

TUGAS AKHIR

PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL PENGECORAN ALUMINIUM

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

Disusun Oleh:

GILANG PERMANA

2007230127



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Gilang Permana
NPM : 2007230127
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium
Bidang Ilmu : Kontruksi & Manufaktur

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, 27 Februari 2025

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Penguji I



(H. Muharnif M, S.T.,M.Sc)

Dosen Penguji II



(Dr. Sudirman Lubis, ST.,M.T)

Dosen Penguji III



(Chandra A Siregar, S.T.,M.T)

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



(Chandra A Siregar, S.T.,M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Gilang Permana
Tempat /Tanggal Lahir : Bandar Setia, 19 Agustus 2002
NPM : 2007230127
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKUATAN TARIK HASIL PENGECORAN ALUMINIUM

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

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau pun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 27 Februari 2025

Saya yang menyatakan



Gilang Permana

ABSTRAK

Media pendingin yang digunakan dalam pengecoran aluminium dapat mempengaruhi struktur logam dan sifat mekanis dari hasil coran. Oleh karena itu kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang sangat penting dalam proses coran aluminium, karena sangat menentukan kemampuan bahan untuk menahan tegangan tarik sebelum mengalami kegagalan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium dan apakah ada perbedaan kekuatan tarik yang signifikan saat menggunakan media pendingin yang berbeda dalam proses pengecoran aluminium. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis media pendingin, yaitu larutan air garam, oli bekas, dan udara untuk menilai dampaknya terhadap kekuatan tarik. Pengujian dilakukan dengan metode tensile test untuk mengukur tegangan dan regangan tarik dari spesimen yang dihasilkan. Hasil menunjukkan bahwa media pendingin memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik hasil cor aluminium. Spesimen yang didinginkan dengan oli bekas menunjukkan kekuatan tarik tertinggi yaitu dengan nilai tegangan tarik $68,55 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 16,79 %, kemudian udara dengan nilai tegangan tarik $65,22 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 11,21 %, dan nilai yang paling rendah yaitu larutan air garam dengan nilai tegangan $48,74 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 7,50 %. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media pendingin yang lebih baik dapat meningkatkan sifat mekanik aluminium, memberikan wawasan penting bagi industri pengecoran untuk meningkatkan kualitas produk dan performa material. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan teknik pengecoran yang lebih baik dan efisien.

Kata kunci: Aluminium, Pengecoran Logam, Larutan garam, Oli bekas, udara, kekuatan tarik.

ABSTRACT

The cooling media used in aluminum casting can affect the metal structure and mechanical properties of the casting results. Therefore, tensile strength is one of the most important mechanical properties in the aluminum casting process, because it greatly determines the ability of the material to withstand tensile stress before experiencing production failure. This study aims to determine the effect of cooling media on the tensile strength of aluminum casting results and whether there is a significant difference in tensile strength when using different cooling media in the aluminum casting process. This study used three types of cooling media, namely brine solution, used oil, and air to assess their impact on tensile strength. Testing was carried out using the tensile test method to measure the stress and tensile strain of the resulting specimens. The results show that the cooling media has a significant effect on the tensile strength of aluminum casting results. The specimen cooled with used oil showed the highest tensile strength with a tensile stress value of 68.55 N/mm² and a strain of 16.79%, then air with a tensile stress value of 65.22 N/mm² and a strain of 11.21%, and the lowest value was brine solution with a stress value of 48.74 N/mm² and a strain of 7.50%. These findings indicate that the use of better cooling media can improve the mechanical properties of aluminum, providing important insights for the casting industry to improve product quality and material performance. This research is expected to be a reference for the development of better and more efficient casting techniques.

Keywords: *Aluminum, Metal Casting, Salt solution, Used oil, Air, Tensile strength.*

KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul **“Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium”**.

Banyak pihak telah membantu dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini, Untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing dan Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T, M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen diProgram Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
5. Orang tua penulis ayah (Yatimen) Dan ibu (Ade Arianti) Yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai, serta adik (Surya Dharma, Ari Hermawan) yang juga telah memberikan support terhadap penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Ibnu Afwandi, Rizky Fadillah, M. Fauzan Gushan, M. Fathur Rahman Harahap, Dwi Anggara, Fazar Prayoga dan seluruh teman-teman kelas B-3 2020 lainnya yang tidak mungkin disebut satu per satu.

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 pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 27 Februari 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gilang Permana', written in a cursive style.

Gilang Permana

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Aluminium	4
2.1.1. Paduan Aluminium	5
2.2. Pengecoran Aluminium	6
2.2.1. Proses Pengecoran	6
2.2.2. Jenis-jenis Teknik Pengecoran Logam	6
2.3. Pendinginan Logam	7
2.3.1. Proses Pendinginan Logam	7
2.3.2. Proses <i>Quenching</i>	8
2.3.3. Media Pendingin Logam	8
2.4. Pengujian Tarik	10
2.4.1. Hukum Hooke	11
2.4.2. Tegangan	12
2.4.3. Regangan	13
2.4.5. Standar Pengujian Tarik Bahan Logam	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	16
3.1.1. Tempat Penelitian	16
3.1.2. Waktu Penelitian	16
3.2. Bahan Dan Alat	16
3.2.1. Bahan Penelitian	16
3.2.2. Alat Penelitian	18
3.3. Bagan Alir Penelitian	24
3.4. Rancangan Alat Penelitian	25
3.5. Prosedur Penelitian	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Hasil	28
4.1.1. Pembuatan Cetakan	28
4.1.2. Proses Pengecoran Aluminium	32
4.1.3. Proses Pendinginan Dengan Tiga Media Pendingin	36
4.1.4. Proses Pengujian Spesimen Dengan Alat Uji Tarik.	39

4.1.5. Hasil Uji Tarik	43
4.1.6. Hasil Hitungan Tegangan Dan Regangan	46
4.2. Pembahasan	52
4.2.1. Media Pendingin Larutan Air Garam	52
4.2.2. Media Pendingin Oli Bekas	52
4.2.3. Media Pendingin Udara	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
Lampiran 1. Lembar Asistensi	
Lampiran 2. SK Pembimbng	
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup	
Lampiran 5. Hasil Pengujian	
Lampiran 6. Ukuran Standar ASTM-E8	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Paduan Logam BS 1490 ; 1998	5
Tabel 2. Waktu Kegiatan Penelitian	15
Tabel 3. Waktu Pendinginan	37
Tabel 4. Hasil Perhitungan	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aluminium (Ramadhan et al., 2015)	4
Gambar 2.2 Mesin Uji Tarik (Sastranegara, n.d.)	10
Gambar 2.3 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Datanya (Sastranegara, n.d.)	11
Gambar 2.4 Kurva Regangan Dan Tegangan	14
Gambar 2.5 Standar ASTM-E8 (Standar ASTM-E8, n.d.)	14
Gambar 2.6 Dimensi Standar ASTM-E8 (Standar ASTM-E8, n.d.)	14
Gambar 2.7 Spesimen Uji Tarik ASTM-E8 Sheet-type (Zakaria, 2018)	15
Gambar 3.1 Aluminium Rongsok	17
Gambar 3.2 Larutan Air Garam	17
Gambar 3.3 Oli Bekas	17
Gambar 3.4 Pasir Cor	18
Gambar 3.5 Laptop	18
Gambar 3.6 Tungku Pelebur Aluminium	29
Gambar 3.7 Kowi	29
Gambar 3.8 Sand Moulding	20
Gambar 3.9 Wadah Penampung Larutan Garam Dan Oli Bekas	20
Gambar 3.10 Tang Capit	21
Gambar 3.11 Jangka Sorong	21
Gambar 3.12 Ayakan Pasir	22
Gambar 3.13 Kuas	22
Gambar 3.14 Gerinda	22
Gambar 3.15 Mesin Uji Tarik (<i>Universal Testing Machine</i> (UTM))	23
Gambar 3.16 Bagan Alir Penelitian	24
Gambar 3.17 Desain Awal Cetakan	25
Gambar 3.18 Desain Benda Uji Atau Spesimen Uji	25
Gambar 3.19 Pola Cetakan Spesimen Sand Casting	26
Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik	28
Gambar 4.2 Proses Pematangan Triplek	29
Gambar 4.3 Proses Perakitan Cetakan	29
Gambar 4.4 Proses Perakitan Cetakan	29
Gambar 4.5 Moulding Atau Cetakan	30
Gambar 4.6 Proses Pematangan Plat Besi	30
Gambar 4.7 Mal Cor Spesimen Uji Tarik	30
Gambar 4.8 Proses Pengayakan Pasir Silika	31
Gambar 4.9 Proses Menakar Bentonit	31
Gambar 4.10 Pencampuran Pasir Cetak	31
Gambar 4.11 Cetakan Pasir Spesimen Uji Tarik	32
Gambar 4.12 Aluminium Rongsok	32
Gambar 4.13 Tungku Pelebur Aluminium	33
Gambar 4.14 Tungku Pelebur Aluminium	33
Gambar 4.15 Menyalakan Tungku Pelebur Aluminium	33
Gambar 4.16 Proses Pengukuran Temperatur Dalam Kowi	34
Gambar 4.17 Proses Memasukan Aluminium Rongsok Ke Dalam Kowi	34
Gambar 4.18 Aluminium Yang Sudah Mencair	34
Gambar 4.19 Proses Penuangan Aluminium Cair Kedalam Cetakan	35
Gambar 4.20 Proses Pembongkaran Cetakan	36

Gambar 4.21 Proses Pendinginan Dengan Larutan Air Garam	37
Gambar 4.22 Proses Pendinginan Dengan Oli Bekas	37
Gambar 4.23 Proses Pendinginan Dengan Udara	38
Gambar 4.24 Spesimen Sebelum Digerinda	39
Gambar 4.25 Proses Penggerindaan	39
Gambar 4.26 proses Pengukuran Spesimen	40
Gambar 4.27 Spesimen Siap Uji	40
Gambar 4.28 Pengukuran Penampang Putus Spesimen	40
Gambar 4.29 Pemasangan Spesimen Ke Mesin Uji Tarik	41
Gambar 4.30 Jarum Penunjuk Ukuran	42
Gambar 4.31 Spesimen Yang Telah Putus	42
Gambar 4.32 Jarum Penunjuk Setelah Spesimen Putus	43
Gambar 4.33 Struktur Spesimen Larutan Air Garam	44
Gambar 4.34 Struktur Spesimen Oli Bekas	45
Gambar 4.35 Struktur Spesimen Udara	45
Gambar 4.36 Grafik Tegangan	51
Gambar 4.37 Grafik Regangan	51
Gambar 4.38 Grafik Beban Maksimal	51

DAFTAR NOTASI

σ	= Tegangan (N/mm^2)
ε	= Regangan (%)
P	= Beban (N)
A_0	= Luas Penampang Patah (mm^2)
ΔL	= Pertambahan Panjang (mm)
L_0	= Panjang Mula-Mula (mm)
W	= Lebar (mm)
T	= Tebal (mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengecoran logam merupakan suatu proses pembentukan logam yang sudah dirancang untuk menghasilkan suatu produk dengan cara mencairkan logam menggunakan temperatur tinggi hingga logam mencair, logam cair kemudian dilakukan penuangan ke dalam cetakan yang telah dirancang dan dilakukan pendinginan. Setiap material logam yang telah melalui perlakuan pengecoran logam akan mempengaruhi sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisik pada logam. Hal yang mempengaruhi kualitas produk cor salah satunya media pendingin dan temperatur pendinginan (Kristiadi et al., 2023).

Hasil pengecoran suatu komponen pada saat digunakan kadang mengalami beban tarik sehingga peralatan tersebut harus mendapatkan jaminan terhadap kerusakan akibat tarikan yang dikenakan, sehingga aman dalam penggunaan atau bahkan mempunyai usia pakai (*life time*) lebih lama. Untuk itu tentunya perlu diketahui sifat mekanis dari material yang digunakan agar konstruksi nantinya tidak mengalami kegagalan (Purwanto & mulyonorejo, 2010).

Media pendingin juga salah satu faktor penting dalam proses pengecoran aluminium. Media pendingin yang digunakan dalam pengecoran aluminium dapat mempengaruhi sifat mekanis dari hasil coran. Oleh karena itu kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang sangat penting dalam proses coran aluminium, karena sangat menentukan kemampuan bahan untuk menahan tegangan tarik sebelum mengalami kegagalan produksi. Media pendingin yang digunakan adalah media pendingin yang memanfaatkan limbah dan mudah didapat, yaitu larutan air garam, oli bekas, dan udara.

Pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium sangat penting karena pemilihan media pendingin yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kualitas suatu produk cor aluminium, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi untuk memahami pengaruh media pendingin yang berbeda terhadap kekuatan tarik dalam pengecoran aluminium.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu adanya suatu masalah agar peneliti lebih fokus dan terarah pada suatu objek permasalahan yang akan diteliti, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium.
2. Apakah ada perbedaan kekuatan tarik yang signifikan saat menggunakan media pendingin yang berbeda dalam proses pengecoran aluminium.

1.3. Ruang Lingkup

Agar penelitian tidak melebar dari apa yang dikehendaki peneliti maka perlu adanya ruang lingkup, adapun ruang lingkupnya adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan sebagai bahan baku pengecoran adalah aluminium bekas atau rongsok ataupun aluminium yang gagal produk.
2. Pembuatan cetakan spesimen menggunakan proses *sand casting*.
3. Menggunakan media pendingin larutan air garam, oli bekas dan udara.
4. Menguji spesimen dengan alat uji tarik untuk mengukur dan menghitung nilai tegangan dan regangan menggunakan standar uji tarik ASTM E8 dari hasil pengecoran aluminium bekas setelah melalui proses pengecoran dan proses pendinginan dengan tiga media pendingin.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh karakteristik media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium.
2. Membuat spesimen uji tarik aluminium menggunakan proses *sand casting* sesuai ukuran standar uji tarik ASTM-E8.
3. Menganalisa pengaruh media pendingin larutan air garam, oli bekas dan udara terhadap kualitas hasil pengecoran.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapat dari penelitian Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Pengecoran Aluminium yaitu:

1. Secara teoritis mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan tentang pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik pengecoran aluminium.

2. Dengan memahami pengaruh media pendingin, penelitian ini dapat membantu meningkatkan kualitas produk cor aluminium.
3. Dengan memilih media pendingin yang tepat, dapat menghasilkan produk cor dengan kekuatan tarik yang lebih baik, sehingga meningkatkan daya tahan dan performa produk.
4. Penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik, sehingga memungkinkan untuk mengoptimalkan proses pengecoran aluminium.
5. Dan secara praktis dengan adanya penelitian ini dapat membantu dalam pengembangan produk cor aluminium yang lebih aman dan handal. Produk cor dengan kekuatan tarik yang baik akan lebih mampu menahan tegangan dan beban yang diterapkan sehingga mengurangi resiko kegagalan dan potensi kecelakaan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aluminium



Gambar 2.1. Aluminium (Ramadhan et al., 2015)

Aluminium diambil dari bahasa latin: alumen, alum. Orang-orang yunani dan romawi kuno menggunakan alum sebagai cairan penutup pori-pori dan bahan penajam proses pewarnaan. Pada tahun 1827, Wohler disebut sebagai ilmuwan yang berhasil mengisolasi logam ini. Aluminium dapat menghantarkan arus listrik dua kali lebih besar jika dibandingkan dengan tembaga. Karena aluminium tidak mahal dan ringan, maka aluminium sangat baik untuk kabel-kabel listrik overhead maupun bawah tanah (Ramadhan et al., 2015).

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya (Surdia & Saito, 1985).

Menurut (Setiawan, 2015) aluminium merupakan logam lunak dengan tampilan menarik, ringan, tahan, korosi, mempunyai daya hantar panas dan gaya hantar listrik yang relative tinggi, dan mudah dibentuk serta cadangannya dikerak

bumi melimpah melebihi cadangan besi (fe). Aluminium murni mempunyai kekuatan dan sifat mekanis yang rendah. Kekuatan aluminium murni tidak dapat ditingkatkan secara langsung dengan proses perlakuan panas (heat treatment, age hardening).

2.1.1. Paduan Aluminium

Paduan aluminium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh beberapa Negara. Secara umum paduan aluminium diklarifikasikan menjadi dua kelompok yaitu paduan aluminium tuang atau cor (*cast aluminium alloy*) dan paduan aluminium tempa (*wrought aluminum alloy*). Setiap kelompok tersebut dibagi lagi menjadi dua kategori, yaitu paduan dengan perlakuan panas (*heat treatable alloy*) dan paduan tanpa perlakuan panas (*non heat treatable alloy*) (Setiawan, 2015).

Tabel 1. Paduan Logam BS 1490 ; 1998 (Tjokorda et al., 2017)

Notasi Teknis	Komposisi %					
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Lain-lain
LM 0	Max 0.3	Max 0.4	Max 0.03	Max 0.03	Max 0.03	Al Min 99.5 (Rotor Al)
LM 2	9.0-11.5	Max 0.1	Max 0.03	Max 0.05	Max 0.03	Zn s.d 2.0
LM 4	4.0-6.0	Max 0.8	0.7-2.5	0.2-0.6	Max 0.15	
LM 5	Max 0.3	Max 0.6	2.0-4.0	0.3-0.7	3.0-6.0	
LM 6	10.0-13.0	Max 0.6	Max 0.1	Max 0.5	Max 0.1	
LM 9	10.0-13.0	Max 0.6	Max 0.1	0.3-0.7	0.2-0.6	
LM 10	Max 0.25	Max 0.35	Max 0.1	Max 0.1	9.5-11.0	
LM 12	Max 2.5	Max 1,0	9.0-11.0	Max 0.6	0.2-0.4	
LM 13	10.0-12.0	Max 1.0	0.7-1.5	Max 0.5	0.8-1.5	
LM 16	4.5-5.5	Max 0.6	1.0-1.5	Max 0.5	0.4-0.6	
LM 18	4.5-6.0	Max 0.6	Max 0.1	Max 0.5	Max 0.1	
LM 20	10.0-13.0	Max 1.0	Max 0.4	Max 0.5	Max 0.2	
LM 21	5.0-7.0	Max 1.0	3.0-5.0	0.2-0.8	0.1-0.3	
LM 22	4.0-6.0	Max 0.6	2.8-3.8	0.2-0.6	Max 0.05	
LM 24	7.9-9.5	Max 1.3	3.0-4.0	Max 0.5	Max 0.3	Zn s.d 2.0
LM 25	6.5-7.5	Max 0.5	Max 0.1	Max 0.3	0.2-0.6	
LM 26	8.5-10.5	Max 1.2	2.0-4.0	Max 0.5	0.5-1.5	Zn s.d 1.0, Ni s.d 1.0
LM 27	6.0-8.0	Max 0.8	1.5-2.5	0.6-0.6	Max 0.3	Zn s.d 1.0
LM 28	17.0-20.0	Max 0.7	1.3-1.8	Max 0.6	0.8-1.5	Cr s.d 0.6, Co s.d 0.5, Ni 0.8-1.3
LM 29	22.0-25.0	Max 0.7	0.8-1.3	Max 0.6	0.8-1.3	Cr s.d 0.6, Co s.d 0.5, Ni 0.8-1.5
LM 30	16.0-18.0	Max 1.1	4.0-5.0	Max 0.3	0.4-0.7	

2.2. Pengecoran Aluminium

Pengecoran aluminium adalah proses pembentukan komponen atau produk dengan menggunakan logam aluminium cair yang dituangkan kedalam cetakan dan kemudian didinginkan sehingga membeku menjadi bentuk yang diinginkan. Proses ini umumnya dilakukan dalam industri manufaktur untuk menghasilkan berbagai macam produk dari aluminium, seperti bagian mesin, komponen otomotif, peralatan rumah tangga, dan lain sebagainya.

Pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penuangan materi cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan kedalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku di dalam cetakan tersebut, dan kemudian dikeluarkan atau dipecah-pecah untuk dijadikan komponen mesin. Pengecoran digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks (Wijaya et al., 2017).

Pengecoran logam merupakan suatu proses pembentukan logam yang sudah dirancang untuk menghasilkan suatu produk dengan cara mencairkan logam menggunakan temperatur tinggi hingga logam mencair, logam cair kemudian dilakukan penuangan ke dalam cetakan yang telah dirancang dan dilakukan pendinginan. Setiap material logam yang telah melalui perlakuan pengecoran logam akan mempengaruhi sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisik pada logam. Hal yang mempengaruhi kualitas produk cor salah satunya media pendingin dan temperatur pendinginan.

Proses pengecoran dan proses pendinginan pada logam dapat mempengaruhi sifat mekanis dan fisik yang terbentuk. Perubahan pada sifat logam dipengaruhi dari perbedaan media pendinginan logam (Kristiadi et al., 2023).

2.2.1. Proses Pengecoran

Proses pengecoran merupakan proses pembuatan manufaktur tertua yang sampai saat ini masih terus diterapkan, keunggulan proses pengecoran adalah kemampuannya untuk memproduksi komponen dengan bentuk kompleks secara massal. Terdapat tiga bagian utama proses pengecoran, yang pertama proses pembuatan cetakan pasir. Kedua adalah proses pembuatan inti dan yang ketiga adalah proses pengecoran logam (Ramadhan et al., 2015).

2.2.2. Jenis-jenis Teknik Pengecoran Logam

Menurut (Andika & Subekti, 2022) Pengecoran logam memiliki banyak teknik dalam pengerjaannya, dalam artikelnya penulis berfokus terhadap jenis-

jenis teknik pengecoran berdasarkan jenis cetakannya dimana jenis cetakan pengecoran di bagi atas dua bagian yaitu : cetakan sekali pakai dan cetakan permanen. Dimana kedua jenis cetakan ini memiliki kegunaan masing-masing, dimana untuk cetakan sekali pakai biasanya digunakan untuk produk-produk pesanan, produk yang dihasilkan biasanya jarang ditemui dipasaran, menggunakan cetakan sekali pakai bertujuan untuk memperkecil biaya pembuatan cetakan sehingga pekerja tidak mengalami kerugian. Dan cetakan permanen biasanya digunakan untuk produk-produk dalam skala besar dimana produk tersebut banyak tersedia dipasaran. Menggunakan cetakan permanen bertujuan untuk mempercepat produksi.

Teknik pengecoran untuk cetakan sekali pakai diantaranya yaitu: *sand casting, shell molding, vacuum molding, expanded polystyrene casting, investment casting, plaster mold casting dan ceramic mold casting.*

Sedangkan untuk cetakan permanen terdapat 9 teknik pengecoran diantaranya yaitu: *permanent mold casting, semi-permanent mold casting, slush casting, low pressure casting, vacuum permanent mold casting, die casting, squeeze casting, semisolid metal casting dan centrifugal casting.*

2.3. Pendinginan Logam

Setiap logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanis yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini antara lain dipengaruhi media pendingin yang digunakan pada proses pendinginan (Supriyanto, 2009).

2.3.1. Proses Pendinginan Logam

Quenching adalah proses pendinginan secara cepat pada logam yang telah mengalami perlakuan panas. media pendingin *quenching* yang sering digunakan berupa fluida, media *quench* udara dan gas juga digunakan pada kasus-kasus tertentu. faktor yang mempengaruhi proses quenching seperti suhu, viskositas media pendingin (Kristiadi et al., 2023)

Dari faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi sifat akhir dari proses bahan logam tersebut oleh karena itu harus diatur pada proses perlakuan *quenching* berlangsung (Asya, 2019)

2.3.2. Proses *Quenching*

Proses *quenching* dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara berikut:

1. *Spray Quenching* (pendinginan semprot)

Spray Quenching adalah metode *quenching* yang melibatkan penggunaan semprotan air atau media pendingin lainnya dalam bentuk semprotan halus untuk mendinginkan benda kerja logam secara cepat setelah dipanaskan. Semprotan air biasanya memiliki tekanan yang cukup tinggi untuk menghasilkan semprotan halus atau kabut air yang merata. Hal ini memungkinkan pendinginan yang lebih cepat dan efektif karena area permukaan yang lebih besar dari benda kerja terkena oleh media pendingin.

2. *Bath Quenching* (pendinginan celup)

Bath quenching atau juga dikenal sebagai *quenching* celup, adalah metode *quenching* yang dapat dilakukan menggunakan berbagai jenis cairan pendingin, seperti air, minyak, garam lebur, atau campuran media pendingin lainnya.

Penting untuk dicatat bahwa proses *quenching* harus dilakukan dengan hati-hati, karena pendinginan yang terlalu cepat atau tidak tepat dapat menyebabkan deformasi, retak, atau bahkan kegagalan benda kerja logam. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang sifat-sifat logam dan kontrol parameter *quenching* yang tepat sangat penting dalam menjalankan proses ini.

2.3.3. Media Pendingin Logam

Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen biasa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin (Achmadi, 2017).

Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antar lain:

1. Larutan Air Garam

Menurut Widiyono et al., 2018 hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa benda uji yang memiliki nilai kekuatan tarik yang paling tinggi ialah pada benda uji dengan media pendingin air 80% + garam 20% sebesar 1304 N/mm² sedangkan yang paling rendah pada benda uji dengan media pendingin air 100% + garam 0% sebesar 1208 N/mm²

Menurut Achmadi, 2017 apabila baja (Fe_3C) dicelupkan ke dalam larutan air garam akan terjadi pendinginan yang cepat karena apabila airnya telah menguap akan terjadi selubung uap air tetapi ada bintik-bintik ion $Na^+(Aq) + Cl^-(Aq)$ pada seluruh permukaan benda kerja, maka selubung uap air tersebut diceraikan oleh bintik-bintik ion Na^+ dan ion Cl^- . Keadaan yang demikian itu berlangsung terus menerus dan mengakibatkan pendinginan tidak terhambat, sehingga benda kerja akan cepat dingin dan hasil kekerasan akan tinggi.

Menurut Achmadi, 2017 hubungan antara kekerasan dari suatu bahan berbanding terbalik dengan kekuatan tarik, karena pengertian dari kekerasan dan kekuatan tarik berbeda. Kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi lokal (permukaan), sedangkan kekuatan tarik adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terjadi di seluruh permukaan material (global). Maka material yang memiliki kekuatan tarik yang baik adalah material yang semakin ulet dan tidak getas. Sedangkan material yang memiliki kekerasan yang baik adalah material yang mempunyai sifat getas atau tidak ulet.

Dikarenakan Laju pendinginan berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik. Semakin cepat laju pendinginan maka akan semakin menurunkan kekuatan tarik (Izharuk Haq 2022).

Dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya (Iswanto et al., 2021).

2. Oli Bekas

Oli bekas dipilih sebagai media pendingin karena menurut (Maulana, 2016) penggunaan oli bekas sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung pada besarnya viskositas.

Semakin besar viskositas cairan pendingin mengakibatkan kekuatan tarik semakin besar. Viskositas cairan pendingin yang semakin besar juga mengakibatkan regangan yang semakin besar (Iswanto et al., 2021)

Iswanto et al., 2021 juga menyampaikan pada jurnalnya untuk laju pendinginan pada pendingin menggunakan oli SAE 90 yang memiliki viskositas paling tinggi, proses pendinginan berjalan lebih lambat sedangkan pendinginan

menggunakan oli bekas dengan viskositas paling rendah, pendinginan yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan oli SAE 40 dan oli SAE 90.

3. Udara

Rendahnya kekuatan tarik dengan pendinginan udara disebabkan karena udara memiliki laju pendinginan yang rendah (suherman,1998) pada laju pendinginan yang rendah transformasi fasa akan menghasilkan butir perlit halus. Terbentuknya struktur butir halus ini menyebabkan spesimen menjadi lebih ulet sehingga kekuatan tarik juga rendah (Herman susanto, IDK Okariawan ST, MT., Achmad zainuri, st., n.d.).

2.4. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah sebuah pemberian gaya tarik atau tegangan tarik terhadap material untuk mengetahui kekuatan tarik dari suatu material (Lubis et al., 2021). dalam pengujiannya bahan uji ditarik secara terus menerus sampai putus. Hasil yang didapatkan dipengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Uji tarik yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan suatu bahan agar diketahui kekuatan mekanik dari bahan yang diuji, alat yang dipakai untuk uji tarik adalah *Universal Testing Machine* (UTM) (Zakaria, 2018).



Gambar 2.2 Mesin Uji Tarik (Sastranegara, n.d.)

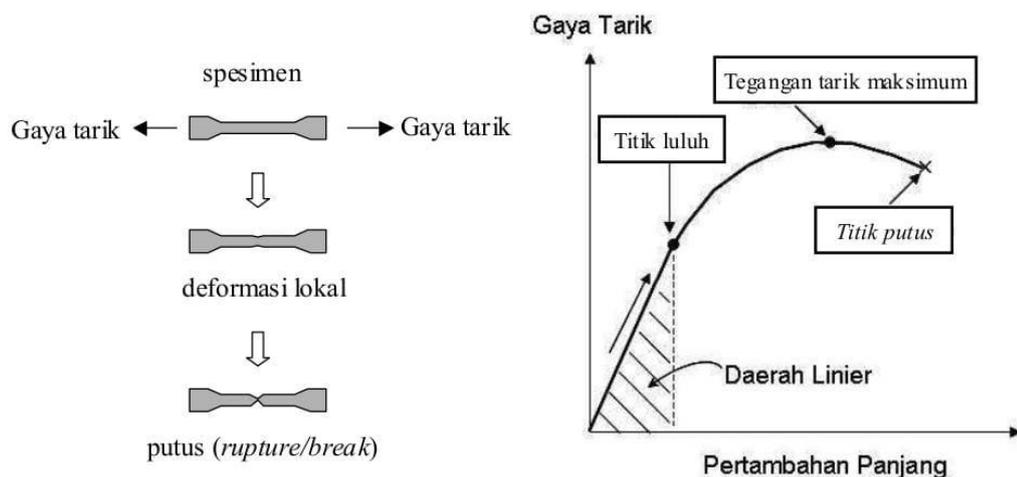
Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan gaya yang berlawanan arah. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik

banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Karena dengan pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara perlahan (Denti Salindeho et al., 2013).

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan luluh (*yield stress*), dan keuletan (*ductility*) dalam bentuk % regangan. (Anggit Widodo, 2022).

Pada pengujian tarik, gaya tarik yang diberikan secara perlahan-lahan dimulai dari nol dan berhenti pada tegangan maksimum (*Maximum stress*) dari logam yang bersangkutan. *Maksimum stress* merupakan batas kemampuan maksimum material mengalami gaya tarik dari luar hingga mengalami patah (*Fracture*), sedangkan *Yield Stress* merupakan batas kemampuan maksimum material untuk mengalami pertambahan panjang (melar) sebelum material tersebut mengalami *fracture* mengikuti hukum Hooke (Maulana, 2016).

Proses pengujian tarik mempunyai tujuan utama untuk mengetahui kekuatan tarik bahan uji. Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik adalah grafik tegangan-regangan, parameter kekuatan dan keliatan material pengujian dalam proses perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah, dan bentuk permukaan patahannya (Aziz, Afif Ardian & Kiryanto Santosa, 2017).



Gambar 2.3 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Datanya (Sastranegara, n.d.)

2.4.1. Hukum Hooke

Salah satu prinsip dasar dari analisa struktur adalah hukum Hooke yang menyatakan bahwa pada suatu struktur: hubungan tegangan (*stress*) dan regangan

(*strain*) adalah proporsional atau hubungan beban (*load*) dan deformasi (*deformations*) adalah proporsional.

Secara umum untuk semua benda padat, dari besi sampai tulang, tunduk pada Hukum Hooke, tetapi hanya untuk rentang gaya tertentu saja yang dikerjakan pada benda-benda padat itu. Bila gaya yang dikerjakan terlalu besar, maka benda akan meregang berlebihan dan akhirnya putus.

Jika kita membandingkan batang yang terbuat dari materi yang sama tetapi memiliki panjang dan luas penampang yang berbeda, ketika diberikan gaya yang sama, besar pertambahan panjang sebanding dengan panjang benda mula-mula dan berbanding terbalik dengan luas penampang. Makin panjang suatu benda, makin besar besar pertambahan panjangnya, sebaliknya semakin tebal benda, semakin kecil pertambahan panjangnya (Buhungo & Samatowa, 2017).

Hukum Hooke, yang dinamakan sesuai dengan fisikawan inggris Robert Hooke, adalah prinsip dasar dalam mekanika bahan yang menggambarkan hubungan linier antara tegangan dan regangan elastis pada benda padat. Hukum Hooke menyatakan bahwa tegangan yang dihasilkan pada suatu benda elastis sebanding dengan regangan yang terjadi pada benda tersebut.

Secara matematis, Hukum Hooke dapat dinyatakan sebagai berikut:

“Jika gaya tarik yang diberikan pada sebuah pegas tidak melampaui batas elastis bahan maka pertambahan panjang pegas berbanding lurus atau sebanding dengan gaya tariknya”

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Tujuan dari pengujian tarik adalah untuk mengetahui tegangan tarik maksimum, tegangan luluh dan regangan bahan melalui kurva tegangan-regangan (Setiawan, 2015).

2.4.2. Tegangan

Tegangan diartikan sebagai gaya tiap satuan luas. Untuk menghitung tegangan harus membagi gaya dengan luas penampang (Gunawan et al., 2019).

Menurut (Setiawan, 2015) Untuk menghitung tegangan teknik (*engineering stress*) pada benda uji dapat diberikan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

dengan σ = tegangan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = luas penampang patah (mm²)

Luas penampang benda uji akan terjadi pengecilan (*necking*) setelah beban diberikan sampai patah. Tetapi luas penampang benda uji (A) ini diasumsikan sama sebelum dan sesudah terjadi patah (*fracture*). Tegangan yang sebenarnya (*true stress*) dapat didefinisikan sebagai beban yang diberikan dibagi dengan luas penampang aktual yang telah mengalami deformasi (luas penampang yang telah terjadi *necking*).

2.4.3. Regangan

Regangan tarik (*tensile strain*) adalah jenis regangan yang terjadi pada suatu benda ketika dikenakan gaya tarik atau regangkan. Regangan tarik menggambarkan perubahan dimensi atau deformasi yang terjadi pada benda akibat gaya tarik yang diberikan.

Regangan tarik dihitung dengan membagi perubahan panjang benda akibat gaya tarik pada panjang awal benda. Regangan tarik adalah besaran tanpa satuan karena merupakan rasio perubahan dimensi.

Menurut (Setiawan, 2015) nilai regangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

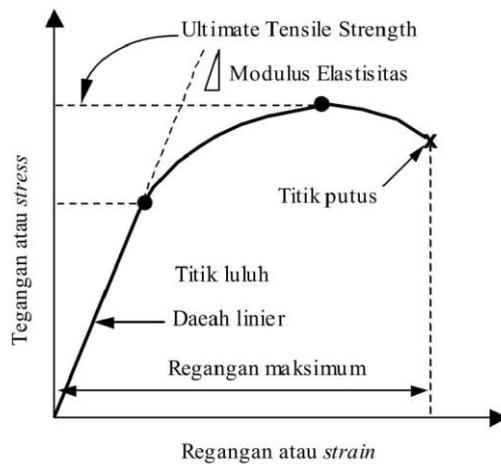
(2.3)

Dengan ε = regangan (%)

ΔL = pertambahan panjang (mm)

L_0 = panjang mula-mula (mm)

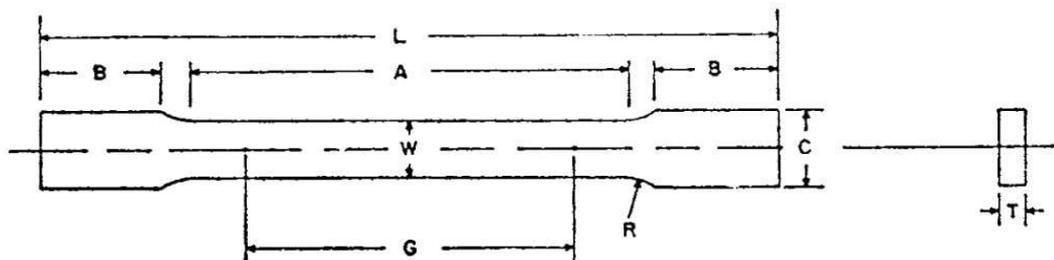
Regangan tarik adalah parameter penting dalam analisis kekuatan material dan desain struktur. Kurva tegangan-tegangan tarik (*tensile stress-strain curve*) digunakan untuk memahami perilaku material saat mengalami gaya tarik, termasuk batas elastis (*yield point*), tegangan maksimum (*tensile strength*), keuletan (*ductility*), dan titik kegagalan (*failure point*).



Gambar 2.4 Kurva Regangan Dan Tegangan

2.4.5. Standar Pengujian Tarik Bahan Logam

Menurut (Sastranegara, n.d.) Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan mudah mengalami standarisasi dunia, misal di Amerika dengan ASTM E8.

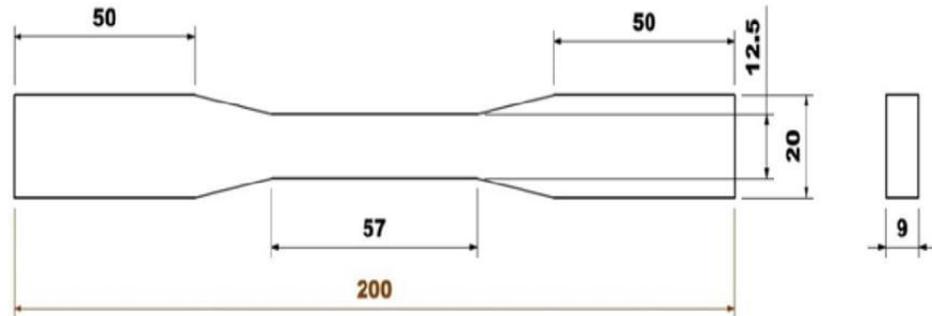


Gambar 2.5 Standar ASTM-E8 (Standar ASTM-E8, n.d.).

	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section (Note 8)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

Gambar 2.6 Dimensi Standar ASTM-E8 (Standar ASTM-E8, n.d.)

Pada bahan logam aluminium, standar uji tarik yang digunakan adalah ASTM-E8, nilai tersebut digunakan untuk memprediksi kekuatan dan ketangguhan material.



Gambar 2.7 Spesimen Uji Tarik ASTM E8 Sheet-type (Zakaria, 2018)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dan proses pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, jl. Almamater No.1 Kampus USU Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penerapan tugas akhir ini diselesaikan selama 6 bulan dari disetujuinya penulisan seminar hasil tugas akhir.

Tabel 2. Waktu Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu(Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pengajuan Judul	■					
2.	Studi Literatur	■	■				
3.	Penulisan Laporan	■	■	■			
4.	Seminar Proposal				■		
5.	Pelaksanaan Pengecoran Dan Pendinginan				■	■	
6.	Pengambilan Data Uji Tarik					■	
7.	Penulisan Laporan Akhir					■	■
8.	Seminar Hasil Dan Sidang Sarjana						■

3.2. Bahan Dan Alat

3.2.1. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aluminium Rongsok

Bahan yang digunakan menjadi bahan baku pembuatan spesimen uji tarik adalah aluminium rongsok atau aluminium bekas. Aluminium yang diperoleh dari limbah rumah tangga, limbah otomotif, dan lain sebagainya.



Gambar 3.1 Aluminium Rongsok

2. Larutan Air Garam

Konsentrasi garam dalam larutan garam yang digunakan yaitu 20% garam dapur dan 80% air sumur.



Gambar 3.2 Larutan Air Garam

3. Oli Bekas

Pada gambar 3.3 oli bekas yang digunakan sebagai media pendingin pada proses pendinginan logam adalah oli bekas sepeda motor 20W-50 dan 10W-30 setelah digunakan dengan jarak 2000km.



Gambar 3.3 Oli Bekas

4. Pasir Cor

Pada penelitian ini menggunakan pasir silika 92% karena Mengandung silikon dioksida, sangat tahan panas, dan memiliki kekuatan yang baik dan mencampurnya dengan bahan pengikat berupa bentonit 5% dan water glass 3% agar mudah dibentuk.



Gambar 3.4 Pasir Cor

3.2.2. Alat Penelitian

1. Laptop (Software)

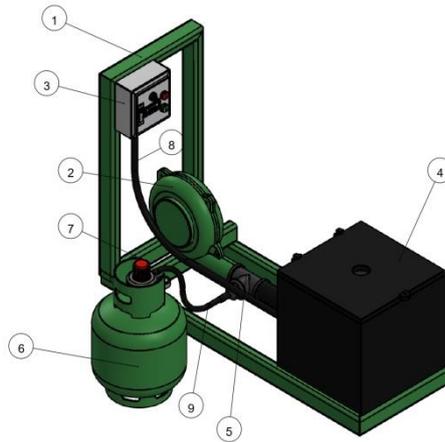
Laptop adalah alat utama dalam memulai sebuah proses pembuatan desain dan laporan tugas akhir. Seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Laptop

2. Tungku Pelebur Aluminium

Tungku pelebur aluminium yang digunakan berkapasitas 5kg dengan bahan bakar gas dan pengontrol panas otomatis. Tungku pelebur dalam pengecoran logam berfungsi untuk memasak bahan baku aluminium rongsok.



Gambar 3.6. Tungku Pelebur Aluminium

Keterangan:

1. Rangka
2. Blower
3. Pengontrol Suhu Dan Pemantik Secara Otomatis
4. Tungku Peleburan Alumunium
5. Burner
6. Tabung Gas Lpg 3kg
7. Regulator Solenoid Valve
8. Kabel Pengontrol Suhu Dan Pemantik Secara Otomatis
9. Selang Regulator Solenoid Valve

3. Kowi

Pada gambar 3.7 kowi digunakan untuk menampung aluminium rongsok yang belum dilebur sampai dilebur dan mencair sebelum dituang kedalam cetakan specimen, ukuran kapasitas kowi yang digunakan dengan kapasitas 5 Kg.



Gambar 3.7.Kowi

4. Sand Moulding

Pada gambar 3.8 Moulding Flask atau Labu Moulding adalah alat khusus yang digunakan sebagai wadah pasir yang digunakan untuk membentuk mal

cetakan yang sudah dibuat sebelumnya dalam proses pengecoran pasir. Pada umumnya labu moulding memiliki dua bagian yang saling terikat pada pengecoran berongga, namun pada penelitian ini untuk membuat spesimen uji tarik cukup satu bagian saja.



Gambar 3.8 Sand Moulding

5. Wadah Penampung Larutan Air Garam dan air

Pada gambar 3.9 Wadah Penampung digunakan untuk menampung larutan air garam dan oli bekas secara terpisah yang akan digunakan sebagai media pendingin pada spesimen yang sudah dilakukan pengecoran.



Gambar 3.9 Wadah Penampung Larutan Garam Dan Oli Bekas

6. Tang Capit

Pada gambar 3.10 tang capit digunakan untuk mengangkat kowi pada saat ingin menuangkan aluminium cair yang sudah dilebur kedalam cetakan pasir spesimen.



Gambar 3.10 Tang Capit

7. Jangka Sorong

Pada gambar 3.11 jangka sorong digunakan untuk mengukur spesimen uji tarik agar ukuran yang dihasilkan pada saat pembuatan mal, pengecoran dan setelah proses pendinginan coran spesimen.



Gambar 3.11 Jangka Sorong

8. Ayakan pasir

Ayakan pasir digunakan untuk menyamakan ukuran pasir yang akan digunakan pada saat pembuatan cetakan. selain itu ayakan juga berfungsi untuk menyaring kotoran agar kotoran tidak masuk ke dalam campuran pasir yang dapat mempengaruhi hasil dan kualitas coran.



gambar 3.12 Ayakan Pasir

9. Kuas

Kuas digunakan untuk membersihkan sisa pasir silika yang menempel pada spesimen hasil pengecoran.



Gambar 3.13 Kuas

10. Gerinda

Gerinda digunakan untuk memotong dan merapikan mal uji tarik dan spesimen uji tarik yang telah dilakukan pengecoran.



Gambar 3.14 Gerinda

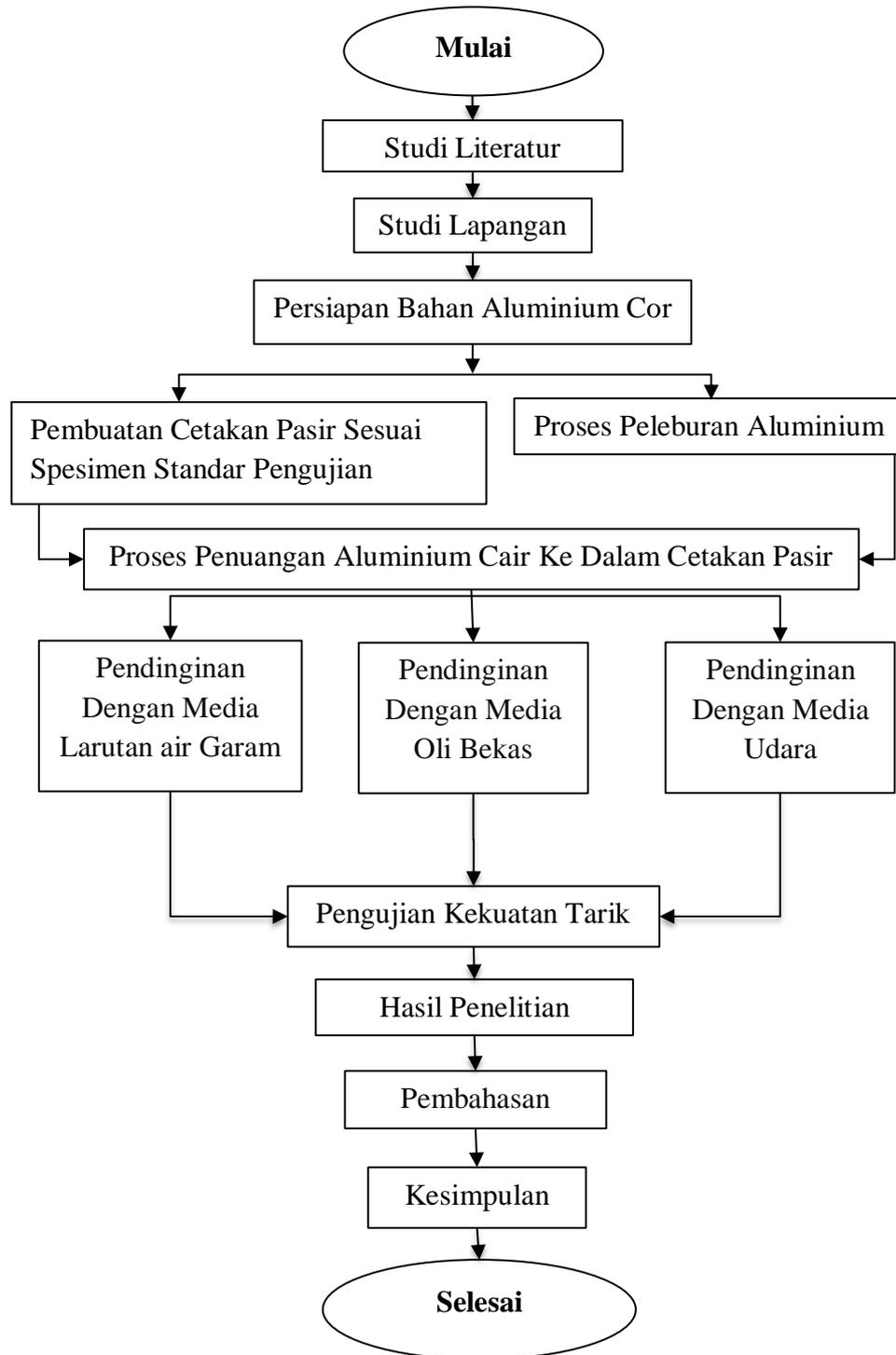
11. Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine (UTM)*)

Pada gambar 3.15 Mesin uji tarik digunakan untuk menentukan kekuatan dan perilaku deformasi material hingga titik putus. Memilih alat uji tarik yang tepat tergantung pada standar yang harus diikuti, umumnya ASTM-E8..



Gambar 3.15 Mesin Uji Tarik (*Universal Testing Machine (UTM)*)

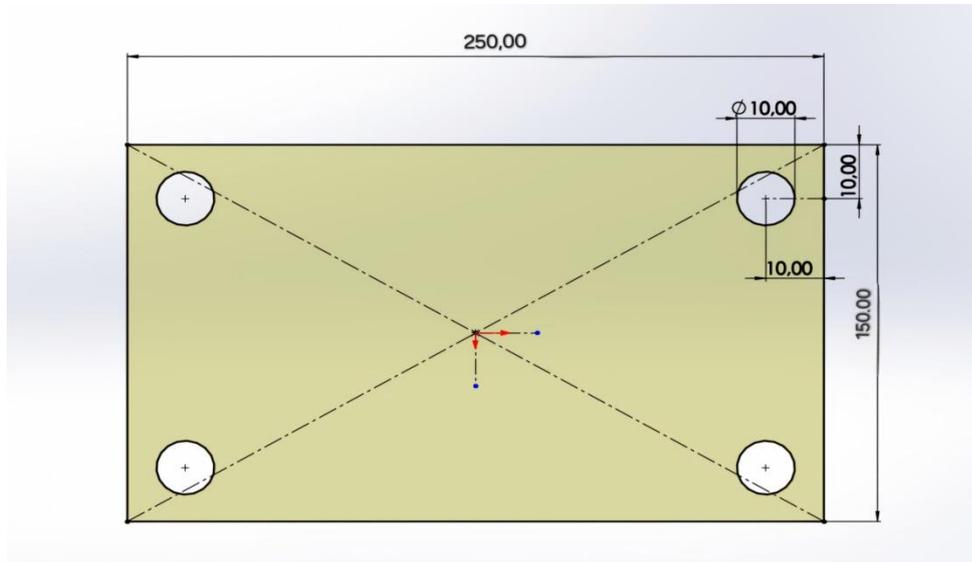
3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.16 Bagan Alir Penelitian

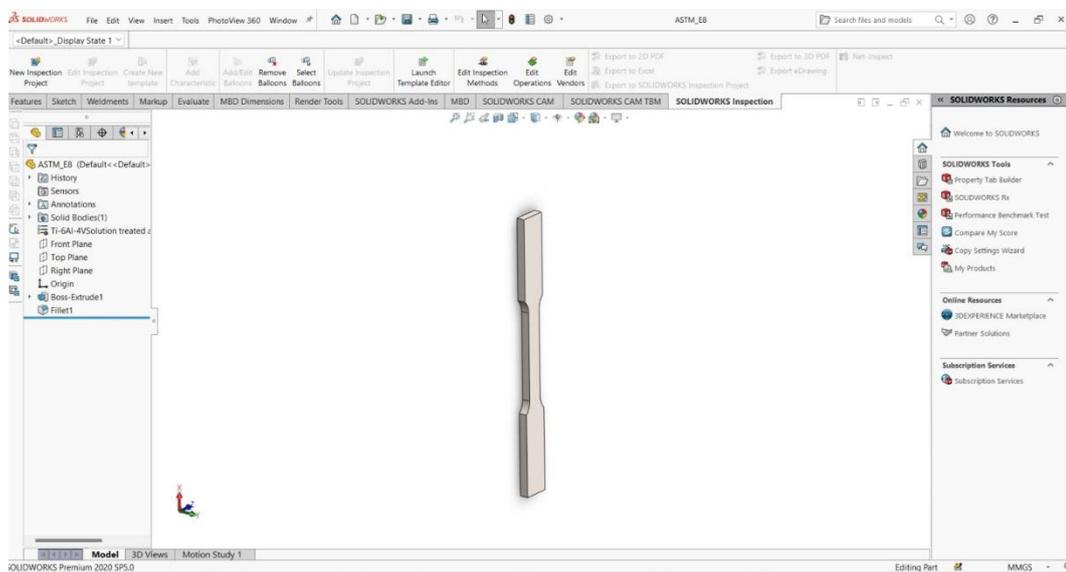
3.4. Rancangan Alat Penelitian

Tahap awal pembuatan benda uji adalah dengan membuat pola cetakan benda uji.



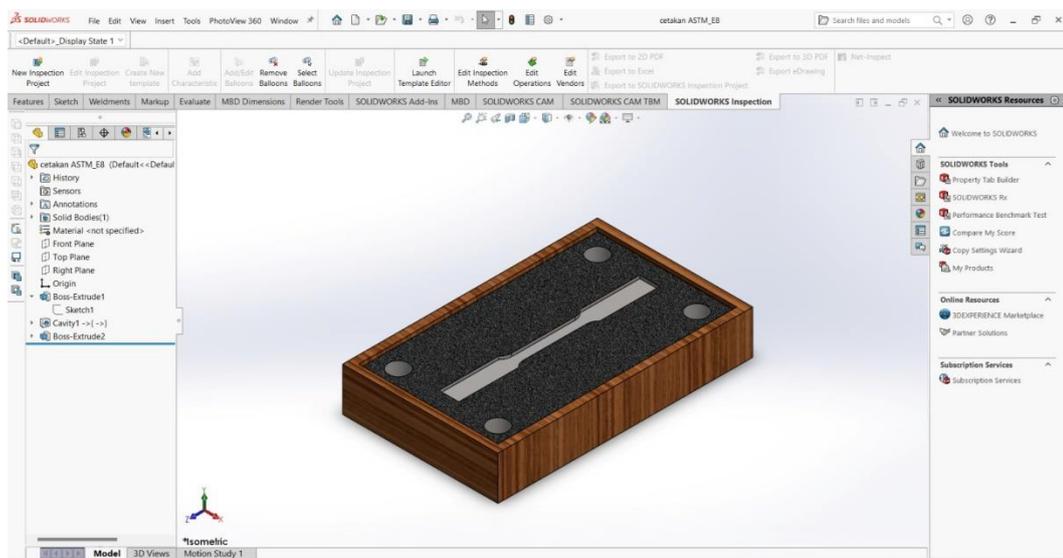
Gambar 3.17 Desain Awal Cetakan

Tahap selanjutnya desain benda uji yang digunakan sebagai pola cetakan yang memenuhi standar uji tarik ASTM E8.



Gambar 3.18 Desain Benda Uji Atau Spesimen Uji

Setelah pola cetak terbentuk kemudian dibuatlah cetakan dengan menggunakan metode cetakan sand casting.



Gambar 3.19 Pola Cetakan spesimen Sand Casting

3.5. Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah suatu kajian atau telaah yang dilakukan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan merangkum informasi yang telah dipublikasikan sebelumnya mengenai topik tertentu. Dalam konteks "Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium, proses pengambilan data diambil dengan metode pustaka, pengujian dan observasi kelapangan.

2. Persiapan Bahan Dan Alat

Persiapan bahan dan alat adalah proses mempersiapkan bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan selama proses penelitian dan pengujian berlangsung, tahapan ini berupa persiapan bahan baku berupa aluminium, media pendingin, cetakan spesimen, alat peleburan, dan alat untuk melakukan pengujian tarik.

3. Proses pengecoran

Proses pengecoran adalah proses untuk membuat spesimen uji tarik, dimulai dari menyiapkan cetakan pasir sesuai spesifikasi ASTM-E8, melebur aluminium hingga mencapai suhu leleh, kemudian menuangkan aluminium cair kedalam cetakan yang sudah dibuat.

4. Proses pendinginan

Proses pendinginan adalah proses yang sangat penting pada penelitian ini, spesimen yang sudah dilakukan pengecoran kemudian dibongkar dari cetakan dan dilakukan proses pendinginan dengan tiga media pendingin yang berbeda, yaitu media pendingin larutan air garam, oli bekas dan udara.

5. Pengujian Kekuatan Tarik

Setelah proses pendinginan, dilakukan pengujian kekuatan tarik menggunakan mesin uji tarik, Kemudian mencatat hasil uji dari masing-masing media pendingin.

6. Analisis Data

Analisa data adalah proses menghitung nilai rata-rata tegangan dan regangan dari kekuatan tarik untuk setiap spesimen, menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik untuk visualisasi.

7. Kesimpulan Dan Saran

1. Kesimpulan berisi ringkasan hasil penelitian dan pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik.
2. Saran berisi rekomendasi untuk penelitian lanjutan dan aplikasi praktis hasil penelitian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil pembuatan spesimen dan pengujian tarik merupakan urutan dan langkah-langkah pengerjaan, mulai dari pembuatan cetakan, proses pengecoran, proses pendinginan proses pengujian spesimen dan hasil pengujian tarik. sesuai dengan yang telah direncanakan. Rencana pengerjaan ini mempunyai arti penting yakni untuk menentukan waktu perakitan sehingga pada akhirnya dapat diselesaikan, proses pengerjaan ini disusun secara teratur dan bertahap dari awal sampai akhir terbentuknya benda jadi berdasarkan pada pengalaman dan teori.



Gambar 4.1. Spesimen Uji Tarik

4.1.1. Pembuatan Cetakan

1. Pembuatan Moulding Atau Cetakan Pasir

Pembuatan molding atau cetakan pasir memerlukan pertimbangan terkait bahan, dan ukuran. Bahan yang digunakan untuk membuat cetakan pasir ini yaitu kayu triplek dengan ketebalan 1,2 mm, dengan panjang 25 cm dan lebar 15 cm.



Gambar 4.2. Proses Pemotongan Triplek



Gambar 4.3. Proses Perakitan Cetakan



Gambar 4.4. Proses Perakitan Cetakan



Gambar 4.5. Moulding Atau Cetakan

2. Pembuatan Cetakan Spesimen

Bahan cetakan spesimen yang digunakan sebagai mal cor untuk spesimen uji tarik adalah plat besi dengan ketebalan 9 mm kemudian dibentuk sesuai ukuran uji tarik ASTM-E8. Plat besi dipilih bertujuan untuk mempermudah proses pembentukan pada cetakan pasir.



Gambar 4.6 Proses Pemotongan Plat Besi



Gambar 4.7 Mal Cor Spesimen Uji Tarik

3. Pembuatan Cetakan Pasir

Dalam pembuatan cetakan pasir ada beberapa tahapan agar cetakan siap untuk dilakukan pengecoran, mulai dari mengayak pasir, menakar komposisi pasir, mencampur pasir dengan bahan perekat berupa bentonit, hingga membentuk cetakan spesimen yang siap dicor.



Gambar 4.8 Proses Mengayak Pasir Silika



Gambar 4.9 Proses Menakar Bentonit



Gambar 4.10 Pencampuran Pasir Cetak



Gambar 4.11 Cetakan Pasir Spesimen Uji Tarik

4.1.2. Proses Pengecoran Aluminium

Proses pengecoran aluminium melibatkan serangkaian langkah yang sistematis, dari persiapan model hingga evaluasi produk akhir. Setiap langkah harus dilakukan dengan cermat untuk memastikan hasil yang berkualitas dan memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Ada pun tahapan pada proses pengecoran aluminium sebagai berikut.

1. Proses Peleburan

Menggunakan aluminium bekas rongsok sebagai bahan baku utama spesimen.



Gambar 4.12 Aluminium Rongsok

Pada proses peleburan menggunakan tungku pelebur aluminium kapasitas 5 KG dengan bahan bakar gas dan pengontrol panas otomatis.



Gambar 4.13 Tungku Pelebur Aluminium



Gambar 4.14 Tungku Pelebur Aluminium

Pada proses peleburan yang pertama dilakukan ialah menyalakan tungku pelabur tersebut hingga panas sampai lebih dari 660°C agar aluminium dapat lebur dengan cepat.



Gambar 4.15 Menyalakan Tungku Pelebur Aluminium

Setelah tungku dinyalakan, temperatur dalam kowi di ukur hingga suhu stabil sekitar 708°C.



Gambar 4.16 Proses Pengukuran Temperatur Dalam Kowi

Kemudian aluminium rongsok dimasukkan kedalam kowi satu persatu hingga mencair.



Gambar 4.17 Proses Memasukan Aluminium Rongsok ke Dalam Kowi



Gambar 4.18 Aluminium Yang Sudah Mencair

2. Proses Penuangan Aluminium Cair

Setelah aluminium mencair, kemudian aluminium cair dituang secara perlahan kedalam cetakan yang sudah dibuat. Hal yang perlu diperhatikan pada saat penuangan yaitu kecepatan penuangan aluminium cair agar tidak terjadi cacat produk atau masuknya gelembung udara pada cetakan cor. Kecepatan penuangan pada penelitian ini hingga aluminium terisi penuh kedalam cetakan yaitu 5,34 detik.



Gambar 4.19 Proses Penuangan Aluminium Cair Kedalam Cetakan

3. Proses Pembongkaran Cetakan

Pada proses ini setelah aluminium cair dituang ke cetakan, tunggu hingga aluminium sedikit mengeras yaitu dengan waktu 1.51 menit atau sampai suhu aluminium turuh menjadi 536°C , kemudian spesimen aluminium bisa diangkat dengan menggunakan tang capit untuk selanjutnya dilakukan proses pendinginan dengan tiga media pendingin.



Gambar 4.20 Proses Pembongkaran Cetakan

4.1.3 Proses Pendinginan Dengan Tiga Media Pendingin

Setelah spesimen uji tarik selesai dicor dan di bongkar dari cetakan pasir, selanjutnya dilakukan proses pendinginan dengan tiga media pendingin yang berbeda.

1. Larutan Air Garam

Siapkan wadah atau tempat penampungan larutan air garam yang cukup untuk menampung cetakan yang akan didinginkan kemudian masukkan air sumur sebanyak 80% dan campurkan dengan 20% garam dapur. Pastikan larutan garam bersih dan tidak mengandung kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil pengecoran.

Setelah aluminium cair dituang ke cetakan, diamkan hingga mengeras selama 1.51 menit dengan suhu 536°C , lalu keluarkan spesimen dari cetakan kemudian hasil coran berupa spesimen uji tarik langsung dimasukkan kedalam wadah berisi larutan garam dengan suhu $26,6^{\circ}\text{C}$. Pastikan spesimen sepenuhnya terendam untuk pendinginan yang merata. Suhu larutan air garam meningkat menjadi 39°C setelah aluminium dimasukkan, kemudian suhu spesimen turun hingga dapat dipegang tangan dengan suhu 33°C . waktu pendinginan aluminium spesimen uji tarik dengan media pendingin larutan air garam untuk mencapai suhu 33°C membutuhkan waktu 34 detik.



Gambar 4.21 Proses Pendinginan Dengan Larutan Air Garam

2. Oli Bekas

Siapkan wadah atau tempat penampungan oli bekas yang cukup untuk menampung cetakan yang akan didinginkan. tuang oli sebanyak 300ml kedalam wadah. Pastikan oli bekas bersih dan tidak mengandung kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil pengecoran.

Setelah aluminium cair dituang ke cetakan, diamkan hingga mengeras selama 1.51 menit hingga suhu sekitar 536°C , lalu keluarkan spesimen dari cetakan kemudian hasil coran berupa spesimen uji tarik langsung dimasukkan kedalam wadah berisi oli bekas dengan suhu 27°C . Pastikan spesimen sepenuhnya terendam untuk pendinginan yang merata. Suhu oli bekas meningkat menjadi 75°C kemudian terus turun dan suhu aluminium ikut turun hingga aluminium dapat dipegang tangan dengan suhu 33°C . waktu pendinginan aluminium spesimen uji tarik dengan media pendingin oli bekas untuk mencapai suhu 33°C membutuhkan waktu 16 menit 31 detik.



Gambar 4.22 Proses Pendinginan Dengan Oli Bekas

3. Udara (Tanpa *Treatment*)

Siapkan tempat untuk meletakkan spesimen hasil pengecoran. Pastikan bersih dan tidak mengandung kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil pengecoran.

Setelah aluminium cair dituang ke cetakan, diamkan hingga mengeras selama 1.51 menit atau hingga suhu sekitar 536°C , lalu keluarkan spesimen dari cetakan kemudian hasil coran berupa spesimen uji tarik langsung diletakan ditempat yang sudah disediakan, lalu spesimen dibiarkan mendingin secara alami dengan udara hingga spesimen aluminium dapat dipegang tangan dengan suhu 33°C . Waktu pendinginan spesimen uji tarik dengan media pendingin udara untuk mencapai suhu 33°C membutuhkan waktu 43 menit 52 detik.



Gambar 4.23 Proses Pendinginan Dengan Udara

Tabel 3. Waktu Pendinginan	
Media Pendingin	Waktu Pendinginan
Larutan Air Garam	34 Detik
Oli Bekas	16 menit 31 detik
Udara	43 menit 52 detik

4.1.4. Proses Pengujian Spesimen Dengan Alat Uji Tarik.

1. Persiapan Spesimen

Spesimen terdiri dari 9 batang dengan masing-masing media pendingin terdiri dari 3 batang spesimen. Spesimen yang sudah dilakukan pengecoran dan pendinginan selanjutnya dilakukan pembersihan dan penggerindaan untuk membentuk spesimen agar sesuai dengan ukuran standar uji tarik ASTM-E8.



Gambar 4.24 Spesimen Sebelum Digerinda



Gambar 4.25 Proses Penggerindaan



Gambar 4.26 Proses Pengukuran Spesimen



Gambar 4.27 Spesimen Siap Uji

2. Pengukuran Spesimen

Pada proses pengujian tarik, tahap awal yang dilakukan sebelum pengujian dilakukan dengan mesin uji tarik yaitu mengukur tebal dan panjang dari penampang putus pada spesimen dengan jangka sorong.



Gambar 4.28 Pengukuran Penampang Putus Spesimen

3. Pemasangan Spesimen

Tahap selanjutnya pemasangan spesimen ke mesin uji tarik dilakukan oleh staf operator mesin uji tarik politeknik negeri medan.



Gambar 4.29 Pemasangan Spesimen Ke Mesin Uji Tarik

Untuk proses pemasangan tersebut oleh karena ketebalan dari spesimen yang dimasukkan ke penjepit mesin harus 8 mm, sedangkan spesimen yang sudah dirancang sebelumnya yaitu 9 mm, maka dilakukan proses penggerindaan agar ketebalan spesimen uji tarik menjadi 8 mm sesuai dengan standar dari mesin uji tarik yang ada di Politeknik Negeri Medan, kemudian selanjutnya bisa dilakukan pengujian.

4. Proses Pengujian

Tahap selanjutnya pengujian spesimen dengan menggunakan mesin uji tarik yang dilakukan oleh staf operator mesin uji tarik politeknik negeri medan. Untuk tahapannya yaitu setelah spesimen dipasangkan ke penjepit pada mesin, kemudian jarum ukur pada mesin di kalibrasi agar menunjukkan angka nol (0).



Gambar 4.30 Jarum Penunjuk Ukuran

Setelah jarum penunjuk sudah di kalibrasi kemudian mesin uji tarik dinyalakan dan spesimen akan tertarik secara perlahan sampai putus. Beban maksimum diperoleh dari data yang terlihat pada jarum penunjuk.



Gambar 4.31 Spesimen Yang Telah Putus



Gambar 4.32 Jarum Penunjuk Setelah Spesimen Putus

Setelah spesimen selesai diuji, selanjutnya panjang penampang spesimen diukur untuk mengetahui hasil pertambahan panjang sebelum dan setelah dilakukan pengujian dan melihat beban maksimal yang mampu ditahan spesimen sebelum akhirnya putus kemudian hasil pengukuran ditulis di form hasil pengujian.

4.1.5. Hasil Uji Tarik

Hasil pengujian tarik yang dilakukan di Politeknik Negeri Medan, Politeknik Negeri Medan hanya memberikan data hasil uji tarik pengukuran berupa lebar, tebal, panjang awal, panjang akhir, dan beban maksimal dari spesimen yang diuji. Pengujian kekuatan tarik menggunakan alat uji tarik dengan pembebanan maksimum sampai benda uji putus, ukuran spesimen uji menggunakan ASTM E8.

Tabel Hasil Pengujian Spesimen dapat dilihat pada halaman lampiran

Dari tabel hasil pengujian, untuk lebar dan tebal spesimen bisa bervariasi dikarenakan cetakan spesimen terbuat dari cetakan pasir dengan permukaan yang tidak rata dan pada proses penggerindaan yang kurang baik.

Selain hasil pengujian berupa data pada tabel terlampir, adapun hasil struktur logam yang dapat dilihat pada spesimen dengan tiga media pendingin setelah dilakukan pengujian tarik, dapat dilihat hasil pada gambar berikut.

1. Struktur Spesimen Larutan Air Garam

Setelah spesimen dilakukan pendinginan dengan larutan air garam kemudian dilakukan uji tarik hingga putus, setelah spesimen putus dapat dilihat pada gambar dibawah. Struktur aluminium terlihat lebih kasar dari pada media pendingin oli bekas dan udara dikarenakan laju pendinginan yang cepat dapat merusak struktur logam pada aluminium cor. Menurut Iswanto et al., 2021 dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya.



Gambar 4.33 Struktur Spesimen Larutan Air Garam

2. Struktur Spesimen Oli Bekas

Setelah spesimen dilakukan pendinginan dengan oli bekas kemudian dilakukan uji tarik hingga putus, setelah spesimen putus dapat dilihat pada gambar dibawah. Struktur aluminium terlihat lebih padat dari pada media pendingin larutan garam dikarenakan laju pendinginan pada oli bekas cenderung lebih lambat. Menurut Iswanto et al., 2021 Dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya.

Iswanto et al., 2021 juga menyampaikan pada jurnalnya untuk laju pendinginan pada pendingin menggunakan oli SAE 90 yang memiliki viskositas paling tinggi, proses pendinginan berjalan lebih lambat sedangkan pendinginan menggunakan oli bekas dengan viskositas paling rendah, pendinginan yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan oli SAE 40 dan oli SAE 90. Semakin besar

viskositas cairan pendingin mengakibatkan kekuatan tarik semakin besar. Viskositas cairan pendingin yang semakin besar juga mengakibatkan regangan yang semakin besar (Iswanto et al., 2021)



Gambar 4.34 Struktur Spesimen Oli Bekas

3. Struktur Spesimen Udara

Setelah spesimen dilakukan pendinginan dengan media udara kemudian dilakukan uji tarik hingga putus, setelah spesimen putus dapat dilihat pada gambar dibawah. Struktur aluminium terlihat padat seperti media oli bekas, namun memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dari pada oli bekas dikarenakan menurut Herman susanto, IDK Okariawan ST, MT., Achmad zainuri, st., n.d. Rendahnya kekuatan tarik dengan pendinginan udara disebabkan karena udara memiliki laju pendinginan yang rendah, pada laju pendinginan yang rendah tranformasi fasa akan menghasilkan butir perlit halus. Terbentuknya struktur butir halus ini menyebabkan spesimen menjadi lebih ulet sehingga kekeutan tarik juga rendah.



Gambar 4.35 Struktur Spesimen Udara

4.1.6. Hasil Hitungan Tegangan Dan Regangan

1. Tegangan

Tegangan uji tarik merupakan beban (P) dibagi dengan luas penampang (A) pada spesimen, maka hasil perhitungan tegangan pada setiap variabelnya sama, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang Patah (mm²)

$$A = W \times T$$

Dimana W = Lebar (mm)

T = Tebal (mm)

Nilai tegangan masing-masing media pendingin adalah :

1. Larutan Garam

Spesimen 1

$$A = W \times T = 13,33 \times 7,83 = 104,3739 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3300}{104,3739} = 31,617 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 2

$$A = W \times T = 12,84 \times 6,84 = 87,8256 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5200}{87,8256} = 59,208 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 3

$$A = W \times T = 13,29 \times 8,42 = 111,9018 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6200}{111,9018} = 55,406 \text{ N/mm}^2$$

2. Oli Bekas

Spesimen 1

$$A = W \times T = 13,30 \times 8,20 = 109,06 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{7450}{109,06} = 68,311 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 2

$$A = W \times T = 12,88 \times 8,30 = 106,904 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{7300}{106,904} = 68,286 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 3

$$A = W \times T = 12,02 \times 7,47 = 89,7894 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6200}{89,7894} = 69,050 \text{ N/mm}^2$$

3. Udara

Spesimen 1

$$A = W \times T = 12,57 \times 6,83 = 85,8531 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{5800}{85,8531} = 67,557 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 2

$$A = W \times T = 13,95 \times 7,89 = 110,0655 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6900}{110,0655} = 62,689 \text{ N/mm}^2$$

Spesimen 3

$$A = W \times T = 12,88 \times 8,07 = 103,9416 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6800}{103,9416} = 65,421 \text{ N/mm}^2$$

2. Regangan

Nilai regangan diambil dari nilai perpanjangan setiap spesimen yang diuji, maka nilai regangan dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

Dimana :

ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan Panjang (m)

L_0 = Panjang Mula-mula (m)

Maka nilai tegangan masing-masing media pendingin adalah :

1. Larutan Garam

Spesimen 1

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{1}{53,11} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 1,88 \%$$

Spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{7,38}{56,72} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 13,01 \%$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{4,31}{56,58} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 7,617 \%$$

2. Oli Bekas

Spesimen 1

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{9,13}{62,28} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 14,659 \%$$

Spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{10,58}{56,60} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 18,69 \%$$

Spesimen 3

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{9,71}{57,01} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 17,03 \%$$

3. Udara

Spesimen 1

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{6,38}{56,41} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 11,31 \%$$

Spesimen 2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{5,91}{57,82} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = 10,22 \%$$

Spesimen 3

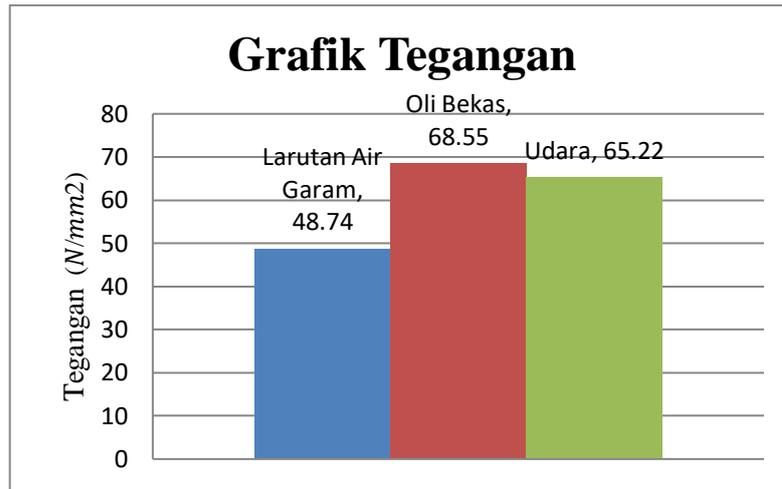
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \%$$

$$\varepsilon = \frac{6,67}{55,07} \times 100 \%$$

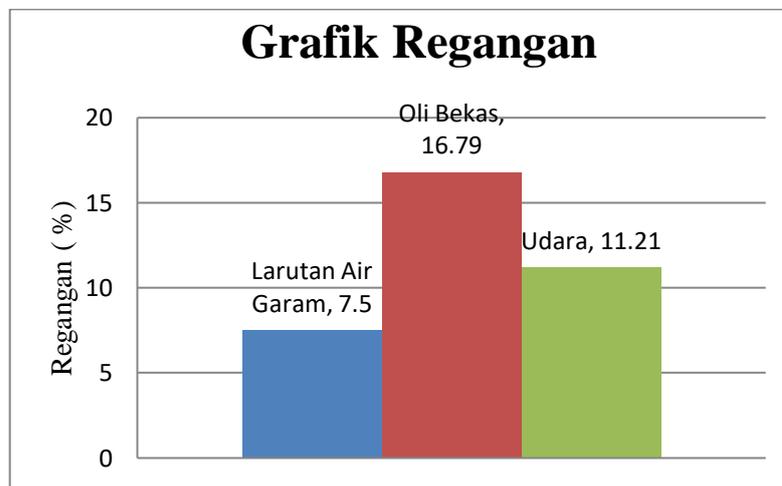
$$\varepsilon = 12,11 \%$$

Tabel 4. Hasil Perhitungan

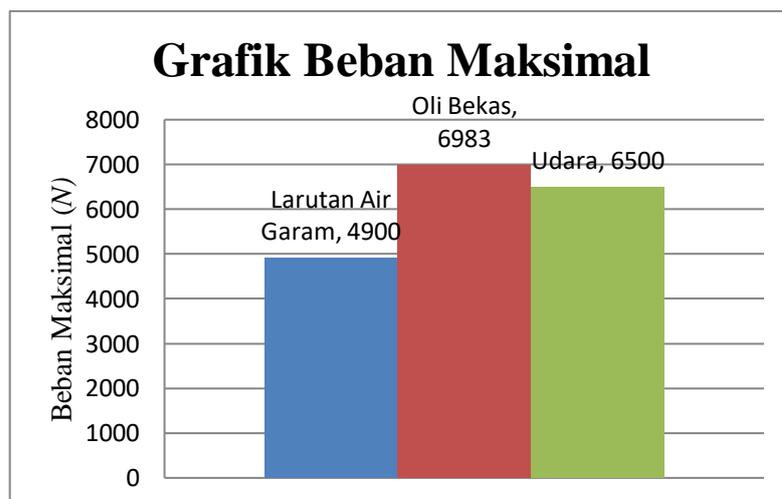
No	Kode Spesimen	Perubahan Panjang (<i>mm</i>)	Beban Maksimal (<i>N</i>)	Tegangan σ (<i>N/mm</i> ²)	Regangan ε (%)
1.	Larutan air garam 1	1	3300	31,617	1,88
2.	Larutan air garam 2	7,38	5200	59,208	13,01
3.	Larutan air garam 3	4,31	6200	55,406	7,617
	Rata-rata	4,23 <i>mm</i>	4900 <i>N</i>	48,74 <i>N/mm</i> ²	7,50 %
4.	Oli bekas 1	9,13	7450	68,311	14,659
5.	Oli bekas 2	10,58	7300	68,286	18,69
6.	Oli bekas 3	9,71	6200	69,050	17,03
	Rata-rata	9,80 <i>mm</i>	6983 <i>N</i>	68,55 <i>N/mm</i> ²	16,79 %
7.	Udara 1	6,38	5800	67,557	11,31
8.	Udara 2	5,91	6900	62,689	10,22
9.	Udara 3	6,67	6800	65,421	12,11
	Rata-rata	6,32 <i>mm</i>	6500 <i>N</i>	65,22 <i>N/mm</i> ²	11,21 %



Gambar 4.36 Grafik Tegangan



Gambar 4.37 Grafik Regangan



Gambar 4.38 Grafik Beban Maksimal

4.2. Pembahasan

Setelah proses pendinginan dilakukan terhadap hasil pengecoran aluminium menggunakan media larutan air garam, oli bekas dan udara, Proses ini tujuan untuk memperbaiki kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium dengan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat dan tanpa mengubah komposisi kimia secara menyeluruh.

Dari ketiga media pendingin yang digunakan dapat terlihat nilai tegangan dan regangan tarik rata-rata hasil pengujian menunjukkan pergerakan grafik yang sama persis seperti dapat dilihat pada gambar grafik 4.36 dan 4.37. Untuk nilai tegangan dan regangan tarik paling tinggi yaitu oli bekas dengan nilai tegangan tarik rata-rata $68,55 \text{ N/mm}^2$ dan regangan $16,79\%$, kemudian udara dengan nilai tegangan tarik rata-rata $65,22 \text{ N/mm}^2$ dan regangan $11,21\%$, dan nilai yang paling rendah yaitu larutan air garam dengan nilai tegangan rata-rata $48,74 \text{ N/mm}^2$ dan regangan $7,50\%$.

4.2.1. Media Pendingin Larutan Air Garam

Dari ketiga spesimen hasil cor aluminium dengan media pendingin larutan air garam setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan tarik paling rendah dari media oli bekas dan udara yaitu rata-rata $48,74 \text{ N/mm}^2$, regangan rata-rata $7,50\%$, beban maksimal rata-rata 4900 N namun waktu pendinginan yang lebih singkat dari media pendingin lain yang digunakan yaitu 34 detik untuk mencapai suhu ruang 33°C .

Dikarenakan Laju pendinginan berpengaruh terhadap hasil pengujian tarik. Semakin cepat laju pendinginan maka akan semakin menurunkan kekuatan tarik (Izharuk Haq 2022).

Dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya (Iswanto et al., 2021).

4.2.2. Media Pendingin Oli Bekas

Dari ketiga spesimen hasil cor aluminium dengan media pendingin oli bekas setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan tarik paling

tinggi dari ketiga media pendingin yang digunakan yaitu rata-rata $68,55 N/mm^2$, regangan rata-rata 16,79%, beban maksimal rata-rata 6983 *N* dengan waktu pendinginan yang lebih lambat dari larutan air garam yaitu 16 menit 31 detik untuk mencapai suhu ruang 33°C. Hasil yang didapat pada oli bekas lebih tinggi nilainya dibandingkan larutan air garam dan udara dikarenakan:

Oli bekas dipilih sebagai media pendingin karena menurut Maulana, 2016 penggunaan oli bekas sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung pada besarnya viskositas.

Semakin besar viskositas cairan pendingin mengakibatkan kekuatan tarik semakin besar. Viskositas cairan pendingin yang semakin besar juga mengakibatkan regangan yang semakin besar (Iswanto et al., 2021)

Iswanto et al., 2021 juga menyampaikan pada jurnalnya untuk laju pendinginan pada pendingin menggunakan oli SAE 90 yang memiliki viskositas paling tinggi, proses pendinginan berjalan lebih lambat sedangkan pendinginan menggunakan oli bekas dengan viskositas paling rendah, pendinginan yang terjadi lebih cepat dibandingkan dengan oli SAE 40 dan oli SAE 90.

Dengan laju pendinginan yang cepat maka logam akan lebih getas atau rapuh dibandingkan dengan laju pendinginan yang lambat, dan sebaliknya dengan laju pendinginan yang lambat maka logam akan semakin tinggi kekuatan tarik dan regangannya (Iswanto et al., 2021).

4.2.3. Media Pendingin Udara

Dari ketiga spesimen hasil cor aluminium dengan media pendingin udara setelah dilakukan pengujian tarik menunjukkan nilai tegangan tarik lebih tinggi dari larutan air garam dan lebih rendah dari oli bekas yaitu rata-rata $65,22 N/mm^2$, regangan rata-rata 11,21%, beban maksimal rata-rata 6500 *N* dengan waktu pendinginan yang paling lambat dari larutan air garam dan oli bekas yaitu 43 menit 52 detik untuk mencapai suhu ruang 33°C. Hasil yang didapat pada media pendingin udara dikarenakan:

Menurut Muhammad Jordi , Hartono Yudo , Sardjito Jokosisworo 2017 dikarenakan udara suhu ruangan memiliki proses pendinginan yang lambat. mengakibatkan Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada

logam untuk membentuk kristal – kristal dan kemungkinan mengikat unsur – unsur lain dari udara.

Rendahnya kekuatan tarik dengan pendinginan udara disebabkan karena udara memiliki laju pendinginan yang rendah (suherman,1998) pada laju pendinginan yang rendah transformasi fasa akan menghasilkan butir perlit halus. Terbentuknya struktur butir halus ini menyebabkan spesimen menjadi lebih ulet sehingga kekuatan tarik juga rendah (Herman susanto, IDK Okariawan ST, MT., Achmad zainuri, st., n.d.). Seperti dapat dilihat pada gambar 4.35 Struktur Spesimen Udara.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian pengaruh media pendingin terhadap kekuatan tarik hasil pengecoran aluminium setelah dilakukan uji tarik dan didapatkan data dan telah dirumuskan sehingga didapatkan hasil media pendingin yang paling bagus menggunakan media pendingin oli bekas. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengecoran aluminium yang kemudian dilakukan proses pendinginan akan mempengaruhi laju pendinginan dan dapat merubah kekuatan tarik dan struktur logam yang terkandung di dalamnya sehingga dapat menaikkan kualitas dari aluminium cor tersebut. Melalui pengujian dari ketiga media pendingin, dengan oli bekas menunjukkan kekuatan tarik rata-rata paling tinggi yaitu dengan nilai tegangan tarik $68,55 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 16,79 %, kemudian udara dengan nilai tegangan tarik $65,22 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 11,21 % , dan nilai yang paling rendah yaitu larutan air garam dengan nilai tegangan $48,74 \text{ N/mm}^2$ dan regangan 7,50 %. Dari semua percobaan uji tarik semua spesimen putus pada daerah yang telah di tentukan. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan media pendingin dan laju pendinginan yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanik aluminium.

5.2. Saran

Adapun saran yang disampaikan sebagai berikut.

1. Untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan tarik yang optimal, penggunaan oli bekas sebagai media pendingin sangat disarankan.
2. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi metode yang dapat meningkatkan kualitas hasil cor dengan menggunakan larutan air garam tanpa meningkatkan risiko korosi dan retakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A. (2017). *PENGARUH PERLAKUAN QUENCHING DENGAN VARIASI PENDINGIN KONSENTRASI AIR GARAM TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK *) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin STTR Cepu. 11(2)*, 34–42.
- Andika, A. T., & Subekti, P. (2022). Analisis Jenis-Jenis Teknik Pengecoran Logam Berdasarkan Jenis Cetakannya. *Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi, Volume 1*(No. 2), 17–20.
- Anggit Widodo, M. . I. (2022). PENGARUH FREKUENSI GETARAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PADA SAMBUNGAN LAS MIG ALUMINIUM PADUAN AA 6061- T6. *Jurnal Ugm*, 171–178.
- Asya, M. (2019). *EFEK QUENCHING DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA TERHADAP NILAI KEKERASAN PISAU BERBAHAN SUP 9. 887–896.*
- Aziz, Afif Ardian, & Kiryanto Santosa, A. W. B. (2017). *Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal. 05(1)*, 97–103.
- Buhungo, T. J., & Samatowa, L. (2017). *Fisika Dasar I.*
- Denti Salindeho, R., Soukoto, J., & Poeng, R. (2013). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Poros: Jurnal Teknik Mesin Unsrat, 2(2)*, 1–11.
- Gunawan, S., Lubis, H. H., & Wanty, R. D. (2019). Pengaruh Annealing Baja ST 37 terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME, 2(2)*, 131–139.
- Herman susanto, IDK Okariawan ST, MT., Achmad zainuri, st., M. eng. (n.d.). *PENGARUH MEDIA PENDINGINAN TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO HASIL PENGELASAN SMAW BAJA PADUAN KARBON RENDAH. 1–16.*
- Iswanto, Widodo, E., Tjahjanti, P. H., & Nur Rohman, D. (2021). Pengaruh Viskositas Cairan Pendingin Pasca Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Fisik Baja ST 37. *Rotasi, 23(1)*, 13–17. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/32532>
- Kristiadi, S., Lesmanah, U., & Raharjo, A. (2023). Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur Pada Pengecoran Aluminium 6061. *Jurnal Teknik Mesin, 6–13.* <https://jim.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/20665>
- Lubis, S., Siregar, A. M., Siregar, C. A., & Siregar, I. (2021). Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Yang Diuji Secara Statis. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME, 2(2)*, 64–72.
- Maulana, Y. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA, 02(01)*, 1–8.
- Purwanto, H., & mulyonorejo. (2010). Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Aluminium Cor Dengan Cetakan Pasir.

85-189-1-Sm,

273–277.

<https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/psn12012010/article/view/85/65>

Ramadhan, S., Syam, B., Sabri, M., Abda, S., & Ariani, F. (2015). Pembuatan Pelat Paduan Aluminium-Magnesium Dan Analisis Variasi Kampuh Las Pada Paduan Aluminium-Magnesium Akibat Beban Statik Dengan Menggunakan Software Ansys Workbench V 14.0. *Jurnal Dinamis*, 3(4), 44–51. www.google.com

Sastranegara, O. A. (n.d.). *Mengenal Uji Tarik dan Sifat sifat Mekanik Logam*.

Setiawan. (2015). *heat treatment, age hardening*). 429–434.

Standar ASTM-E8. (n.d.). 1–10. <https://doi.org/10.1520/ignoring>

Supriyanto. (2009). Analisis Hasil Pengecoran Aluminium dengan Variasi Media Pendinginan. *Jana Teknika*, 11(2), 117–125.

Surdia, T., & Saito, S. (1985). *Pengetahuan Bahan Teknik*.

Tjokorda, P., Tirta, G. D. E., Udayana, U., & Umum, D. (2017). *Buku Ajar Teknik Pengecoran Logam Bukan Besi*. 279.

Wijaya, M. T., -, Z., & -, W. (2017). Pengaruh Variasi Temperatur Tuang Terhadap Ketangguhan Impak Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 219–224. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i1.933>

Zakaria, R. (2018). *ANALISA KEKUATAN TARIK PADUAN ALUMINIUM DENGAN SILIKON PADA DUDUKAN SHOCKBREAKER UKURAN 70 X 30 X 30 mm Risalah Zakaria*. 8–13.

Lampiran 1. Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pegecoran Aluminium
Nama : Gilang Permana
NPM : 2007230127
Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	7/3-2024	perbaiki bab I	f
2.	27/4-2024	seleksi format	f
3.	16/5-2024	perbaiki bab II, III	f
4.	28/5-2024	mengeopi halaman pembuka	f
5.	3/7/2024	ACC Sampul	f
6.	1/2/2025	perbaiki bab V, VI	f
7.	6/2 2025	tumbal artikel dosen (di perpustakaan)	f
8.	13/2-2025	ACC surkes	f
9.	27/2-2025	ACC sidang	f

Lampiran 2. SK Pembimbing

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

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/Ak.KPI/PT/XI/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING
Nomor : 1318/IL.3AU/UMSU-07/F/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 29 Desember 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama	: GILANG PERMANA
Npm	: 2007230127
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Semester	: VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir	: PERANCANGAN DAN PEMBUATAN BURNER TUNGKU PELEBUR ALUMINIUM KAPASITAS 5 KG DENGAN BAHAN BAKAR GAS DAN OLI BEKAS
Pembimbing	: CHANDRA A 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

Medan, 16 Jumadil Akhir 1445 H
29 Desember 2023 M


Munawar Mansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

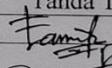
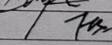
Peserta seminar

Nama : Gilang Permana

NPM : 2007230127

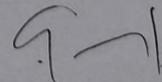
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST,MT
Pemanding – I : H. Muarnif M.ST.M.Sc
Pemanding – II : Dr. Sudirman Lubis ST,MT

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230124	M. Fathur Rahman Lup	
2	2007230156	Duel Anggara	
3	2007230195	Risky Fadillah	
4	2007230202	Fardir Pratoga	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 25 Sya'ban 1446 H
24 Februari 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Peserta seminar
Nama : Gilang Permana
NPM : 2007230127
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar ST,MT
Dosen Pembanding – I : H.Muharnif M, ST, M.Sc
Dosen Pembimbing – II : Dr. Sudirman Lubis ST,MT

KEPUTUSAN

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

Lihat buku skripsi
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 25 Sya'ban 1446 H
24 Februari 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- 1

H.Muharnif M, ST, M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Peserta seminar
Nama : Gilang Permana
NPM : 2007230127
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengecoran Aluminium

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar ST,MT
Dosen Pembanding – I : H.Muharnif M, ST, M.Sc
Dosen Pembimbing – II : Dr. Sudirman Lubis ST,MT

KEPUTUSAN

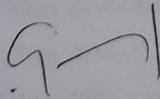
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Perbaikan dalam pembuatan, perbaikan mesin uji

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

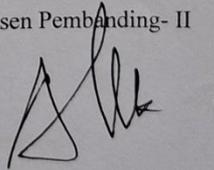
Medan 25 Sya'ban 1446 H
24 Februari 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



Dr. Sudirman Lubis ST,MT

Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Gilang Permana
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Setia, 19 Agustus 2002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Sederhana Dusun VIII Cempaka
No Telepon : 085261528963
E-mail : gp3090383@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

Tahun 2008-2014 : SD Swasta Darussalam
Tahun 2014-2017 : MTs AL-Washliyah Tembung
Tahun 2017-2020 : SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan
Tahun 2020-2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Lampiran 5. Hasil Pengujian



LABORATORIUM TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Nama Mahasiswa : Gilang Permana
Kampus : UMSU

Jenis Pengujian : Uji Tarik

NPM : 2007230127

Tanggal uji : 30 Desember 2024

No	Kode Spesimen	Lebor (W)		Luas (A)	Panjang		Perubahan Panjang (Δl)	Fy	Fu	Ty	Tu	e
		mm	mm		mm	mm						
1	AIR GARAM 50 %	13,33	7,83	104,3739	53,11	54,11	1	N	3300	0,00	31,62	1,88
2	AIR GARAM 50 %	12,84	6,84	87,8256	56,72	64,10	7,38		5200	0,00	59,21	13,01
3	AIR GARAM 50 %	13,29	8,42	111,9018	56,58	60,89	4,31		6200	0,00	55,41	7,62
4	OLI BEKAS 100 %	13,30	8,20	109,06	62,28	71,41	9,13		7450	0,00	48,74	7,50
5	OLI BEKAS 100 %	12,88	8,30	106,904	56,60	67,18	10,58		7300	0,00	68,31	14,66
6	OLI BEKAS 100 %	12,02	7,47	89,7894	57,01	66,72	9,71		6200	0,00	69,05	18,69
7	UDARA	12,57	6,83	85,8531	56,41	62,79	6,38		5800	0,00	67,56	11,31
8	UDARA	13,95	7,89	110,0655	57,82	63,73	5,91		6900	0,00	62,69	10,22
9	UDARA	12,88	8,07	103,9416	55,07	61,74	6,67		6800	0,00	65,42	12,11
											65,22	11,21

Keterangan : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $F_y = \text{gaya luluh}$, $F_u = \text{gaya maks}$
 $\sigma_y = \text{tegangan luluh}$, $\sigma_u = \text{tegangan tarik}$, $\epsilon = \text{regangan}$



Lampiran 6. Ukuran Standar ASTM-E8

