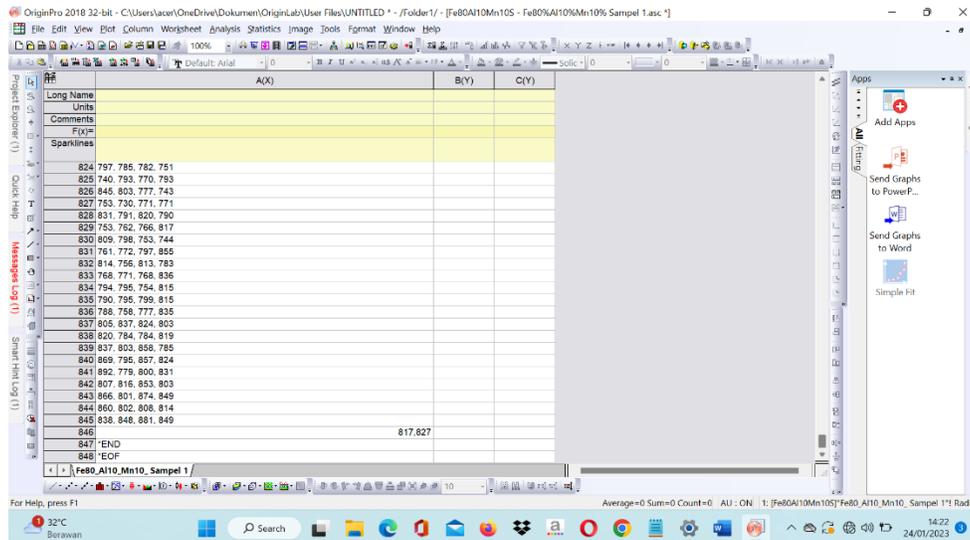
gambar 4.5 hasil gabungan pengujian xrd menggunakan alat bantu software origin paduan fe, al, dan mn.

Pada gambar 4.5 hasil gabungan pengujian dari ketiga sampel menggunakan *software* Origin dapat dilihat bahwa hampir tidak terjadi pergeseran secara signifikan pada sudut theta. Yang terjadi dari ketiga sampel tersebut adalah perbedaan nilai intensitasnya.

4.4 Intensitas Pada Hasil Pengujian XRD

Pada hasil pengujian XRD dari ketiga sampel dapat diidentifikasi perbedaan nilai intensitas. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari variasi bola milling pada saat proses milling. Nilai intensitas yang didapat merupakan hasil dari pengolahan data menggunakan *software* Origin.

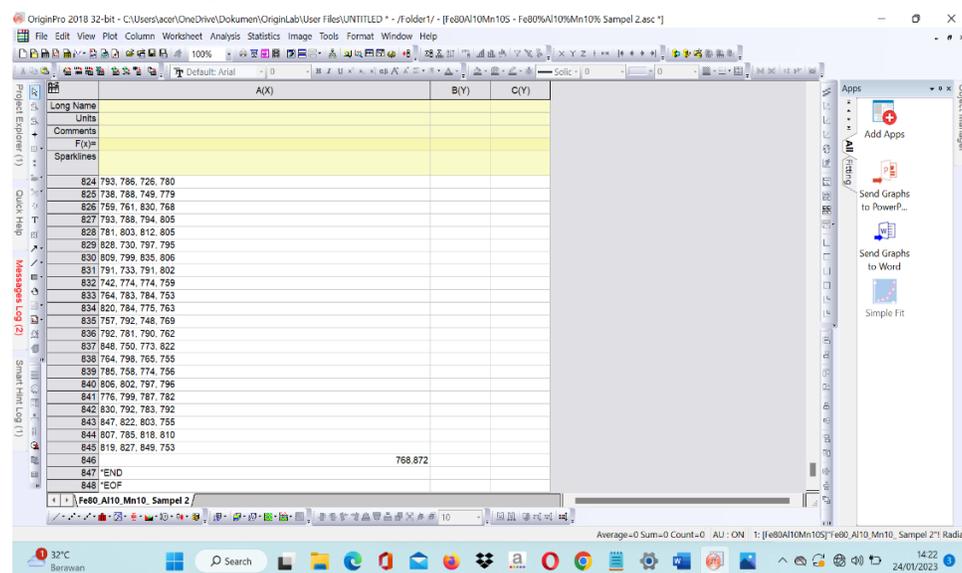
a. Nilai Intensitas Pada Sampel 1



Gambar 4.6 nilai intensitas pada sampel 1

Pada sampel satu setelah diidentifikasi nilai intensitasnya menggunakan *software* Origin didapatlah besaran nilai intensitas yakni sebesar 817,827.

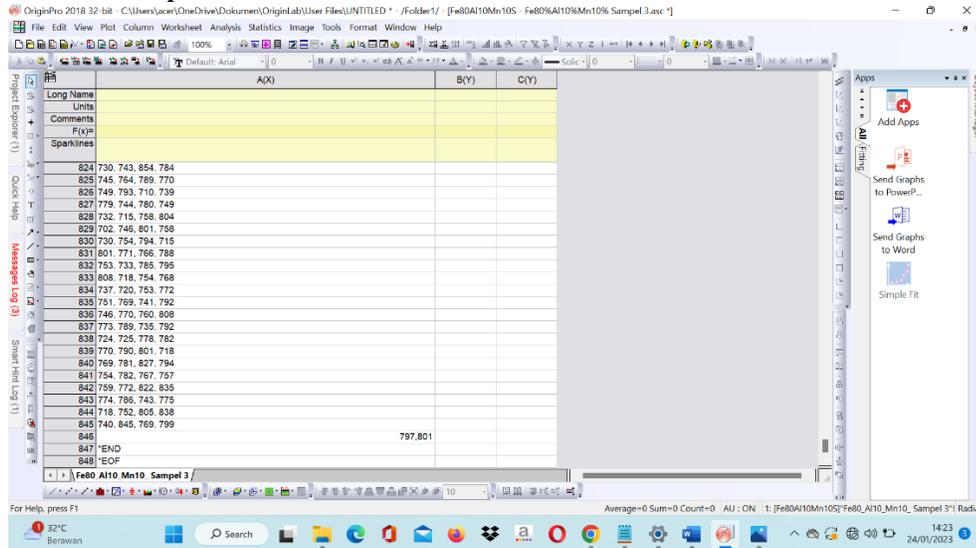
b. Nilai Intensitas Pada Sampel 2



Gambar 4.7 nilai intensitas pada sampel 2

Nilai intensitas pada sampel kedua terdapat penurunan dimana pada sampel kedua nilai intensitasnya sebesar 768,872. Hal ini bisa terjadi karena pengaruh dari jumlah bola milling yang dipakai saat proses milling mempengaruhi nilai intensitasnya.

C. Nilai Intensitas Pada Sampel 3



Gambar 4.8 nilai intensitas pada sampel 3

Pada sampel ketiga nilai intensitas mengalami kenaikan dari sampel sebelumnya dimana nilai intensitas yang didapat pada sampel ketiga sebesar 797,801. Hal ini bisa terjadi karena perbedaan jumlah bola milling yang dipakai pada tiap-tiap sampel pada saat proses milling.

Dari ketiga sampel yang dijelaskan pada gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi berat bola milling dapat mempengaruhi nilai intensitas dari tiap-tiap sampel dimana sampel satu dengan perbandingan bola milling sebesar 1:2 menghasilkan nilai intensitas tertinggi yakni sebesar 817,827. Sementara sampel kedua dengan perbandingan bola milling sebesar 1:3 menghasilkan nilai intensitas terendah yakni sebesar 768,872.

Diameter Kristal Dari Hasil XRD

Kemudian untuk menghitung diameter kristal dari hasil XRD maka diperlukan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kristal} = \frac{\text{Fraksi Luar Kristalia}}{\text{Luas Difaktogram}} \times 100 \quad (1)$$

Adapun nilai Fraksi Luar Kristalia dan Luas Difaktogram didapat dari hasil pengolahan data menggunakan *software* Origin dimana nilai puncak fasa dan luas dari grafik tiap sampel diidentifikasi dan dihitung dengan rumus tersebut kemudian hasil dari perhitungan tersebut didapatlah ukuran kristal sebagai berikut:

- a. Sampel 1: 3,31 E+01%
- b. Sampel 2: 3,14 E+01%
- c. Sampel 3: 7,71 E+03%

Adapun pengaruh dari variasi bola milling dalam penelitian ini meliputi beberapa aspek seperti nilai fasa pada tiap sampel, nilai kekerasan, nilai intensitas dan ukuran diameter kristal.

KESIMPULAN

Hasil nilai fasa menggunakan *software* MAUD terhadap variasi bola milling 1:2, 1:3 dan 1:4 masing-masing menunjukkan hasil sebesar

- Fe: 0.181239%, Mn: 99.78342%, Al: 99.78342%
- Fe: 98.854195%, Mn: 0.84657%. Al: 0.2992365%
- Fe: 99.486275, Mn: 0.10289, Al: 0.4108332

Syahrul Gunawan¹, Edi Tri Astuti², Analisis fasa dan kekerasan melalui fraksi berat bola milling paduan fe, al, dan mn dengan metoda mechanical alloying sebagai alternatif baja ringan

Terlihat bahwasanya sampel 1 puncak fasa tertinggi didominasi oleh unsur Mn sedangkan pada sampel 2 dan 3 puncaknya ialah unsur Fe.

Hasil pengujian kekerasan dengan rasio bola milling 1:2, 1:3 dan 1:4 masing-masing diperoleh hasil sebesar 386 HL (198 HB), 314 HL (161 HB) dan 404 HL (208 HB).

Nilai kekerasan awalnya meningkat kemudian turun dan kemudian meningkat lagi terhadap rasio bola milling. Turunnya nilai kekerasan pada sampel kedua disebabkan karena adanya kerenggangan antar partikel penguat sehingga nilai kekerasannya mengalami penurunan.

Hasil pengujian dengan menggunakan metode *Equotip B* didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar 189 HB untuk alternatif baja ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdullah, A., & Mohammed, A. (2019). Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review Scanning Electron Microscopy (SEM): A Review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*, 77–85.
- [2]. Akca, E., & Trgo, E. (2015). Metallographic Procedures and Analysis – A review. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 3(2), 9–11. <https://doi.org/10.21533/pen.v3i2.51bbbgfgfg>
- [3]. Ammar, H. R., Sivasankaran, S., & Alaboodi, A. S. (2021). Investigation of the microstructure and compressibility of biodegradable fe-mn-cu/w/co nanostructured alloy powders synthesized by mechanical alloying. *Materials*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/ma14113088>
- [4]. Arif, MSamsul (2018) *Pengaruh Ukuran Butir terhadap Porositas dan Distribusi kekerasan pada Bushing Powder Metallurgy Duralumin*.
- [5]. Aryanto, D., & Sudiro, T. (2018). Preparation of ferrosilicon-aluminium coating using a mechanical alloying technique: Study of thermal annealing on their structural characteristics. *Surface and Coatings Technology*, 337(January), 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.12.041>
- [6]. Barba-Pingarrón, A., & González-Parra, R. (2018). Metallography and Crystallographic Texture Analysis. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, Scott 1991, 1–4. <https://doi.org/10.1002/9781119188230.saseas0374>
- [7]. Belaid, L., Bendoumia, M., Dakiche, M., Mechri, H., Dahmoun, D., & Azzaz, M. (2018). Structural and mechanical properties of nanostructured Fe-Mn-C alloys prepared by mechanical alloying. *Journal of Nano Research*, 52, 80–87. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.52.80>
- [8]. Fitria, W. (2017). *BAJA DENGAN KEKERASAN PADA EQUOTIP PORTABLE ROCKWELL HARDNESS NASKAH PUBLIKASI (The Correlation of Tensile Strength and Modulus of Elasticity of Steel with Hardness Value*.
- [9]. Gokhale, A. B., & Banerjee, S. (2012). Sample Preparation For Metallography. *Characterization of Materials*, 1–8.
- [10]. <https://doi.org/10.1002/0471266965.com007.pub2>
- [11]. Han, E. S., & goHan, E. S., & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2009). TUGAS AKHIR Program Studi Teknik Mesin. *Mekanika Jurnal Teknik Mesin*, 7–45.
- [12]. leman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2009). TUGAS AKHIR Program Studi Teknik Mesin. *Mekanika Jurnal Teknik Mesin*, 7–45.
- [13]. Irwana, I. (2018). *Pembuatan Dan Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Logam Paduan Aluminium Dengan Aditif 6 Fe – 1 Ni (% Berat)*. 167.
- [14]. KELANA GINTING, Y. P. (2018). *EFEK PENAMBAHAN SILIKON TERHADAP STRUKTUR DAN KETAHANAN OKSIDASI PADUAN FeCrAl*.
- [15]. Khoiriana, M., & Sukarto, A. (n.d.). *Pengaruh Perubahan Fraksi Berat Zn dan Temperatur Milling pada Mechanical Alloying terhadap Proses Pemasukan Cu-Zn Alloy*.
- [16]. Newbury, D. E., & Ritchie, N. W. M. (2013). Is scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray spectrometry (SEM/EDS) quantitative? *Scanning*, 35(3), 141–168. <https://doi.org/10.1002/sca.21041>
- [17]. Pangaribuan, M. R. (2014). Baja Ringan Sebagai Pengganti Kayu Dalam Pembuatan Rangka Atap Bangunan Rumah Masyarakat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(4), 648–655.
- [18]. Raanaei, H., Rahimi, M., & Mohammad-Hosseini, V. (2020). Nanostructured iron rich (Fe-Co)70 Mn10 Ti10 B10 mechanically alloyed powder: Synthesis and characterizations studies. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 508(March), 166870. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2020.166870>

- [19]. Sotoudeh Bagha, P., Khakbiz, M., Sheibani, S., & Hermawan, H. (2018). Design and characterization of nano and bimodal structured biodegradable Fe-Mn-Ag alloy with accelerated corrosion rate. *Journal of Alloys and Compounds*, 767, 955–965. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.07.206>