

TUGAS AKHIR

PEGARUH UKURAN SERBUK ALUMINIUM TERHADAP HARDNESS PADA PROSES METALURGI SERBUK

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MULIA ARDIANSYAH
1407230095



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

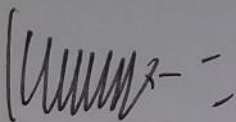
Nama : Mulia Ardiansyah
NPM : 1407230095
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap *Hardness*
Bidang ilmu : Alat Berat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2021

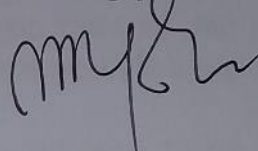
Mengetahui dan menyetujui:

Penguji I



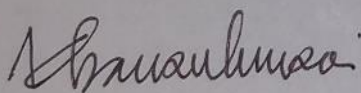
Rahmatullah, S.T.,M.Sc

Penguji II



M. Yani, S.T.,M.T

Penguji III



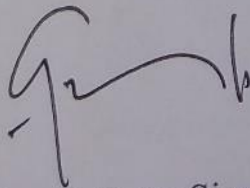
Khairul Umurani, S.T.,M.T

Penguji IV



Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra Amirsyah Putra Siregar, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mulia Ardiansyah
Tempat /Tanggal Lahir: Belawan/26 Mei 1996
NPM : 1407230095
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap *Hardness* Pada Proses Metalurgi Serbuk”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2021

Saya yang menyatakan,



Mulia Ardiansyah

ABSTRAK

Di Indonesia banyak sekali berdiri industri-industri besar dan kecil, dalam usaha pengembangan teknologi banyak upaya yang dilakukan yaitu dengan menciptakan karya baru dengan biaya murah, memiliki daya guna yang tinggi dan ekonomis. Namun pemanfaatan dan pengetahuan tentang cara-cara pengolahannya masih sangat kurang, sehingga sering banyak logam bekas yang terbuang percuma. Salah satunya dengan cara memanfaatkan bahan logam bekas atau sudah tidak terpakai yang dibuat menjadi geram atau serbuk logam. Metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan serbuk dan benda jadi dari serbuk logam atau paduan logam dengan ukuran serbuk tertentu tanpa melalui proses peleburan. Salah satu sifat mekanik material adalah keuletannya, hal ini menentukan fungsinya ketika digunakan. Tingkat ketegasan material terpengaruh oleh beberapa hal, seperti beban kejut, tarikan, suhu dan lain-lain. Untuk mengetahui keuletan dari pada suatu material perlu dilakukan suatu pengujian bahan yakni dengan pengujian *impact* yang dilakukan pada beberapa sampel atau spesimen dari suatu jenis material seperti serbuk aluminium, yang selanjutnya disinter didalam tungku pemanas. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada hasil uji kekerasan pada titik 1 spesimen 1 sebesar 70.0 HRA, hasil uji kekerasan pada titik 2 spesimen 1 sebesar 69.7 HRA, hasil uji kekerasan pada titik 3 spesimen 1 sebesar 69.7 HRA. Selanjutnya pada hasil spesimen 2 titik 1 menghasilkan kekerasan sebesar 67.0 HRA, hasil spesimen 2 titik 2 menghasilkan kekerasan sebesar 67.2 HRA, hasil spesimen 2 titik 3 menghasilkan kekerasan sebesar 70.8 HRA. Dan hasil uji kekerasan pada spesimen 3 titik 1 menghasilkan kekerasan sebesar 69.2 HRA, hasil uji kekerasan pada spesimen 3 titik 2 menghasilkan kekerasan sebesar 68.7 HRA, hasil uji kekerasan pada spesimen 3 titik 3 menghasilkan kekerasan sebesar 70.2 HRA.

Kata kunci: Ukuran Serbuk Aluminium, *Hardness*, Metalurgi Serbuk

ABSTRACT

In Indonesia there are many large and small industries, in the effort to develop technology many efforts have been made, namely by creating new works at a low cost, having high efficiency and economic effectiveness. But the utilization and knowledge of how to process it is still very lacking, so that often a lot of scrap metal is wasted. One of them is by utilizing used or unused metal material which is made into metal powder or fur. Powder metallurgy is the process of making powders and finished objects from metal powders or metal alloys with a certain powder size without going through the smelting process. One of the mechanical properties of a material is its tenacity, this determines its function when used. The level of firmness of the material is affected by several things, such as shock loads, notches, temperature and others. To determine the tenacity of a material, it is necessary to do a material test that is by impact testing which is carried out on several samples or specimens of a type of material such as aluminum powder, which is then sintered in a heating furnace. From the results of the tests that have been carried out, it can be concluded that the hardness test results at point 1 specimen 1 are 70.0 HRA, the hardness test results at point 2 specimen 1 are 69.7 HRA, the hardness test results at point 3 specimen 1 are 69.7 HRA. Furthermore, the 2 point 1 specimen results yield a hardness of 67.0 HRA, 2 point 2 specimen results produce a hardness of 67.2 HRA, 2 point 3 specimen results produce a hardness of 70.8 HRA. And the results of the hardness test on the 3 point 1 specimen resulted in a hardness of 69.2 HRA, the result of the hardness test on the 3 point 2 specimen resulted in a hardness of 68.7 HRA, the hardness test result on the 3 point 3 specimen resulted in a hardness of 70.2 HRA.

Keywords: *Size of Aluminum Powder, Hardness, Powder Metallurgy*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Ukuran Serbuk Alumunium Terhadap *Hardness* Pada Proses Metalurgi Serbuk” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Rahmatullah, S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
4. Bapak M.Yani, S.T.,M.T, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Chandra Amirsyah Putra Siregar, S.T.,M.T, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Progam Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesin kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Ayahanda Ariyanto dan Ibunda Zainab, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Nia Khairina Ismi, S.M, yang memberi motivasi dan orang tersayang, Roma Amnur, Muhammad Syandi Arnofiandi, Feri Satria Fambudi, Sudarman, teman-teman kelas A1 pagi 2014 dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin.

Medan, April 2021

Mulia Ardiansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	li
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	lii
ABSTRAK	lv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Umum	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 DASAR TEORI	3
2.1. Sejarah Aluminium	3
2.2. Sifat-sifat Aluminium	3
2.3. Paduan Aluminium	4
2.3.1 Klarifikasi Paduan Aluminium	4
2.3.2 Paduan Aluminium Utama	5
2.3.3 Paduan Aluminium Tembaga (AL-Cu)	8
2.3.4 Paduan Aluminium - Mangan (AL-Mn)	8
2.3.5 Paduan Al-Si	9
2.3.6 Uji Kekerasan	11
2.3.6.1 Pengujian Brinell	11
2.3.6.2 Pengujian Rockwell	12
2.3.6.3 Pengujian Vickers	13
2.3.7 Metalurgi Serbuk (Powder Metallurgy)	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Pelaksanaan Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan	22
3.3.1 Alat	22
3.3.2 Bahan	25
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.5 Langkah Kerja	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil	30
4.1.1 Hasil Spesimen 1	30

4.1.2 Hasil Spesimen 2	31
4.1.3 Hasil Spesimen 3	32
4.1.4. Data Hasil Pengujian	33
4.2 Pembahasan	34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat Fisik Alumunium	4
Tabel 2.2	Sifat-sifat Mekanik Alumunium	4
Tabel 2.3	Klarifikasi Paduan Alumunium Tempaan	5
Tabel 2.4	Klarifikasi Perlakuan Bahan	6
Tabel 2.5	Sifat-sifat Mekanik Paduan Al-Cu-Mg	7
Tabel 2.6	Konversi pada Diatemer Indentor	12
Tabel 3.1	Rencana Pelaksanaan Penelitian	20
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fasa Al-Si	10
Gambar 2.2	Perbaikan Sifat Mekanik oleh Modifikasi Paduan Al-Si	10
Gambar 2.3	Pengujian <i>Brinell</i>	11
Gambar 2.4	Proses Pengujian <i>Brinell</i>	12
Gambar 2.5	Proses Pengujian <i>Rockwell</i>	13
Gambar 2.6	Pengujian <i>Vickers</i>	14
Gambar 2.7	Pertumbuhan Ikatan Mikrostruktur Antar Partikel Logam Selama Proses Sinter (German,1994)	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2	Mesin <i>Ball Mill</i>	22
Gambar 3.3	Tungku Pembakaran	22
Gambar 3.4	Mesin <i>Deep Drawing</i>	23
Gambar 3.5	Mesin Uji Kekerasan (<i>Hardness</i>)	23
Gambar 3.6	<i>Hot Pressing</i>	24
Gambar 3.7	Penyaring 36 T	24
Gambar 3.8	<i>Thermosensor</i>	25
Gambar 3.9	Serbuk Alumunium	25
Gambar 3.4.1	Serpihan Alumunium	26
Gambar 3.4.2	Penggilingan Serpihan Alumunium	26
Gambar 3.4.3	Penyaringan	27
Gambar 3.4.4	Pemanasan	27
Gambar 3.4.5	Penekanan Kompaksi	28
Gambar 3.4.6	Pengujian Kekerasan	28
Gambar 4.1	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 1 Spesimen 1	30
Gambar 4.2	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 2 Spesimen 1	30
Gambar 4.3	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 3 Spesimen 1	31
Gambar 4.4	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 1 Spesimen 2	31
Gambar 4.5	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 2 Spesimen 2	32
Gambar 4.6	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 3 Spesimen 2	32
Gambar 4.7	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 1 Spesimen 3	33

Gambar 4.8	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 2 Spesimen 3	33
Gambar 4.9	Hasil Uji Kekerasan pada Titik 3 Spesimen 3	33
Gambar 4.10	Kekerasan Spesimen Uji 1 Terhadap Kuat Kompaksi	34
Gambar 4.11	Kekerasan Spesimen Uji 2 Terhadap Kuat Kompaksi	35
Gambar 4.12	Kekerasan Spesimen Uji 3 Terhadap Kuat Kompaksi	35

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Energi yang diserap	joule
W	Berat bandul	kg
g	Gravitasi	m/s ²
L	Panjang lengan bandul	m
X _o	Sudut awal lengan bandul	°
X _t	Sudut akhir lengan bandul	°

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sumber daya alam yang terkandung di dalam bumi sangatlah beraneka ragam dan melimpah. Seiring berkembangnya teknologi, manusia dapat menemukan banyak sumber daya alam yang baru ditemukan dan dapat dimanfaatkan. Manusia mulai meneliti berbagai sumber daya alam dan memanfaatkannya untuk memenuhi kebutuhan hidup.

Semakin banyak sumber daya alam yang di manfaatkan menjadi barang-barang untuk pemenuhan kebutuhan hidup semakin banyak pula sampah-sampah yang terbuang dan menumpuk. Saat ini manusia dituntut untuk dapat mendaur ulang sampah-sampah yang telah banyak menumpuk dan tidak terpakai. salah satunya yaitu sampah aluminium yang dapat di daur ulang menjadi barang yang berguna kembali melalui proses pemanasan. Selain karena aluminium mempunyai sifat tahan korosi yang baik, ia juga mempunyai kekuatan yang cukup memadai sehingga banyak perusahaan yang sangat antusias dalam mendaur ulang sampah aluminium menjadi barang baru yang bagus dengan *production cost* yang tidak terlalu tinggi. Aluminium juga mempunyai berat jenis yang rendah (ringan), titik lebur yang relatif rendah dari pada logam lainnya sehingga lebih mudah untuk dilakukan untuk perubahan bentuk (*good formability*), daya hantar listrik dan panas yang tinggi, dan sederet sifat mekanis lainnya.

Dikarenakan aluminium memiliki titik lebur yang relatif rendah maka ia mudah dan murah untuk dilebur, tidak perlu panas yang tinggi dibandingkan logam yang lain. Maka dari itu bukan hanya negara-negara maju saja yang dapat memanfaatkan aluminium dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan inovasi aluminium di tiap negara berbeda-beda disebabkan faktor waktu, teknologi dan daya beli masyarakat. Banyak perusahaan yang telah melakukan riset mengenai inovasi terbaru dalam peningkatan sifat mekanis dan sifat fisis dari aluminium, salah satunya dengan perlakuan panas dan memadukan aluminium dengan logam lain.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam melakukan pembuatan benda spesimen *hardness* dapat dikemukakan rumus masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ukuran serbuk terhadap uji kekerasan (*hardness*) menggunakan aluminium pada proses metalurgi serbuk?

1.3. Ruang lingkup

Adapun batasan masalah dalam pembuatan benda spesimen uji kekerasan (*hardness*) ini adalah:

1. Membuat benda spesimen uji kekerasan (*hardness*).

1.4. Tujuan Umum

Adapun tujuan penulisan dari pembuatan benda spesimen uji kekerasan (*hardness*) adalah sebagai berikut:

1. Untuk membuat benda spesimen uji kekerasan (*hardness*)?
2. Untuk mendapatkan hasil uji kekuatan pada benda spesimen uji kekerasan (*hardness*)?

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan benda spesimen uji kekerasan (*hardness*) adalah sebagai berikut:

1. Dapat bermanfaat bagi mahasiswa teknik mesin umsu untuk mengetahui kekuatan pada benda spesimen uji kekerasan (*hardness*).
2. Dapat menjadi bahan masukan dan informasi bagi para pembaca khususnya mahasiswa teknik mesin umsu untuk pembuatan benda spesimen uji kekerasan (*hardness*).

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Sejarah Aluminium

Orang pertama yang telah berhasil memisahkan aluminium adalah *H.Davy* yaitu pada tahun 1808. Pada tahun 1825 *Oersted* dapat menghasilkan aluminium yang lebih murni dengan jalan memanaskan natrium amalgama dan natrium aluminium klorida. Pada tahun 1854, *Henari Saint Clavil Deauville* memproduksi aluminium dari natrium aluminium klorida dengan pemanasan menggunakan logam natrium sebagai katalisator. Proses ini telah berlangsung kurang lebih 35 tahun.

Pada tahun 1886 *Charles Hall* dari U.S.A menghasilkan aluminium dari proses elektrolisis alumina yang dipisahkan dari campuran *kriolit* . Pada tahun yang sama *Poult Heroult* dari Perancis mendapatkan hak paten dari negaranya untuk proses yang sama dengan *Hall*. Pada tahun 1983 kapasitas produksi aluminium dengan metode *Hall-Heroult* ini meningkat dan berkembang pesat. (Grjotheim, 1988)

2.2. Sifat-sifat Aluminium

Aluminium (Al) mempunyai sifat keuletan yang tinggi maka menyebabkan logam tersebut mudah dibentuk dan mempunyai sifat bentuk yang baik. Aluminium (Al) juga mempunyai sifat tahan korosi karena merupakan kelompok logam non ferro dan mempunyai kerapatan yang tinggi, penghantar panas dan listrik yang baik karena aluminium mempunyai daya hantar yang tinggi sekitar 60% dari daya hantar tembaga tidak beracun. Selain itu aluminium (Al) juga mempunyai sifat mudah berbentuk (*formability*) yaitu aluminium (Al) dapat dibentuk dengan mudah.

Aluminium (Al) juga mempunyai sifat mudah ditempa (*machinability*) yang memungkinkan aluminium (Al) dibuat dalam bentuk plat atau lembaran tipis. Titik lebur aluminium (Al) relatif rendah sehingga sangat baik untuk proses penuangan dengan waktu peleburan relatif singkat dan biaya operasional lebih murah. Aluminium (Al) juga mempunyai kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah apabila dibandingkan dengan logam lain seperti besi dan baja.

Tabel 2.1 menunjukkan sifat-sifat Al dan Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat mekanik.

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Masa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik cair	660,2	653-657
	0,2226	0,2297
Hantaran listrik (%)	64,94	59 (<i>dianil</i>)
Tahanan listrik koefisien temperature	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis kristal , konstanta kisi	fcc, a = 4,013 kX	fcc, a = 4,04

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 135)

Tabel 2.2 Sifat-sifat Mekanik Aluminium

Sifat-sifat	Kemurnian			
	99.996		>99.0	
	Dianil	75% dirol	Dianil	H18
Kekuatan tarik (kg/mm)	4.9	11.6	9.3	16.9
Kekuatan mulur (0.2%) (kg/mm)	1.3	11.0	3.5	14.8
Perpanjangan (%)	48.8	5.5	35	5
Kekerasan Brinell	17	27	23	44

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 135)

2.3. Paduan Aluminium

2.3.1. Klasifikasi Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini klasifikasi yang sangat terkenal dan

sempurna adalah standar *Aluminium Association* di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari *Alcoa (Aluminium of America)*. Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka “S”, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu: 1) Al murni, 2) Al-Cu 3) Al-Mn, 4) Al-Si, 5) Al-Mg, 6) Al-Mg-Si, 7) Al-Zn. Sebagai contoh, paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2000. Angka pada tempat kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dan Al murni sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda *Alcoa* terdahulu kecuali S. Sebagai contoh, 3 S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063. Al dengan kemurnian 99,0% atau di atasnya dengan ketidakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100. Tabel 2.3 menunjukkan hubungan tersebut.

Dalam paduan Al perubahan yang berarti dari material disebabkan oleh perlakuan panas telah dikenal, yang dinyatakan dalam Tabel 2.4, sebagai contoh untuk 7075-T6.

2.3.2. Paduan Aluminium Utama

Tabel 2.3 Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan

Standar AA	Standar Alcoa terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069	50S-69S	Mg ₂ Si merupakan unsur paduan Utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

(Sumber : Surdia, T., Saito, S. : Pengetahuan Bahan Teknik, 13)

Tabel 2.4 Klasifikasi Perlakuan Bahan

Tanda	Perlakuan
-F	Setelah pembuatan
-O	Dianil penuh
-H	Pengerasan regangan
-H 1n	Pengerasan regangan
-H 2n	Sebagian dianil setelah pengerasan regangan
-H 3n	Dianil untuk penyetabilan setelah pengerasan regangan n=2 (1/4 keras), 4(1/2 keras), 6(3/4 keras), 8(keras), 9(sangat keras)
-T	Perlakuan panas
-T2	Penganilan penuh (hanya untuk coran)
-T3	Pengerasan regangan setelah perlakuan pelarutan
-T4	Penuaan alamiah penuh setelah perlakuan pelarutan
-T5	Penuaan tiruan (tanpa perlakuan pelarutan)
-T6	Penuaan tiruan setelah perlakuan pelarutan
-T7	Penyetabilan setelah perlakuan pelarutan
-T8	Perlakuan pelarutan, pengerasan regangan, penuaan tiruan
-T9	Perlakuan pelarutan, penuaan tiruan, pengerasan regangan
-T10	Pengerasan regangan setelah penuaan tiruan

Paduan Al-Cu sering diaplikasikan hanya berkisar sekitar 4-5% Cu, karena pada paduan ini mempunyai luas dari pembekuannya, penyusutan yang besar, risiko besar pada kegetasan panas dan mudah terjadi retakan pada coran. Adanya Si sangat berguna untuk mengurangi keadaan Ti dan penambahan Ti sangat efektif untuk memperhalus butir. Dengan perlakuan panas T6 pada coran dapat dibuat bahan yang mempunyai kekuatan tarik kira-kira 25 kgf/.

Sebagai paduan Al-Cu-Mg paduan yang mengandung 4% Cu dan 0,5%Mg dapat mengeras dengan sangat dalam beberapa hari oleh penuaan pada temperatur biasa setelah pelarutan. Paduan ini ditemukan oleh A. Wilm dalam usaha mengembangkan paduan Al yang kuat yang dinamakan duralumin. Selanjutnya sangat banyak studi telah dilakukan mengenai paduan ini, khususnya Nishimura menemukan dua senyawa terner berada dalam kesetimbangan dengan Al, yang dinamakan senyawa S dan T, dan ternyata bahwa senyawa S (Al₂CuMg) mempunyai kemampuan penuaan pada temperatur biasa. Duralumin adalah paduan praktis yang sangat terkenal disebut paduan 2024, nama lainnya disebut duralumin super. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang jelek, jadi apabila

ketahanan korosi yang khusus diperlukan permukaannya dilapisi dengan Al murni atau paduan Al yang tahan korosi yang disebut pelat alklad.

Tabel 2.5 Sifat-sifat Mekanik Paduan Al-Cu-Mg

Paduan	Keadaan	Kekuatan Tarik (kgf/)	Kekuatan Mulur (kgf/)	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser (kgf/mm ²)	Kekerasan Brinel	Batas Lelah (kgf/mm ²)
17S (2017)	O	18,3	7,0	-	12,7	45	7,7
	T4	43,6	28,1	-	26,7	105	12,7
A17S (A2017)	T4	30,2	16,9	27	19,7	70	9,5
R317	Setelah dianil	42,9	24,6	22	-	100	-
24S (2024)	O	18,9	7,7	22	12,7	42	-
	T4	47,8	32,3	22	28,8	120	-
	T36	51,3	40,1	-	29,5	130	-
14S (2014)	O	19,0	9,8	18	12,7	45	-
	T4	39,4	28,0	25	23,9	100	-
	T4	49,0	42,0	13	29,5	135	-

(Sumber: Surdia T,Saito S, : Pengetahuan Bahan Teknik, hal 137)

Penggunaan aluminium pada umumnya terbatas pada aplikasi yang tidak terlalu mengutamakan faktor kekuatan seperti penghantar panas dan listrik, perlengkapan bidang kimia, lembaran (plat) dan sebagainya. Salah satu usaha untuk meningkatkan aluminium murni adalah dengan pengerasan regang atau dengan perlakuan panas (heat treatment). Tetapi cara ini tidak senantiasa memuaskan bila tujuan utama adalah untuk menaikkan kekuatan bahan.

2.3.3. Paduan Aluminium-Tembaga (Al-Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam non ferro yang kebanyakan digunakan pada paduan aluminium. Dengan menambahkan tembaga sebagai paduan, akan meningkatkan kekuatan dan ketahanan lelah (fatigue).

Menurut B.H. Amstead (1991: 71) mengatakan bahwa “tembaga sebagai unsur paduan aluminium dalam jumlah tertentu akan menambah kekuatan dan kekerasannya.” Selain itu juga dengan paduan tembaga dapat memperbaiki kekuatan tarik, mempermudah pengerjaan dengan mesin, menurunkan daya terhadap korosi dan mengurangi kemampuan dibentuk dan dirol.

Paduan aluminium-tembaga adalah paduan aluminium yang mengandung tembaga 4,5% memiliki sifat- sifat mekanik dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu cornya jelek. Paduan aluminim tembaga-silisium dibuat dengan menambahkan 4-5% silisium pada paduan aluminium tembaga untuk memperbaiki sifat mampu cornya.

- Kelebihan:
 1. Meningkatkan kekerasan bahan.
 2. Memperbaiki kekuatan tarik pada aluminium.
 3. Mempermudah proses pengerjaan dengan mesin.
- Kekurangan:
 1. Menurunkan daya tahan terhadap korosi.
 2. Mengurangi keuletan bahan.
 3. Menurunkan kemampuan dibentuk dan di rol.

2.3.4. Paduan Aluminium-Mangan (Al-Mn)

Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan dipakai untuk membuat paduan yang tahan korosi. Dalam diagram fasa Al-Mn yang ada dalam keseimbangan dengan larutan padat Al adalah Al₆Mn (25,3%), sistem ortorombik $a=6,498$, $b=7,552$ $c=8,870$, dan kedua fasa mempunyai titik eutektik pada 658,5°C, 1,95% Mn. Kelarutan

padat maksimum pada temperatur eutektik adalah 1,82% dan pada 500°C 0,36%, sedangkan pada temperatur biasa kelarutannya hampir 0.

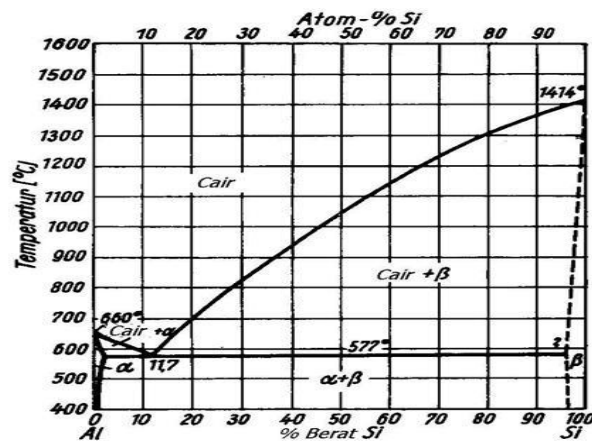
Dengan paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1,0%Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang digunakan sebagai tahan korosi tanpa perlakuan panas.

- Kelebihan:
 1. Meningkatkan kekuatan dan daya tahan pada temperatur tinggi.
 2. Meningkatkan daya tahan terhadap korosi.
 3. Mengurangi pengaruh buruk pada unsur besi.
- Kekurangan:
 1. Menurunkan kemampuan penuangan.
 2. Meningkatkan kekerasan butiran partikel.

2.3.5. Paduan Al-Si

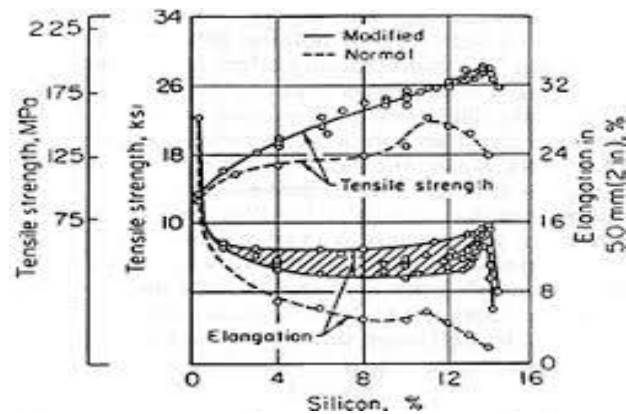
Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa dari sistem ini. Ini adalah tipe eutektik yang sederhana yang mempunyai titik eutektik pada 577°C, 11,7%Si, larutan padat terjadi pada sisi AL, karena batas kelarutan padat sangat kecil akan penguatan penebaran sukar diharapkan.

Kalau paduan ini didinginkan pada cetakan logam, setelah cairan logam diberi natrium flourida kira-kira 0,05-1,1% kadar logam natrium, tampaknya temperatur eutektik meningkat kira-kira 15, dan komposisi eutektik bergeser ke daerah kaya Si kira-kira pada 14%. Hal ini biasa terjadi pada paduan hipereutektik seperti 11,7-14% Si, Si mengkristal sebagai kristal primer, tetapi karena perlakuan yang disebut di atas Al mengkristal sebagai kristal primer dan struktur eutektiknya menjadi sangat halus. Ini dinamakan struktur yang dimodifikasi. Sifat-sifat mekaniknya sangat diperbaiki yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Fenomena ini ditemukan oleh A. Pacz tahun 1921 dan paduan yang telah diadakan perlakuan tersebut dinamakan silumin.



Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Si

(Sumber: Surdia T,Saito S, :Pengetahuan Bahan Teknik,hal 137)



Gambar 2.2 Perbaikan Sifat Mekanik Oleh Modifikasi Paduan Al-Si

(Sumber : Surdia T,Saito S, :Pengetahuan Bahan Teknik,hal 137)

Paduan Al-Si memiliki tingkat kecairan yang baik, memiliki permukaan bagus, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, paduan Al-Si mempunyai ketahanan korosi yang baik, sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan sebagai penghantar yang baik untuk listrik dan panas. Karena mempunyai kelebihan mencolok, paduan ini sangat banyak dipakai.

Koefisien pemuaian termal dari Si sangat rendah sehingga paduannya juga mempunyai koefisien yang rendah apabila ditambah. Kandungan Si tidak memiliki butir primer yang tidak efektif, namun dengan tambahan P

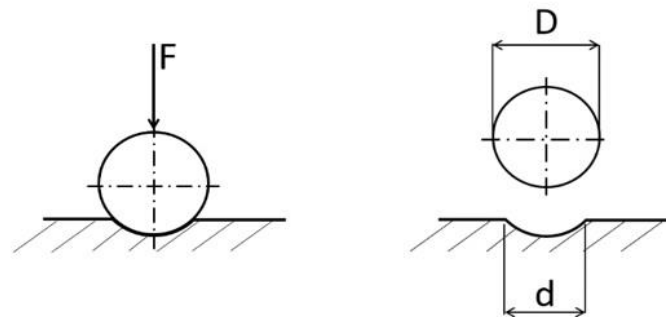
oleh paduan Cu-P atau penambahan fosfor klorida (PCI5) untuk mencapai presentasi 0,001%P, dapat dipakai untuk penghalusan kristal primer sehingga paduan Al-Si banyak dipakai sebagai elektroda untuk pengelasan, yaitu mengandung 5% Si.

2.3.6. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan sebuah pengujian untuk mengetahui ketahanan pada sebuah material. Ada tiga cara untuk mengetahui ketahanan yaitu, kekerasan *Brinell*, *Rockwell* dan *Vickers*.

2.3.6.1. Pengujian *Brinell*

Uji kekerasan Brinell dilakukan dengan cara material diberi tekanan dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan diberi beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban dikurangi hingga tinggal 500 kg, beban diterapkan selama waktu tertentu biasanya 30 detik dengan diameter indentor 2,5 mm. (lihat gambar 2.5).



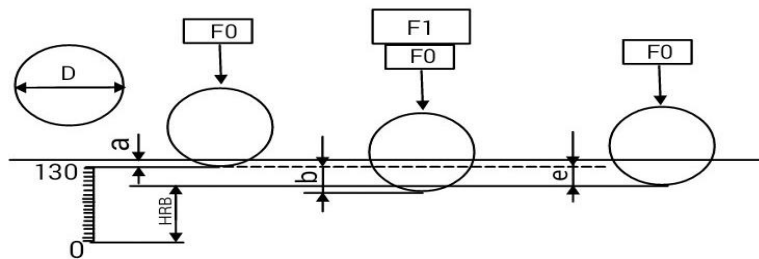
Gambar 2.3 Pengujian *Brinell*

(Sumber : Beumer, L.J.M, Ilmu Bahan Logam, Hal 25)

Tabel 2.6 Konversi Pada Diameter Indentor

Diameter Indentor D(mm)	Beban P (Kg)		
	$30 D^2$	$10 D^2$	$5 D^2$
10	3000	1000	500
5	750	250	12,5
2,5	187,5	62,5	31,25

(Sumber: Buku Panduan Praktikum Ilmu Logam, USD Yogyakarta, hal 9)



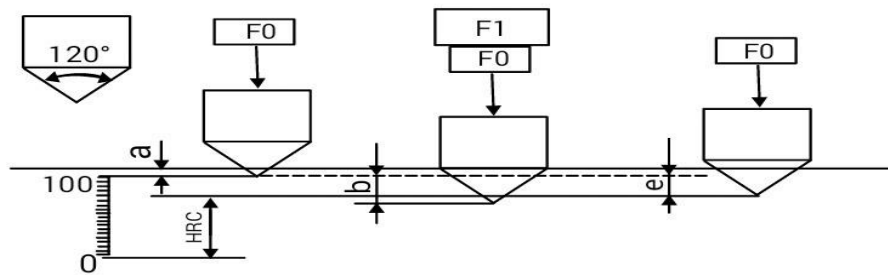
Gambar 2.4 Proses Pengujian *Brinell*

(Sumber: Beumer, L.J.M : Ilmu Bahan Logam, hal 27)

Adapun keuntungan yang dimiliki pengujian *Brinell* yaitu, bekas tekanan yang besar kekerasan rata-rata dari bahan yang tidak homogen dapat ditentukan, misalnya: besi tuang, sedangkan kerugian yang dimiliki pengujian *Brinell* adalah benda kerja tidak dapat digunakan kembali karena besarnya tekanan pada material

2.3.6.2. Pengujian *Rockwell*

Pada pengujian *Rockwell* sebagai benda penekanan Menggunakan suatu peluru baja yang disepuh keras atau suatu kerucut intan (*Cone*) HRC dengan ukuran yang ditetapkan, (lihat gambar 2.7)



Gambar 2.5 Proses Pengujian *Rockwell*

(Sumber : Beumer, L.J.M : Ilmu Bahan Logam, hal 27)

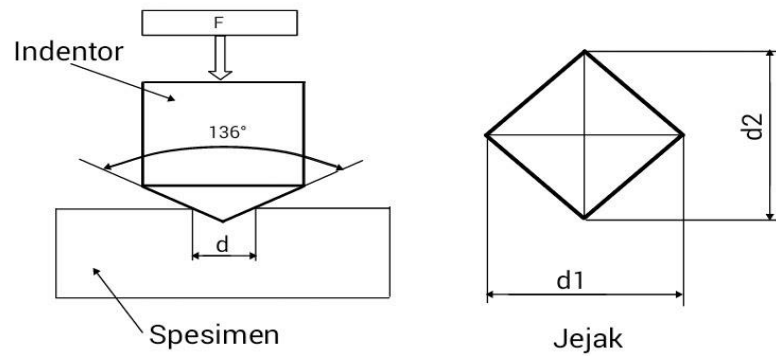
- Keuntungan:
 1. Dengan kerucut intan dapat diukur kekerasan baja yang disepuh keras.
 2. Dengan bekas tekanan yang kecil benda kerja rusak lebih sedikit.

- Kerugian
 1. Dengan bekas tekanan yang kecil maka kekerasan rata-rata tidak dapat ditentukan untuk bahan tidak homogen, misalnya: besi tuang.

Dengan pembesaran dalamnya bekas tekanan yang kecil terdapat kemungkinan kesalahan pengukuran yang besar.

2.3.6.3. Pengujian *Vickers*

Pada pengukuran *Vickers* suatu benda penekan intan berbentuk piramida lurus dengan bujur sangkar dan dengan sudut puncak 136° , ditekan ke dalam bahan dengan gaya F tertentu selama waktu tertentu. Setelah piramida diangkat diagonal d bekas tekanan tetap diukur (lihat gambar 2.8). Kekerasan *Vickers* dapat diperoleh dengan membagi gaya pada luas bekas tekanan berbentuk piramida.



Gambar 2.6 Pengujian *Vickers*

(Sumber: Beumer, L.J.M:Ilmu Bahan Logam, hal 29)

- Keuntungan pengujian *Vickers*:
 1. Pengukuran kekerasan sangat teliti.
 2. Dengan bekas tekanan yang kecil bahan percobaan merusak lebih sedikit.
 3. Kekerasan benda yang sangat amat tipis dapat diukur dengan memilih gaya kecil.

- Kerugian pengujian *Vickers*:
 1. Dengan bekas tekanan yang kecil kekerasan rata-rata bahan yang tidak homogen tidak dapat ditentukan, misalnya : besi tuang

2.3.7. Metalurgi Serbuk (*Powder Metallurgy*)

Metalurgi serbuk merupakan proses pembentukan benda kerja komersial dari logam dimana logam dihancurkan dahulu berupa serbuk, kemudian serbuk tersebut ditekan didalam cetakan (*mold*) dan dipanaskan di bawah temperatur leleh serbuk sehingga terbentuk benda kerja. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transportasi masa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Metode metalurgi serbuk memberikan kontrol yang teliti terhadap komposisi dan penggunaan campuran yang tidak dapat difabrikasi dengan proses lain. Sebagai ukuran ditentukan oleh cetakan

dan penyelesaian akhir (*finishing touch*). Langkah-langkah dasar pada *powder metallurgy* :

1. Pembuatan Serbuk
2. *Mixing*
3. *Compaction*
4. *Sintering*
5. *Finishing*

1. Pembuatan Serbuk

Ada beberapa cara dalam pembuatan serbuk antara lain :

Decomposition, electrolytic deposition, atomization of liquid metals, mechanical processing of solid materials.

Decomposition, terjadi pada material yang berisikan elemen logam. Material akan menguraikan/memisahkan elemen-elemennya jika dipanaskan pada temperature yang cukup tinggi. Proses ini melibatkan dua reaktan, yaitu senyawa metal dan *reducing agent*. Kedua reaktan mungkin berwujud *solid, liquid*, atau gas.

Atomization of Liquid Metals, material cair dapat dijadikan *powder* (serbuk) dengan cara menuangkan material cair dilewatkan pada *nozzel* yang dialiri air bertekanan, sehingga terbentuk butiran kecil-kecil.

Electrolytic Deposition, pembuatan serbuk dengan cara proses elektrolisis yang biasanya menghasilkan serbuk yang sangat reaktif dan *brittle*. Untuk itu material hasil *electrolytic deposition* perlu diberikan perlakuan *annealing* khusus. Bentuk butiran yang dihasilkan oleh *electrolytic deposits* berbentuk dendritik.

Mechanical Processing of Solid Materials, pembuatan serbuk dengan cara menghancurkan material dengan *ball milling* atau dengan proses pengikisan dengan *mechanical grinding*. Material yang dibuat dengan *Mechanical processing* harus material yang mudah retak seperti logam murni, *bismuth, antimony*, paduan logam yang relative keras dan *brittle*, dan keramik.

Sifat-Sifat Khusus Serbuk Logam adalah :

- a. Ukuran Partikel

Metode untuk menentukan ukuran partikel antara lain dengan pengayakan atau pengukuran mikroskopik. Kehalusan berkaitan erat dengan ukuran butir.

Faktor ini berhubungan dengan luas kontak antar permukaan, butir kecil mempunyai porositas yang kecil dan luas dan kontak antar permukaan besar sehingga difusi antar permukaan juga semakin besar dan kompaktibilitas juga tinggi.

b. Distribusi Ukuran Dan Mampu Alir

Dengan distribusi ukuran partikel ditentukan jumlah partikel dari ukuran standar dalam serbuk tersebut. Pengaruh distribusi terhadap mampu alir dan porositas produk cukup besar. Mampu alir merupakan karakteristik yang menggambarkan alir serbuk dan kemampuan memenuhi ruang cetak.

c. Sifat Kimia

Terutama menyangkut kemurnian serbuk, jumlah oksida yang diperbolehkan dan kadar elemen lainnya. Pada metalurgi serbuk diharapkan tidak terjadi reaksi kimia antara matrik dan penguat.

d. Kompresibilitas

Kompresibilitas adalah perbandingan volum serbuk dengan volum benda yang ditekan. Nilai ini berbeda-beda dan dipengaruhi oleh distribusi ukuran dan bentuk butir, kekuatan tekan tergantung pada kompresibilitas.

e. Kemampuan sinter

Sinter adalah prose pengikatan partikel melalui proses penekanan dengan cara dipanaskan 0.7-0.9 dari titik lelehnya.

2. *Mixing* (Pencampuran Serbuk)

Pencampuran serbuk dapat dilakukan dengan mencampurkan logam yang berbeda dan material-material lain untuk memberikan sifat fisik dan mekanik yang lebih baik. Pencampuran dapat dilakukan dengan proses kering (*dry mixing*) dan proses basah (*wet mixing*). Pelumas (*lubricant*) mungkin ditambahkan untuk meningkatkan sifat *powders flow*. *Binders* ditambahkan untuk meningkatkan *green strength* nya seperti *wax* atau *polimer termoplastik*.

3. *Compaction* (*Powder consolidation*)

Proses kompaksi adalah suatu proses pembentukan logam dari serbuk logam dengan mekanisme penekanan setelah serbuk logam dimasukkan ke dalam cetakan (*die*). Proses kompaksi pada umumnya dilakukan dengan penekanan satu arah dan

dua arah. Pada penekan satu arah penekan atas bergerak kebawah. Sedangkan pada dua arah, penekan atas dan penekan bawah saling menekan secara bersamaan dalam arah yang berlawanan. Jenis dan macam produk yang dihasilkan oleh proses metalurgi serbuk sangat ditentukan proses kompaksi dalam membentuk serbuk dengan kekuatan yang baik.

Bahan-bahan dengan kekerasan rendah, seperti aluminium, kuningan, dan perunggu memerlukan tekanan pemadatan yang rendah. Bahan-bahan dengan kekerasan tinggi seperti besi, baja, dan nikel paduan memerlukan tekanan pemadatan yang tinggi. Semakin tinggi tekanan pemadatan akan menaikkan berat jenis hingga kondisi optimum. Di atas tekanan optimum tersebut, peningkatan tekanan tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan massa jenis.

Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses sintering. Dalam proses pembuatan suatu paduan dengan metode metalurgi serbuk, terikatnya serbuk sebagai akibat adanya interlocking antar permukaan, interaksi adesi-koheksi, dan difusi antar permukaan. Untuk yang terakhir ini (*difusi*) dapat terjadi pada saat dilakukan proses sintering. Bentuk benda yang dikeluarkan dari pressing disebut bahan kompak mentah, telah menyerupai produk akhir, akan tetapi kekuatannya masih rendah. Kekuatan akhir bahan diperoleh setelah proses *sintering*.

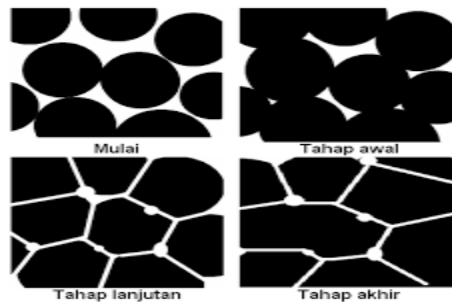
Tekanan pemadatan yang diperlukan tergantung pada jenis bahan serbuk yang berkisar antara 70 Mpa (10 ksi) hingga 800 Mpa (120 ksi) (Kalpakjian, 1989).

4. *Sintering*

Proses sinter merupakan metode pembuatan produk dari bahan serbuk yang sebelumnya dilakukan proses kompaksi (cetak) kemudian dengan memanaskan material dibawah titik leburnya sehingga partikel partikelnya berikatan satu sama lain.

Pada proses sinter, benda padat terjadi karena terbentuk ikatan-ikatan antar partikel. Panas menyebabkan bersatunya partikel dan efektivitas reaksi tegangan permukaan meningkat dengan perkataan lain, proses sinter menyebabkan bersatunya partikel sedemikian rupa sehingga kepadatan bertambah. Selama proses ini terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap permulaan rekristalisasi.

Di samping itu, gas yang ada menguap dan temperatur sinter umumnya berada di bawah titik cair unsur serbuk utama selama proses sinter terjadi perubahan dimensi, baik berupa pengembangan maupun penyusutan tergantung pada bentuk dan distribusi ukuran partikel serbuk, komposisi serbuk, prosedur sinter dan tekanan pemampatan (German, 1994).



Gambar 2.7 Pertumbuhan Ikatan Mikrostruktur Antar Partikel Logam Selama Proses Sinter (German, 1994).

Setelah dilakukan proses *sintering* terhadap sample yang sebelumnya telah dilakukan proses kompaksi maka ikatan antar serbuk akan semakin kuat. Meningkatnya ikatan setelah proses *sintering* ini disebabkan timbulnya *liquid bridge (necking)* sehingga porositas berkurang dan bahan menjadi lebih kompak. Dalam hal ini ukuran serbuk juga berpengaruh terhadap kompaktilitas bahan, semakin kecil ukuran serbuk maka porositas kecil dan luas kontak permukaan antar butir semakin luas.

Proses sinter dalam metalurgi serbuk memegang peranan yang cukup penting dalam menentukan sifat akhir dari produk yang akan dihasilkan. Proses sinter sendiri diartikan sebagai perlakuan panas untuk mengikat partikel-partikel menjadi koheren, menghasilkan struktur padat melalui transport massa yang biasa terjadi dalam skala atom. Ikatan yang terbentuk akan meningkatkan kekuatan dan menurunkan energi dari sistem. Proses sinter dapat dilakukan dengan memberikan tekanan maupun tanpa tekanan (*pressureless*). Proses sinter tanpa tekanan dibagi lagi menjadi *solid state sintering* dan *liquid phase sintering*. Keberadaan dari cairan (*liquid*) pada siklus proses sinter dapat mempercepat transport massa, pemadatan, dan pengkasaran butir. Kebanyakan dari proses sinter yang dilakukan ialah tanpa pemberian tekanan (*pressureless sintering*). *Pressure-assisted sintering* merupakan teknik baru, pemberian tekanan selama proses sinter sangat berguna untuk

memproses material yang tidak reaktif daripada menggunakan siklus proses sinter konvensional, contohnya material komposit dan intermetalik temperatur tinggi. Apabila tekanan yang diberikan rendah, menghasilkan pemadatan yang dikontrol oleh *diffusional creep* . Kemungkinan lain, pemadatan pada tekanan tinggi dipercepat apabila tegangan efektif melebihi kekuatan luluh material. Tekanan yang diberikan biasanya hidrostatik (*hot isostatic pressing*) atau uniaksial (*forging dan hot pressing*).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

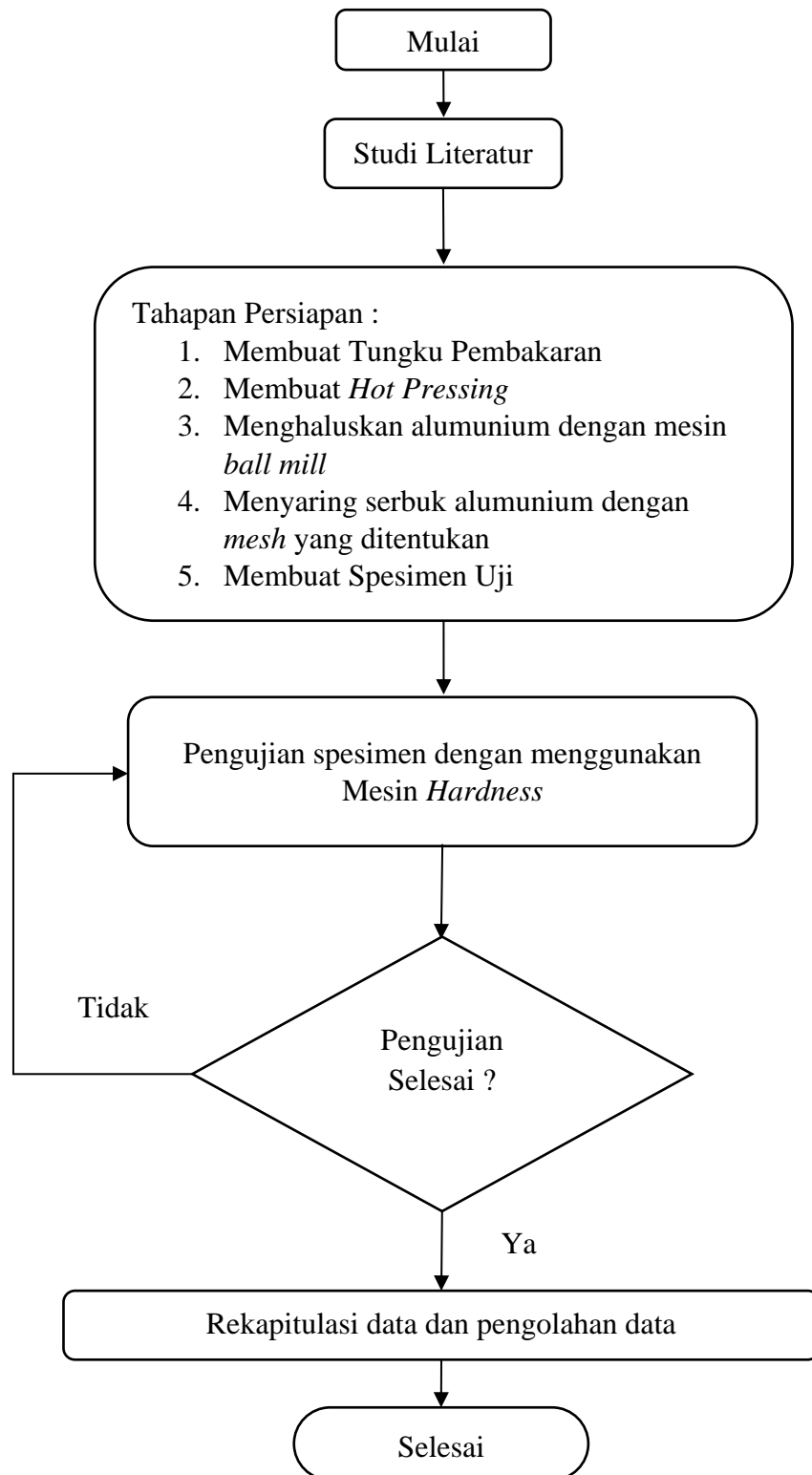
b. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai dari April 2019 sampai dengan Oktober 2019.

Tabel 3.1. Rencana pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■				
2	Survei Alat dan Bahan		■	■			
3	Pembuatan Tungku Pembakaran			■	■		
4	Pembuatan <i>Hot Pressing</i>				■	■	
5	Pembuatan Spesimen					■	■
6	Pengujian Spesimen						■
7	Penyelesaian / Penulisan Skripsi					■	■
8	Seminar / Sidang						■

3.2 Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Mesin *Ball Mill*

Mesin ini digunakan sebagai alat untuk menghasilkan serpihan-serpihan aluminium hingga menjadi serbuk dengan cara menggiling serpihan tersebut dengan menggunakan bola-bola baja didalam mesin tersebut. Berikut gambar mesin *ball mill* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Mesin *Ball Mill*

2. Tungku Pembakaran

Tungku ini digunakan sebagai alat untuk memanaskan serbuk aluminium yang telah digiling melalui proses sebelumnya. Berikut gambar tungku pembakaran dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tungku Pembakaran

3. Mesin *Deep Drawing*

Mesin ini digunakan sebagai alat untuk melakukan penekanan kompaksi pada butiran serbuk yang telah melalui tahapan pemanasan. Berikut gambar mesin *deep drawing* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin *Deep Drawing*

4. Mesin Uji Kekerasan (*Hardness*)

Alat ini digunakan sebagai alat untuk mengukur kekerasan yang terjadi pada proses metalurgi serbuk terhadap serbuk aluminium yang telah mendapatkan perlakuan panas dan kompaksi. Berikut gambar mesin *hardness* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mesin Uji Kekerasan (*Hardness*)

5. *Hot Pressing*

Hot Pressing adalah alat yang digunakan sebagai penekan serbuk alumunium yang telah dipanaskan sebagai cetakan. Berikut gambar *hot pressing* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Hot Pressing*

6. Penyaring

Alat ini digunakan sebagai penyaring serbuk alumunium yang telah dihancurkan dengan tujuan menghilangkan kotoran untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dalam pemanfaatan serbuk alumunium. Berikut gambar penyaring dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Penyaring 36 T

7. Thermo Sensor

Thermosensor pada penelitian ini digunakan sebagai alat untuk mengukur suhu ketika serbuk alumunium melalui tahap pembakaran. Berikut gambar *thermo sensor* dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 *ThermoSensor*

3.3.2 Bahan

8. Serbuk Alumunium

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk alumunium yang telah dihaluskan menggunakan mesin *ball mill*. Berikut gambar serbuk alumunium dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Serbuk Alumunium

3.4. Prosedur Penelitian

1. Persiapan Tungku Pembakaran

Pembuatan tungku pembakaran ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, pada tahapan pembuatan tungku pembakaran ini dilakukan selama 3 bulan.

2. Mempersiapkan Serpihan Alumunium

Serpihan alumunium yang akan digiling/dihaluskan didapat dari serpihan hasil pembubutan, serpihan ini memiliki ukuran yang bervariasi.



Gambar 3.4.1 Serpihan Alumunium

3. Menggiling Serpihan Alumunium

Alumunium yang telah didapatkan kemudian di giling menggunakan mesin *Ball Mill* proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan serbuk yang sesuai



Gambar 3.4.2 Penggilingan Serpihan Alumunium

4. Penyaringan Serbuk Alumunium

Serbuk yang telah digiling/dihaluskan kemudian di saring menggunakan penyaring dengan ukuran 36 T, ukuran ini dipakai karena memiliki kerapatan jaring yang sangat rapat untuk mendapatkan serbuk yang halus.



Gmabar 3.4.3 Penyaringan

5. Pemanasan Serbuk Alumunium

Serbuk yang telah disaring lalu dipanaskan di dalam *modal* yang telah dipersiapkan, pembakaran serbuk ini menggunakan suhu 320°C



Gambar 3.4.4 Pemanasan

6. Penekanan Kompaksi

Setelah proses pemanasan selesai kemudian serbuk alumunium ditekan didalam *deep drawing* dengan tekanan sebesar 60, 70, dan 80 Kgf.



Gambar 3.4.5 Penekanan Kompaksi

7. Pengujian Kekerasan (*hardness*)

Alumunium yang telah mendapatkan perlakuan kompaksi kemudian diuji kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan (*hardness*).



Gambar 3.4.6 Pengujian Kekerasan

8. Pengambilan Data

Hasil pengujian didapatkan dari monitor yang tertera pada mesin uji kekerasan (*hardness*).

9. Selesai

3.5. Langkah Kerja

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan ditekan dalam pengujian *hardness*.
2. Membuat tanda pada benda kerja menjadi 3 titik pada tiap spesimen.
3. Menghidupkan alat uji *hardness*.
4. Menyetel benda kerja tepat ditengah titik yang pertama dari spesimen dengan alat uji *hardness*.
5. Menggunakan benda kerja dan menekan tuas pada alat uji *hardness* selama beberapa detik, kemudian lepaskan sehingga terlihat HRC nya.
6. Mencatat nilai HRC dan melepaskan benda kerja, setelah itu menjepit benda kerja dititik selanjutnya, kemudian meriset nilai HRC pada monitor *hardness* test menjadi nol (0).
7. Setelah titik kedua selesai, melakukan hal yang sama pada titik kerja pada benda spesimen yang lain.
8. Setelah selesai, matikan alat uji *hardness* dan membersihkan peralatan yang di gunakan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh.

4.1.1 Hasil Spesimen 1

Data yang akan ditampilkan meliputi data hasil pengujian spesimen yang terdiri dari 3 titik menggunakan mesin uji kekerasan *hardness*, adapun hasil dari pengujian yang di dapat dapat dilihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4,.



Gambar 4.1 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 1 Spesimen 1

Hasil pada gambar 4.1 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.2 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 2 Spesimen 1

Hasil pada gambar 4.2 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik kedua yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.3 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 3 Spesimen 1

Hasil pada gambar 4.3 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik ketiga yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.

4.1.2 Hasil spesimen 2



Gambar 4.4 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 1 Spesimen 2

Hasil pada gambar 4.4 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik pertama yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.5 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 2 Spesimen 2

Hasil pada gambar 4.5 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik kedua yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.6 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 3 Spesimen 2

Hasil pada gambar 4.6 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik ketiga yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.

4.1.3 Hasil Spesimen 3



Gambar 4.7 Hasil Uji Kekerasan Pada Titik 1 Spesimen 3

Hasil pada gambar 4.7 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik ketiga yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.8 Hasil Uji Kekerasan Titik 2 Spesimen 3

Hasil pada gambar 4.8 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik ketiga yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.



Gambar 4.9 Hasil Uji Kekerasan Titik 3 Spesimen 3

Hasil pada gambar 4.8 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen pada titik ketiga yang mendapatkan perlakuan pemanasan sebesar 280°C dan kuat tekan kompaksi sebesar 80 Kgf.

4.1.4 Data Hasil Pengujian

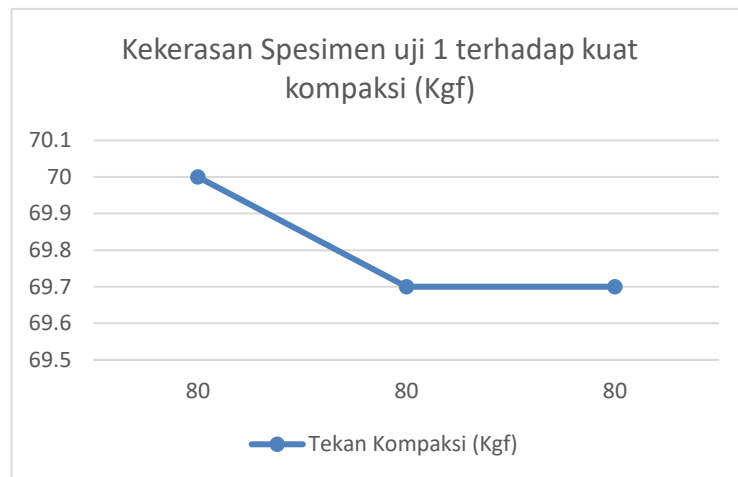
Dalam penelitian ini spesimen yang digunakan mendapatkan perlakuan seperti yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

No.	Ukuran serbuk	Suhu (C)	Tekan Kompaksi (Kgf)	Kekerasan
1.	36 T	280 C	80 Kgf	70,0 HRA 69,7 HRA 69,7 HRA
2.	61 T	280 C	80 Kgf	67,0 HRA 67,2 HRA 70,8 HRA
3	48 T	280 C	80 Kgf	69,2 HRA 68,7 HRA 70,2 HRA

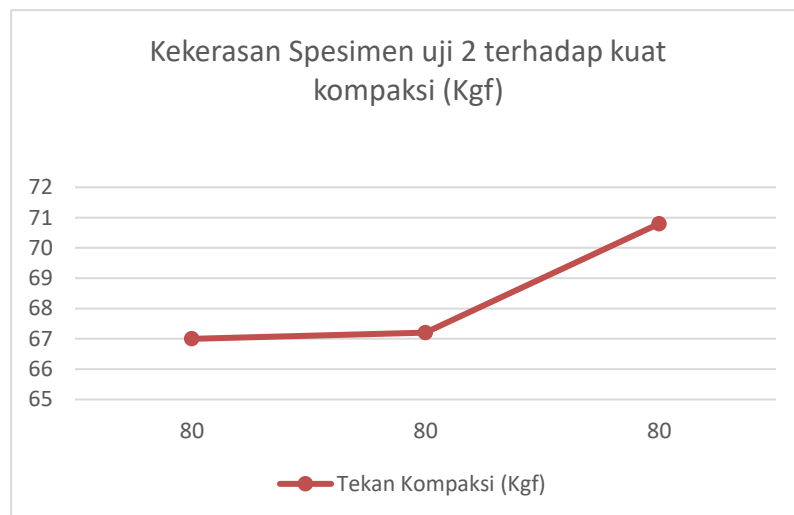
4.2 Pembahasan

Hasil pengujian spesimen pertama menggunakan mesin *Rockwell Hardness* telah mendapatkan hasil yaitu, pada titik pertama spesimen satu memiliki kekerasan sebesar 70,0 HRA, pada pengujian titik kedua mendapatkan hasil kekerasan yang berbeda yaitu sebesar 69,7 HRA, pada pengujian titik ketiga spesimen satu mendapatkan hasil sebesar 69,7 HRA.



Gambar 4.10 kekerasan spesimen uji 1 terhadap kuat kompaksi

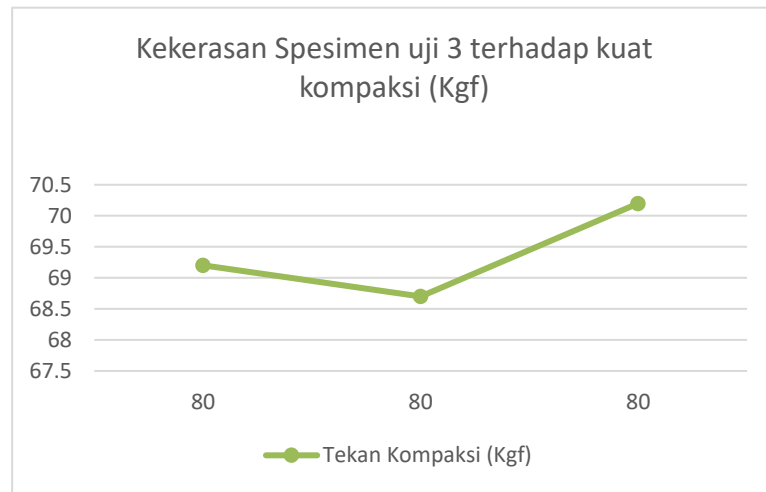
Hasil pengujian spesimen kedua menggunakan mesin *Rockwell Hardness* telah mendapatkan hasil yaitu, pada titik pertama spesimen satu memiliki kekerasan sebesar 67,0 HRA, pada pengujian titik kedua mendapatkan hasil kekerasan yang berbeda yaitu sebesar 67,2 HRA, pada pengujian titik ketiga spesimen satu mendapatkan hasil sebesar 70,8 HRA.



Gambar 4.11 kekerasan spesimen uji 2 terhadap kuat kompaksi

Hasil pengujian spesimen ketiga menggunakan mesin *Rockwell Hardness* telah mendapatkan hasil yaitu, pada titik pertama spesimen satu memiliki kekerasan sebesar 69,2 HRA, pada pengujian titik kedua mendapatkan hasil kekerasan yang

berbeda yaitu sebesar 68,7 HRA, pada pengujian titik ketiga spesimen satu mendapatkan hasil sebesar 70,2 HRA.



Gambar 4.12 kekerasan spesimen uji 3 terhadap kuat kompaksi

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Benda spesimen yang digunakan adalah aluminium bekas kanpas rem yang di hancurkan menggunakan mesin ball mill.

Dari hasil pembuatan material menggunakan metode metalurgi serbuk berbahan aluminium menghasilkan kekuatan hardness dengan menggunakan tiga spesimen maka di dapatkan hasil hardness sebesar: spesimen 1, titik satu 70,0 HRA, 69,7 HRA , 69,7 HRA. Spesimen kedua, 67,0 HRA, 67,2 HRA, 70,8 HRA. Spesimen ketiga 69,2 HRA, 68,7 HRA, 70,2 HRA.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan material menggunakan metode metalurgi serbuk penulis menyarankan untuk menambahkan variasi cetakan agar spesimen berbeda beda bentuknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas Steels. (2013). *Aluminium Alloy Data Sheet*. Retrieved from (Accessed: 11 Maret 2015).
- ASTM Handbook E18, Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials.
- ASTM E 18-15. Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials. American National Standard.
- ASM Metals Handbook, (1984), *Powder Metallurgy*, Vol 7,9 th ed. American Society for Metals, Metal Park Ohio 44073.
- Davis, J.R. 1993. *Aluminium and Aluminium Alloys*. Ohio, USA: Davis and Chargin Falls.
- Djapri, S., 1998, *Metalurgi Mekanik*, Erlangga, Jakarta.
- German. R.M., 1984. *Powder Metallurgi Science*. Metal Power Federation. Pricenton, New Jersey.
- Hot Pressing Metalurgi Serbuk Aluminium Dengan Variasi Suhu Pemanasan, *Jurnal Teknologi*, Vol. 2, no. 1, Juni 2009, Yogyakarta. Widjanarko, Thabah Sigit Suwasito, (2014).
- Nurun Nayiroh. Metalurgi Serbuk. <http://nurun.lecturer.uin-malang.ac.id/wpcontent/uploads/sites/7/2013/03/METALURGI-SERBUK.pdf>

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh ukuran serbuk aluminium terhadap hardness pada proses metalurgi serbuk

Nama : MULIA ARDIANSYAH
 NPM : 1407230095

Dosen Pembimbing 1 : KHAIRUL UMURANI, S.T., M.T
 Dosen Pembimbing 2 : AHMAD MARABDI SIREGAR, S.T., MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pemberian penjelasan tugas-	l
		- Perbaiki pendahuluan	l
		- Perbaiki tinjauan pustaka	l
		- Perbaiki Metode	l
		- lanjut ke paragraf 2	l.
02-11-2020		- perbaiki prosedur	2
		- di bab 4 perbaiki yg ada di prosedur, dibuktikan pd bab 4.	l. <i>PH</i>
$\frac{24}{2}$ 2021		: Acc persiapan seminar	<i>PH</i> l.
		Acc, Seminar	



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 497/11/3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 30 Maret 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : MULIA ARDIANSYAH
Npm : 1407230095
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : X(Sepuluh)
Judul Tugas Akhir : PENGARUH UKURAN SERBUK ALUMINIUM TERHADAP
KEKUATAN TARIK PADA PROSES METALURGI SERBUK


Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST. MT.
Pembimbing II : AHMAD MARABDI SIREGAR ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis Tugas Akhir dengan Ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

✓ Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 24 Rajab 1440 H
30 Maret 2019 M

Dekan


Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

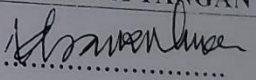
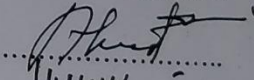
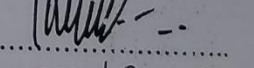
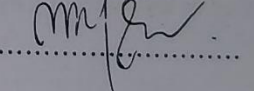
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2020 – 2021**

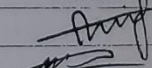
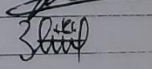

Peserta seminar

Nama : Mulia Ardiansyah
 NPM : 1407230095
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap Hardness Pada Proses Metalurgi Serbuk.

DAFTAR HADIR

TANDA TANGAN

Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T : 
 Pembimbing- II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T : 
 Pembimbing – I : Rahmatullah.S.T.M.Sc : 
 Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230107	Chaimul Arif Gurdwan	
2	1407230095	MULIA ARDIANSYAH	
3	1407230038	Roma Annur	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 14 Ramadhan 1442 H
 28 April 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin


 Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Mulia Ardiansyah
NPM : 1407230095
Judul T.Akhir : Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap Hardness Pada Proses Metalurgi Serbuk.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing -II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : M. Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

perbaiki sesuai koreksi dan diskusi

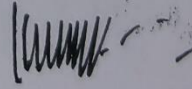
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 29 Syawal 1442H
10 Juni 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I


Rahmatullah.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Mulia Ardiansyah
NPM : 1407230095
Judul T.Ak/II : Pengaruh Ukuran Serbuk Aluminium Terhadap Hardness Pada Proses Metalurgi Serbuk.

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Rahmatullah.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : M.Yani.S.T.M.T

KEPUTUSAN

- Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

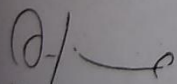
Lihat pada draft skripsi bagian yg
harus direvisi

- Harus mengikuti seminar kembali

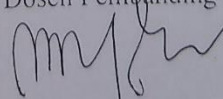
Perbaikan :

Medan 29 Syawal 1442H
10 Juni 2021M

Ditelaah :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II


M.Yani.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : Mulia Ardiansyah
2. NPM : 1407230095
3. Tempat/Tanggal Lahir : Belawan/26 Mei 1996
4. Jenis Kelamin : Laki – Laki
5. Agama : Islam
6. Status Perkawinan : Kawin
7. Alamat : Dusun I Desa Sialang Muda
8. Kecamatan : Hamparan Perak
9. Kabupaten : Deli Serdang
10. Provinsi : Sumatera Utara
11. Nomor HP : 0812 6249 8611
12. E-Mail : muliaardiansyah26@gmail.com
13. Nama Orang Tua :
 - Ayah : Ariyanto
 - Ibu : Zainab

B. PENDIDIKAN FORMAL

- | | |
|-------------|--|
| 2001 – 2002 | : TK AL Furqon |
| 2002 – 2008 | : SD Negeri 101747 |
| 2008 – 2011 | : SMP Swasta PAB 1 Klumpang |
| 2011 – 2014 | : SMK Swasta Ar – Rahman Medan |
| 2014 – 2021 | : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara |