ANALISA PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PADA PROSES *ANNEALING* DAN *NORMALIZING* TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA ASTM A36

SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA Palembang

Disusun Oleh:

M. FIKRY JULIANSYAH
22 32 00 11

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA
PALEMBANG
2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : M. Fikry Juliansyah

NPM : 22 32 0011

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi *Holding Time* Pada Proses *Annealing* dan *Normalizing* Terhadap KekuatanTarik Baja ASTM A36

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas IBA.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis



M. Fikry Juliansyah
22 32 0011

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH VARIASI *HOLDING TIME* PADA PROSES *ANNEALING* DAN *NORMALIZING* TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA ASTM A36

SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA Palembang

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. Hardaiani Haruno, M.T
NIK. 04 24 514

Ketua Program Studi
Teknik Mesin

Reny Afriany, S.T., M.Eng
NIK. 02 05 171

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

AGENDA No. :
DITERIMA TGL :
PARA :

ANALISA PENGARUH VARIASI *HOLDINNG TIME* PADA PROSES *ANNEALING* DAN *NORMALIZING* TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA ASTM A36

NAMA : M. Fikry Juliansyah

NPM : 22 32 0011

SPESIFIKASI : a) Material Baja

b) Perhitungan Kekuatan Tarik

c) ASTM E8

Menyetujui

Pembimbing Utama

Reny Afriany, S.T., M.Eng.
NIK : 02 05 171

Pembimbing Pendamping

Muhammad Nur, S.T., M.Log.
NIK : 03 25 540

Mengetahui,
Ketua Program StudiTeknik Mesin

Reny Afriany, S.T., M.Eng.
NIK : 02 05 171

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini berjudul	: Analisa Pengaruh Variasi *Holding Time* Pada Proses *Annealing* Dan *Normalizing* Terhadap Kekuatan Tarik Baja ASTM A36
Penyusun	: M. Fikry Juliansyah
NPM	22 32 0011
Program Studi	: Teknik Mesin

Telah Berhasil Dipertahankan Dalam Sidang Sarjana (Ujian Komprehensip) Dan Diterima Sebagai Bagian Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.

TIM PENGUJI

Ketua	: Reny Afriany, S.T., M.Eng.	( )
Anggota	: 1. Dr. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T.	( )
	2. Yeny Pusvyta, S.T., M.T.	( )
	3. Muhammad Nur, S.T., M.Log.	( )

Ditetapkan di	: Palembang
Tanggal	: 22 Agustus 2026

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Berjalanlah dengan seimbang, bertahanlah dalam setiap proses, dan percayalah bahwa setiap langkah yang dijalani dengan keteguhan akan membawa kita menuju tujuan"

- Penulis -

PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling indah dalam laporan skripsi ini selain lembar persembahan. Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, kekuatan, dan kemudahan yang telah diberikan, dengan segenap ketulusan hati penulis mempersembahkan skripsi ini kepada orang-orang terkasih dan tersayang yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi selama perjalanan pendidikan ini.

1. Kepada ibundaku tercinta, Siti Erjuni, terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, kesabaran, dan perjuangan yang telah Ibu berikan kepada penulis. Terima kasih atas setiap tenaga, pikiran, waktu, dan doa yang tidak pernah berhenti dipanjatkan untuk keberhasilan penulis. Terima kasih karena selalu memberikan semangat, motivasi, serta menjadi tempat penulis mendapatkan kekuatan di setiap keadaan. Segala pencapaian yang penulis raih tidak terlepas dari doa dan perjuangan Ibu. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai salah satu bentuk kecil dari rasa terima kasih dan bakti penulis kepada Ibu. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, umur yang panjang, serta membalas setiap pengorbanan dan kebaikan Ibu dengan keberkahan yang berlimpah.
2. Kepada almarhum ayahandaku tercinta, Erwan, Ayah tercinta yang telah lebih dahulu dipanggil oleh Allah SWT. Meskipun Ayah tidak dapat menyaksikan secara langsung perjalanan penulis hingga menyelesaikan

pendidikan ini, namun setiap nasihat, nilai perjuangan, kerja keras, ketulusan, dan kasih sayang yang Ayah tanamkan semasa hidup akan selalu menjadi bagian dari kekuatan penulis. Doa dan harapan Ayah untuk melihat penulis berhasil menjadi motivasi yang terus menguatkan langkah penulis untuk menyelesaikan pendidikan ini. Skripsi ini juga menjadi persembahan untuk Ayah, sebagai bukti bahwa perjuangan dan doa yang pernah Ayah berikan tidak pernah sia-sia. Semoga Allah SWT mengampuni segala dosa dan kesalahan Ayah, menerima seluruh amal ibadahnya, melapangkan dan menerangi kuburnya, serta menempatkan Ayah di tempat terbaik di sisi-Nya. Semoga setiap keberhasilan yang penulis raih menjadi amal jariyah dan pahala yang terus mengalir untuk Ayah.

3. Kepada kakak-kakakku tercinta, terima kasih atas segala dukungan, perhatian, semangat, motivasi, doa, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani pendidikan. Terima kasih karena selalu hadir dalam setiap proses dan memberikan keyakinan kepada penulis untuk terus melangkah dan tidak mudah menyerah. Semoga kita senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, kesuksesan, serta dapat terus menjadi keluarga yang saling mendukung dan menguatkan.
4. Kepada keluarga besar tercinta, terima kasih atas segala doa, kasih sayang, dukungan, perhatian, serta bantuan baik secara moral maupun material yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan pendidikan ini. Setiap dukungan dan doa yang diberikan menjadi salah satu alasan bagi penulis untuk terus berusaha menyelesaikan pendidikan dengan sebaik-baiknya.
5. Kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2022, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan panjang selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, pengalaman, canda tawa, serta berbagai pembelajaran yang telah kita lalui bersama. Banyak cerita dan kenangan yang akan selalu menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Semoga setelah menyelesaikan pendidikan ini,

kita semua dapat meraih cita-cita dan kesuksesan masing-masing. Tetap jaga kebersamaan dan persaudaraan. Salam Solidarity M Forever!

6. Kepada seluruh dosen Fakultas Teknik, khususnya dosen Program Studi Teknik Mesin, terima kasih atas ilmu, bimbingan, arahan, pengalaman, dan dedikasi yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan. Setiap ilmu dan nasihat yang diberikan akan menjadi bekal berharga bagi penulis dalam melangkah ke dunia kerja dan kehidupan selanjutnya. Semoga segala ilmu yang telah diberikan menjadi amal jariyah dan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.
7. Kepada diri sendiri, terima kasih kepada diri ini karena telah mampu bertahan melewati berbagai proses, kesulitan, keraguan, kelelahan, dan tantangan selama menempuh pendidikan hingga akhirnya sampai pada tahap ini. Terima kasih karena tetap memilih untuk berjuang ketika keadaan tidak selalu mudah, tetap melangkah ketika ingin menyerah, dan terus percaya bahwa setiap proses akan menemukan hasilnya. Perjalanan ini bukanlah akhir, melainkan awal dari perjalanan yang lebih panjang. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa tidak ada perjuangan yang sia-sia selama dijalani dengan kesabaran, doa, dan usaha.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas setiap bantuan, doa, dukungan, perhatian, dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Sekecil apa pun bantuan yang diberikan, semuanya memiliki arti dan menjadi bagian dari perjalanan penulis dalam menyelesaikan pendidikan.

Akhir kata, skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa syukur kepada semua orang yang telah menjadi bagian dari perjalanan ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan, kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan kepada kita semua. Semoga setiap perjuangan yang telah dilalui menjadi pengalaman berharga dan menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi *holding time* pada proses *annealing* dan *normalizing* terhadap sifat mekanik baja ASTM A36 serta membandingkan respon material pada *holding time* 20 menit dan 40 menit. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan material plat baja ASTM A36 yang dibentuk menjadi spesimen uji tarik mengacu pada ASTM E8. Perlakuan panas dilakukan pada temperatur 800°C dengan dua metode, yaitu *annealing* dan *normalizing*. Masing-masing metode menggunakan *holding time* 20 dan 40 menit. Parameter utama yang dianalisis adalah *ultimate tensile strength (*UTS) dan regangan. Hasil menunjukkan bahwa UTS rata-rata *annealing* meningkat dari 265,87 MPa pada 20 menit menjadi 309,45 MPa pada 40 menit, atau meningkat 16,39%. Pada *normalizing*, UTS meningkat dari 209,21 MPa menjadi 248,43 MPa, atau meningkat 18,75%. Pada *holding time* yang sama, *annealing* menghasilkan UTS lebih tinggi daripada *normalizing*. Regangan rata-rata *annealing* meningkat dari 11,80% menjadi 12,11%, sedangkan *normalizing* meningkat dari 11,72% menjadi 11,75%. Kondisi dengan UTS tertinggi adalah *annealing* selama 40 menit sebesar 309,45 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *holding time* dan metode *heat treatment* memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik baja ASTM A36.

Kata Kunci: ASTM A36*;* proses pelunakan; Normalisasi; waktu tahan; Kekuatan tarik maksimum; regangan.

ABSTRAC

This study investigates the effect of holding time variation in annealing and normalizing treatments on the tensile properties of ASTM A36 steel and compares the material response at 20 and 40 minutes. An experimental method was applied using ASTM A36 steel plates prepared into tensile specimens according to ASTM E8. Heat treatment was conducted at 800°C using annealing with slow furnace cooling and normalizing with air cooling. Each treatment used 20- and 40-minute holding times. The main parameters were ultimate tensile strength (UTS) and strain. The results show that the average UTS of annealed specimens increased from 265.87 MPa at 20 minutes to 309.45 MPa at 40 minutes, corresponding to a 16.39% increase. For normalizing, UTS increased from 209.21 MPa to 248.43 MPa, corresponding to an 18.75% increase. At the same holding time, annealing produced higher UTS than normalizing. Average strain increased from 11.80% to 12.11% for annealing and from 11.72% to 11.75% for normalizing. The highest post-treatment UTS was obtained from annealing at 800°C for 40 minutes, reaching 309.45 MPa. These findings indicate that holding time and cooling method influence the mechanical response of ASTM A36 steel under the experimental conditions used.

Keywords: *ASTM A36; annealing; normalizing; holding time;ultimate tensile strength; strain.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr wb, Alhamdulilah Puji Syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-nya lah serta salam tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta umat muslim yang mengikuti ajaran-Nya hingga akhir zaman. Adapun judul skripsi ini Adalah : "Analisa Pengaruh Variasi Holding Time Pada Proses *Annealing* Dan *Normalizing* Terhadap Kekuatan Tarik Baja Astm A36" Maksud dan tujuan skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu (S1) di Universitas IBA Palembang. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, penulisan Skripsi ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karna itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Skripsi, yaitu kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hardayani, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA
2. Ibu Reny Afriany, ST., M,Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Pembimbing satu Skripsi.
3. Bapak Muhammad Nur, ST., M.Log. Selaku Pembimbing dua Skripsi
4. Seluruh Bapak, Ibu Dosen serta Staf TU di Fakultas Teknik Universitas IBA yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan.
5. Orang tuaku dan sekeluarga yang telah mendoakan, memberikan semangat moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan seperjuangan selama menempuh masa kuliah

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan oleh karna itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun para pembaca pada umumnya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
HALAMAN AGENDA ..... **iv**
PENGESAHAN TIM PENGUJI ..... **v**
MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
ABSTRAK ..... **ix**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) 4
2.1.1 Jenis-jenis *Heat Treatment* 5
2.1.2 Proses *Heat Treatment* 5
2.2 Baja 6
2.3 Baja Karbon 7
2.3.1 Jenis-jenis Baja Karbon 7
2.4 Baja ASTM A36 8
2.5 Pengujian Kekuatan Tarik 9
2.6 Standar ASTM E8 14
2.7 Diagram Fasa 14
BAB III METODE PENELITIAN **18**
3.1 Diagram Alir 18

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 19
3.3 Variabel penelitian 19
3.3.1 Variabel Bebas 19
3.3.2 Variabel Terikat 20
3.3.3 Variabel Kontrol 20
3.4 Alat dan Bahan 21
3.5 Prosedur Penelitian 23
3.6 Ukuran Spesimen 24
3.6.1 Proses Pembuatan Spesimen 24
3.6.2 Proses Heat Treatment 25
3.7 Pengujian Tarik 27
BAB IV PENGOLAHAN DATA 28
4.1 Hasil Uji Tarik 28
4.2 Perhitungan Hasil Data Tegangan Pengujian Tarik 29
4.3 Perhitungan Data hasil Regangan Uji Tarik 31
4.4 Perhitungan data hasil Modulus elastisitas Uji Tarik 32
BAB V PEMBAHASAN 34
5.1 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik 34
5.2 Pengaruh Variasi Holding time Terhadap Regangan 35
5.3 Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Modulus Elastisitas 36
5.4 Pengaruh Heat Treatment Terhadap Material Baja ASTM A36 38
5.5 Pengaruh Annealing Terhadap Material 39
5.6 Pengaruh Normalizing Terhadap Material 39
5.7 Perbandingan Pengaruh *Annealing* dan *Normalizing* 40
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 41
6.1 Kesimpulan 41
6.2 Saran 42
DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tungku Heat Treatment (Prasetyo, 2018) 4
Gambar 2.2 Mesin Pengujian Tarik 10
Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan (Nastiti dkk., 2019) 10
Gambar 2.4 Standar ASTM E8 (ASTM E8, 2010) 14
Gambar 2.5 Diagram Fasa Baja Karbon (Bhaskara dkk., 2018) 15
Gambar 3.1 Diagram Alir 18
Gambar 3.2 Plat baja ASTM A36 21
Gambar 3.3 Tungku Heat Tratment 21
Gambar 3.4 Jangka sorong 22
Gambar 3.5 Ragum 22
Gambar 3.6 Mesin Pengujian Tarik 23
Gambar 3.7 Ukuran Spesimen 24
Gambar 3.8 Baja ASTM A36 25
Gambar 3.9 Proses Heat Treatment 25
Gambar 4.1 Hasil Pengujian Tarik Normalizing 28
Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tarik Annealing 28
Gambar 5.1 Grafik Rata-rata Ultimate Stress 34
Gambar 5.2 Grafik Rata-rata Regangan 35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Penelitian 19
Tabel 4.1 Data hasil Pengujian Tarik 29
Tabel 4.2 Perhitungan Data Hasil Tegangan *Yield* Pada Uji Tarik 30
Tabel 4.3 Perhitungan Data Hasil Tegangan *Ultimate* Pada Uji Tarik 30
Tabel 4.4 Perhitungan Data Hasil Regangan Pada Uji Tarik 32
Tabel 4.5 Hasil Data Perhitungan Modulus Elastisitas 33

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja merupakan material logam yang paling banyak digunakan dalam dunia konstruksi karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, mudah dibentuk, mudah dilas, serta memiliki biaya produksi yang relatif ekonomis. Salah satu jenis baja yang sering digunakan pada konstruksi bangunan, jembatan, rangka mesin, maupun struktur industri adalah *American Standart for Testing and Material* (ASTM) A36. Baja ASTM A36 termasuk baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang memiliki sifat mampu las (*weldability*) dan mampu bentuk (*formability*) yang sangat baik sehingga menjadi standar material struktural di berbagai sektor industri. Selain itu, baja ASTM A36 memiliki kekuatan luluh minimum sekitar 250 MPa dan kekuatan tarik sekitar 400–550 MPa, sehingga memenuhi persyaratan sebagai material struktur konstruksi. (Antika dkk., 2019)

Dalam penggunaannya, struktur konstruksi baja sering mengalami beban statis maupun dinamis yang dapat memengaruhi umur pakai material. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan sifat mekanik material agar mampu menahan beban yang lebih besar tanpa mengalami kegagalan. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *heat treatment* (perlakuan panas), yaitu proses pemanasan material hingga temperatur tertentu, ditahan dalam waktu tertentu (*holding time*), kemudian didinginkan menggunakan media pendingin tertentu seperti annealing dan normalizing. Beberapa penelitian ini sebelumnya menunjukkan bahwa material baja ST 46 dengan temperatur perlakuan panas 880^{o}C dan proses perlakuan panas yang digunakan normalizing pada penahan panas nya 20 menit dan 40 menit (Nukman, 2009).

Sementara itu penelitian ini menggunakan material ASTM A36 dengan temperatur perlakuan panas 800^{o}C dan membandingkan proses annealing dan normalizing pada holding time 20 menit dan 40 menit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas pada baja ASTM A36 mampu

meningkatkan kekuatan tarik. Variasi temperatur dan media pendingin memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan tarik setelah proses *heat treatment*. (Bhaskara dkk., 2018)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi holding time selama 20 menit dan 40 menit pada proses annealing terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36?
2. Bagaimana pengaruh variasi holding time selama 20 menit dan 40 menit pada proses normalizing terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36?
3. Bagaimana perbandingan nilai kekuatan tarik baja ASTM A36 setelah diberikan perlakuan panas annealing dan normalizing dengan temperatur tetap 800°C dan variasi holding time yang berbeda?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang diharapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah ASTM A36.
2. Proses perlakuan panas yang digunakan hanya annealing dan normalizing.
3. Temperatur perlakuan panas dibuat tetap pada 800°C untuk seluruh spesimen.
4. Variasi *holding time* yang digunakan adalah 20 menit dan 40 menit.
5. Pendinginan pada proses annealing dilakukan secara perlahan di dalam tungku (furnace cooling), sedangkan pada proses normalizing dilakukan di udara terbuka (air cooling).
6. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan hanya pengujian tarik sesuai standar ASTM E8.
7. Penelitian tidak membahas analisis struktur mikro material secara mendalam

8. Analisis penelitian difokuskan pada pengaruh variasi holding time terhadap nilai kekuatan tarik baja ASTM A36 setelah proses annealing dan normalizing

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1) Menganalisis pengaruh variasi *holding time* 20 menit dan 40 menit pada proses *annealing* dan *normalizing* terhadap sifat mekanik baja ASTM A36
2) Membandingkan pengaruh proses *annealing* dan *normalizing* pada temperatur tetap terhadap nilai tegangan luluh (*yield stress),* tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile stress*), dan regangan baja ASTM A36.
3) Menentukan variasi perlakuan panas dan *holding tim*e yang memberikan hasil sifat mekanik terbaik berdasarkan hasil pengujian tarik baja ASTM A36

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi bidang akademik, Menambah referensi pembelajaran mengenai proses pengaruh perlakuan panas (*heat treatment)* khususnya annealing dan normalizing dengan variasi holding time, terhadap sifat mekanik baja ASTM A36
2. Bagi pengembangan, Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi *holding time* pada proses *annealing* dan *normalizing* terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36 sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan parameter perlakuan panas yang sesuai untuk meningkatkan kualitas material pada aplikasi konstruksi baja maupun komponen teknik
3. Bagi peneliti, Meningkatkan pemahaman dan pengalaman dalam melakukan penelitian eksperimental mengenai perlakuan panas, pengujian tarik berdasarkan standar ASTM E8, serta analisis pengaruh variasi *holding time* terhadap sifat mekanik baja ASTM A36 dan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan Panas (*heat treatment*) adalah suatu proses pemanasan logam hingga mencapai temperatur tertentu, dipertahankan pada temperatur tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*), kemudian didinginkan menggunakan media pendingin tertentu dengan tujuan mengubah struktur mikro sehingga diperoleh sifat mekanik yang diinginkan tanpa mengubah bentuk maupun komposisi kimia material secara signifikan. (Prasetyo, 2018)



Gambar 2.1 Tungku Heat Treatment (Prasetyo, 2018)

Pada material baja, proses *heat treatment* bertujuan untuk meningkatkan atau menyesuaikan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekerasan, keuletan, ketangguhan, ketahanan aus, serta mengurangi tegangan sisa yang timbul akibat proses pengerjaan atau pengelasan. Keberhasilan proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain temperatur pemanasan, waktu penahanan (holding time), laju pendinginan, media pendingin, dan kandungan karbon baja. (Prasetyo, 2018)

2.1.1 Jenis-jenis *Heat Treatment*

1. *Annealing*

   Annealing dilakukan dengan memanaskan baja hingga di atas temperatur kritis, kemudian didinginkan secara perlahan di dalam tungku. Proses ini bertujuan mengurangi kekerasan, meningkatkan keuletan, memperbaiki kemampuan pengerjaan (*machinability*), serta menghilangkan tegangan sisa. (Pradipta, 2018)

2. *Normalizing*

   Normalizing dilakukan dengan memanaskan baja hingga memasuki daerah austenit kemudian didinginkan di udara bebas. Proses ini menghasilkan ukuran butir yang lebih halus sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan dibandingkan kondisi annealing (Wullur dan Andriyono, 2019).

3. *Hardening*

   Hardening merupakan proses pemanasan baja hingga temperatur austenit kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*). Tujuannya meningkatkan kekerasan dan kekuatan material melalui pembentukan martensit. Namun, pada baja karbon rendah seperti ASTM A36, peningkatan kekerasan tidak sebesar pada baja karbon sedang atau tinggi karena kandungan karbonnya rendah. (Prasetyo, 2018)

4. *Tempering*

   Tempering dilakukan setelah *hardening* dengan memanaskan kembali baja pada temperatur yang lebih rendah, kemudian didinginkan. Tujuan utamanya adalah mengurangi kerapuhan, meningkatkan ketangguhan, dan memperoleh kombinasi sifat mekanik yang lebih seimbang (Amri dkk., 2024)

2.1.2 Proses *Heat Treatment*

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses *heat treatment* tersebut antara lain:

1. Suhu pemanasan untuk proses *hardening* temperatur diatur dengan suhu 800^{o}C

2. Lama waktu pemanasan diatur dengan dengan mengunakan stopwatch. Dengan variasi waktu 20 menit dan 40 menit.
3. Proses pendinginan yang dilakukan adalah dengan pendinginan secara perlahan (*annealing* dan *normalizing*).

2.2 Baja

Baja merupakan material paduan yang tersusun atas besi (Fe) sebagai unsur utama dan karbon (C) sebagai unsur paduan utama, dengan kandungan karbon berkisar antara 0,2%–2,1% dari berat total material. Selain karbon, baja juga mengandung unsur paduan lain seperti mangan (Mn), silikon (Si), fosfor (P), sulfur (S), kromium (Cr), dan nikel (Ni) yang berperan dalam meningkatkan sifat mekanik dan fisik material. Variasi komposisi kimia tersebut menghasilkan berbagai jenis baja dengan karakteristik yang berbeda sesuai kebutuhan aplikasi. Baja banyak digunakan pada sektor konstruksi, jembatan, permesinan, kendaraan bermotor, dan industri manufaktur karena memiliki kekuatan yang tinggi, ketangguhan yang baik, mudah dibentuk (*formability*), mudah dilas (*weldability*), serta biaya produksi yang relatif ekonomis. (Yos Nofendri, 2021)

Kandungan karbon merupakan faktor utama yang memengaruhi sifat mekanik baja. Semakin tinggi kadar karbon, maka kekuatan tarik (*tensile strength*) dan kekerasan (*hardness*) akan meningkat, namun keuletan (*ductility*) dan ketangguhan (*toughness*) cenderung menurun sehingga baja menjadi lebih getas (*brittle*). Berdasarkan kadar karbonnya, baja dibedakan menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah memiliki kemampuan las dan keuletan yang baik, baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih tinggi serta dapat ditingkatkan melalui proses *heat treatment,* sedangkan baja karbon tinggi memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi, tetapi lebih rendah dari sisi keuletannya. (Sulaeman, 2018)

2.3 Baja Karbon

Baja karbon adalah Paduan antara unsur besi dan karbon. Untuk kadar karbon pada baja ini adalah sekitar 0,0008 hingga 1,7% dengan sedikit diikuti unsur-unsur tambahan lain seperti Si, Mn, P, D dan Cu. Sifat baja karbon sangat kuat tergantung pada kadar karbonnya, maka dari itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya (Rinaldi, Hamdani dan Fathier, 2021).

2.3.1 Jenis-jenis Baja Karbon

Baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya, terutama berdasarkan kadar karbon dan unsur paduan yang terkandung di dalamnya. Kandungan karbon merupakan faktor utama yang memengaruhi sifat mekanik baja, seperti kekuatan, kekerasan, keuletan, dan kemampuan las. Secara umum, semakin tinggi kadar karbon maka kekuatan tarik dan kekerasan baja akan meningkat, tetapi keuletan serta kemampuan pengelasannya akan menurun. Oleh karena itu, baja karbon dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. (Nukman, 2009)

1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

   Baja karbon rendah atau *low carbon steel* merupakan baja karbon yang mengandung kurang dari 0,2 % karbon. Baja jenis ini merupakan baja karbon yang paling mudah diproduksi diantara jenis paduan yang lain, mudah dilakukan proses manufaktur seperti machining dan pengelasan. Sifat mekanik baja karbon redah sangat ulet namun, kekerasannya sangat rendah dan sangat mudah mengalami keausan. Sehingga dalam aplikasinya, baja karbon rendah dapat digunakan untuk bahan baku dalam pembuatan suku cadang atau komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa, struktur jembatan, kaleng kemasan, pagar rumah, dan lain sebagainya menyesuaikan spesifikasi. (Bhaskara dkk., 2018)

2. Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*)

   Baja karbon sedang atau *medium carbon steel* merupakan baja karbon yang mengandung 0,2% - 0,6% karbon. Baja karbon sedang merupakan baja karbon yang memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon

rendah yaitu nilai kekerasannya lebih tinggi, kekuatan tarik yang tinggi dan nilai regangan yang besar. Namun, baja karbon sedang tidak mudah dilakukan proses machining dan lebih sulit dilakukan proses pengelasan. Baja jenis ini lebih mudah dilakukan proses pengerjaan panas serta dapat dilakukan proses pengerasan dengan baik. Baja karbon sedang aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari banyak digunakan sebagai poros (*shaft*), rel kereta, sprocket, roda gigi, pegas, baut (*screw*), dan suku cadang atau komponen mesin yang memperhatikan spesifikasi kekuatan tinggi. (Santoso dan Ismail, 2021)

3. Baja karbon tinggi (*High Carbon Steel*)

   Baja karbon tinggi atau high *carbon steel* merupakan baja karbon yang memiliki kandungan lebih dari 0,6% karbon. Baja jenis ini memiliki ketahanan terhadap temperatur yang tinggi dan nilai kekerasannya tinggi. Namun, baja karbon tinggi nilai keuletannya lebih rendah jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang. Baja karbon tinggi mampu menahan kekuatan tarik paling tinggi dan banyak diaplikasikan untuk peralatan perkakas (*tools*) seperti halnya untuk palu, mata bor, tap, pembuatan kikir, mata potong, mata gergaji, dan pembuatan kawat baja serta kabel baja. (Santoso dan Ismail, 2021)

2.4 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah (*low carbon steel*) yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi teknik, khususnya di bidang konstruksi dan manufaktur. Material ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,26%–0,29%, sehingga memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan yang cukup tinggi, keuletan (*ductility*) yang baik, serta kemampuan pembentukan (*formability*) dan pengelasan (*weldability*) yang sangat baik. Karakteristik tersebut menjadikan ASTM A36 mudah diproses melalui berbagai metode fabrikasi, seperti pemotongan, pembengkokan, pembubutan, maupun pengelasan. Namun, karena tergolong baja karbon rendah, material ini memiliki ketahanan korosi yang relatif rendah sehingga

permukaannya mudah mengalami oksidasi apabila digunakan pada lingkungan yang lembap atau korosif tanpa perlindungan tambahan, seperti pengecatan atau pelapisan antikarat. (Antika dkk., 2019)

ASTM A36 merupakan standar material yang ditetapkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) untuk baja struktural yang diproduksi dalam berbagai bentuk, seperti pelat, batang, profil, dan baja struktural lainnya. Baja ini banyak digunakan sebagai material utama pada pembangunan gedung, jembatan, rangka baja, tangki, serta berbagai struktur sipil karena memiliki keseimbangan yang baik antara kekuatan mekanik, kemudahan fabrikasi, dan biaya yang relatif ekonomis. Selain itu, sifat mekaniknya masih dapat ditingkatkan melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) tertentu sehingga mampu memenuhi kebutuhan aplikasi struktur yang memerlukan performa mekanik lebih baik. (Santoso dan Ismail, 2021)

Berikut ini merupakan tabel komposisi kimia dan sifat mekanik yang terdapat pada baja ASTM A36:

Tabel 2.1 Komposisi kimia baja ASTM A36

Elemen	Isi
Karbon, (C)	0,26 – 0,29 %
Tembaga, (Cu)	0,20 %
Besi, (Fe)	98,0 %
Mangan, (Mn)	1,03 %
Fosfor, (P)	0,040 %
Silikon, (Si)	0,280 %
Belereng, (S)	0,050 %

2.5 Pengujian Kekuatan Tarik

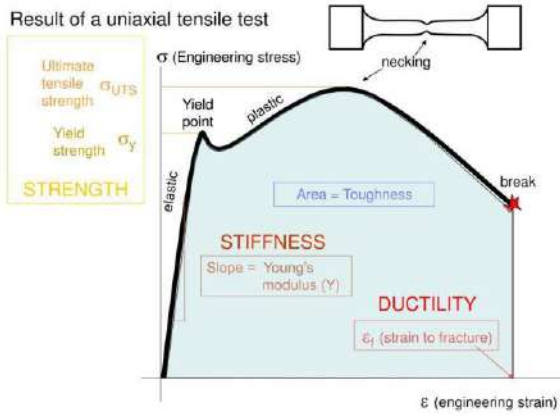
Pengujian kekuatan tarik merupakan pembebanan pada bahan dengan memberikan gaya yang berlawanan pada bahan dengan arah menjauh dari titik tengah, Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu bahan. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Hasil dari penarikan kekuatan

tarik terhadap bahan adalah perubahan bentuk (deformasi) bahan, yaitu pergeseran butiran kristal bahan hingga terlepasnya ikatan kristal tersebut karena gaya maksimum. (Wullur dan Andriyono, 2019)



Gambar 2.2 Mesin Pengujian Tarik

Proses terjadinya deformasi pada bahan sampai putus, dapat diketahui melalui tahapan pengujian tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang memberikan hubungan antara gaya yang dipergunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen. (Nastiti dkk., 2019)



Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan (Nastiti dkk., 2019)

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui dari kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang diberi simbol u. simbol u didapat dari kata *ultimate* yang berarti puncak. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperolehdari kurva tarik. (Achmaddillah dkk., 2026)

1. Daerah elastis (*Elastic Region*)

   Daerah elastis merupakan bagian awal kurva tegangan–regangan. Pada daerah ini, hubungan antara tegangan dan regangan relatif linear dan

material masih mengikuti hukum Hooke. Apabila beban dilepaskan selama material masih berada di daerah ini, spesimen akan kembali mendekati bentuk dan ukuran semula. (Gunawan, P.H, 2016)

2. Titik luluh (*Yield Point*)

   Menunjukkan kondisi ketika material mulai mengalami deformasi plastis. Setelah melewati titik ini, apabila beban dilepaskan, material tidak akan kembali sepenuhnya ke bentuk awal. Nilai tegangan pada titik tersebut disebut tegangan luluh (yield strength) (Antika, Muliyatno dan Santosa, 2019).

3. Daerah plastis (*Plastic Region*)

   Setelah melewati titik luluh, material memasuki daerah plastis. Deformasi yang terjadi pada daerah ini bersifat permanen. Pada baja yang bersifat ulet, tegangan masih dapat meningkat karena terjadi strain hardening (pengerasan regangan) (Munawar, Gusniar dan Hanafi, 2023).

4. Tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Strength*/UTS)

   Merupakan titik tertinggi pada kurva tegangan–regangan. Tegangan pada titik ini disebut *ultimate tensile strength* (uts) atau tegangan tarik maksimum. (Nukman, 2009)

5. Daerah Necking

   Setelah mencapai UTS, material ulet umumnya mulai mengalami necking, yaitu penyempitan lokal pada luas penampang spesimen. Akibat penyempitan tersebut, kemampuan spesimen menahan beban mulai menurun. Pada kurva tegangan–regangan teknik, kondisi ini biasanya ditunjukkan dengan kurva yang menurun setelah mencapai UTS. (Achmaddillah dkk., 2026)

6. Area di bawah kurva: *Toughness*

   Toughness (ketangguhan) adalah kemampuan material untuk menyerap energi sebelum mengalami patah. Pada kurva tegangan–regangan, toughness secara konseptual ditunjukkan oleh luas seluruh area di bawah kurva dari titik awal hingga *fracture*. Semakin luas area di bawah kurva

sampai patah, semakin besar energi per satuan volume yang dapat diserap material sebelum mengalami kegagalan. (Lukman dkk., 2025)

Pada kurva tarik baja karbon rendah batas ini mudah terlihat, tetapi pada bahan lain batas ini sukar sekali untuk diamati oleh karena daerah linier dan tidak linier bersambung secara berkelanjutan. Oleh karena itu untuk menentukan titik luluh diambil dengan metode off set yaitu suatu metode yang menyatakan bahwa titik luluh adalah suatu titik pada kurva yang menyatakan dicapainya regangan plastis sebesar 0,2 %. (Nastiti dkk., 2019)

2.5.1 Luas Penampang Awal

Luas Penampang awal (A_0) adalah luas penampang melintang spesimen sebelum diberikan pembebanan pada pengujian tarik. Parameter ini merupakan salah satu data dasar harus diketahui sebelum pengujian kaena digunakan untuk mengubah gaya tarik yang diberikan mesin uji menjadi nilai tegangan. (Rahman dan Kurniawan, 2022)

$$\boldsymbol{A = b \times t} \text{ ..... (1)}$$

- A = Luas Penampang Awal (mm^2)
- b = Lebar Spesimen (mm)
- t = Tebal Spesimen (mm)

2.5.2 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah reaksi yang timbul diseluruh bagian spesimen dalam rangka menahan beban yang diberikan. Nilai tegangan ini merupakan perbandingan antara beban (F) yang diberikan terhadap luas penampang (A). (Nukman, 2009).

$$\boldsymbol{\sigma = \frac{F}{A}} \text{ .....(2)}$$

- σ = Tegangan tarik (MPa atau N/mm^2)
- F = Gaya tarik (N)
- A = Luas penampang awal (mm^2)

2.5.3 Regangan (*Strain*)

Regangan merupakan perubahan panjang relatif yang dialami spesimen akibat pemberian beban tarik. Regangan diperoleh dari perbandingan antara pertambahan panjang spesimen dengan panjang awal. Nilai regangan tidak memiliki satuan dalam umumnya dinyatakan dalam bentuk desimal atau persentase. Semakin besar regangan yang mampu dialami material sebelum mengalami patah, semakin besar kemampuan material tersebut untuk mengalami deformasi (Rifaldi, Ryadin dan Hakim, 2021).

$$\boldsymbol{\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0}\ x\ 100\%\ \ldots\ldots\ (3)}$$

- $\boldsymbol{\varepsilon}$= Regangan (%)
- L_0 = Panjang awal spesimen (mm)
- L_1 = Panjang akhir spesimen setelah pengujian (mm)

2.5.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran yang digunakan untuk mepresentasikan kekakuan suatu bahan. Makin besar nilai modulus elastisitas, maka makin kecil regangan yang dapat dihasilkan dari pemberi tegangan. (Thabrani dkk., 2025).

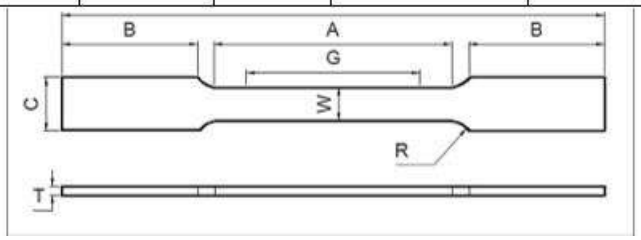
$$\boldsymbol{E = \frac{\sigma}{\varepsilon}\ \ldots\ldots\ (4)}$$

- **E** = Modulus Elastisitas
- **σ**= Tegangan Tarik
- $\boldsymbol{\varepsilon}$ = Regangan Tarik

2.6 Standar ASTM E8

Material utama yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan baja karbon rendah, yang secara kimiawi mengandung kadar dibawah 0,30%, dan diklasifikasikan dalam tipe ASTM A36 sesuai dengan standar klasifikasi material. (ASTM E8, 2010). Sebanyak 13 spesimen digunakan untuk mengkaji pengaruh dari *heat treatment*. Spesimen kemudian dipanaskan dalam mesin *Muffle Furnace* dengan temperatur 800ºC dan dilanjutkan dengan pengujian kekuatan tarik. Pada Gambar 2.4 menampilkan desain spesimen uji sesuai dengan standard ASTM E8 (ASTM E8, 2010).

Panjang Ukur	Lebar	Ketebalan	Jari-jari Fillet	Panjang bagian yang diperkecil	panjang bagian pegangan	lebar bagian pegangan
G	W	T	R	A	B	C
50 (mm)	12,5 (mm)	3 (mm)	12,5 (mm)	57 (mm)	50 (mm)	20 (mm)

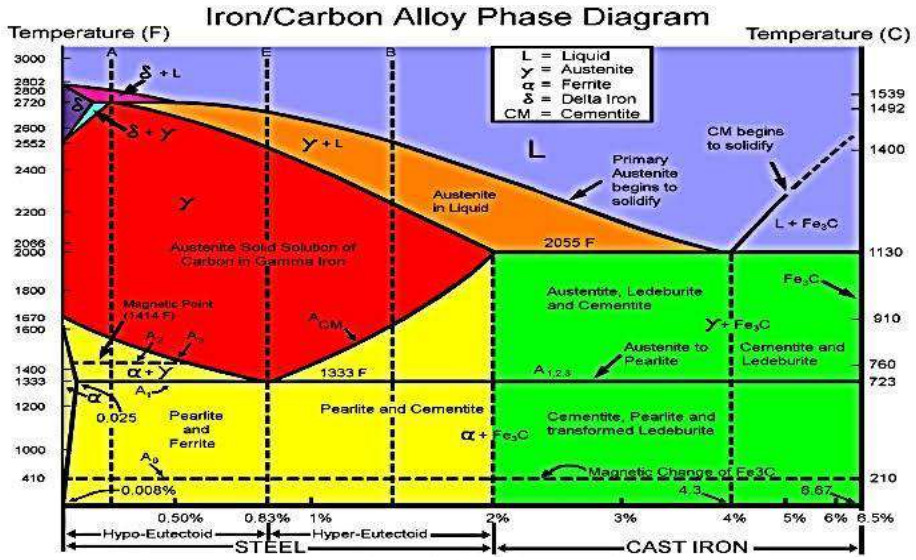


Gambar 2.4 Standar ASTM E8 (ASTM E8, 2010)

2.7 Diagram Fasa

Fasa didefinisikan sebagai bagian dari bahan yang memiliki struktur atau komposisi tersendiri. Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang. Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro. (Thabrani dkk., 2025)

Pada diagram fasa Fe-CFasa didefinisikan sebagai bagian dari bahan yang memiliki struktur atau komposisi tersendiri. Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang. Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro. (Antika dkk., 2019)



Gambar 2.5 Diagram Fasa Baja Karbon (Bhaskara dkk., 2018)

Penjelasan Diagram :

- Pada kandungan karbon mencapai 6.67% terbentuk struktur mikro dinamakan Sementit Fe-C (dapat dilihat pada garis *vertical* paling kanan).

  Sifat-sifat *cementitte*: sangat keras dan sangat getas
- Pada sisi kiri diagram dimana pada kandungan karbon yang sangat rendah, pada suhu kamar terbentuk *struktur mikro ferit.*
- Pada baja dengan kadar karbon 0.83%, struktur mikro yang terbentuk adalah Perlit, kondisi suhu dan kadar karbon ini dinamakan titik *Eutectoid.*

- Pada baja dengan kandungan karbon rendah sampai dengan titik eutectoid*, struktur mikro* yang terbentuk adalah campuran antara ferit dan perlit.
- Pada baja dengan kandungan titik *eutectoid* sampai dengan 6.67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara perlit dan sementit.
- Pada saat pendinginan dari suhu leleh baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro Ferit Delta lalu menjadi struktur mikro *Austenit.*
- Pada baja dengan kadar karbon yang lebih tinggi, suhu leleh turun dengan naiknya kadar karbon, peralihan bentuk langsung dari leleh menjadi *Austenit.*

Beberapa istilah dalam diagram kesetimbangan Fe-C dan fasa-fasa yang terdapat didalamnya akan dijelaskan dibawah ini. Berikut adalah batas-batas temperature kritis pada diagram Fe-C:

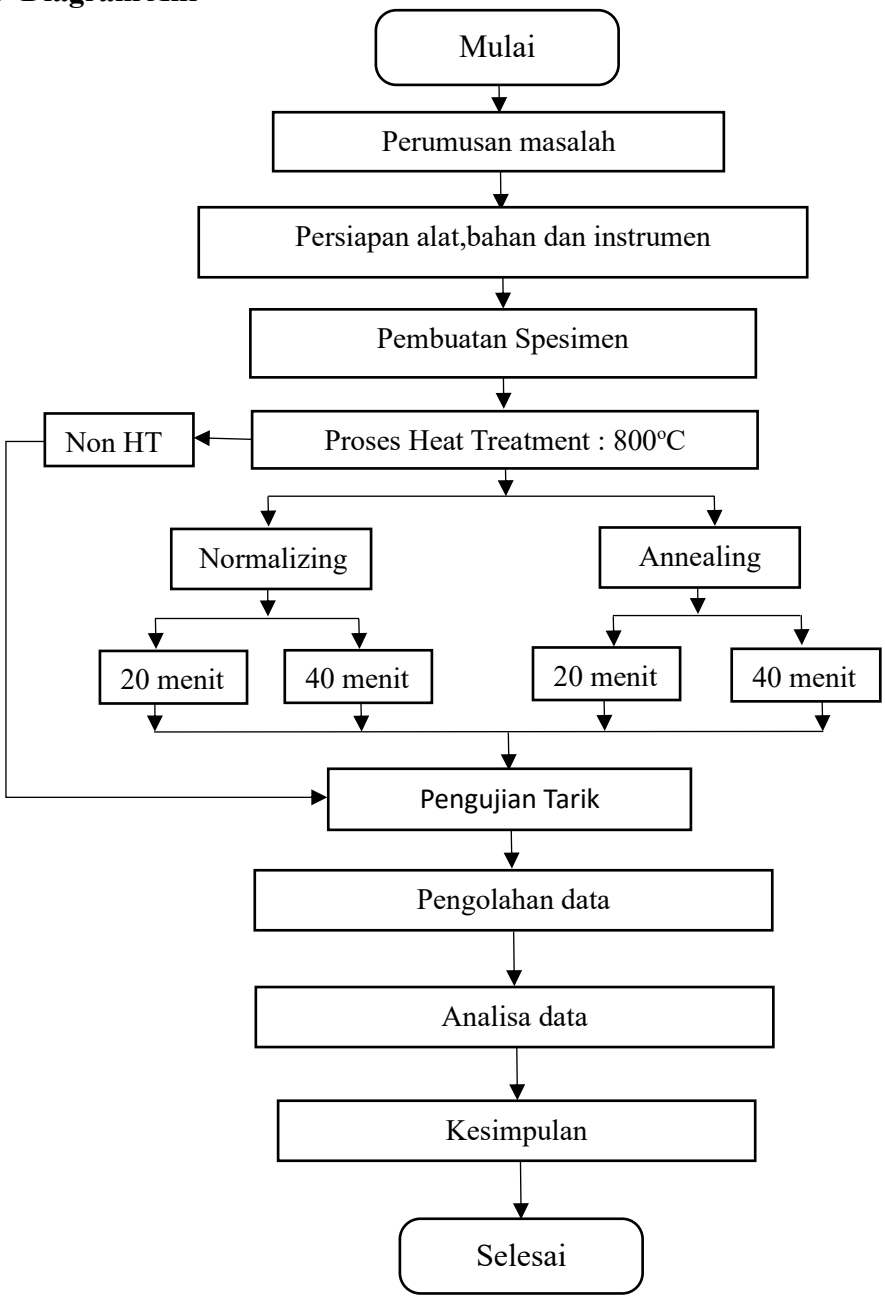
- Al, adalah temperatur reaksi *eutektoid* yaitu perubahan fasa y menjadi a+Fe-C (perlit) untuk baja *hypo eutektoid.*
- A2, adalah titik *Currie* (pada temperatur 769 °C), dimana sifat magnetik besi berubah dari *feromagnetik* menjadi *paramagnetik.*
- A3, adalah temperatur transformasi dari fasa y menjadi a (ferit) yang ditandai pula dengan naiknya batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur.
- Acm, adalah temperatur transformasi dari fasa y menjadi Fe-C *(*sementit) yang ditandai pula dengan penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur.
- A13, adalah temperatur transformasi y menjadi a+Fe-C (perlit) untuk baja *hiper etektoid*.
- Fasa-fasa yang terjadi dalam diagram kesetimbangan Fe-C selama pemanasan yang lambat:

- Ferit yaitu paduan Fe dan C dengan kelarutan C maksimum 0,025% pada *temperature* 723°C, struktur kristalnya BCC (*Body Centered Cubic*).
- *Austenit* adalah paduan Fe dan C dengan kelarutan C maksimum 2% pada temperatur 1148°C, struktur kristalnya FCC (*Face Centered Cubic*).
- Delta adalah paduan Fe dan C dengan kelarutan C maksimum 0,1% pada temperatur 1493°C, struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*).
- Senyawa Fe-C atau biasa disebut sementit dengan kandungan C maksimum 6,67%, bersifat keras dan getas dan memiliki struktur kristal *Orthorombic.*
- *Liquid* atau fasa cair, adalah daerah paling luas dimana kelarutan C sebagai paduan utama dalam Fe tidak terbatas pada temperatur yang bervariasi

  (Prasetyo, 2018)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan februari sampai juni 2026 sampai dengan selesai. Adapun tempat dilaksanakan penelitian ini yaitu:

1. Proses pemotongan spesimen dengan ukuran standar pengujian ASTM E8
2. Proses *Heat Treatment* dilakukan di Laboratorium Universitas IBA Palembang
3. Pengujian spesimen kekuatan uji tarik dilakukab di Laboratorium Material Teknik Universitas Sriwijaya

3.3 Variabel penelitian

Merupakan segala sesuatu yang menjadi objek pengamatan dalam suatu penelitian dan memiliki nilai atau karakteristik yang dapat berubah. Variabel digunakan untuk mengetahui hubungan antara faktor yang memengaruhi (variabel bebas) dengan faktor yang dipengaruhi (variabel terikat), sedangkan variabel kontrol berfungsi menjaga agar kondisi penelitian tetap seragam sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat. Pada penelitian eksperimen ini, variabel penelitian dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. (thabrani dkk., 2025).

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Pendingin	Holding Time	Standar Pengujian	Heat Treatment	Jumlah Replikasi
Annealing	20 menit	ASTM E8	800ºC	3
	40 menit			3
Normalizing	20 menit			3
	40 menit			3
TOTAL SPESIMEN				**12**

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang sengaja diubah atau dimanipulasi oleh peneliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini perlakuan panas (*heat treatment*) yang diberikan pada material baja ASTM A36, meliputi:

1. Penahanan *Holding Time*
    - 20 menit
    - 40 menit
2. Jenis Perlakuan Panas yaitu :
    - Annealing
    - Normalizing

Variasi Penahanan waktu (*holdiing time*) dan media pendingin tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan sifat mekanik, khususnya kekuatan tarik baja ASTM A36

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat yang diamati adalah kekuatan tarik **(***tensile strength***)** material baja ASTM A36 setelah mengalami proses *heat treatment*. Nilai kekuatan tarik diperoleh melalui pengujian tarik yang mengacu pada ASTM E8**.** (Thabrani dkk., 2025)

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel Kontrol Adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independent terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh factor luar yang tidak diteliti

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- Waktu penahanan temperatur
- Dimensi Spesimen
- Media Pendinginan
- Kecepatan Pengujian Tarik

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian Adalah sebagai berikut:

- Bahan Penelitian
  1. Plat baja karbon ASTM A36



Gambar 3.2 Plat baja ASTM A36

- Alat Penelitian
  2. Tungku *Heat Treatment*

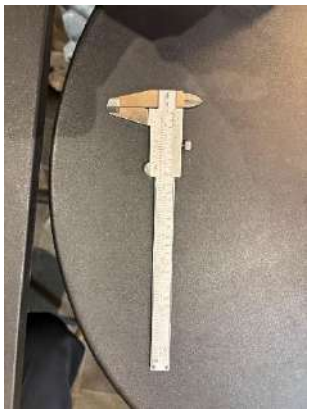
Tungku *heat treatment* berfungsi untuk melakukan proses pemanasan pada spesimen. Proses ini bertujuan unttuk meningkatkan keuletan material. Adapun gambar tungku heat treatment dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.3 Tungku Heat Tratment

3. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter panjang, dan ketebalan dengan tingkat ketelitian tinggi hingga 0,1 mm atau 0,05 mm. Adapun gambar dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.4 Jangka sorong

4. Ragum

Ragum digunakan sebagai penahan spesimen saat dilakukan pemotongan degan gerinda tangan. Adapun gambar ragum dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 3.5 Ragum

5. Mesin Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik merupakan pembebanan pada bahan dengan memberikan gaya yang berlawanan pada bahan dengan arah menjauh dari titik tengah, Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu bahan.



Gambar 3.6 Mesin Pengujian Tarik

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini merupakan urutan Langkah-langkah kerja yang dilakukan untuk memperoleh data yang akurat. Secara garis besar, proses prosedur penelitian ini di bagi menjadi lima tahap utama :

1. Studi Literatur

   Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari buku, Jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan material plat baja ASTM A36, perlakuan panas, serta pengujian Tarik material

2. Persiapan Material

   Material plat baja ASTM A36 dipotong dan dibentuk menjadi spesimen uji Tarik sesuai dengan standar pengujian material

3. Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

   Spesimen dipanaskan menggunakn *furnace* pada temperature yang telah ditentukan yaitu :

   - 800ºC

   Setelah mencapai temperature yang ditentukan, spesimen ditahan selama waktu tertentu (*holding time*)

   - 20 menit
   - 40 menit

   kemudian didinginkan menggunakan media pendingin yaitu *Annealing* dan *Normalizing*.

4. Pengujian Tarik

   Spesimen yang telah melalui proses perlakuan panas kemudian diuji menggunakan mesin uji Tarik untuk mengetahui nilai kekuatan Tarik Material.

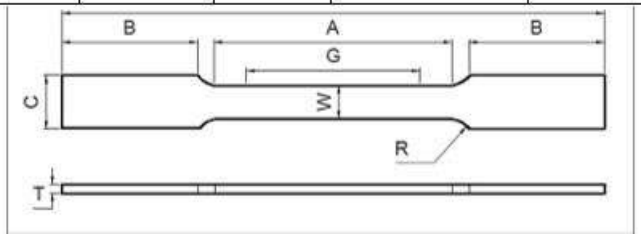
5. Pengolahan dan Analisis Data

   Data hasil pengujian Tarik kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara temperature perlakuan panas dengan nilai kekuatan tarik Material plat baja ASTM A36

3.6 Ukuran Spesimen

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah plat baja karbon ASTM A36, pembuatan sampel yang terdiri dari 12 spesimen. Baja karbon ASTM A36 dengan ukuran pengujian dimensi spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E8 dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Panjang Ukur	Lebar	Ketebalan	Jari-jari Fillet	Panjang bagian yang diperkecil	panjang bagian pegangan	lebar bagian pegangan
G	W	T	R	A	B	C
50 (mm)	12,5 (mm)	3 (mm)	12,5 (mm)	57 (mm)	50 (mm)	20 (mm)



Gambar 3.7 Ukuran Spesimen

3.6.1 Proses Pembuatan Spesimen

Memotong benda kerja yang dibutuhkan yaitu plat baja karbon ASTM A36 dengan ukuran 200mm x 20 mm x 3 mm. Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8, Adapun gambar spesimen dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.8 Baja ASTM A36

3.6.2 Proses Heat Treatment

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses. *Heat Treatment* adalah sebagai berikut:

a. Memasukkan spesimen kedalam tungku *heat treatment.*
b. Nyalakan mesin atau tungku *heat treatment.*
c. Atur ke temperatur 800° C dengan waktu penahanan selama 20 menit dan 40 menit.
d. Tunggu sampai proses pemanasan selesai.
e. Kemudian spesimen dilakukan pendinginan secara *annealing* dan *normalizing*

Adapun spesimen yang telah mengalami perlakuan panas Heat Treatment dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3.9 Proses *Heat Treatment*

Pada penelitian ini, proses *heat treatment* diterapkan menggunakan 2 jenis perlakuan panas (*heat treatment*) yaitu *annealing* dan *normalizing*. *Annealing* merupakan suatu proses dengan memanaskan baja hingga di atas temperatur

kritis proses ini bertujuan mengurangi kekerasan, meningkatkan keuletan, serta menghilangkan tegangan sisa.

Normalizing merupakan proses pemanasan kembali suatu material dengan tujuan untuk menghasilkan ukuran butir yang lebih halus sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan dibandingkan kondisi annealing. (Gunawan, P.H, 2016)

Penelitian ini akan menggunakan variasi temperatur austenisasi yaitu : 800^{o}C dengan lama waktu penahan 20 menit dan 40 menit, spesimen yang sudah mencapai temperatur austenisasi kemudian akan dilakukan proses annealing dengan menggunakan media pendingin secara perlahan di dalam tungku. Setelah proses *annealing* pada spesimen selesai dilakukan dilanjutkan dengan tahap proses *normalizing* dengan menggunakan temperatur 800^{o}C dan penahan waktunya selama 20 menit dan 40 menit.

Tujuan utama proses heat treatment pada baja adalah:

1. Meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*)
   Upaya untuk memperoleh kemapuan material dalam menahan beban tarik yang lebih besar sebelum mengalami patah.
2. Meningkatkan kekerasan material
   Untuk meningkatkan kemampuan material dalam bahan menahan deformasi plastis lokal, seperti penetrasi, goresan, atau perubahan bentuk pada permukaan.
3. Memperbaiki keuletan (*ductility*)
   Kemampuan material untuk mengalami deformasi plastis sebelum mengalami patah. Material yang memiliki keuletan tinggi mampu mengalami perubahan bentuk yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan.
4. Mengurangi tegangan sisa (*residual stress*)
   Tegangan yang masih terdapat di dalam material meskipun material tersebut tidak sedang menerima beban dari luar.

5. Memperhalus ukuran butir (*grain refinement*)

   Proses memperoleh struktur butir material yang lebih halus atau lebih seragam melalui pengaturan kondisi pemanasan dan pendinginan.
6. Meningkatkan ketahanan aus (*wear resistance*)

   Kemampuan material untuk menahan kehilangan atau kerusakan material akibat gesekan, kontak, atau gerakan relatif antara dua permukaan.
7. Menyesuaikan sifat mekanik sesuai kebutuhan aplikasi konstruksi atau manufaktur

   Memilih jenis dan parameter *heat treatment* untuk mendapatkan kombinasi sifat material yang sesuai dengan kondisi penggunaan.

3.7 Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu metode pengujian mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material dalam menahan beban tarik hingga mengalami deformasi dan patah. Pengujian ini menghasilkan data berupa gaya tarik maksimum, pertambahan panjang spesimen, tegangan luluh (*yield stress*), tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*), serta regangan (strain). Pada penelitian ini, pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan mengacu pada standar ASTM E8/E8M – *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. (ASTM E8, 2010)

Data yang diperoleh dari mesin uji tarik dengan beban dan gaya kontinue yang semakin tinggi sampai spesimen putus selanjutnya diolah menggunakan persamaan matematis untuk menentukan nilai tegangan dan regangan.

BAB IV
PENGOLAHAN DATA

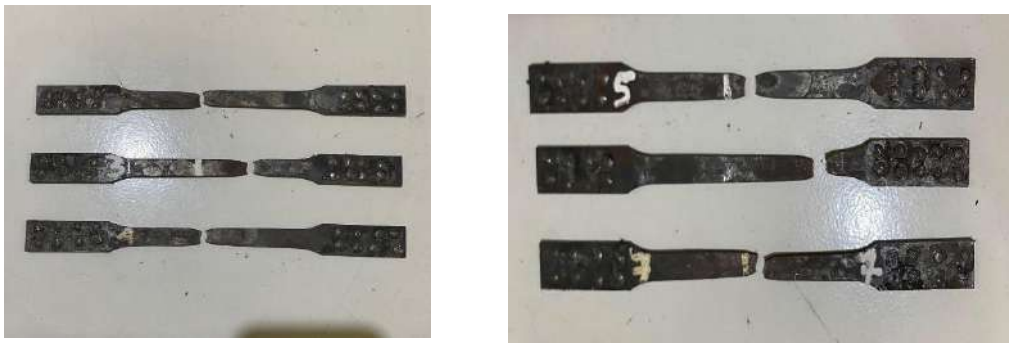
4.1 Hasil Uji Tarik

Hasil pengujian tarik pada spesimen baja ASTM A36 dengan variasi holding time dan media pendingin dapat dilihat pada gambar 4.1



(A) **(B)**

Gambar 4.1 Hasil Pengujian Tarik *Normalizing*
(A) 20 menit **(B)** 40 menit



(A) **(B)**

Gambar 4.2 Hasil Pengujian Tarik *Annealing*
(A) 20 menit **(B)** 40 menit

Pengujian tarik dilakukan pada dua belas spesimen yang terdiri dari atas enam spesimen dengan penahan waktu 20/40 menit media pendingin *annealing* dan enam spesimen dengan penahan waktu 20/40 menit media pendingin *normalizing*, menggunakan temperature 800^{o}C. Hasil pengujian tarik dari setiap spesimen dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data hasil Pengujian Tarik

Heat Treatment & Non HT	**Media Pendingin**	**Holding Time (menit)**	**Nilai Spesimen F_y (Kgf)**			**Nilai Spesimen F_u (Kgf)**		
Raw	Tidak ada	Tidak ada	850			1.200		
800°C	Normalizing	20	650	700	650	950	850	600
		40	600	700	850	1.000	800	1.050
	Annealing	20	800	850	900	950	1.000	1.100
		40	950	1.100	950	1.100	1.300	1.150

4.2 Perhitungan Hasil Data Tegangan Pengujian Tarik

Dalam penelitian ini pengujian tarik menggunakan metode *destructive test* tarik yang dilakukan di laboratorium pengujian material teknik mesin universitas sriwijaya. Pada penelitian ini yang dianalisis meliputi gaya luluh (yield load), tegangan luluh (*yield stress*), tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile stress*), dan regangan (*strain*). Pengujian dilakukan terhadap material baja ASTM A36 yang telah mengalami perlakuan panas berupa proses *annealing* dan *normalizing* pada suhu 800°C dengan variasi holding time selama 20 menit 40 menit.

Tegangan tarik maksimum pada baja ASTM A36 Sebelum dan sesudah mendapatkan perlakuan *normalizing* dan *annealing* penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.2

- Perhitungan luas penampang awal

$$A = 12{,}5 \times 3 = 37{,}5\ mm^2 \text{ ..... (1)}$$

- Perhitungan tegangan luluh pada spesimen normal

$$\sigma_y = \frac{850\ \text{Kgf}}{37{,}5\ mm^2} = 22{,}6\ \text{Kgf/mm}^2 \text{ ..... (2)}$$

$$= 22{,}6 \times 9{,}80665$$

$$= 221{,}63\ \text{MPa}$$

Tabel 4.2 Perhitungan Data Hasil Tegangan *Yield* Pada Uji Tarik

Spesimen	Media Pendingin	Holding Time (Menit)	Area (mm)	F_Y (Kgf)	σ_Y (MPa)	σ_Y Rata-rata (MPa)
Raw	Tidak Ada	Tidak ada	37,5	850	222,28	222,28
800OC	Normalizing	20		650	169,98	174,34
				700	183,06	
				650	169,98	
	Annealing			800	209,21	222,28
				850	222,28	
				900	235,36	
	Normalizing	40		600	156,91	187,42
				700	183,06	
				850	222,28	
	Annealing			950	248,44	261,51
				1100	287,66	
				950	248,44	

- Perhitungan tegangan tarik maksimum

$$\sigma_u = \frac{1200\ Kgf}{37{,}5\ mm^2} = 320\ \text{Kgf/mm}^2$$

$$= 320 \times 9{,}80665$$

$$= 313{,}81\ \text{MPa}$$

Tabel 4.3 Perhitungan Data Hasil Tegangan *Ultimate* Pada Uji Tarik

Spesimen	Media Pendingin	Holding Time (Menit)	Area (mm)	F_{Max} (Kgf)	σ_{Max} (MPa)	σ_{Max} Rata-rata (MPa)
Raw	Tidak Ada	Tidak ada	37,5	1.200	313,81	313,81
800^OC	Normalizing	20		950	248,44	209,21
				850	222,28	
				600	156,91	
	Annealing			950	248,44	265,87
				1.000	261,51	
				1.100	287,66	
	Normalizing	40		1.000	261,51	248,43
				800	209,21	
				1.050	274,59	
	Annealing			1.100	287,66	309,45
				1.300	339,96	
				1.150	300,74	

Pada spesimen raw atau tanpa perlakuan panas, diperoleh nilai tegangan tarik maksimum rata-rata sebesar 313,81 MPa. Nilai ini digunakan sebagai kondisi awal atau pembanding untuk mengetahui perubahan kekuatan tarik setelah material diberikan perlakuan panas.

Normalizing dengan *holding time* 20 menit, nilai tegangan tarik maksimum rata-rata sebesar 209,21 MPa. Nilai tersebut mengalami penurunan sekitar 33,33% dibandingkan spesimen raw. Penurunan ini menunjukkan bahwa perlakuan *normalizing* selama 20 menit pada suhu 800°C menyebabkan perubahan struktur mikro yang menghasilkan kekuatan tarik lebih rendah dibandingkan material tanpa perlakuan panas.

Annealing dengan *holding time* 20 menit, diperoleh tegangan tarik maksimum rata-rata sebesar 265,87 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan *normalizing* 20 menit, tetapi masih lebih rendah sekitar 15,28% dibandingkan spesimen raw. Jika dibandingkan langsung dengan *normalizing* pada holding time yang sama, annealing menghasilkan tegangan tarik maksimum sekitar 27,11% lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini, annealing 20 menit mampu mempertahankan kekuatan tarik lebih baik dibandingkan normalizing 20 menit.

Peningkatan *holding time* dari 20 menjadi 40 menit memberikan kecenderungan peningkatan tegangan tarik maksimum pada kedua metode. Pada normalizing, tegangan tarik meningkat dari 209,21 MPa menjadi 248,43 MPa, sedangkan pada annealing meningkat dari 265,87 MPa menjadi 309,45 MPa. Dengan demikian, berdasarkan hasil penelitian ini, annealing dengan holding time 40 menit merupakan kondisi perlakuan panas yang menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi dibandingkan variasi perlakuan panas lainnya.

4.3 Perhitungan Data hasil Regangan Uji Tarik

Nilai dari regangan tarik pada suatu material akan menunjukan seberapa banyak material akan menunjukan seberapa banyak material tersebut mampu untuk merenggang sebelum terjadi patahan ketika gaya tarik diterapkan pada material. Nilai dari regangan tarik akan menunjukan sifat dari suatu material

dilihat dari perubahan panjang yang terjadi terhadap panjang awal material. Nilai dari regangan tarik didapat dari :

- Perhitungan Regangan

$$\varepsilon = \frac{221-200}{200}\ x\ 100\%$$

$$\varepsilon = 10{,}50\ \%$$

Tabel 4.4 Perhitungan Data Hasil Regangan Pada Uji Tarik

Spesimen HT & Non HT	Media Pendingin	Holding time (menit)	Lo (mm)	L1 (mm)	Regangan (%)	Rata-rata
Raw	Tidak ada	Tidak ada	200	221	10,50	10.50
800oC	Normalizing	20		225,4	12,70	11.72
				223,2	11,60	
				221,7	10,85	
	Annealing			214,1	7,06	11.80
				222,2	11,10	
				225	12,50	
	Normalizing	40		224,5	12,25	11,75
				223,5	11,75	
				222,5	11,25	
	Annealing			220,5	10,25	12,11
				226	13,00	
				226,2	13,10	

4.4 Perhitungan data hasil Modulus elastisitas Uji Tarik

Modulus elastisitas merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan suatu material terhadap deformasi elastis. Semakin besar nilai modulus elastisitas, semakin besar kemampuan material dalam mempertahankan bentuknya ketika menerima pembebanan dalam daerah elastis. Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian ini, diperoleh nilai modulus elastisitas yang berbeda pada setiap variasi perlakuan panas. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya perubahan respons material terhadap pembebanan tarik setelah diberikan perlakuan panas *annealing* dan *normalizing* pada temperatur 800°C dengan variasi *holding time* 20 menit dan 40 menit.. Nilai dari modulus elastisitas tarik dapat dilihat dari persamaan 4.

- Perhitungan Modulus Elastisitas

$$E = \frac{313{,}81 \text{ x } 100}{10{,}5} = 2.988{,}67\ MPa$$

Tabel 4.5 Hasil Data Perhitungan Modulus Elastisitas

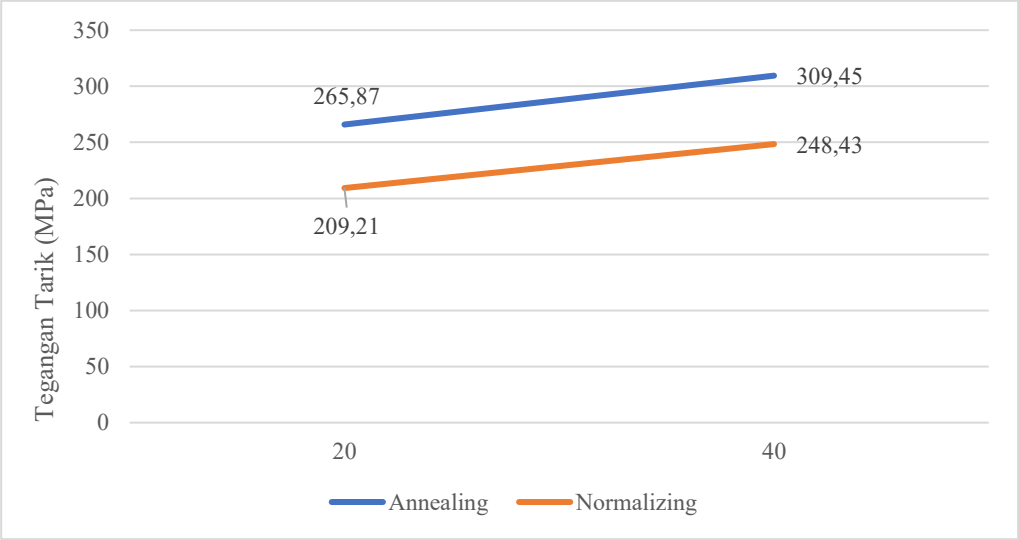
Spesimen HT & Non HT	Media Pendingin	Holding time (menit)	Regangan (%)	σMax (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata - Rata
Raw	Tidak ada	Tidak ada	10,50	313.81	29.89	29.89
800oC	Normalizing	20	12,70	248.44	19.56	17.73
			11,60	222.28	19.16	
			10,85	156.91	14.46	
	Annealing		7,06	248.44	35.19	23.29
			11,10	261.51	23.56	
			12,50	287.66	23.01	
	Normalizing	40	12,25	261.51	21.35	21.19
			11,75	209.21	17.81	
			11,25	274.59	24.41	
	Annealing		10,25	287.66	28.06	25.72
			13,00	339.96	26.15	
			13,10	300.74	22.96	

Pada spesimen raw material diperoleh tegangan maksimum sebesar 313,81 MPa dengan regangan sebesar 10,50%. Berdasarkan perbandingan tegangan maksimum terhadap regangan dalam persen diperoleh nilai sebesar 29,89. Namun, nilai tersebut belum dapat dinyatakan sebagai modulus elastisitas Young dalam satuan MPa atau GPa karena regangan yang digunakan masih dalam bentuk persen dan tegangan yang digunakan merupakan tegangan maksimum. Apabila regangan 10,50% dikonversikan menjadi bentuk desimal sebesar 0,105, maka perbandingan tegangan terhadap regangan menghasilkan nilai sebesar 2.988,67 MPa. Meskipun demikian, nilai tersebut tetap belum dapat digunakan sebagai nilai modulus elastisitas sebenarnya karena perhitungan modulus elastisitas harus menggunakan gradien pada daerah elastis kurva tegangan-regangan.

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan pada **Gambar 5.1** merupakan grafik rata-rata Tegangan kekuatan tarik *Ultimate Stress* yang dihasilkan pada Plat baja ASTM A36 yang didapatkan di Universitas Sriwijaya.



Gambar 5.1 Grafik Rata-rata Ultimate Stress

Berdasarkan hasil pengujian tarik, diketahui bahwa variasi *holding time* pada proses perlakuan panas memberikan pengaruh terhadap nilai tegangan tarik baja ASTM A36. Nilai rata-rata tegangan tarik maksimum (*Ultimate Tensile Stress*) untuk setiap perlakuan menunjukan adanya perubahan sifat mekanik material setelah dilakukan pemanasan pada suhu 800ºC.

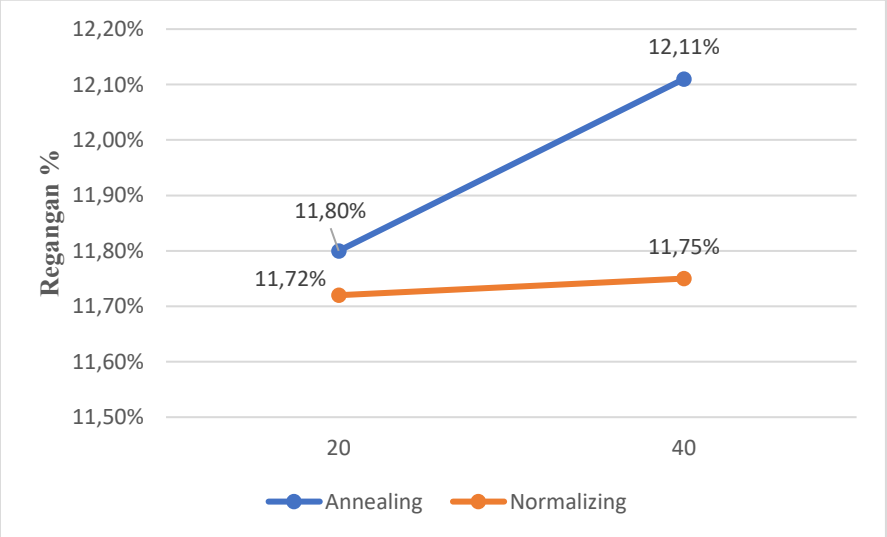
Proses *annealing* dengan *holding time* 20 menit, nilai tegangan tarik maksimum rata-rata menjadi 265.87 MPa, sedangkan pada *holding time* 40 menit naik menjadi 309,45 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa data penelitian ini peningkatan *holding time* dari 20 menit menjadi 40 menit pada proses annealing menyebabkan peningkatan nilai tegangan tarik maksimum.

Dengan proses *annealing*, perlakuan *normalizing* menunjukkan hasil yang berbeda. Pada *holding time* 20 menit diperoleh rata-rata tegangan tarik maksimum sebesar 209,21 MPa, sedangkan pada *holding time* 40 menit meningkat menjadi 248,43 MPa.

5.2 Pengaruh Variasi Holding time Terhadap Regangan

Regangan menunjukkan kemampuan material mengalami deformasi sebelum patah. Berdasarkan hasil penelitian, spesimen raw memiliki regangan sebesar 10,50%. Setelah dilakukan *annealing*, rata-rata regangan menjadi 10,22% pada *holding time* 20 menit dan meningkat menjadi 12,11% pada *holding time* 40 menit. Pada proses *normalizing*, rata-rata regangan sebesar 11,72% pada *holding time* 20 menit dan meningkat menjadi 11,75% pada *holding time* 40 menit.

Pada proses *normalizing* diperoleh rata-rata regangan sebesar 11,72% pada *holding time* 20 menit dan meningkat menjadi 11,75% pada *holding time* 40 menit. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan *normalizing* 20 menit, tetapi bukan merupakan regangan tertinggi dalam penelitian karena *annealing* 40 menit menghasilkan regangan rata-rata 12,11%.



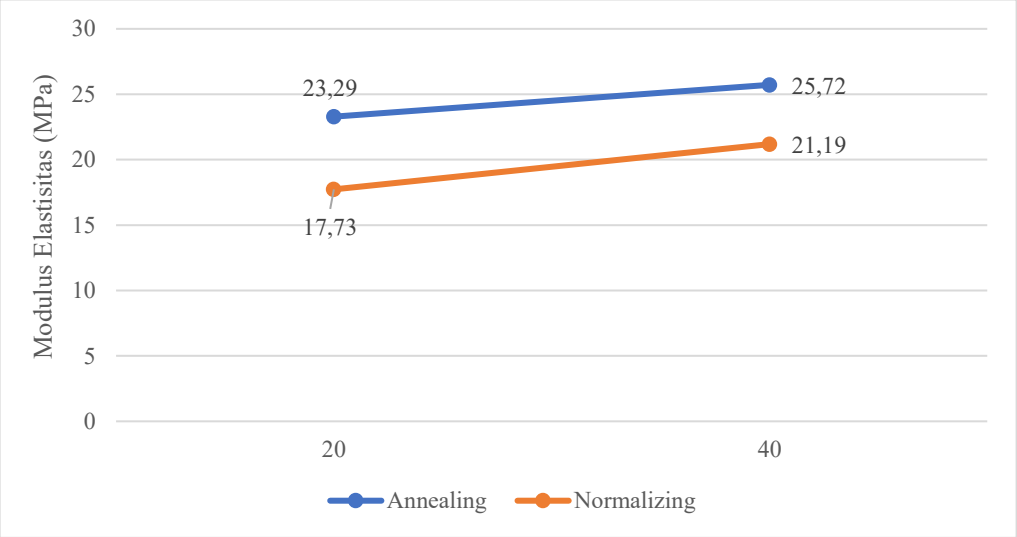
Gambar 5.2 Grafik Rata-rata Regangan

Perbandingan antara *annealing* dan *normalizing* dapat dilakukan dengan melihat nilai *ultimate tensile strength* (UTS) dan regangan pada setiap variasi *holding time*. Berdasarkan hasil pengolahan data, *normalizing* 20 menit menghasilkan UTS rata-rata 209,21 MPa, *normalizing* 40 menit 248,43 MPa, *annealing* 20 menit 265,87 MPa, dan *annealing* 40 menit 309,45 MPa. Dengan demikian, *annealing* menghasilkan UTS yang lebih tinggi daripada *normalizing* pada *holding time* yang sama. Pada penelitian ini, *holding time* 40 menit menghasilkan UTS yang lebih tinggi dibandingkan 20 menit pada kedua proses perlakuan panas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi *holding time* dan jenis perlakuan panas memberikan pengaruh terhadap regangan baja ASTM A36. Namun, perubahan regangan tidak hanya ditentukan oleh *holding time*, tetapi juga dipengaruhi oleh proses pendinginan setelah pemanasan. *Annealing* menggunakan pendinginan secara perlahan di dalam tungku, sedangkan *normalizing* menggunakan pendinginan di udara. Karena penelitian ini tidak melakukan pengamatan struktur mikro, perubahan regangan tidak dapat dikaitkan secara langsung dengan perubahan ukuran butir atau fasa, tetapi dapat dijelaskan berdasarkan karakteristik proses perlakuan panas yang digunakan.

5.3 Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Modulus Elastisitas

Berdasarkan hasil pengujian tarik *heat treatment* pada temperatur 800°C, variasi *holding time* 20 menit dan 40 menit memberikan pengaruh terhadap modulus elastisitas material. Dapat dilihat pada gambar dibawah.



Untuk spesimen dengan perlakuan panas temperatur 800°C dengan *holding time* 20 menit, pada media pendingin *normalizing* diperoleh nilai modulus elastisitas sebesar 19,56 MPa, 19,16 MPa, dan 14,46 MPa dengan rata-rata sebesar 17,73 MPa. Nilai ini menunjukkan penurunan kekakuan yang signifikan dibandingkan dengan raw material. Sedangkan pada media pendingin *annealing* dengan *holding time* yang sama diperoleh nilai sebesar 35,19 MPa, 23,56 MPa, dan 23,01 MPa dengan rata-rata 27,25 MPa. Nilai rata-rata pada proses *annealing* lebih tinggi dan mendekati raw material, yang mengindikasikan bahwa proses *annealing* mampu mempertahankan tingkat kekakuan material lebih baik dibandingkan proses *normalizing*.

Selanjutnya pada *holding time* 40 menit, spesimen dengan media pendingin *normalizing* menghasilkan modulus sebesar 21,35 MPa, 17,81 MPa, dan 24,41 MPa dengan rata-rata 21,19 MPa. Terjadi peningkatan nilai rata-rata dibandingkan *holding time* 20 menit. Pada media pendingin *annealing* dengan *holding time* 40 menit diperoleh nilai sebesar 28,06 MPa, 26,15 MPa, dan 22,96 MPa dengan rata-rata 25,72 MPa.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas pada temperatur 800°C cenderung menurunkan nilai modulus elastisitas dibandingkan dengan raw material. Media pendingin *annealing* menghasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *normalizing,* baik pada holding time 20 menit maupun 40 menit. Selain itu, variasi holding

time juga berpengaruh terhadap nilai modulus, dimana *holding time* yang lebih lama pada proses *normalizing* meningkatkan nilai modulus elastisitas.

Dengan demikian, variasi *holding time* tidak selalu meningkatkan modulus elastisitas. Pengaruhnya bergantung pada jenis perlakuan panas yang digunakan. Pada penelitian ini, *holding time* 40 menit menghasilkan modulus elastisitas lebih tinggi pada *normalizing*, sedangkan pada annealing nilai modulus elastisitas lebih tinggi diperoleh pada *holding time* 20 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu penahanan dan metode pendinginan secara bersama-sama memengaruhi sifat mekanik material.

5.4 Pengaruh Heat Treatment Terhadap Material Baja ASTM A36

Perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan suatu proses yang dilakukan dengan mengatur tahapan pemanasan, penahanan pada temperatur tertentu (*holding time*), dan pendinginan material untuk memperoleh perubahan sifat mekanik yang diinginkan. Pada baja, perlakuan panas dapat memengaruhi kekuatan tarik, tegangan luluh, kekerasan, keuletan, dan karakteristik deformasi material. Pengaruh tersebut berkaitan dengan kondisi material setelah mengalami pemanasan dan proses pendinginan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi *holding time* dan metode perlakuan panas dapat menghasilkan perubahan pada sifat mekanik serta kekuatan tarik baja.

Pada penelitian ini, perlakuan panas dilakukan terhadap baja ASTM A36 pada temperatur 800°C dengan dua metode, yaitu *annealing* dan *normalizing*, masing-masing dengan variasi *holding time* 20 menit dan 40 menit. Hasil pengujian tarik menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan tarik setelah material diberikan perlakuan panas. Kondisi awal (*raw material*) menghasilkan UTS rata-rata sebesar 313,81 MPa, sedangkan setelah perlakuan panas diperoleh UTS sebesar 265,87 MPa pada annealing 20 menit, 309,45 MPa pada *annealing* 40 menit, 209,21 MPa pada *normalizing* 20 menit, dan 248,43 MPa pada *normalizing* 40 menit.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa *heat treatment* memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36. Namun,

pengaruh tersebut tidak hanya ditentukan oleh lamanya *holding time*, tetapi juga dipengaruhi oleh jenis perlakuan panas dan kondisi pendinginan yang digunakan. *Annealing* dan *normalizing* memiliki mekanisme pendinginan yang berbeda sehingga menghasilkan kondisi material akhir yang berbeda.

5.5 Pengaruh Annealing Terhadap Material

Hasil penelitian menunjukkan bahwa annealing dengan *holding time* 20 menit menghasilkan UTS rata-rata sebesar 265,87 MPa, sedangkan *annealing* dengan *holding time* 40 menit menghasilkan UTS rata-rata sebesar 309,45 MPa. Dengan demikian, terjadi peningkatan UTS sebesar:

Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini, peningkatan *holding time* annealing dari 20 menit menjadi 40 menit menghasilkan peningkatan kekuatan tarik sebesar 16,39%.

Namun demikian, hasil tersebut tidak dapat diartikan bahwa semakin lama *holding time* selalu menyebabkan peningkatan kekuatan tarik. Pengaruh *holding time* sangat bergantung pada temperatur perlakuan, komposisi material, kondisi awal material, ukuran spesimen, dan laju pendinginan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini berlaku khusus untuk kondisi eksperimen baja ASTM A36 pada temperatur 800°C dengan variasi *holding time* yang digunakan.

5.6 Pengaruh Normalizing Terhadap Material

Pada penelitian ini, *normalizing* dengan *holding time* 20 menit menghasilkan UTS rata-rata sebesar 209,21 MPa, sedangkan *holding time* 40 menit menghasilkan UTS rata-rata sebesar 248,43 MPa. Dengan demikian, peningkatan *holding time* dari 20 menjadi 40 menit meningkatkan UTS sebesar:

Berdasarkan hasil tersebut, *normalizing* 40 menit menghasilkan kekuatan tarik 18,75% lebih tinggi dibandingkan *normalizing* 20 menit. Hal ini menunjukkan bahwa variasi *holding time* memberikan pengaruh terhadap

respons mekanik baja ASTM A36 pada kondisi *normalizing* yang digunakan dalam penelitian ini.

Perbedaan kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh *holding time* terhadap kekuatan tarik tidak dapat digeneralisasi hanya berdasarkan lama waktu penahanan. Karakteristik material, temperatur, kondisi awal material, serta proses pendinginan harus dipertimbangkan dalam menganalisis hasil perlakuan panas.

5.7 Perbandingan Pengaruh *Annealing* dan *Normalizing*

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan respons material antara *annealing* dan *normalizing*. Pada *holding time* 20 menit, annealing menghasilkan UTS 265,87 MPa**,** sedangkan *normalizing* menghasilkan 209,21 MPa**.** Pada *holding time* 40 menit, *annealing* menghasilkan UTS 309,45 MPa**,** sedangkan *normalizing* menghasilkan 248,43 MPa**.**

Dengan demikian, pada kedua variasi *holding time*, *annealing* menghasilkan UTS yang lebih tinggi dibandingkan *normalizing*. Perbedaan tersebut dapat dikaitkan dengan perbedaan proses pendinginan yang digunakan. *Annealing* dilakukan dengan pendinginan lebih lambat di dalam furnace, sedangkan *normalizing* dilakukan dengan pendinginan di udara.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi *holding time* pada proses *annealing* dan *normalizing* terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36 pada suhu 800°C, serta berdasarkan hasil pengolahan data pengujian tarik, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi *holding time* pada proses *annealing* memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik baja ASTM A36. Berdasarkan hasil pengujian, nilai rata-rata *ultimate tensile strength* (UTS) meningkat dari 265,87 MPa pada *holding time* 20 menit menjadi 309,45 MPa pada *holding time* 40 menit. Dengan demikian, peningkatan *holding time* dari 20 menit menjadi 40 menit pada proses *annealing* meningkatkan UTS sebesar 16,39%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa pada kondisi penelitian ini, *annealing* dengan *holding time* 40 menit menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan *annealing* dengan *holding time* 20 menit sedangkan untuk variasi *holding time* pada proses *normalizing* juga memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik baja ASTM A36. Nilai rata-rata UTS meningkat dari 209,21 MPa pada *holding time* 20 menit menjadi 248,43 MPa pada holding time 40 menit. Dengan demikian, peningkatan *holding time* dari 20 menit menjadi 40 menit meningkatkan UTS sebesar 18,75%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini, *normalizing* dengan *holding time* 40 menit menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan *normalizing* dengan *holding time* 20 menit.
2. Berdasarkan hasil pengujian, proses *annealing* menghasilkan nilai UTS yang lebih tinggi dibandingkan *normalizing* pada kedua variasi holding time. Pada *holding time* 20 menit, *annealing* menghasilkan UTS rata-rata 265,87 MPa, sedangkan *normalizing* menghasilkan 209,21 MPa. Pada *holding time* 40 menit, *annealing* menghasilkan UTS rata-rata 309,45 MPa, sedangkan *normalizing* menghasilkan 248,43 MPa. Perbedaan tersebut

menunjukkan bahwa jenis perlakuan panas dan proses pendinginan memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik baja ASTM A36.

3. Berdasarkan perbandingan nilai tegangan tarik maksimum, *annealing* pada temperatur 800°C dengan *holding time* 40 menit merupakan variasi perlakuan panas yang menghasilkan UTS tertinggi setelah perlakuan panas, yaitu sebesar 309,45 MPa. Nilai tersebut merupakan nilai UTS tertinggi dibandingkan variasi perlakuan panas lainnya, yaitu *annealing* 20 menit sebesar 265,87 MPa, *normalizing* 20 menit sebesar 209,21 MPa, dan *normalizing* 40 menit sebesar 248,43 MPa.
4. Pengaruh Terhadap *Modulus Elastisitas* Perlakuan panas cenderung menurunkan nilai modulus (kekakuan). Raw material memiliki rata-rata 29,89 MPa. Setelah *heat treatment*, nilai tertinggi dipertahankan oleh annealing 20 menit dengan rata-rata 23,29 MPa dan *annealing* 40 menit 25,72 MPa, sedangkan *normalizing* menghasilkan nilai terendah yaitu 17,73 MPa (20 menit) dan 21,19 MPa (40 menit). Hal ini mengindikasikan proses *annealing* lebih baik dalam mempertahankan kekakuan material dibandingkan *normalizing*

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi *holding time* pada proses *annealing* dan *normalizing* terhadap kekuatan tarik baja ASTM A36 pada temperatur 800°C, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi *holding time*, sehingga dapat diketahui kecenderungan perubahan sifat mekanik baja ASTM A36 terhadap waktu penahanan secara lebih komprehensif. Variasi waktu yang lebih banyak dapat membantu menentukan kondisi *holding time* yang paling optimum.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian struktur mikro (metalografi) sebelum dan sesudah perlakuan panas. Pengamatan struktur mikro diperlukan untuk menghubungkan perubahan nilai tegangan tarik

dan regangan dengan perubahan ukuran butir serta distribusi fasa pada material.

3. Pengujian kekerasan perlu ditambahkan sebagai parameter pendukung. Data kekerasan dapat digunakan untuk memperkuat analisis hubungan antara perlakuan *annealing* dan *normalizing* dengan perubahan kekuatan mekanik baja ASTM A36.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmaddillah, D.A.P. dkk. (2026) "Analisis Hasil Uji Tarik Baja Karbon Penampang Silindris dan Segiempat," *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*, 4(1), hal. 11–19.
2. Amri, S. dkk. (2024) "Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis," *Desain dan Implementasi Robot Omniwheel untuk Kompetisi Robotika di ASEAN Skill Competition (ASC)*, (Lcm), hal. 182–188.
3. Antika, A.P., Muliyatno, I.P. dan Santosa, A.W.B. (2019a) "Analisa Pengaruh Temperatur Post Weld Heat Treatment Pada Baja Astm A36 Terhadap Laju Korosi Dan Kekuatan Tarik," *Teknik Perkapalan*, 7(2), hal. 152–160. Tersedia pada: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/26745.
4. Antika, A.P., Muliyatno, I.P. dan Santosa, A.W.B. (2019b) "Analisis Kekuatan Tarik, Kekuatan Puntir, Kekerasan Dan Sturktur Mikro Baja AISI 1045 Setelah Dilakukan Proses Quenching Sebagai Alternatif Gearbox Kapal Perikanan," *Teknik Perkapalan*, 7(2), hal. 152–160. Tersedia pada: https://ejournal3. undip.ac.id/index.php/naval/article/view/26745.
5. ASTM E8 (2010) "ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1," *Annual Book of ASTM Standards 4*, (C), hal. 1–27. Tersedia pada: https://doi.org/10.1520/E0008.
6. Bhaskara, S. dkk. (2018) "Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi," *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), hal. 142. Tersedia pada: http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval.
7. Gunawan, P.H, S. (2016) "Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktor untuk Menentukan Keandalan Operasionalnya," *Seminar Nasional TEKNOKA_FT UHAMKA*, 30, hal. 149–161. Tersedia pada: www.uhamka. ac.id,%0Awww.uhamka.ac.id,%0Ajournal.uhamka.ac.id › index.php › teknoka › article › download%0A%0A.
8. Lukman, M. dkk. (2025) "Optimasi Paremeter Pengelasan SMAW Terhadap

Hasil Uji Tarik Menggunakan Metode Taguchi Pada Posisi 3G," 3(3), hal. 121–128.

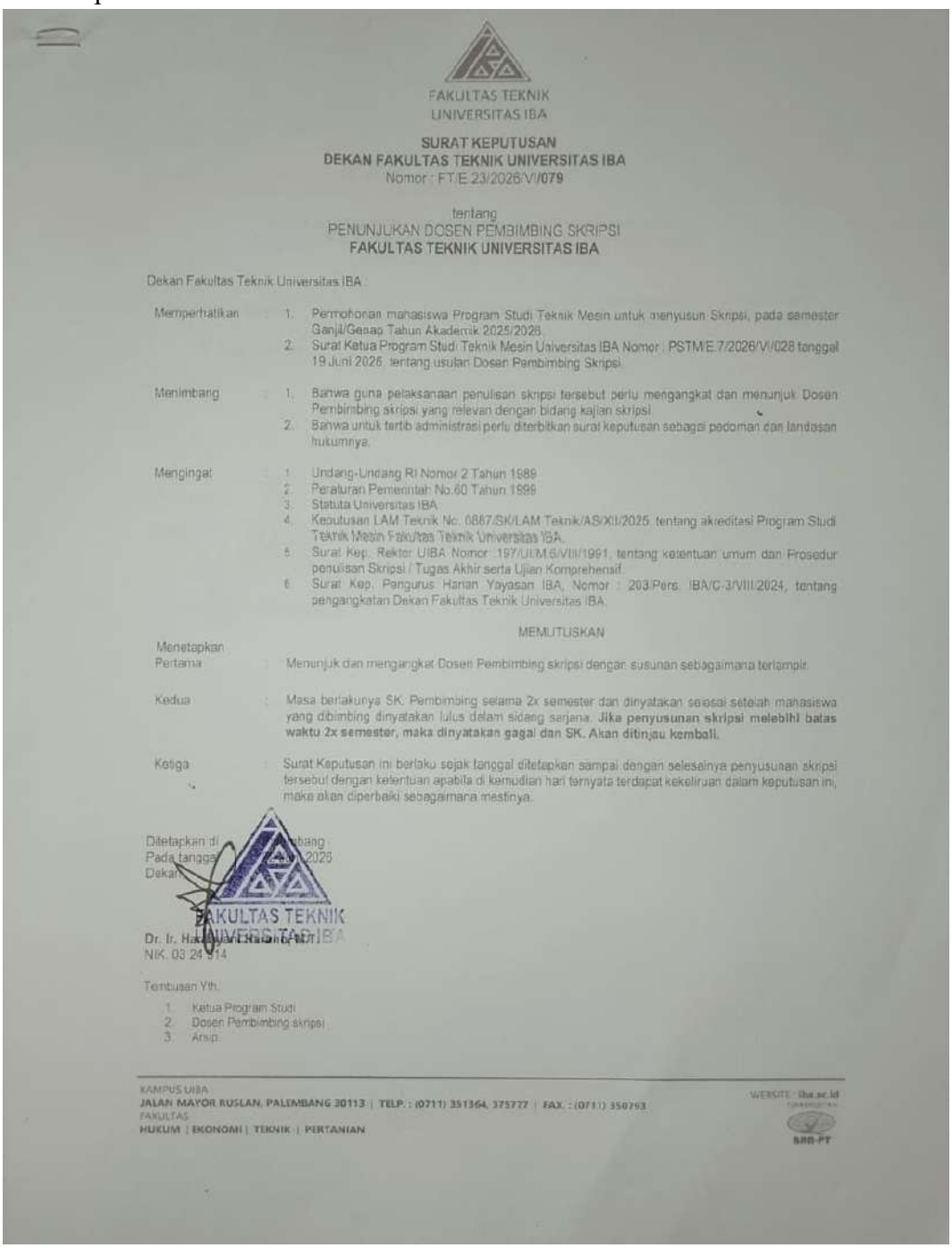
9. Munawar, H.M., Gusniar, I.N. dan Hanafi, R. (2023) "Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha THE EFFECT OF TYPE OF SMAW WELDING ELECTRODE ON MECHANICAL," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), hal. 93–110.
10. Nastiti, F. dkk. (2019) "Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam," hal. 1–6.
11. Nukman (2009) "Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Variasi Bentuk Kampuh Las Dan Mendapat Perlakuan Panas Annealing Dan Normalizing," *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), hal. 37–43.
12. Pradipta, H. (2018) "Aplikasi Quenching-Tempering Heat Treatment Untuk Meningkatkan Kekuatan Tarik Marine Plat BKI Grade A Pada Material Lambung Kapal Niaga Dengan Variasi Media Pendingin," *Jtm*, 6(2), hal. 15–22. Tersedia pada: http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/25544.
13. Prasetyo, H.C. (2018) "ANALISA PENGARUH HEAT TREATMENT TERHADAP KEKERASAN MATERIAL BAJA S45C UNTUK APLIKASI POROS RODA SEPEDA MOTOR Abstrak," *JTM*, 6(2), hal. 29–34.
14. Rahman, M.P. dan Kurniawan, F.A. (2022) "Analisa Kekuatan Material Bahan Carbon Steel Aisi 1018 Dan Baja Tulangan Polos Sni P40 Sebagai Angkur Pada Tower Dengan Metode Uji Tarik," *Buletin Utama Teknik*, 17(3), hal. 291–301. Tersedia pada: https://doi.org/10.30743/but.v17i3.5376.
15. Rifaldi, A., Ryadin, A.U. dan Hakim, A.R. (2021) "PENGARUH SUHU PREHEATING TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PELAT BAJA ASTM A36 I . PENDAHULUAN Pada struktur hasil pengelasan tidak disadari akan terjadi tegangan sisa setelahnya . Tegangan sisa yang berlebih akan menimbulkan perubahan bentuk permanen," 4(1), hal. 81–90.
16. Rinaldi, R., Hamdani dan Fathier, A. (2021) "Studi Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Sambungan," *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 5(2), hal. 1–7.
17. Santoso, E. dan Ismail (2021) "Studi Eksperimental Pengaruh Perlakuan Panas

Hardening Pada Baja ST-41 Terhadap Sifat Mekanik," *Mekanika : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), hal. 64–71.

18. Sulaeman, B. (2018) "Modulus Elastisitas Berbagai Jenis Material," *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, hal. 127–138. Tersedia pada: https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v3i2.176.
19. Thabrani, M. dkk*l.* (2025) "Effect of Post-Welding Heat Treatment on ASTM A36 Steel on Tensile Strength," *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET*, 7(2), hal. 2623–2464. Tersedia pada: https:// journal.unesa.ac.id/index.php/inajet.
20. Wullur, C.W. dan Andriyono, A. (2019) "Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Roller Chain (Suzuki Genuine Parts) Dan (Indoparts) Satria Fu 150," *Mustek Anim Ha*, 8(2), hal. 132–140. Tersedia pada: https://doi.org/10.35724/ mustek.v8i2.2533.
21. Yos Nofendri, A.H. (2021) "PENGARUH SUDUT PENYEMPROTAN DAN PENGGUNAAN ARUS TERHADAP SIFAT MEKANIS MATERIAL BAJA KARBON AISI 1045," *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 06(1), hal. 1–11. Tersedia pada: http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/index.

LAMPIRAN

1. SK Skripsi Fakultas Teknik UIBA



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

SURAT KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA
Nomor : FT/E.23/2026/VI/**079**

tentang
PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA

Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA :

Memperhatikan :
1. Permohonan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin untuk menyusun Skripsi, pada semester Ganjil/Genap Tahun Akademik 2025/2026.
2. Surat Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas IBA Nomor : PSTM/E.7/2026/VI/028 tanggal 19 Juni 2026, tentang usulan Dosen Pembimbing Skripsi.

Menimbang :
1. Bahwa guna pelaksanaan penulisan skripsi tersebut perlu mengangkat dan menunjuk Dosen Pembimbing skripsi yang relevan dengan bidang kajian skripsi.
2. Bahwa untuk tertib administrasi perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.

Mengingat :
1. Undang-Undang RI Nomor 2 Tahun 1989
2. Peraturan Pemerintah No.60 Tahun 1999
3. Statuta Universitas IBA
4. Keputusan LAM Teknik No. 0867/SK/LAM Teknik/AS/XII/2025, tentang akreditasi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.
5. Surat Kep. Rektor UIBA Nomor 197/UI/M.6/VIII/1991, tentang ketentuan umum dan Prosedur penulisan Skripsi / Tugas Akhir serta Ujian Komprehensif.
6. Surat Kep. Pengurus Harian Yayasan IBA, Nomor : 203/Pers. IBA/C-3/VIII/2024, tentang pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA.

MEMUTUSKAN

Menetapkan
Pertama : Menunjuk dan mengangkat Dosen Pembimbing skripsi dengan susunan sebagaimana terlampir.

Kedua : Masa berlakunya SK. Pembimbing selama 2x semester dan dinyatakan selesai setelah mahasiswa yang dibimbing dinyatakan lulus dalam sidang sarjana. **Jika penyusunan skripsi melebihi batas waktu 2x semester, maka dinyatakan gagal dan SK. Akan ditinjau kembali.**

Ketiga : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan selesainya penyusunan skripsi tersebut dengan ketentuan apabila di kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini, maka akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

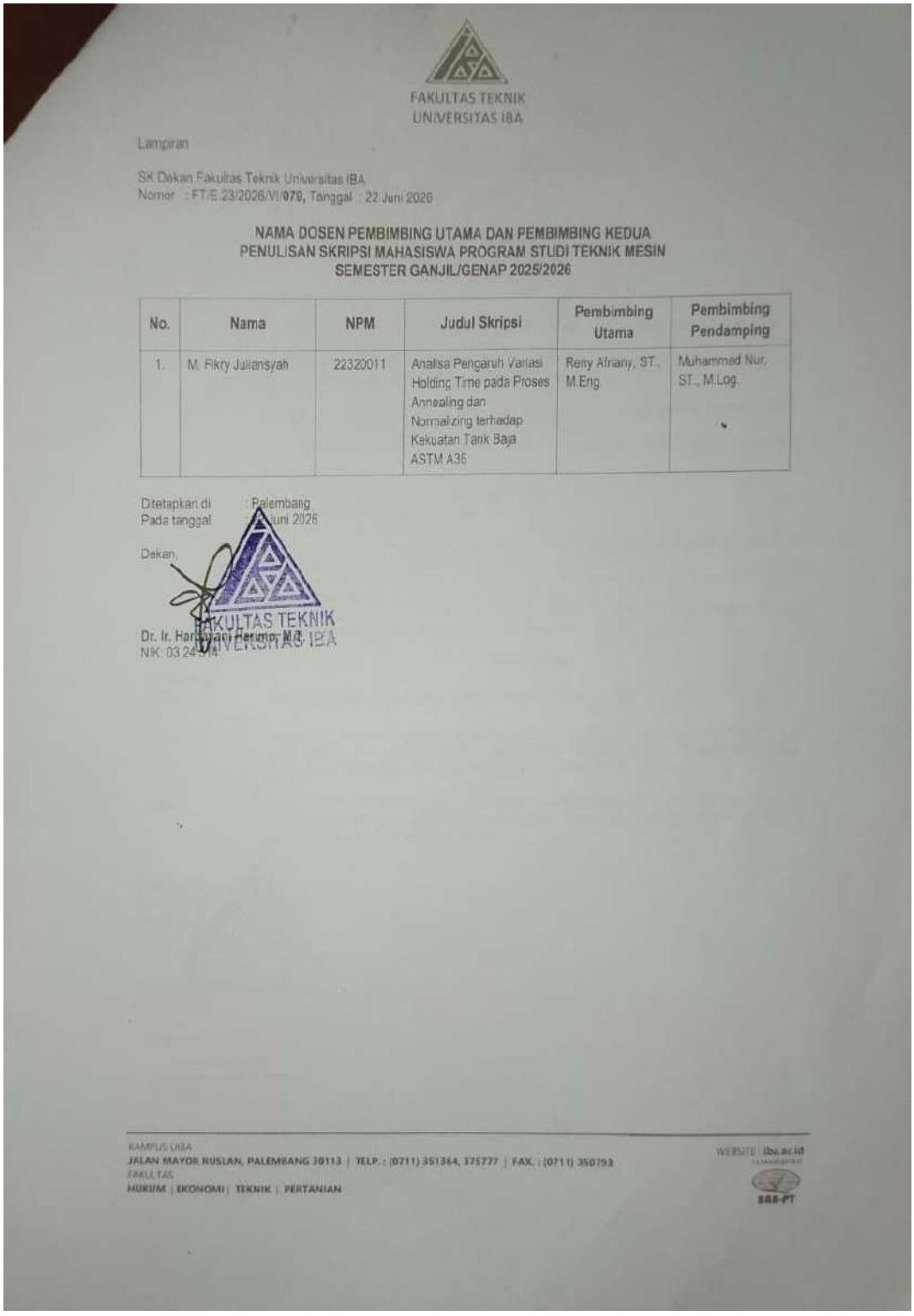
Ditetapkan di : [illegible]mbang
Pada tanggal : [illegible] 2025
Dekan,

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. Ha[illegible] M.T
NIK. 03.24.914

Tembusan Yth.
1. Ketua Program Studi
2. Dosen Pembimbing skripsi
3. Arsip

KAMPUS UIBA
JALAN MAYOR RUSLAN, PALEMBANG 30113 | TELP. : (0711) 351364, 375777 | FAX. : (0711) 350793
FAKULTAS
HUKUM | EKONOMI | TEKNIK | PERTANIAN
WEBSITE : iba.ac.id



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Lampiran

SK Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA
Nomor : FT/E.23/2026/VI/**079**, Tanggal : 22 Juni 2026

NAMA DOSEN PEMBIMBING UTAMA DAN PEMBIMBING KEDUA PENULISAN SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN SEMESTER GANJIL/GENAP 2025/2026

No.	Nama	NPM	Judul Skripsi	Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
1.	M. Fikry Juliansyah	22320011	Analisa Pengaruh Variasi Holding Time pada Proses Annealing dan Normalizing terhadap Kekuatan Tarik Baja ASTM A36	Reny Afriany, ST., M.Eng.	Muhammad Nur, ST., M.Log.

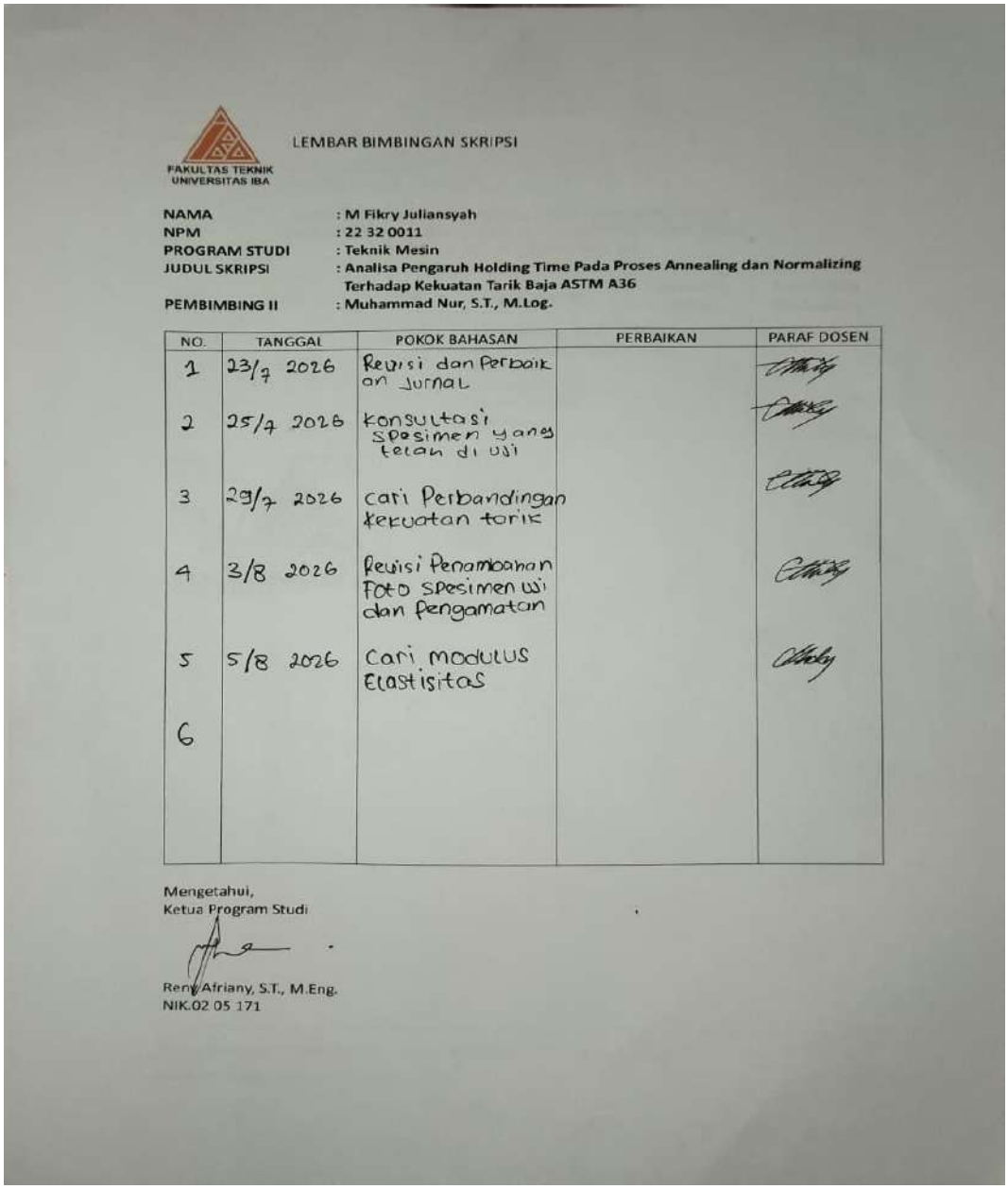
Ditetapkan di : Palembang
Pada tanggal : 22 Juni 2026

Dekan,

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. Harisman Hermon, M.T.
NIK. 03 24 014

2. Lembar Konsultasi Dosen Pembimbing



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

NAMA : M Fikry Juliansyah
NPM : 22 32 0011
PROGRAM STUDI : Teknik Mesin
JUDUL SKRIPSI : Analisa Pengaruh Holding Time Pada Proses Annealing dan Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik Baja ASTM A36
PEMBIMBING II : Muhammad Nur, S.T., M.Log.

NO.	TANGGAL	POKOK BAHASAN	PERBAIKAN	PARAF DOSEN
1	23/7 2026	Revisi dan Perbaikan Jurnal		
2	25/7 2026	konsultasi spesimen yang telah di uji		
3	29/7 2026	cari Perbandingan kekuatan tarik		
4	3/8 2026	Revisi Penambahan Foto spesimen uji dan pengamatan		
5	5/8 2026	Cari modulus Elastisitas		
6				

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Reny Afriany, S.T., M.Eng.
NIK.02 05 171

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

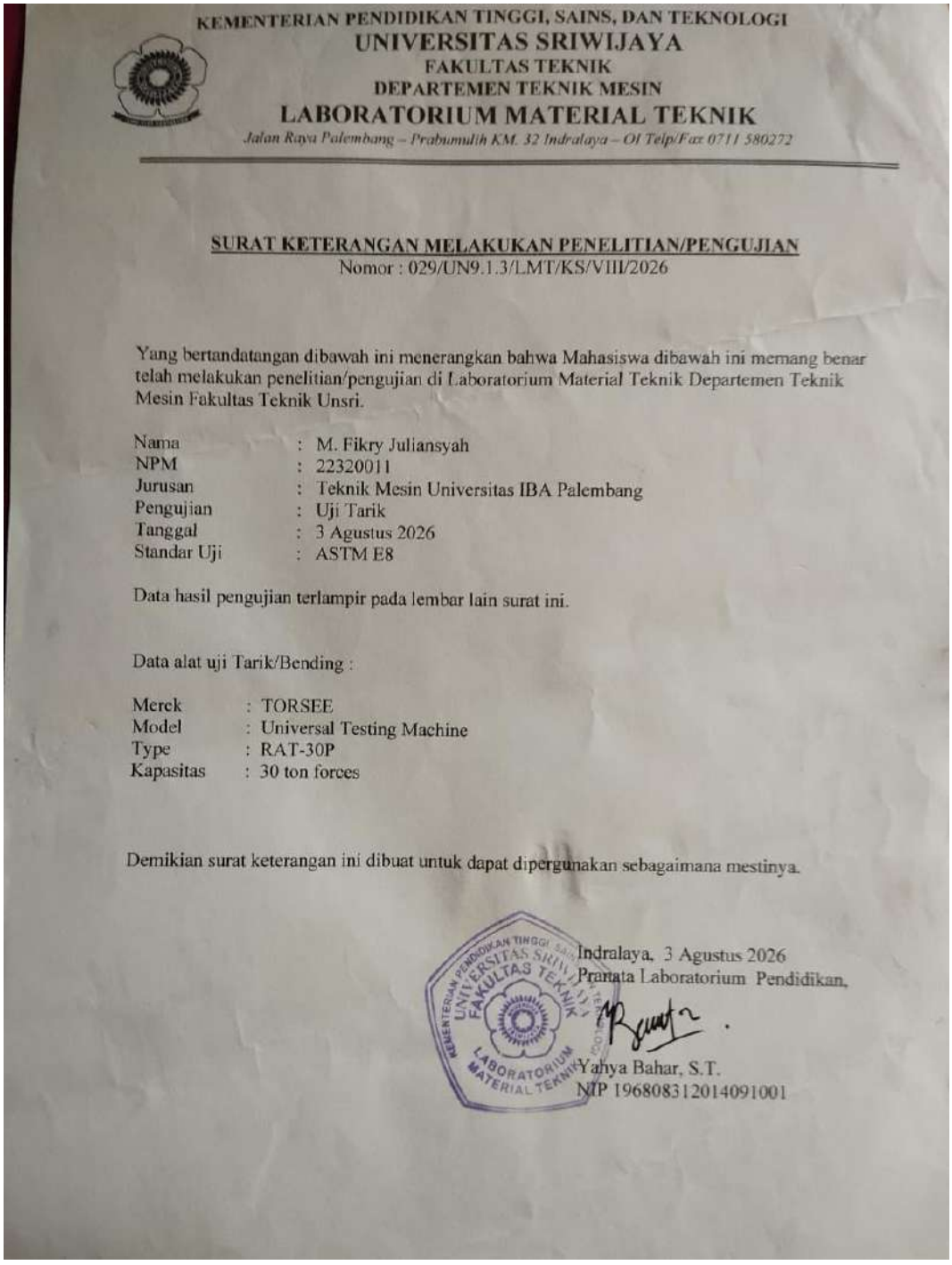
NAMA : M. Fikry Juliansyah
NPM : 22320011
PROGRAM STUDI : Teknik Mesin
JUDUL SKRIPSI : Analisa Pengaruh Variasi Holding Time Pada Proses Annealing Dan Normalizing Terhadap Kekuatan Tarik Baja ASTM A36
PEMBIMBING I : Reny Afriany, S.T., M.Eng

NO.	TANGGAL	POKOK BAHASAN	PERBAIKAN	PARAF DOSEN
1	27/7 -26	tambahkan cara pembuatan spesimen di bab III.		
2.	29/7 -26.	lihat standar spesimen menurut ASTM		
3.	29/7 - 26.	tambahkan referensi jurnal u/ proses heat treatment, suhu, waktu dll.		
4.	30/7 -26.	Ubah konversi kgf - lbs N & perbaiki grafik		
5.	3/8 - 26.	sesuaikan format penulisan sesuai pedoman di prodi.		
6.	4/8 - 26.	hitung ulang nilai kg. tarik.		
7.	8/8 - 26.	perbaiki sesuai arahan pgmji.		
8.	28/8 - 26	hitung persentase kenaikan kekuatan tarik.		
9.	30/8 - 26.	acc jilid.		

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Reny Afriany.
NIK. 02 05 171.

3. Lembar Hasil Pengujian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
LABORATORIUM MATERIAL TEKNIK
Jalan Raya Palembang – Prabumulih KM. 32 Indralaya – OI Telp/Fax 0711 580272

SURAT KETERANGAN MELAKUKAN PENELITIAN/PENGUJIAN
Nomor : 029/UN9.1.3/LMT/KS/VIII/2026

Yang bertandatangan dibawah ini menerangkan bahwa Mahasiswa dibawah ini memang benar telah melakukan penelitian/pengujian di Laboratorium Material Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri.

Nama	:	M. Fikry Juliansyah
NPM	:	22320011
Jurusan	:	Teknik Mesin Universitas IBA Palembang
Pengujian	:	Uji Tarik
Tanggal	:	3 Agustus 2026
Standar Uji	:	ASTM E8

Data hasil pengujian terlampir pada lembar lain surat ini.

Data alat uji Tarik/Bending :

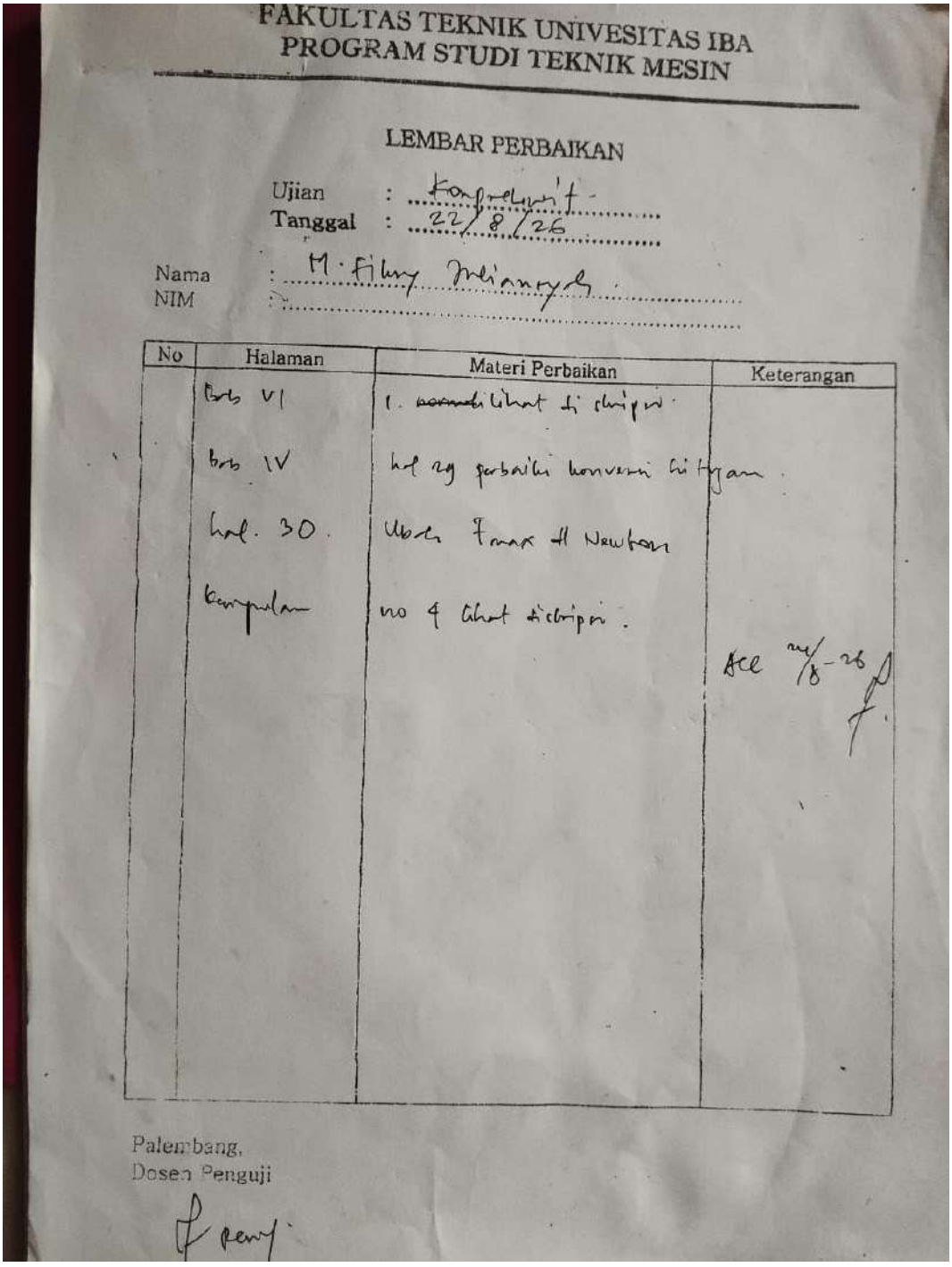
Merek	:	TORSEE
Model	:	Universal Testing Machine
Type	:	RAT-30P
Kapasitas	:	30 ton forces

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Indralaya, 3 Agustus 2026
Pranata Laboratorium Pendidikan,

Yahya Bahar, S.T.
NIP 196808312014091001

4. Lembar Perbaikan



FAKULTAS TEKNIK UNIVESITAS IBA
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

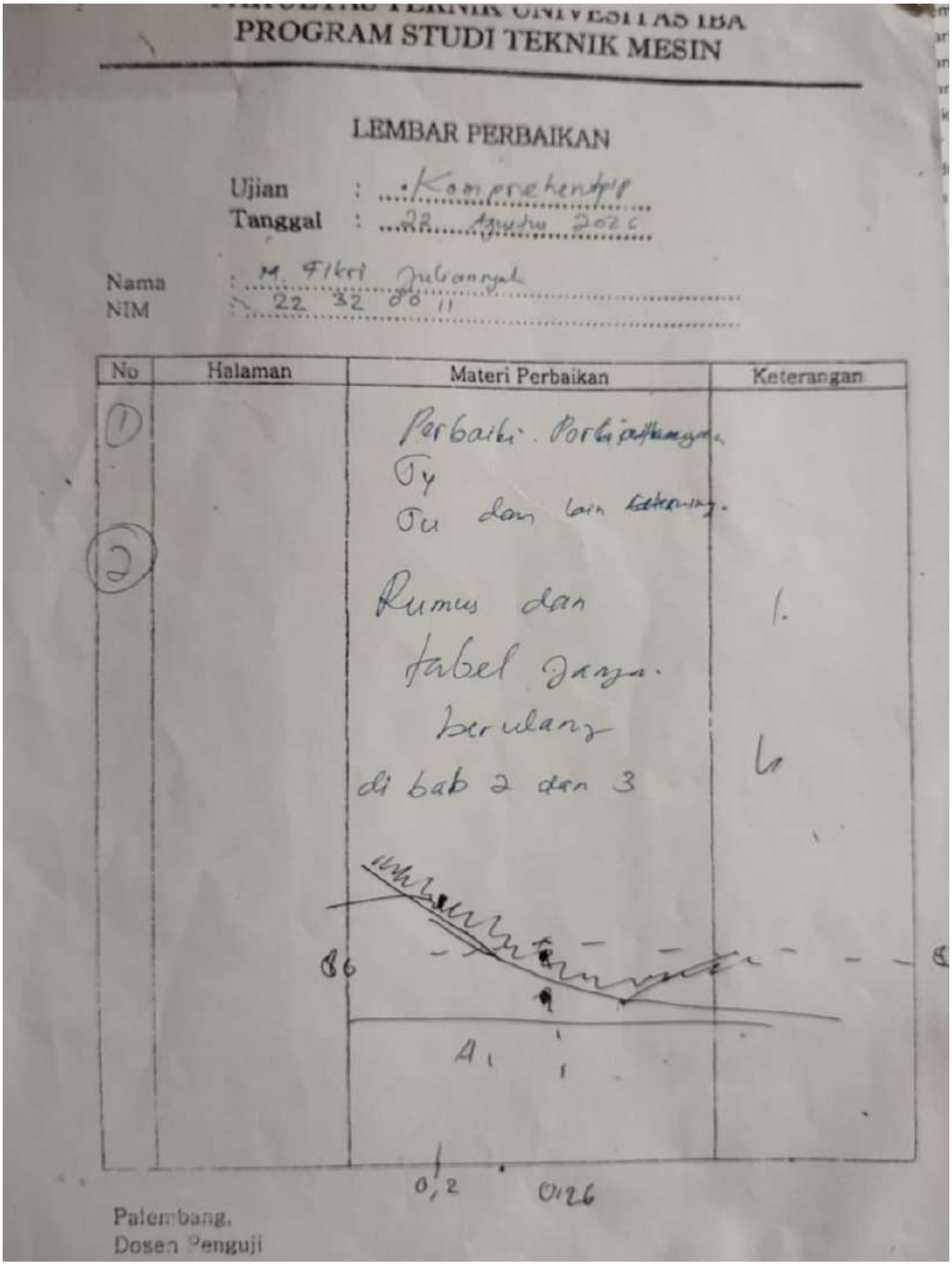
LEMBAR PERBAIKAN

Ujian : Kompreh
Tanggal : 22/8/26

Nama : M. Filmy Meiansyah
NIM :

No	Halaman	Materi Perbaikan	Keterangan
	Bab VI	1. [illegible] lihat di skripsi	
	bab IV	hal yg perbaiki konversi satuan	
	hal. 30	Ubah Fmax ke Newton	
	kompulan	no 4 lihat di skripsi	
			Acc 22/8-26

Palembang,
Dosen Penguji



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

LEMBAR PERBAIKAN

Ujian : Komprehentif
Tanggal : 22 Agustus 2020

Nama : M. Fikri Julianzah
NIM : 22 32 80 11

No	Halaman	Materi Perbaikan	Keterangan
1		Perbaiki. Perbaikannya Gy Gu dan lain keterangan.	
2		Rumus dan tabel dapat berulang di bab 2 dan 3	1. b

Palembang,
Dosen Penguji

5. Dokumentasi Penulis





6. Dokumentasi Spesimen





