



**ANALISA HASIL Pengerolan Terhadap Nilai
Kekerasan Plat Komposit Aluminium ADC 12/ Al_2O_3**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Arwiya Faizal

191910101069

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JEMBER

2023

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji dan syukur dengan segala kerendahan hati kepada Allah SWT serta mengucapkan shalawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, skripsi ini saya persembahkan sebagai bentuk tanggung jawab, bakti dan ungkapan terimakasih yang tidak terkira kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Rayhanah Sufiah yang telah memberikan segala dukungan, nasehat, kesabaran dan telah mencurahkan kasih sayang serta pengorbanan selama ini dan juga Bapak Muhammad Yunani yang telah mendukung dan menginspirasi sehingga penulis bisa sampai di titik ini.
2. Saudara saya Aulia Nafarin yang telah memberikan semangat dan motivasi.
3. Semua Guru saya sejak di taman kanak-kanak hingga sekolah menengah atas, beserta Bapak dan Ibu Dosen selama saya menempuh bangku perkuliahan di Universitas Jember.
4. Teman-teman semasa sekolah, teman teman seperjuangan di Teknik Mesin angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat, motivasi dan dukungan.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember Yang saya banggakan.

MOTTO

“Jangan takut jatuh karena yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh. Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanya orang-orang yang tidak pernah melangkah. Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menemukan jalan yang benar pada langkah kedua.”

(Buya Hamka)

“Sesuatu yang sulit dapat dilalui dengan terus mencoba, bersabar dan evaluasi”



PERNYATAAN ORISINALISASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arwiya Faizal

NIM : 191910101069

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Analisa Hasil Pengerolan Terhadap Nilai Kekerasan Plat Komposit Aluminium ADC 12/Al₂O₃*” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya berikan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Juni 2023

Yang menyatakan,

Arwiya Faizal

NIM 191910101069

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisa Hasil Pengerolan Terhadap Nilai Kekerasan Plat Komposit Aluminium ADC 12/Al₂O₃*) telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T., IPM (.....)
NIP : 197003101997021001

2. Pembimbing Anggota

Nama : Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T, IPM (.....)
NIP : 197510062002121002

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Robertoes Koekoeh
Koentjoro S.T.,M.Eng. (.....)
NIP : 196707081994121001

2. Penguji Anggota 1

Nama : Ir. Digdo Listyadi Setyawan ,MSc. (.....)
NIP : 196806171995011001

Analisa Hasil Pengerolan Terhadap Nilai Kekerasan Plat Komposit Aluminium
ADC 12/Al₂O₃

Arwiya Faizal

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai kekerasan tertinggi dari 3 parameter ketebalan hasil dari proses pengerolan dengan material komposit aluminium ADC 12 dengan penguat Al₂O₃. Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari 2023 sampai dengan Mei 2023, bertempat di laboratorium material Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada untuk proses pengerolan dan Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk proses pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro. Penelitian ini menggunakan metode pengerolan dengan 3 parameter ketebalan yang digunakan yaitu 5 mm, 7 mm dan 9 mm dengan 3 replikasi pengulangan pada setiap parameternya, pada penelitian ini nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada parameter 5 mm dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 63 HRB, nilai kekerasan terendah didapatkan pada parameter 9 mm dengan nilai rata-rata sebesar 47 HRB dan untuk parameter 7 mm menghasilkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 52 HRB. Pada penelitian ini pengolahan data menggunakan metode ANOVA *One Way*.

Kata Kunci: pengerolan, ketebalan, aluminium

*Analyze Result of Rolling on Hardness Velues of ADC 12 Aluminium Sheets with
Al₂O₃ Reinforcement*

Arwiya Faizal

*Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of
Jember*

ABSTRACT

This study aims to find the highest hardness value of the 3 thickness parameters resulting from the grinding process with aluminum composite material ADC 12 with an Al₂O₃ amplifier. The research was conducted from January 2023 to May 2023, housed in the material laboratory of Gadjah Mada University Faculty of Mechanical Engineering and Industrial Engineering for the process of testing and observing microstructures. This study used 3 thickness parameters of 5 mm, 7 mm and 9 mm with 3 repeat replications for each parameter; in this study the highest hardness was obtained at 5 mm parameters with an average hardness of 63 HRB. The lowest hardness value was obtained at the 9 mm parameter with an average value of 47 HRB and for the 7 mm parameter produced an average hardness value of 52 HRB. In this study, data processing used the ANOVA One Way method.

Keyword: *rolling, thickness, aluminium*

RINGKASAN

Analisa Hasil Pengerolan Terhadap Nilai Kekerasan Plat Komposit Aluminium ADC 12/Al₂O₃; Arwiya Faizal; 191910101069; 2023: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan zaman tentang teknologi kendaraan listrik semakin banyak, serta tingkat produksi dan minat masyarakat terhadap mobil listrik juga semakin meningkat. Mobil listrik merupakan salah satu kendaraan hemat energi yang ada saat ini dan banyak dikembangkan oleh perguruan tinggi di Indonesia. Adapun proses manufaktur yang dilakukan pada mobil listrik dengan beberapa tahapan pengerjaan, seperti membaca desain rancangan, pengukuran bahan, pemotongan bahan, *assembly*, dan uji kerja.

Baterai sangat penting sebagai pemasok energi ke seluruh komponen tersebut, hal ini menjadikan baterai komponen vital sebagai sumber tenaga listrik. Karena baterai menjadi komponen yang vital pada mobil listrik, oleh karena itu baterai harus dikemas atau dilindungi oleh komponen pelindung berupa *housing* untuk melindungi rusaknya senyawa kimia yang ada didalam baterai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan plat aluminium komposit hasil kekerasan hasil dari proses pengerolan. Pada penelitian sebelum tidak ada penambahan penguat pada spesimen. Pada penelitian ini semakin tinggi reduksi ketebalan yang dihasilkan dari proses pengerolan akan menghasilkan nilai kekerasan yang semakin tinggi.

Berdasarkan parameter ketebalan yang digunakan yaitu 5 mm, 7 mm dan 9 mm hasil dari proses pengerolan nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada parameter 5 mm dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 63 HRB, nilai kekerasan terendah didapatkan pada parameter 9 mm dengan nilai rata-rata sebesar 47 HRB dan untuk parameter 7 mm menghasilkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 52 HRB. Pada penelitian ini pengolahan data menggunakan metode ANOVA *One Way*.

Pada pengamatan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan dengan perbesaran 1000x. Dalam pengamatan struktur mikro terdapat perbedaan struktur mikro sebelum dan sesudah dilakukan pengerolan, yang dimana sesudah dilakukan pengerolan terdapat garis *interface* sedangkan tidak ada garis *interface* pada struktur mikro sebelum dilakukan proses pengerolan.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Hasil Pengerolan Terhadap Nilai Kekerasan Plat Komposit Aluminium ADC 12/ Al_2O_3 ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) dengan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, di Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perogres penelitian ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

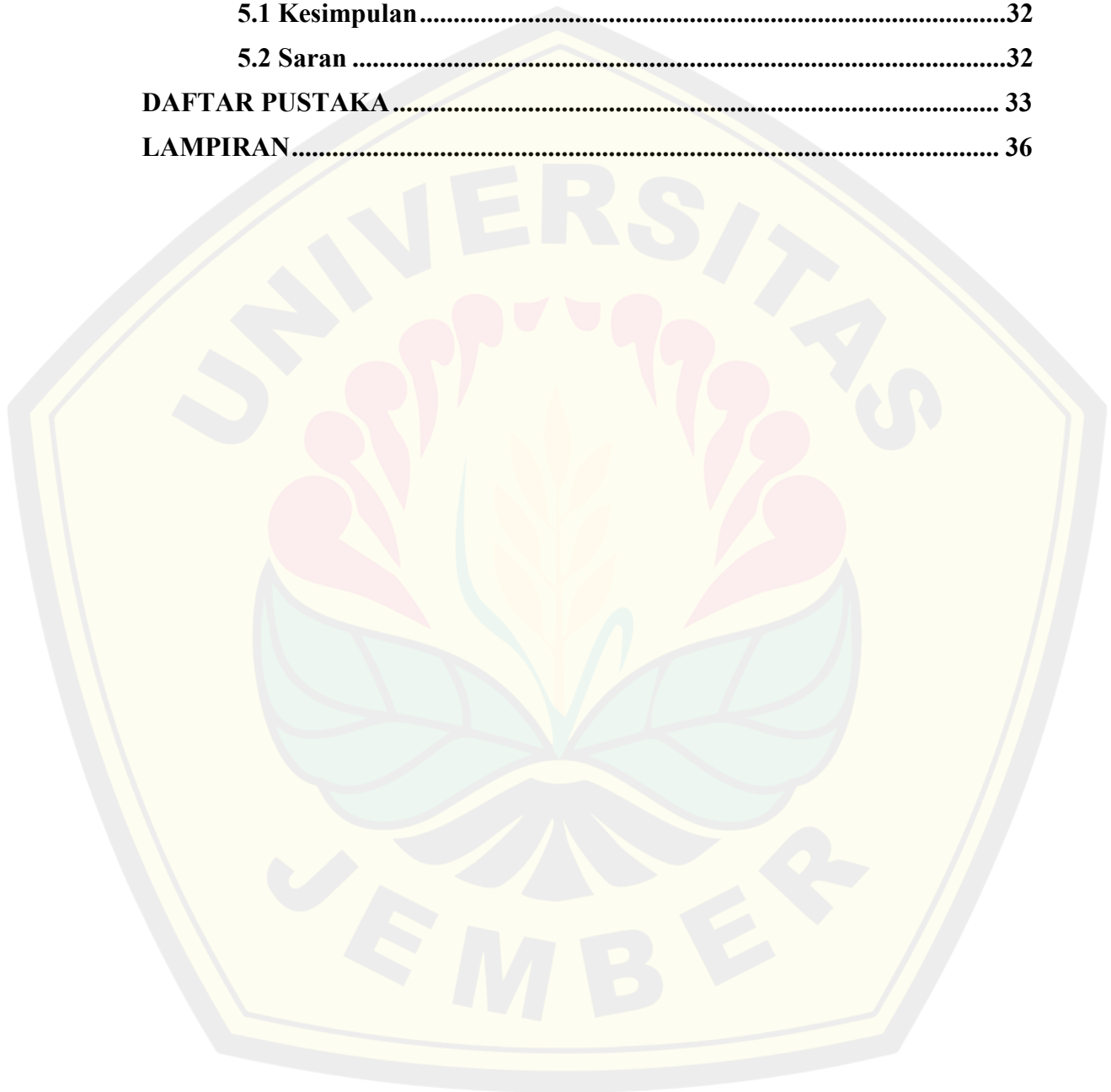
1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, ST.MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember .
4. Bapak Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing Utama
5. Bapak Dr. Ir. Salahuddin Junus S.T., M.T, IPM., selaku Dosen Pembimbing Anggota
6. Ir. Dr. Ir. Robertoes Koekoeh Koentjoro S.T.,M.Eng., selaku Dosen Penguji Utama
7. Ir. Digdo Listyadi Setyawan ,MSc., selaku Dosen Penguji Kedua
8. Abah, mama, serta kakak dan keluarga yang salalu memberikan dukungan
9. Teman seperjuangan semasa kuliah: farhan, sendy, aziz, ryan, ian, washil, wildan, tio, vikri, boby, ojan, arip, angel, emil, bibil, selpina. Yang selalu memberikan dukungan serta motivasi
10. Civitas Akedmika Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember
11. Teman-teman seperjuangan di prodi Teknik Mesin Angkatan 2019 Univeristas Jember

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vi
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
sBAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan.....	3
1.3.2 Manfaat	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembentukan Logam.....	5
2.2.1 Ekstrusi.....	5
2.1.2 <i>Deep Drawing</i>	5
2.1.3 <i>Rolling</i>	6
2.2 Aluminium.....	7
2.2.1 <i>Aluminium Die Casting 12 (ADC 12)</i>	8
2.3 Aluminium Oksida (Al₂O₃)	8
2.4 Komposit.....	9
2.5 Furnace	9
2.6 Pengujian Kekerasan.....	10

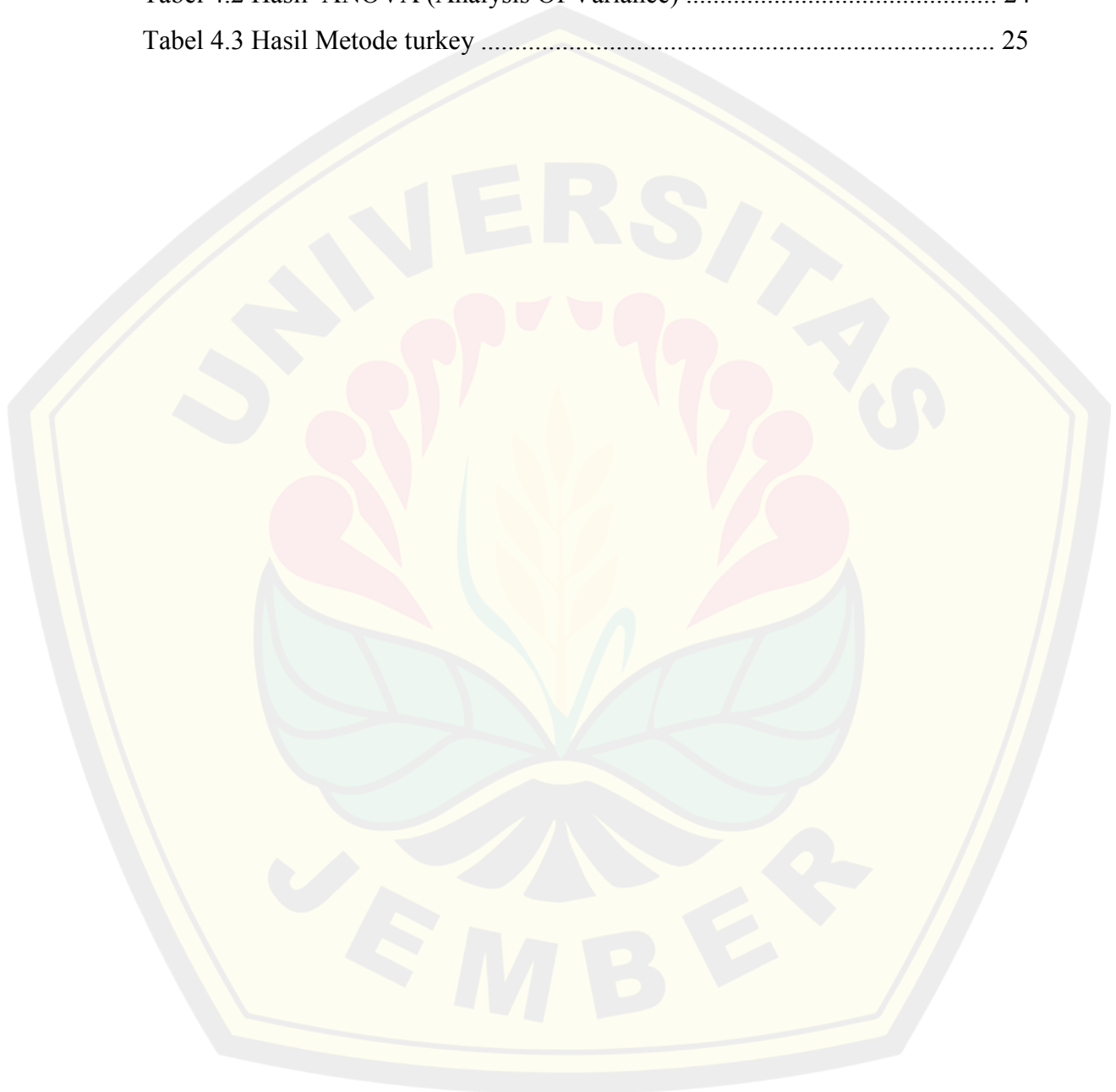
2.6.1 Uji Kekerasan <i>Brinell</i>	10
2.6.2 Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	11
2.6.3 Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	11
2.7 Pengujian Mikro	12
2.8 Metode ANOVA.....	12
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Metode Penelitian	12
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2.1 Waktu Penelitian	12
3.2.2 Tempat Penelitian	12
3.3 Alat dan Bahan.....	12
3.3.1 Alat	12
3.3.2 Bahan	13
3.4 Variabel Penelitian	13
3.4.1 Variabel Bebas	13
3.4.2 Variabel Respon	13
3.4.3 Variabel kontrol.....	14
3.5 Tahap-Tahap Penelitian.....	14
3.5.1 Proses Pengerolan.....	14
3.6 Pengujian Sampel	14
3.6.1 Pengujian Kekerasan	14
3.6.2 Pengamatan Struktur Mikro	15
3.7 Pengolahan Data	15
3.8 Diagram Alir	17
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Data Hasil Percobaan	18
4.2 Pengolahan Data	20
4.2.1 Uji Normalitas Data	20
4.2.2 Uji Homogenitas Data	23
4.2.3 Pengujian <i>One Way</i> ANOVA	24
4.2.4 Pengujian Post Hoc	25
4.3 Pembahasan Pengaruh Ketebalan Hasil Pengerolan	25
4.4 Pengamatan Struktur Mikro	27

4.4.1 Struktur Mikro Ketebalan 5 mm.....	27
4.4.2 Struktur Mikro Ketebalan 7 mm.....	28
4.4.3 Struktur Mikro Ketebalan 9 mm.....	29
4.5 Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro	29
BAB 5. PENUTUP.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	36



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kadar komposisi kimia dari aluminium ADC 12 (massa fraksi %)	9
Tabel 3.1 Tabel pengolahan data uji kekerasan	15
Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekerasan	20
Tabel 4.2 Hasil ANOVA (Analysis Of Variance)	24
Tabel 4.3 Hasil Metode turkey	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blank dan draw piece	6
Gambar 2.2 Proses pengerolan plat.....	7
Gambar 3.1 Rancangan awal sampel	13
Gambar 3.2 Titik pengujian kekerasan	15
Gambar 3.3 Spesimen penelitian	16
Gambar 3.4 Diagram alir penelitian	17
Gambar 4.1 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 5 mm	18
Gambar 4.1 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 7 mm	18
Gambar 4.1 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 9 mm	19
Gambar 4.4 Spesimen setelah uji kekerasan	19
Gambar 4.5 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 5 mm	21
Gambar 4.6 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 7 mm	21
Gambar 4.7 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 9 mm	22
Gambar 4.8 Hasil tes homogenitas dengan minitab19	23
Gambar 4.9 Diagram nilai rata-rata kekerasan	26
Gambar 4.10 Diagram nilai rata-rata kekerasan pengaruh variasi ketebalan	27
Gambar 4.11 Struktur mikro variasi ketebalan 5 mm	28
Gambar 4.12 Struktur mikro variasi ketebalan 7 mm	28
Gambar 4.13 Struktur mikro variasi ketebalan 9 mm	29
Gambar 4.14 Struktur mikro Al/Al ₂ O ₃ tanpa Metal Forming	30
Gambar 4.15 Struktur mikro Al/Al ₂ O ₃ hasil pengerolan	30
Gambar 4.16 Struktur mikro Al/Al ₂ O ₃ hasil proses ARB	31

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman tentang teknologi kendaraan listrik semakin banyak, serta tingkat produksi dan minat masyarakat terhadap mobil listrik juga semakin meningkat. Mobil listrik adalah salah satu transportasi hemat energi yang ada pada saat ini dan banyak dikembangkan oleh perguruan tinggi di Indonesia. Adapun proses manufaktur yang dilakukan pada mobil listrik dengan beberapa tahapan pengerjaan, seperti membaca desain rancangan, pemotongan bahan, pengukuran bahan pemotongan bahan, uji kerja, dan *assembly* (Efendi, 2020). Kendaraan listrik pasti memerlukan komponen lain sebagai sumber tenaga penggerak komponen-komponen listrik, seperti motor *starter*, lampu, klakson, dan lain-lain. Baterai sangat penting sebagai pemasok energi ke seluruh komponen tersebut, hal ini alasan mengapa baterai adalah komponen vital sebagai sumber tenaga listrik (Thowil, 2015). Karena baterai menjadi komponen yang vital pada mobil listrik, oleh karena itu baterai harus dikemas atau dilindungi oleh komponen pelindung berupa *housing* untuk melindungi rusaknya senyawa kimia yang ada didalam baterai. Baja tahan karat merupakan *housing* yang digunakan sebagai pengaman baterai dari rentannya ledakan pada senyawa yang ada didalam baterai. Tetapi di Tiongkok, produsen mobil listrik kebanyakan menggunakan aluminium sebagai *housing* baterai (Wendkk., 2020).

Adanya penemuan yang baru adalah bukti bahwa kebutuhan manusia selalu meningkat dari waktu ke waktu, khususnya dibidang teknologi. Umumnya alat baru yang telah tercipta berasal dari suatu penelitian. Manusia sebagai makhluk yang mempunyai pikiran selalu berusaha menciptakan sistem kerja yang lebih baik dan efisien. Sebagai contoh dari hasil pemikiran tersebut terciptalah alat pembentuk plat yang sebelum terciptanya alat tersebut pembentukan plat dilakukan dengan cara pemukulan secara berulang (Rizky dkk., 2017). Plat dari material aluminium sering dijumpai, sifat dari material aluminium seperti ringan, tahan karat, tahan cuaca dan mudah dibentuk menjadi nilai tambah bagi suatu produk. Plat aluminium juga banyak digunakan di industri seperti, perusahaan karoseri,

perusahaan konstruksi bangunan dan masih banyak lagi (Hasan & Herianto, 2014). Saat ini, sebagian besar pabrik metalurgi fokus pada pengerolan produk. Permintaan pengerolan produk meningkat dari segi pesanan dan dimensi pengerolan, peningkatan dimensi pengerolan dilakukan untuk mengurangi sambungan las pada spesimen (Fath dkk., 2017).

Pada dasarnya, proses pengerolan logam melibatkan penggunaan dua rol, yaitu rol atas dan rol bawah. Selain itu, juga terdapat pengendali yang berfungsi untuk mengatur daya yang diperlukan dalam pengerolan serta mengontrol kecepatannya. Logam biasanya dapat dikategorikan berdasarkan jumlah dan susunan rol, dan jenis pengerolan yang paling sederhana dan umum digunakan adalah pengerolan dua tingkat. Untuk meningkatkan kecepatan, digunakan penggunaan dua tingkat roller yang berputar bolak-balik, sehingga benda kerja dapat bergerak maju dan mundur melalui *roller* yang dapat berubah arah putarannya. Satu metode alternatif adalah dengan menggunakan roda tiga tingkat, yang terdiri dari dua roda di bagian bawah sebagai sumber gerakan dan roda di bagian tengah yang bergerak karena adanya gesekan (Mubina & Amir, 2022).

ADC 12 (*Alumunium Die Casting 12*) merupakan paduan aluminium silikon dengan kandungan silikon 9,6% sampai dengan 12% (Musyafak, 2019). Pengaruh karakteristik struktur mikro terhadap sifat mekanis paduan aluminium (ADC12 : Al-Si-Cu-Zn-Fe-Mg-Mn) yang diproduksi oleh berbagai teknologi *casting* dipelajari secara eksperimental dan numerik (Okayasu dkk., 2014). Pada penelitian lain paduan ADC 12 ada penambahan penguat yaitu Al_2O_3 melalui metode penyulingan dan mendapatkan hasil kinerja yang lebih baik karena penambahan penguat tersebut pada komposit aluminium (Wira dkk., 2021).

Merujuk dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Putra dkk., 2017) yang berjudul “Pengaruh Variasi Reduksi Ketebalan *Cold Rolling* Serta Suhu Annealing Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium Alloy 6082-T6” penulis akan melakukan pembentukan plat aluminium ADC 12 dengan penguat Al_2O_3 . Pada penelitian ini akan membahas pengaruh reduksi ketebalan terhadap pengujian kekerasan plat dari hasil proses pengerolan komposit aluminium ADC 12 dengan penguat Al_2O_3 .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas yang telah dijabarkan, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi reduksi ketebalan plat pada material komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan terhadap nilai kekerasan pada spesimen?
2. Bagaimana pengaruh reduksi ketebalan terhadap struktur mikro pada plat komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

- a. Mengetahui pengaruh variasi reduksi ketebalan plat pada material komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan terhadap nilai kekerasan pada spesimen
- b. Mengetahui pengaruh reduksi ketebalan terhadap struktur mikro pada plat komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan

1.3.2 Manfaat

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan pertimbangan pembuatan plat dari bahan komposit aluminium ADC 12 yang memiliki sifat yang ringan.
- b. Menambah pengetahuan tentang proses pembuatan plat menggunakan mesin rol.
- c. Memberikan informasi terkait tingkat kekerasan plat komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 .
- d. Memberi informasi terkait stuktur mikro pada plat komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah seperti berikut:

1. Kecepatan putaran rol pembentuk dan rol landasan pada mesin dianggap konstan pada kecepatan 25 rpm.

2. Tidak ada pembahasan tentang bahan tambahan penguat Al_2O_3 pada material komposit aluminium.
3. Tidak memperhitungkan biaya pada proses pengerjaan.
4. Tidak membahas proses terjadinya cacat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembentukan Logam

Proses pembentukan logam atau *metal forming* melibatkan perubahan bentuk logam padat sesuai dengan keinginan kita, tanpa mengalami kerusakan atau patahan (Habibullah, 2020). Jenis pembentukan logam ada 3 yaitu *rolling*, ekstrusi, dan *deep drawing*.

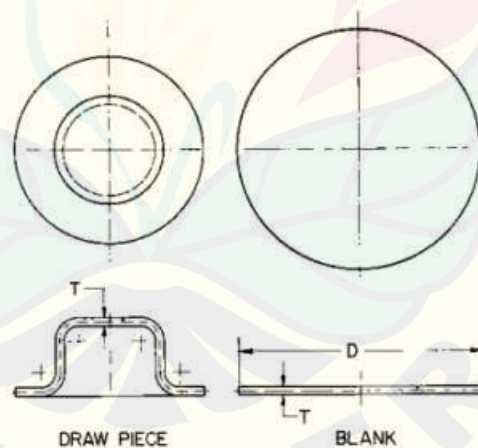
2.1.1 Ekstrusi

Proses ekstrusi berasal dari kata Latin "*extrude*" yang berarti menekan keluar. Hal ini adalah metode pembentukan logam di mana bahan didorong agar mengalir melalui cetakan yang terbuka. Umumnya, proses ekstrusi dimanfaatkan untuk menghasilkan batang silinder atau batang berongga, serta bentuk-bentuk penampang yang tidak teratur yang juga dapat dihasilkan menggunakan logam yang mudah untuk diekstrusi, seperti aluminium. Karena dalam proses ekstrusi memerlukan penerapan gaya yang tinggi, sebagian besar logam diekstrusi dalam keadaan panas karena sifat deformasi logam yang rendah. Namun begitu, pengolahan ekstrusi dingin dapat dilakukan pada berbagai jenis logam dan merupakan metode yang sangat penting dalam hal komersial. *Billet* ekstrusi bereaksi dengan wadah dan cetakan menghasilkan tegangan konferensi yang kuat dan efektif untuk mengurangi retak pada bahan yang terjadi saat pertama kali membentuk ingot. Pemanfaatan ekstrusi semakin meningkat karena ini merupakan alasan utama dalam mengatasi kesulitan membentuk logam, seperti baja tahan karat, paduan nikel, dan bahan-bahan suhu tinggi lainnya (Faika, 2018).

2.1.2 Deep Drawing

Drawing merupakan suatu tahap yang sangat vital dalam proses manufaktur, terutama dalam pembentukan menggunakan bahan dasar gulungan logam. Proses *deep drawing* memiliki kemampuan untuk menghasilkan produk dengan bentuk yang sangat rumit dan tingkat ketepatan yang tinggi dengan kapasitas yang besar. Beberapa faktor yang memengaruhi kualitas produk meliputi gaya penahan kosong, bentuk dan ukuran kosong, radius pukulan, radius cetakan,

sifat material, koefisien gesekan, dan beberapa faktor lainnya. Untuk dapat menciptakan produk dengan jumlah cacat yang sedikit dan mengurangi biaya produksi, beharap memahami teknologi proses *deep drawing* sangatlah penting. Untuk memperoleh parameter proses yang paling dominan dalam mempengaruhi keberhasilan proses *deep drawing*, dilakukan analisis pembentukan dengan mensimulasikan menggunakan metode elemen hingga. Hasil analisis tersebut kemudian diverifikasi dengan melakukan percobaan pembentukan cup menggunakan proses sebenarnya. Dari hasil simulasi *finite element* dan eksperimen yang dilakukan didapatkan hasil gaya *blank holder or blank holder force* (BHF), radius *punch*, radius *die* dan aplikasi pelumasan sangat berpengaruh terhadap hasil produk. *Deep drawing* dan *drawing* pada dasarnya adalah jenis proses produksi yang sama, tetapi ada beberapa ahli yang membedakan dengan tinggi indeksnya, di mana proses *deep drawing* memiliki tinggi indeks yang lebih besar dibandingkan dengan *drawing*. Bahan dasar dari proses *deep drawing* adalah lembaran logam (*sheet metal*) yang disebut dengan *blank*, sedangkan produk dari hasil proses *deep drawing* disebut dengan *draw piece* (Habibullah, 2020).

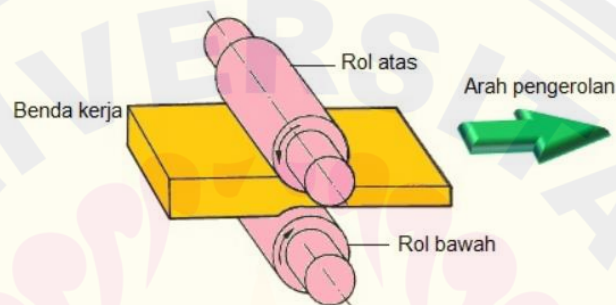


Gambar 2.1 *Blank dan draw piece* (Habibullah, 2020)

2.1.3 Rolling

Proses perubahan bentuk logam yang melewati dua silinder rol dinamakan pengerolan, Proses ini sering digunakan dalam pengerjaan logam karena memungkinkan pembuatan produk akhir yang berkualitas tinggi dan mudah dikendalikan (Malisy, 2018). Saat ini sebagian besar pabrik metalurgi fokus pada

produk pengerolan plat baja, bisa dikatakan seperti itu karena besarnya peningkatan permintaan produk untuk mengurangi proses pengelasan pada material (Artiukh dkk., 2016). Proses pengerolan plat adalah salah satu proses manufaktur yang penting dan banyak digunakan di dunia industri, proses pengerolan itu sendiri dilakukan dengan cara memasukan material kedalam mesin rol, adapun parameter yang dilakukan dalam proses pengerolan pada umumnya adalah kecepatan pengerolan dan kedalaman pengerolan untuk menentukan besar produk dari proses rol (Gultom & Heksa, 2019).



Gambar 2.2 Proses pengerolan plat (Grote & Antonsson, 2008)

2.2 Aluminium

Aluminium adalah salah satu logam yang paling melimpah di bumi dengan massa jenis yang ringan, tahan terhadap korosi dengan baik, dan memiliki konduktivitas listrik yang baik. Aluminium memiliki massa jenis sebesar $2,7 \text{ g/cm}^3$, sekitar sepertiga dari baja ($7,83 \text{ g/cm}^3$), tembaga ($8,93 \text{ g/cm}^3$), atau kuningan ($8,53 \text{ g/cm}^3$). Aluminium memiliki sifat tahan terhadap korosi karena terjadi pasivasi, yaitu pembentukan lapisan aluminium oksida saat aluminium terkena udara. Lapisan oksida merekat dengan baik pada permukaannya dan tidak berinteraksi dengan lingkungan sekitar, sehingga mampu mencegah terjadinya oksidasi pada bagian dalam aluminium. Sifat dan kegunaan pada aluminium dapat meningkat dengan menambahkan unsur lain ke aluminium murni. Sebagian besar aplikasi untuk aluminium menggunakan paduan dari penambahan satu unsur atau lebih. Penambahan unsur pada aluminium paduan yang digunakan seperti tembaga, mangan, silikon, magnesium, seng, dan sebagainya (Alim, 2022).

2.2.1 Aluminium Die Casting 12 (ADC 12)

Aluminium die casting 12 atau yang lebih dikenal aluminium ADC 12 adalah salah satu tipe atau jenis paduan Al-Si dengan penambahan unsur Cu, Fe, Mn, Zn, Ti, Cr, Ni, Pb, dan Sn. Kandungan silikon yang ada dalam ADC 12 sangat dekat dengan titik autektik pada diagram fasa Al-Si, dengan daerah dua fasa cair dan padat yang sangat tipis. Walaupun telah sering dikemukakan metode semi solid menggunakan paduan aluminium, namun pada penelitian menggunakan bahan paduan aluminium ADC 12 dengan teknik semi solid masih sangat kurang (Rasyid, 2017). Kadar komposisi kimia dari aluminium ADC 12 dapat dilihat pada berikut:

Tabel 2.1 Kadar komposisi kimia dari aluminium ADC 12 (massa fraksi %)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
11.88	0.93	1.75	0.12	0.07	0.78
Ti	Cr	Ni	Pb	Sn	Al
0.06	0.03	0.11	0.06	0.01	Bal.

(Sumber : Janudom dkk., 2010)

Manfaat dari paduan aluminium ADC 12 adalah kestabilan yang sangat baik dan sifat mekanis yang tinggi. Sebaliknya, kelemahan dari aluminium ADC 12 mudah untuk memiliki aliran turbulen, yang menyebabkan kerusakan porositas, dan perluasan pori-pori pada suhu tinggi (Janudom dkk., 2010).

2.3 Aluminium Oksida (Al₂O₃)

Aluminium oksida (Al₂O₃) atau yang lebih dikenal alumina termasuk jenis keramik oksida. Aluminium oksida adalah lapisan tipis yang terbentuk karena reaksi antara aluminium dan oksigen. Alumina memiliki banyak kegunaan dalam bidang elektronik, katalis dan termal (Kolo, 2016). Oleh karena itu, alumina memiliki karakteristik fisik yang bagus, seperti memiliki daya tahan terhadap panas yang tinggi, kemampuan sebagai penghambat listrik yang baik, kekuatan terhadap abrasi yang tahan lama, serta ketahanan yang tinggi terhadap korosi (Kolo & Kurniawan, 2020).

2.4 Komposit Al_2O_3

Komposit Al_2O_3 atau *Metal matrix composit* mengalami peningkatan pada sifat mekanik dari sisi komposit apabila diperkuat oleh partikel keramik. Aluminium oksida (Al_2O_3) merupakan partikel keramik yang sering digunakan untuk penguat maupun *reinforce* matrik logam. Penambahan aluminium oksida pada MMC berakibat pada meningkatnya kekuatan dari komposit diikuti dengan penurunan massa dari komposit. Aluminium oksida (Al_2O_3) dipergunakan sebagai penguat komposit karena mempunyai sifat kekuatan yang tinggi, kekakuan yang tinggi, konduktivitas termal yang baik, dan tahan lama terhadap keausan yang baik juga. Aplikasi dari komposit yang terdiri dari aluminium oksida untuk material-material yang memerlukan kekuatan tinggi namun memiliki berat yang rendah. (Janudom dkk., 2010).

2.5 Furnace

Perkembangan teknologi pada masa sekarang sangatlah pesat dan sebanding dengan kebutuhan pada sebuah industri yang berbasis automasi dan memiliki sistem kendali yang lebih handal. Keandalan pada sistem tersebut sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi di dunia industri. Sebagai contoh automasi dalam sebuah industri adalah proses pemanasan pada sistem *furnace*. *Furnace* adalah alat yang digunakan untuk menaikkan suhu pada suatu objek dari pembakaran bahan bakar. Perpindahan panas yang terjadi pada *furnace* dapat terjadi dengan tiga cara yaitu konveksi, konduksi dan radiasi (Agil dkk., 2021).

Tujuan dari *furnace* adalah untuk menghasilkan energi panas dan mencapai tahap pembakaran. *Furnace* bekerja dengan metode mencampurkan gas dan udara dalam komposisi yang seimbang. Bahan bakar yang digunakan sendiri, entah itu berupa bahan bakar cair atau gas, dicampur di dalam *burner*. *Burner* adalah perangkat yang mengontrol aliran bahan bakar dan udara untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pembakaran. Secara keseluruhan, pembakar dibagi menjadi dua jenis, yaitu pembakar utama dan pembakar pendamping. Pembakar pendamping digunakan sebagai titik awal dalam proses penyalaan dari pemantik api (*ignition*), kemudian dilanjutkan dengan pembakar utama hingga memiliki

keadaan dimana *burner* mengkonsumsi lebih banyak gas dan udara (Agil dkk., 2021).

2.6 Pengujian Kekerasan

Secara umum, kekerasan adalah suatu indikator dari kemampuan logam untuk tahan terhadap perubahan bentuk dan merupakan cara untuk mengukur sejauh mana logam tersebut dapat mengalami deformasi plastik atau deformasi permanen. Bagi para insinyur perancang, kekerasan seringkali diinterpretasikan sebagai sebuah indikator yang menunjukkan seberapa mudah dan seberapa kuat serta bagaimana sifat perlakuan panas logam (Affandi & Rizky, 2020).

2.6.1 Uji Kekerasan *Brinell*

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan mengaplikasikan bola baja yang telah mengalami proses pengerasan pada suatu objek, kemudian diberi tekanan menggunakan beban tertentu. Permukaan logam yang akan digarisbawahi harus bebas dari debu dan kotoran, datar, serta licin (Affandi & Rizky, 2020). Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. BHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$HB_1 = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d_1^2})} \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots(1)$$

dan kekerasan benda kerja yang hendak diukur kekerasannya adalah:

$$HB_2 = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d_2^2})} \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

D = diameter indenter = 10 mm

d_1 = diameter indentasi pada benda uji standar (mm)

d_2 = diameter indentasi pada benda kerja (mm)

HB_1 = kekerasan benda uji standar yang sudah diketahui (kg/mm^2)

HB_2 = kekerasan benda kerja yang hendak diukur (kg/mm^2)

P = Gaya pemukulan (kg)

2.6.2 Uji Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan indentor berbentuk piramida intan yang memiliki bentuk persegi. Sudut permukaan piramida yang berdekatan memiliki ukuran 136° (Affandi & Rizky, 2020). Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

2.6.3 Uji Kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan ini melibatkan pengukuran tingkat kekerasan yang diperoleh sebagai fungsi kedalaman indentasi yang hampir identik dengan pengujian *brinell*. Perbedaan pada pengujian *brinell* terletak pada alat indentor dan beban yang lebih kecil, sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan juga lebih halus (Affandi & Rizky, 2020). Pada uji kekerasan metode Rockwell, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan beban utama atau mayor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H = E - e \dots\dots\dots (4)$$

$$e = \frac{h}{0,002} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

E = 100, untuk indentor intan

E = 130, untuk indentor bola

e = kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (mayor) per 0,002 mm

h = kedalaman penetrasi oleh beban utama setelah di lepas

2.7 Pengujian Mikro

Metalografi adalah teknik atau ilmu yang digunakan untuk mengamati struktur mikro dan makro material. Struktur mikro logam bisa diperoleh dengan melalui tahap mengolah spesimen logam secara metalografi. Dengan niat untuk menganalisis struktur serta mengidentifikasi berbagai fasa dalam struktur mikro, berdasarkan pada tingkat makro dan mikro. Untuk melihat struktur mikro suatu paduan (material), diperlukan penggunaan mikroskop dengan tingkat perbesaran hingga mencapai 1000 kali. Metalografi adalah penyelidikan terhadap struktur dan komponen fisik logam atau paduan melalui pengamatan secara visual atau menggunakan alat bantu seperti mikroskop optik. Penganalisisan metalografi secara kuantitatif menjadi suatu pengujian yang penting dalam proses pembuatan logam karena dapat digunakan untuk menentukan fasa yang terbentuk, ukuran butir, dan berbagai sifat fisik lainnya. Informasi-informasi tersebut memiliki nilai penting karena melalui data tersebut kita dapat memperkirakan tingkat kekerasan dan ketahanan suatu logam (Tiandho, 2017).

2.8 Metode ANOVA

Teknik Analisis Varian (ANOVA) sebuah teknik yang digunakan untuk mengetahui perkiraan nilai secara kuantitatif dari suatu faktor pada semua percobaan. Prosedur analisis variasi melibatkan penggunaan satu variabel numerik saja (*single numerical variable*) yang dihitung dari beberapa contoh untuk menguji hipotesis nol dari populasi yang (diperkirakan) memiliki rata-rata hitung (mean) yang sama. Variabel yang digunakan dalam acuan merupakan variabel yang terikat. Dalam studi ini, analisis yang digunakan adalah varian satu arah (*one away*), dikarenakan data tidak lebih dari 2 faktor. karena data hanya terdiri dari dua faktor saja. Asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis adalah bahwa populasi yang diperiksa harus memiliki distribusi yang normal, sampel harus tidak saling terkait, dan variasi atau keragaman pada populasi yang diperiksa harus sama (Sugiharto, 2009).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian pembuatan plat komposit aluminium ADC 12 penguat alumina adalah metode eksperimental dengan melakukan pengerolan pada spesimen variasi ketebalan sebesar 5 mm, 7 mm, dan 9 mm pada setiap sampel dengan *pre heating* sebelum melakukan pengerolan menggunakan *furnace* dengan suhu 350 °C.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Proses penulisan skripsi dan penelitian ini akan dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai selesai.

3.2.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Mesin rol

Mesin rol pada penelitian ini digunakan untuk mengurangi ketebalan pada spesimen

b. *Furnace*

Furnace atau dapur pemanas pada penelitian ini digunakan untuk proses *pre heating* pada spesimen sebelum dilakukannya proses pengerolan.

c. Adapun alat ukur yang digunakan meliputi :

1) Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur ketebalan spesimen setelah proses pengerolan

2) *Thermogun*

Thermogun berfungsi sebagai alat untuk mengukur suhu dari spesimen sebelum dilakukannya pengerolan

d. Mesin Uji Kekerasan

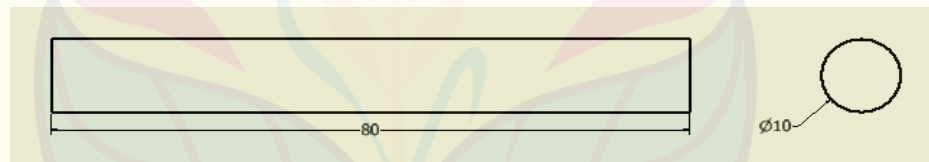
Hardness tester atau alat penguji kekerasan pada penelitian ini digunakan untuk mengukur nilai kekerasan pada spesimen. Jenis pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu uji kekeraan *rockwell*

3.3.2 Bahan

a. ADC (*Aluminium Die Casting*) 12 dengan penguat Al_2O_3

b. Desain ASTM B557

ASTM B557 merupakan standar pengujian tarik yang banyak digunakan untuk logam.



Gambar 3.1 Rancangan awal sampel

3.4 Variabel Penelitian

Penggunaan data pada penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari hasil percobaan. Variabel-variabel yang digunakan meliputi:

3.4.1 Variabel Bebas

Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah reduksi ketebalan

3.4.2 Variabel Respon

Dalam penelitian ini variabel respon yang digunakan adalah kecepatan pengerolan

3.4.3 Variabel kontrol

Dalam penelitian ini variabel kontrol yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Material yang digunakan ADC 12 (*Aluminium Die Casting 12*) dengan penguat Al_2O_3
- b. Metode manufaktur menggunakan proses pengerolan
- c. Pengerolan dilakukan dengan satu arah atau searah pada material

3.5 Tahap-Tahap Penelitian

3.5.1 Proses Pengerolan

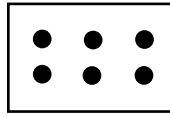
- a. Siapkan spesimen aluminium yang berbentuk bar
- b. Melakukan *pre heating* pada spesimen kedalam *furnace* sampai sampel mencapai suhu $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan ditahan selama 60 menit
- c. Mengatur ketebalan pada kedua silinder pada mesin pengerolan
- d. Setelah sampel ditahan di suhu $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 60 menit, keluarkan sampel
- e. Melakukan pengerolan dengan mesin rol

3.6 Pengujian Sampel

3.6.1 Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan *rockwell* plat komposit aluminium ADC 12 dengan penguat alumina dilakukan sebagai berikut:

- a. Spesimen yang sudah selesai dilakukan proses pengerolan akan diuji menggunakan pengujian kekerasan
- b. Persiapkan alat uji kekerasan *rockwell*
- c. Atur alat pengujian kekerasan dengan menyesuaikan spesimen dan alat pengujian
- d. Letakan spesimen pada mesin uji kekerasan *rockwell*
- e. Dilakukan proses pengujian kekerasan
- f. Catat hasil dari pengujian



Gambar 3.2 Titik pengujian kekerasan

3.6.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan Struktur Mikro Pengujian struktur mikro pada plat komposit aluminium ADC 12 hasil pengerolan, tahapan pengujian sebagai berikut:

- Persiapan sampel yang sudah di potong dengan memberikan resin untuk mempermudah pemegangan
- Kemudian sampel permukaan yang di resin, di perhalus menggunakan amplas dengan nilai kekasaran 200Cw, 500Cw, 1000Cw, 1500Cw, 2000Cw.
- Pembuatan larutan Etsa menggunakan gabungan 95 ml air, 1 ml hydrofloride acid (HF), 1,5 ml HCl dan 2,5 ml HNO₃
- Keringkan sampel
- Letakan sampel pada mikroskop
- Proses pengamatan serta pengambilan data

3.7 Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh untuk hasil pengujian kekerasan plat aluminium ADC 12 dengan penguat Al₂O₃ dilakukan dengan pengolahan data menggunakan statistik ANOVA satu arah. Setelah itu hasil dari data-data tersebut di olah menggunakan rumus yang sudah di tentukan.

Tabel 3.1 Tabel pengolahan data uji kekerasan

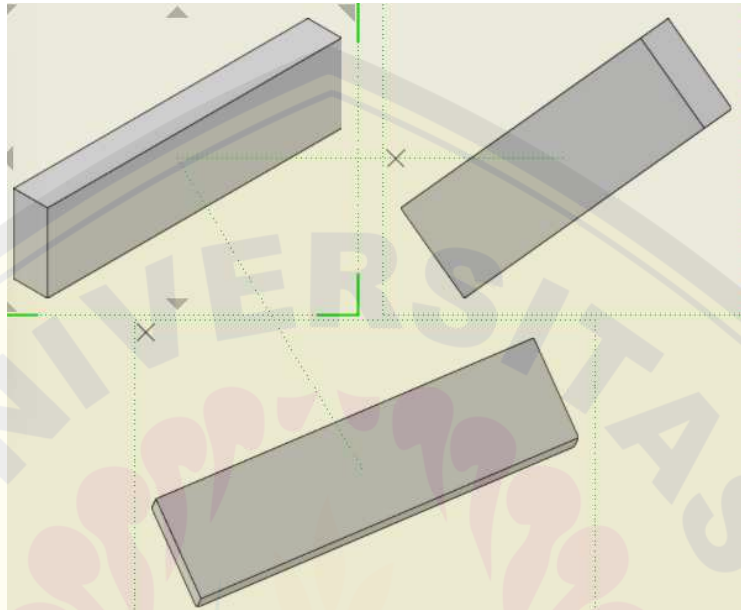
Replikasi	Ketebalan Sampel		
	5 mm	7 mm	9 mm
1			
2			
3			
Rata-rata			

Hipotesis:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ (Reduksi ketebalan tidak menambahkan nilai kekerasan)

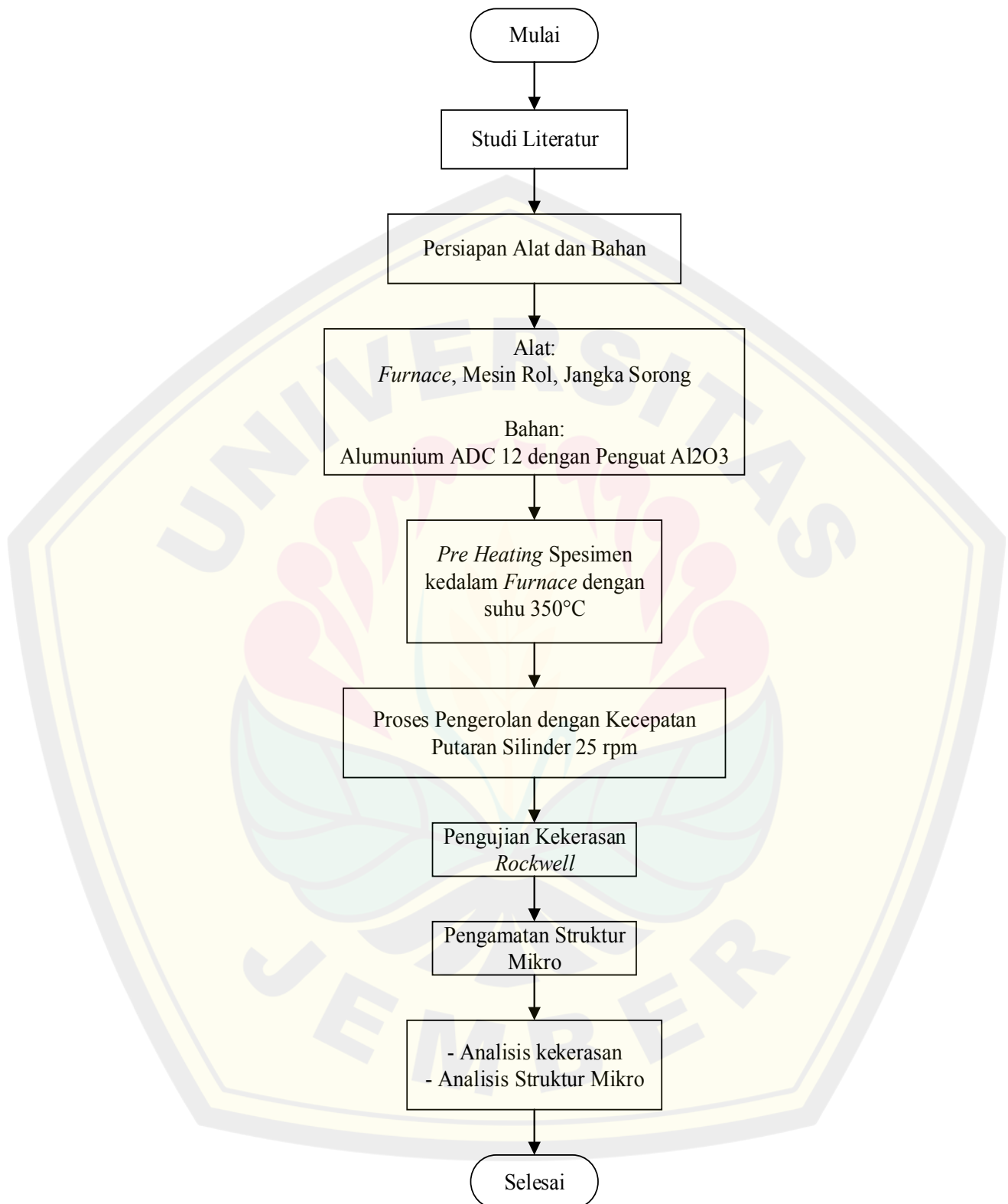
$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ (Reduksi ketebalan menambahkan nilai kekerasan)

Tingkat signifikansi: $\alpha = 5\%$



Gambar 3.3 Spesimen penelitian

3.8 Diagram Alir



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian

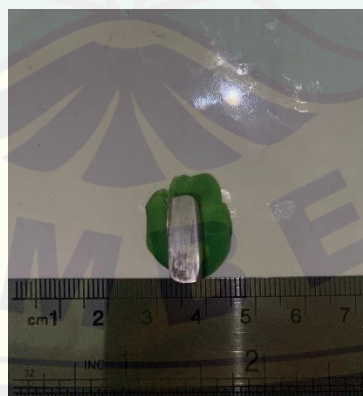
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Percobaan

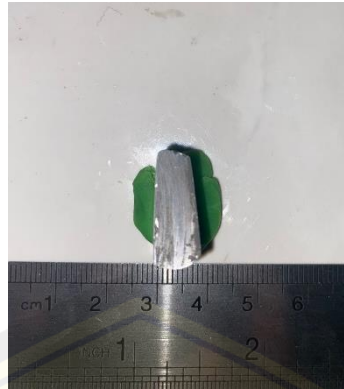
Data hasil percobaan didapatkan berdasarkan rancangan percobaan metode ANOVA *one way* dengan menggunakan satu variabel yaitu ketebalan. Proses pengambilan data dilakukan dengan replikasi sebanyak 3 kali. Variasi ketebalan yang digunakan pada percobaan ini yaitu 5 mm, 7 mm, dan 9 mm. Dari ketebalan tersebut nantinya diperoleh hasil data pengujian kekuatan kekerasan mana yang paling tinggi pada material komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan. Berikut merupakan hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 pada gambar dibawah.



Gambar 4.1 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 5 m

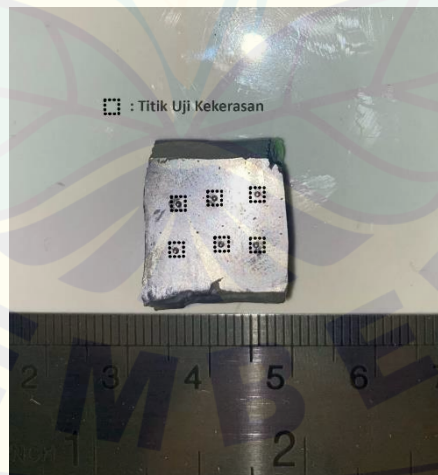


Gambar 4.2 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 7 mm



Gambar 4.3 Hasil pengerolan komposit aluminium ADC 12 ukuran 9 mm

Proses pengerolan dilakukan di Laboratorium Material Fakultas Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, kemudian setelah melakukan pengerolan nantinya akan dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan *rockwell* dan pengamatan struktur mikro pada spesimen. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Uji Material Fakultas Teknik Universitas Jember. Berikut adalah gambar spesimen hasil pengerolan setelah dilakukan uji kekerasan dengan memotong spesimen berukuran 20 mm x 20 mm dan dimounting dengan resin dengan penguat katalis agar lebih mudah dalam meratakan permukaan.



Gambar 4.4 Spesimen setelah uji kekerasan

Gambar diatas adalah titik tempat dilakukannya pengujian kekerasan *rockwell* dengan indentor bola. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan rata-rata

nilai kekerasan tiap spesimen yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengujian kekerasan

No	Variasi Ketebalan	Nilai Kekerasan (HRB)			Rata-rata
		Replikasi			
		1	2	3	
1	5 mm	59	64	66	63
2	7 mm	50	54	51	52
3	9 mm	47	46	48	47

*HRB : *Hardness Rockwell B*

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Uji Normalitas Data

Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data tersebut berdistribusi normal ataukah tidak. Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini menggunakan uji kolmogorov-smirnov pada aplikasi minitab19 dengan setiap eksperimen dilakukan sebanyak 3 pengulangan (replikasi). Dengan ini menggunakan hipotesa sebagai berikut:

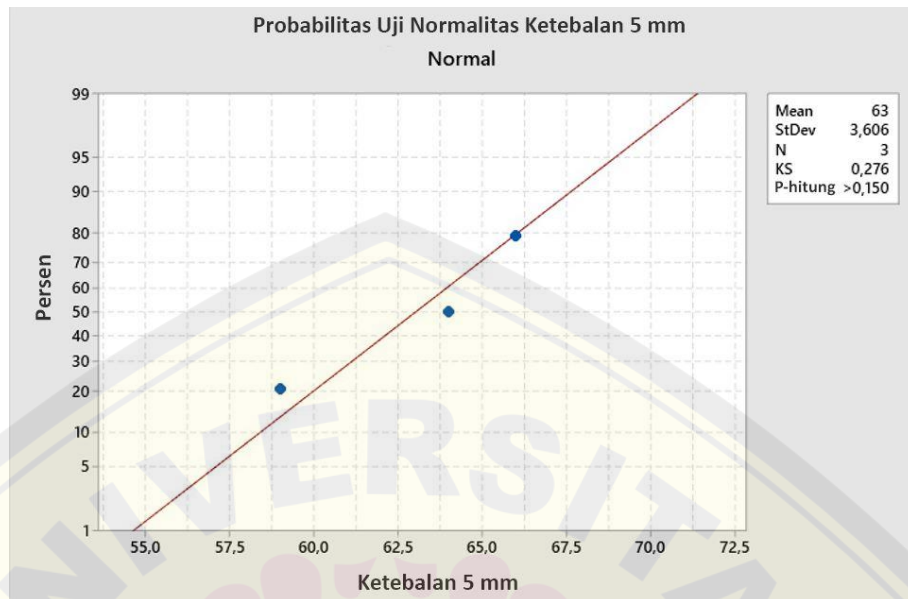
H_0 = Data pengujian terdistribusi normal

H_1 = Data pengujian tidak terdistribusi normal

H_0 diterima jika nilai $P\text{-value} > \alpha = 0,05$ (5%)

Berdasarkan uji normalitas kolmogorov-smirnov yang telah dilakukan pada masing-masing kelompok data diperoleh hasil sebagai berikut.

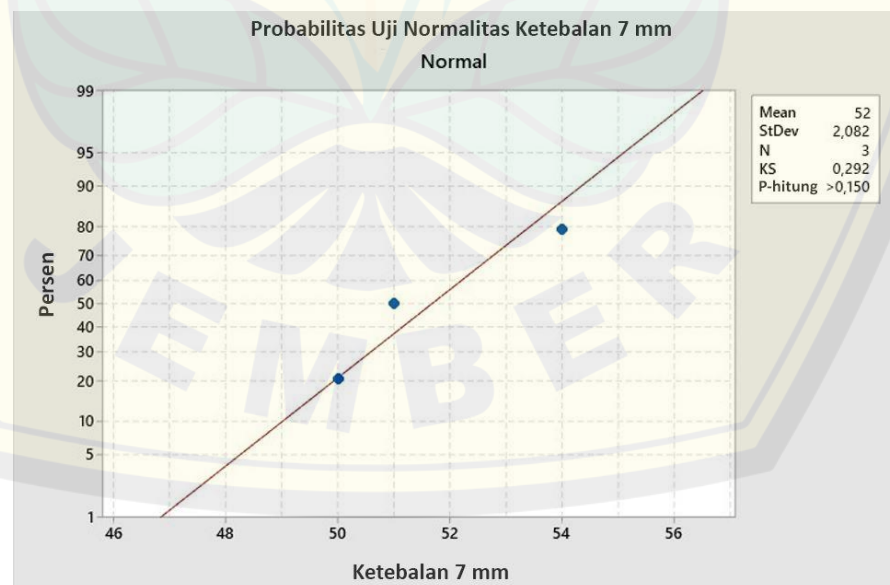
a. Ketebalan 5 mm



Gambar 4.5 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 5 mm

Berdasarkan plot uji normalitas data kelompok spesimen ketebalan 5 mm dengan melakukan 3 percobaan didapat kesimpulan bahwa data kelompok ketebalan 5 mm berdistribusi normal, hal ini dikarenakan nilai *p-value* yakni $>0,150$ yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$.

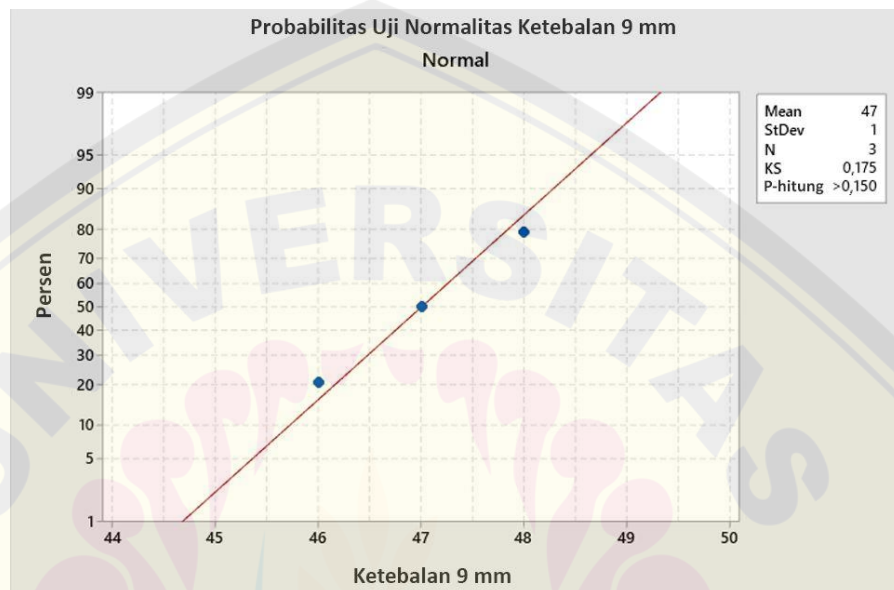
b. Ketebalan 7 mm



Gambar 4.6 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 7 mm

Berdasarkan plot uji normalitas data kelompok spesimen ketebalan 7 mm dapat disimpulkan bahwa data kelompok spesimen ketebalan 7 mm berdistribusi normal, hal ini dikarenakan nilai dari *p-value* yakni $>0,150$ yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$.

c. Ketebalan 9 mm

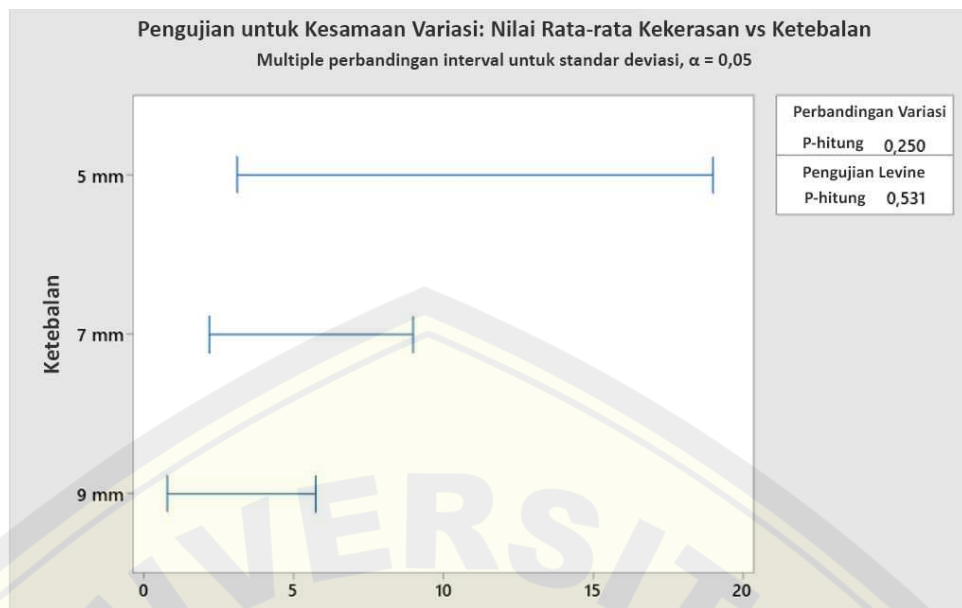


Gambar 4.7 Plot uji normalitas spesimen ketebalan 9 mm

Berdasarkan plot uji normalitas data kelompok spesimen ketebalan 9 mm dengan melakukan 3 percobaan didapat kesimpulan bahwa data kelompok ketebalan 9 mm berdistribusi normal, hal ini dikarenakan nilai *p-value* yakni $>0,150$ yang lebih besar dari nilai $\alpha = 0,05$.

4.2.2 Uji Homogenitas Data

Uji homogenitas dilakukan untuk menguji sama tidaknya varian dari masing-masing kelompok data. Uji homogenitas dilakukan menggunakan minitab19 dengan uji *Levene Test* pada masing-masing kelompok data berdasarkan ketebalan. Kriteria pengujiannya adalah apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang mempunyai varian tidak sama, sedangkan jika nilai signifikansi $> 0,05$ maka data berasal dari populasi-populasi yang mempunyai varian yang sama.



Gambar 4. 8 Hasil tes homogenitas dengan Minitab19

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa data termasuk homogen hal ini disebabkan karena *p-value* dari masing-masing jenis ketebalan lebih besar dari taraf signifikan $\alpha = 0,05$ jadi bisa disimpulkan H_0 diterima yaitu data bersifat homogen.

4.2.3 Pengujian *One Way* ANOVA

Dalam analisis varians membandingkan variabilitas antara kelompok-kelompok (seberapa jauh rata-rata terpisah) terhadap variabilitas dalam kelompok (seberapa banyak variasi alami yang ada di perlakuan). Hipotesis penelitian H_0 dan H_1 sebagai berikut :

- H_0 : Tidak ada perbedaan rata-rata nilai kekerasan antara ketebalan sebesar 5 mm, 7 mm dan 9 mm.
- H_1 : Ada perbedaan rata-rata nilai kekerasan antara ketebalan sebesar 5 mm, 7 mm dan 9 mm.

Pengujian *one way* ANOVA pada penelitian ini menggunakan aplikasi minitab19 dan dari hasil pengerjaan dengan aplikasi minitab19 didapatkan hasil pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Hasil ANOVA (*Analysis Of Variance*)

Sumber	DF	Adj SS	Adj MS	F-hitung	P-hitung
Ketebalan	2	406,22	203,111	33,24	0,001
Kesalahan	6	36,67	6,111		
Jumlah	8	442,89			

Dari tabel 4.2 diatas didapat kesimpulan bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ menandakan ketebalan mempunyai pengaruh yang signifikan pada variabel terikat. Penelitian ini menggunakan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ (5%) dengan beberapa faktor pertimbangan diantaranya sebagai berikut :

- Kemampuan dan ketelitian mesin uji kekerasan *rockwell* merek Mitoyo
- Kesalahan manusia

Nilai F_{tabel} dapat dicari menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$DK_T = k - 1 = 3 - 1$$

$$= 2$$

Dimana k = banyak kelompok

$$DK_D = N - K$$

$$= 9 - 2$$

$$= 7$$

Dimana N = jumlah seluruh anggota sampel

Dimana dk_A adalah pembilang sebesar 2 dengan dk_D adalah penyebut sebesar 7. Nilai F_{tabel} dapat diketahui pada Lampiran 4. Jadi, $F_{hitung} = 33,24 > F_{tabel} (0,05) (2, 6) = 5,14$ maka H_0 ditolak, dengan ini hipotesis yang diterima adalah H_1 dengan ini nilai kekerasan hasil pengerolan material aluminium ADC 12 dengan penguat Al_2O_3 berbeda, sehingga ketebalan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan.

4.2.4 Pengujian *Post Hoc*

Pengujian *post hoc* digunakan untuk melihat ada tidaknya perbedaan rata-rata secara lebih detail. Dan salah satu metode yang digunakan ini adalah metode tukey. Berikut adalah hasil pengujian dan pengelompokan informasi menggunakan

metode tukey dengan 95% kepercayaan yang dijelaskan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil metode tukey

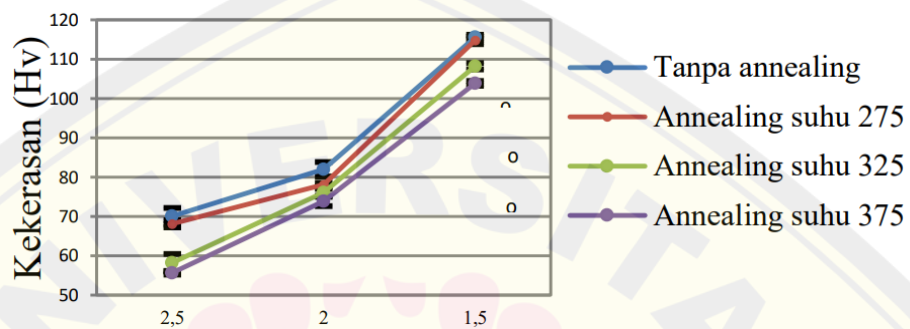
Ketebalan	N	Mean	Grup
5 mm	3	63	A
7 mm	3	52	B
9 mm	3	47	B

Dari tabel hasil metode tukey yang diolah menggunakan aplikasi minitab19 diatas disimpulkan pada ketebalan 5 mm memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu dengan rata-rata antar replikasinya 63 HRB diikuti dengan ketebalan 7 mm dan ketebalan 9 mm dengan masing-masing memiliki rata-rata 52 HRB dan 47 HRB .

4.3 Pembahasan Pengaruh Ketebalan Hasil Pengerolan

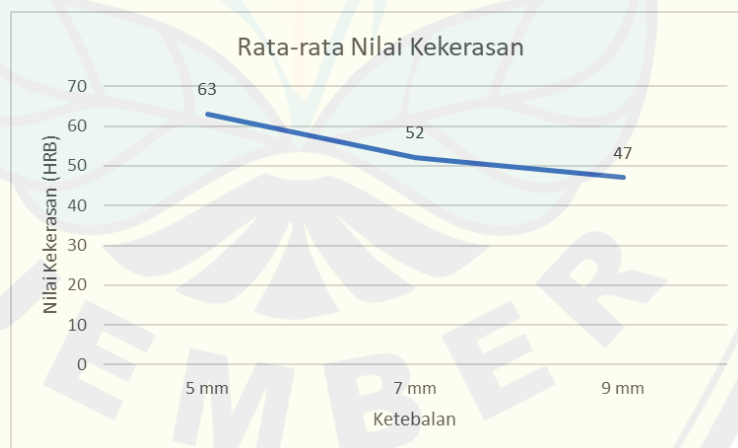
Variasi ketebalan adalah parameter yang digunakan pada penelitian ini. Dari hasil penelitian dan pengolahan data menyatakan bahwa variasi ketebalan berpengaruh dalam pengujian sifat mekanik yaitu nilai kekerasan. Pada penelitian ini, faktor ketebalan pada perhitungan menggunakan *one way* ANOVA dan dibantu dengan aplikasi minitab19 menyatakan bahwa pada uji F ketebalan memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan, sehingga rata-rata setiap level atau variasi ketebalan memiliki nilai yang tidak sama atau berbeda yaitu ($F_{hitung} = 33,41 > F_{tabel} = 4,74$). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan dan perbedaan nilai kekerasan pada setiap levelnya. Variasi ketebalan yang memiliki nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada level 1 atau pada ketebalan 5 mm dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 63 HRB. Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada level 3 atau pada ketebalan 9 mm dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 47. Hasil ini diperkuat oleh penelitian lain yang dilakukan oleh (Putra dkk., 2017) yang berjudul “ Pengaruh Variasi Reduksi Ketebalan *Cold Rolling* Serta Suhu Annealing Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium *Alloy 6082-T6*” Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada reduksi ketebalan 50% atau ketebalan akhir 1,5 mm tanpa variasi suhu anneal dengan nilai 115,56 Hv. Ini

menunjukkan bahwa semakin besar reduksi ketebalan maka semakin besar deformasi plastis sehingga dislokasi juga meningkat, hal ini mengakibatkan kekerasan semakin tinggi dan nilai kekerasan terendah dengan nilai 55,88 Hv terdapat pada reduksi ketebalan 83,33% atau ketebalan 2,5 mm dengan variasi suhu anneal 375°, menunjukkan bahwa annealing mengakibatkan pembesaran batas butir sehingga menurunkan kekerasan.



Gambar 4.9 Diagram nilai rata-rata kekerasan (Putra dkk., 2017)

Dari gambar 4.9 hasil penelitian yang dilakukan oleh (Putra dkk., 2017) disimpulkan bahwa semakin besar pengurangan ketebalan maka nilai kekerasan semakin besar karena diakibatkan deformasi plastis pada batas butir yang akan membuat batas butir semakin padat karena proses pengerolan.



Gambar 4.10 Diagram nilai rata-rata kekerasan pengaruh variasi ketebalan

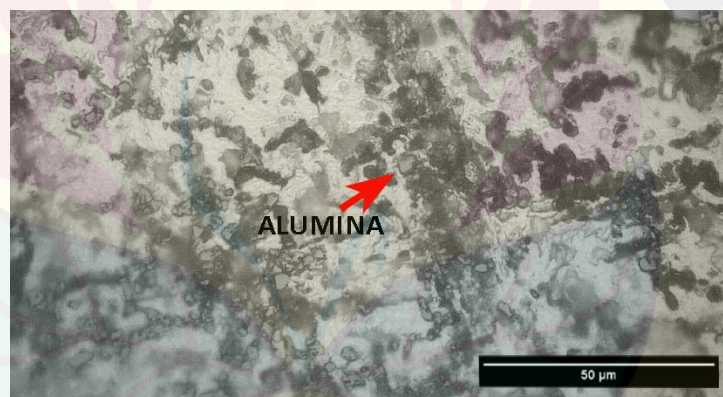
Pada gambar diatas menunjukkan terdapat perbedaan nilai rata-rata kekerasan pada tiap variasi ketebalan. Dimana ketebalan 5 mm adalah jenis variasi dengan 3 replikasi yang memiliki rata-rata nilai kekerasan tertinggi sebesar 63

HRB. Nilai kekerasan dengan paling rendah terdapat pada variasi ketebalan 9 mm pada 3 replikasi dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 47 HRB.

4.4 Pengamatan Struktur Mikro

4.4.1 Struktur Mikro Ketebalan 5 mm

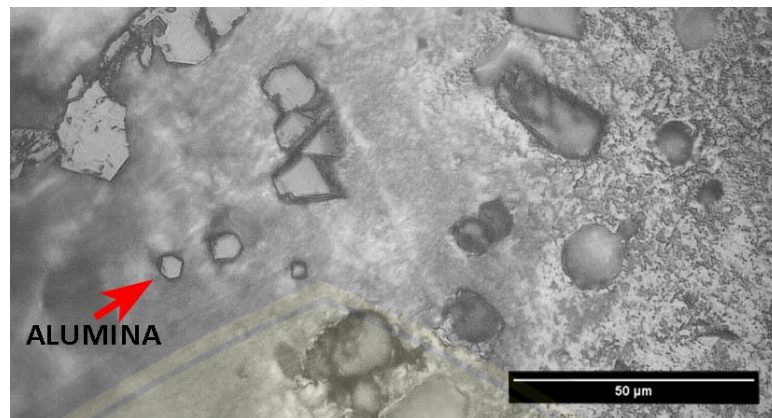
Gambar dibawah menunjukkan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan dengan ketebalan 5 mm. Gambar ini diambil menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000x, terlihat garis panah menunjukan tampak bahwa alumina atau Al_2O_3 . Pada struktur mikro variasi ketebalan 5 mm memiliki ruang kosong yang lebih sedikit dibanding variasi lainnya, hal ini membenarkan bahwa ketebalan 5 mm memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi karena struktur partikelnya lebih rapat.



Gambar 4.11 Struktur mikro variasi ketebalan 5 mm

4.4.2 Struktur Mikro Ketebalan 7 mm

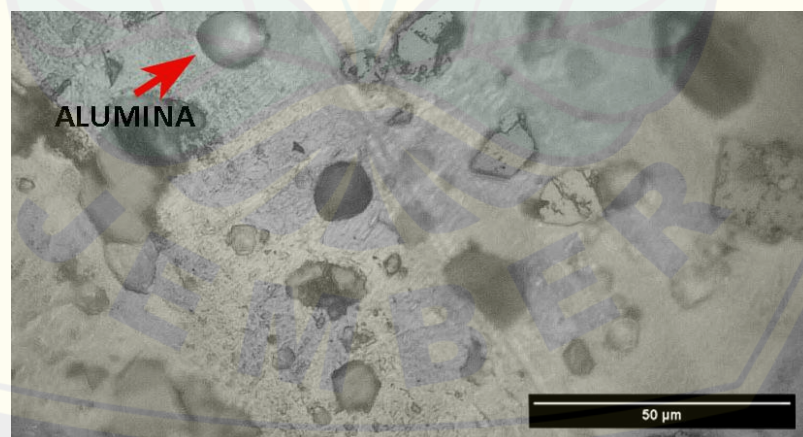
Gambar dibawah menunjukkan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan dengan ketebalan 7 mm. Terlihat struktur mikro memiliki ruang kosong yang cukup banyak, pada variasi ketebalan 7 mm memiliki bentuk partikel alumina atau Al_2O_3 yang lebih besar dibandingkan dengan variasi ketebalan 5 mm, warna pada beberapa partikel alumina berwarna gelap.



Gambar 4.12 Struktur Mikro Variasi Ketebalan 7 mm

4.4.3 Struktur Mikro Ketebalan 9 mm

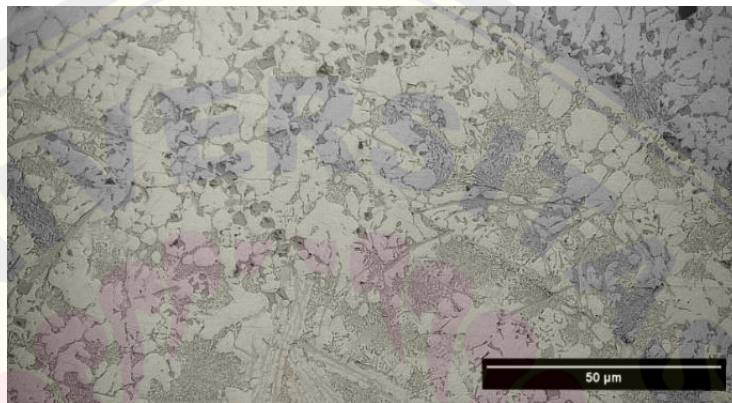
Gambar dibawah menunjukkan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan dengan ketebalan 9 mm. Pada variasi ini terlihat struktur mikro yang memiliki banyak ruang kosong yang hampir sama seperti ketebalan 7 mm, dan ukuran partikel alumina atau Al_2O_3 juga berbentuk hampir sama dengan variasi berukuran 7 mm. Variasi 9 mm dan 7 mm memiliki rata-rata nilai kekerasan yang berdekatan dan pada uji *post hoc* keduanya masuk dalam satu kelompok, hal ini membenarkan bahwa pada pengujian struktur mikro variasi ketebalan 7 mm dan 9 mm memiliki struktur mikro yang hampir sama.



Gambar 4.13 Struktur Mikro Variasi Ketebalan 9 mm

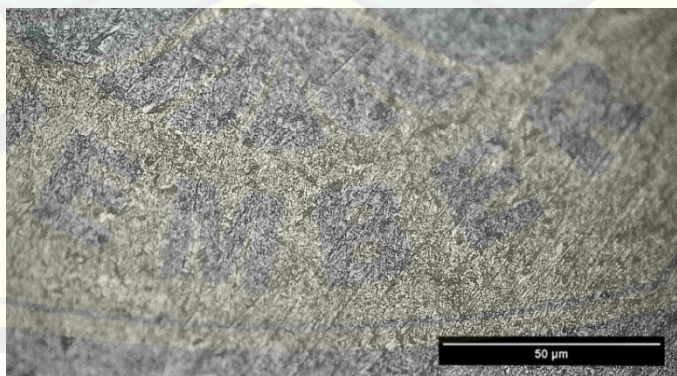
4.5 Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro

Pada penelitian yang dilakukan oleh pada gambar 4.12 merupakan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengecoran tanpa perlakuan metal *forming* atau pembentukan logam dengan perbesaran 50 μm . Terlihat pada gambar dibawah tidak ada garis *interface* akibat proses pembentukan logam



Gambar 4.14 Struktur Mikro Al/ Al_2O_3 tanpa Metal Forming

Pada gambar 4.13 merupakan struktur mikro komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 hasil pengerolan dengan perbesaran 1000x. Dalam pengamatan struktur mikro ini dapat dilihat pada gambar 4.12 dan 4.13 yang merupakan perbedaan struktur mikro sebelum dan sesudah dilakukan pengerolan, pada gambar sesudah dilakukan pengerolan terdapat garis *interface*.



Gambar 4.15 Struktur Mikro Al/ Al_2O_3 Hasil Pengerolan

Gambar 4.13 ini diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh (Pramono dkk., 2018) yang berjudul “Pengaruh Parameter Terkontrol pada Proses *Accumulative Roll Bonding* (ARB) Terhadap Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Aluminium Seri 6 (AA6061)” yang menyatakan faktor yang menyebabkan adanya garis *interface* pada gambar struktur mikro diatas disebabkan oleh beberapa faktor yaitu beban yang diterima sampel kurang, permukaan kotor, dan kecepatan silinder pada saat pengerolan.



Gambar 4.16 Struktur Mikro Al/Al₂O₃ Hasil Proses ARB (Pramono dkk., 2018)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil eksperimen dan analisa pada penelitian ini menggunakan metode *one way ANOVA* mengenai pengaruh ketebalan pada hasil pengerolan terhadap nilai kekerasan dengan material komposit aluminium ADC 12/ Al_2O_3 sebagai berikut:

1. Variasi ketebalan yang paling tinggi terdapat pada level 1 atau ketebalan 5 mm dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 67 HRB, Selanjutnya diikuti variasi ketebalan 7 mm yang memiliki rata-rata nilai kekerasan sebesar 52 HRB. Sedangkan rata-rata nilai kekeran terendah pada level 3 atau variasi ketebalan 9 mm sebesar 47 HRB
2. Berdasarkan hasil pengamatan foto struktur mikro mempunyai garis *interface* yang diakibatkan oleh proses pengerolan. Variasi ketebalan pada penelitian ini yang memiliki nilai kekerasan tetinggi adalah variasi ketebalan 5 mm. Struktur mikro pada variasi ketebalan 5 mm lebih menyatu rapat antar partikelnya, berbeda dengan variasi 7 mm dan 9 mm yang memiliki bagian ruang kosong pada struktur mikronya yang menyebabkan nilai kekerasannya lebih rendah dibanding variasi 5 mm

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, saran yang dapat penulis berikan yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan parameter-parameter yang lain seperti parameter suhu, kecepatan silinder pada saat pengerolan agar mengetahui berpengaruh apa tidaknya terhadap nilai kekerasan.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya bisa menyelidiki nilai kekutan hasil pengerolan dengan material yang sama.
3. Dalam melakukan pengambilan data penelitian diharapkan melakukan pengulangan percobaan dan lebih teliti agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agil Haikal, Dandy Tulus Herlambang, Machrus Ali, dan Muhlasin. (2021). Desain optimasi pid controller pada heating furnace temperature menggunakan metode particle swarm optimization (pso). *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*. 2(2):77–82.
- Alim, Moebi Syahirul. (2020). Studi Pendahuluan Rapid Thermal Annealing Berbasis Material Komposit Untuk Aplikasi Case Ponsel Antiradiasi Melalui Teknik Accumulative Roll Bonding. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Affandi & A. Rizky. (2020). Pengaruh variasi media pendingin terhadap kekerasan baja aisi 6135 yang mengalami perlakuan panas anealing. Repository Umsu
- Artiukh, V., V. Mazur, dan R. Prakash. (2016). Increasing hot rolling mass of steel sheet products. *Solid State Phenomena*. 871(1):3–8.
- Bataille, C., E. Luc, M. Bigerelle, R. Deltombe, dan M. Dubar. (2016). Rolls wear characterization in hot rolling process. *Tribology International*. 100:328–337.
- Efendi, A. (2020). Rancang bangun mobil listrik sula politeknik negeri subang. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*. 17(1):75.
- Faika, S. A. (2018). Konstruksi dan manufaktur pembuatan die ekstrusi dingin pada pembentukan benda kerja berbentuk silinder. Tugas Akhir. 72(1):28.
- Fasth, T., A. Talantsev, L. Brouwers, dan A. Larsson. (2017). A dynamic decision analysis process for evaluating pandemic influenza intervention strategies. *Value in Health*. 20(9):A800.
- Grote & Antonsson, (2008), Springer Handbook of Mechanical Engineering. Page 56.
- Gultom, P. & J. R. Heksa Galuh W. (2019). Perancangan mesin rol plat dengan metode cold rolling skala home industry. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*. 9(2):31–36.
- Habibullah M. (2020). Analisa Gaya Tekan Mesin Pembentukan Logam Pada Pembuatan Tutup Mangkok dengan Bahan Aluminium Menggunakan Instrumen Load Cell. Fakultas Teknik UMSU

- Hasan, D. A. & Herianto. (2014). Pengukuran kekasaran permukaan plat aluminium hasil pemotongan laser cutting dan cnc milling pc-based. *Seminar Nasional. Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*. 307–311.
- Janudom, S., T. Rattanochaikul, R. Burapa, S. Wisutmethangoon, dan J. Wannasin. (2010). Feasibility of semi-solid die casting of adc12 aluminum alloy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 20(9):1756–1762
- Kolo, M. M. (2016). Sintesis nanopartikel aluminium oksida dengan metode elektrokimia. *Institut Teknologi Sepuluh November*. 5–10.
- Kolo, M. M. & F. Kurniawan. (2020). Effect of nacl electrolyte concentration on al₂o₃ nanoparticle synthesis by electrochemical methods. 22(December):8–15.
- Malisy, S. 2018. Pengaruh kecepatan putaran roll terhadap nilai kekuatan uji tarik dari penggabungan 2 pelat pelat a1100 dan a6061 pada proses hot roll bonding
- Mubina, F. & A. Amir. (2022). Perancangan mesin roll plat listrik sebagai peningkatan efisiensi kerja di industri manufaktur. *Jurnal Mekanik Terapan*. 3(1):18–25.
- Musyafak. (2019). Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang. Studi kecepatan memiringkan cetakan untuk penuangan logam cair terhadap struktur mikro pada proses pengecoran paduan adc 12. 14–19.
- Okayasu, M., K. Ota, S. Takeuchi, H. Ohfuji, dan T. Shiraishi. (2014). Materials science & engineering a influence of microstructural characteristics on mechanical properties of adc12 aluminum alloy. *Materials Science & Engineering A*. 592:189–200.
- Pramono, A., A. A. Alhamidi, dan N. Fadila. (2018). Pengaruh parameter terkontrol pada proses accumulative roll bonding (arb) terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur aluminium seri 6 (aa6061). *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*. 2(1):68–73.
- Putra, R. C., I. Yaningsih, dan T. Triyono. (2017). Pengaruh variasi reduksi ketebalan cold rolling serta suhu annealing terhadap sifat fisik dan mekanik aluminum alloy 6082-t6. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*. 13(2):147.
- Rasyid, M. M. (2017). Analisis sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium adc12 dengan teknik pengecoran semi solid (rheocasting). *Seminar Nasional*

Hasil Penelitian (SNP2M PNUP). 2017:1–6.

Rizky, M. Firmansyah, dan Basyir. (2017). Analisa variasi putaran pada mesin roll pembentuk plat profil terhadap hasil pengerolan plat 1 mm. *Teknik Mesin ITM*. 0(1):40–46.

Spuzic, S., K. N. Strafford, C. Subramanian, dan G. Savage. (1994). Wear of hot rolling mill rolls: an overview. *Wear*. 176(2):261–271.

Sugiharto, T. (2009). Analisis Varians (Analys of Variance). Universitas Gunadarma, 1–21

Thowil M. (2015). Analisis perbandingan baterai lithium-ion, lithium-polymer, lead acid dan nickel-metal hydride pada penggunaan mobil listrik - review. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 6(2):95–99.

Tiandho, Y. (2017). Analisis Kuantitatif Pori Berdasarkan Pengolahan Citra Menggunakan Wolfram. Jurusan Fisika. Universitas Bangka Belitung. Jurnal Ilmu Komputer

Wen, J., D. Zhao, dan C. Zhang. (2020). An overview of electricity powered vehicles: lithium-ion battery energy storage density and energy conversion efficiency. *Renewable Energy*. 162:1629–1648.

Wira, M, A., H. Haritsah, Anne Zulfia, dan E. Prajatelista. (2021). Mechanical and tribological properties of nano-sized Al_2O_3 particles on Al_{12} alloy composites with strontium modifier produced by stir casting method. *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*. 3(1):9–20.

LAMPIRAN



Lampiran