TESIS - MN 142532

STUDI PERCOBAAN PENGARUH PROSES PENGELASAN *REPLATING* LAMBUNG KAPAL DI ATAS PERMUKAAN AIR TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

ANDRI DJUMIATI

04111850030001

Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2020

TESIS - MN 142532

STUDI PERCOBAAN PENGARUH PROSES PENGELASAN *REPLATING* LAMBUNG KAPAL DI ATAS PERMUKAAN AIR TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

ANDRI DJUMIATI
04111850030001

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

THESIS - MN 142532

EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF SHIP REPLATING WELDING PROCESS ABOVE THE WATER SURFACE AGAINST MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE

ANDRI DJUMIATI
04111850030001

SUPERVISOR
Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

MASTER PROGRAM
NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING DEPARTEMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

ANDRI DJUMIATI
NRP: 04111850030001

Tanggal Ujian: 30 Juli 2020
Periode Wisuda: September/Oktober 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. .....
   NIP: 19590505 198403 1 012

Penguji:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. .....
   NIP: 19640210 198903 1 001

2. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D. .....
   NIP: 19710320 199512 1 002

3. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc. .....
   NIP: 19640416 198903 1 003

Kepala Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP: 19640210 198903 1 001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini dengan baik. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tesis ini, yaitu:

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan ilmu, serta memberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tesis maupun dalam masa perkuliahan.
2. Bapak Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS yang telah memberikan ilmu, arahan, waktu, dan masukan selama pengerjaan Tesis ini.
3. Mas Abdi Ismail, selaku senior di Departemen Teknik Perkapalan, yang telah memberikan bantuan dan arahan selama proses pengerjaan Tesis.
4. Suami (Bagus Cahyo Juniarso), anak (Andra Ramadanish Juniarso), Ibu Juntiani, serta seluruh keluarga penulis, yang telah memberikan *support* dan doa yang telah dipanjatkan kepada Allah SWT.
5. Para dosen, tenaga pendidik, serta seluruh teman-teman di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, yang telah memberikan ilmu, arahan, waktu, dan masukan selama pengerjaan Tesis ini.
6. Tenaga pendidik Laboratorium Kekuatan dan Konstruksi Kapal (Bapak Fairil, Mas Agil, dan Bapak Didik), Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS yang telah memberikan bantuan, waktu, tenaga, serta masukan selama pengerjaan Tesis.
7. Teman-teman program Magister Departemen Teknik Perkapalan, yang telah memberikan bantuan dan support selama proses pengerjaan Tesis.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini jauh dari sempurna maka penulis mengharap segala bentuk saran dan kritik guna menyempurnakan Tesis ini, penulis berharap Tesis ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Penulis,

Andri Djumiati

STUDI PERCOBAAN PENGARUH PROSES PENGELASAN *REPLATING* LAMBUNG KAPAL DI ATAS PERMUKAAN AIR TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Nama Mahasiswa	: Andri Djumiati
NRP	: 04111850030001
Dosen Pembimbing	: Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Replating kapal merupakan suatu hal penting dalam hal perbaikan kapal. *Replating* dapat dilakukan kondisi *docking*, serta dapat juga dilakukan kondisi terapung. Laju pendinginan proses pengelasan kondisi terapung berbeda dengan laju pendinginan pada pengelasan kondisi *docking*, sehingga hal tersebut mempengaruhi sifat mekanis dari material.

Penelitian ini menggunakan metode berbasis pengujian terhadap material yaitu dengan uji tarik, uji kekerasan, uji impak, dan *micro etsa*. Terdapat empat variasi jarak garis air dan garis kampuh las, dan empat variasi temperatur air pada pengelasan di atas garis air, yang nantinya akan dibandingkan hasilnya dengan pengelasan kondisi di darat.

Berdasarkan hasil pengujian, terjadi penurunan nilai kekuatan dan nilai kekerasan, serta peningkatan nilai energi *absorb* pada setiap kenaikan variasi jarak garis air dan garis kampuh las serta variasi temperatur air. Hasil foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk pada pengelasan darat maupun pengelasan di atas garis air adalah fasa *ferrite* dan *pearlite,* dengan ukuran butiran yang terkecil sampai terbesar adalah pada *weld metal, fusion line*, HAZ, dan *base metal*. Pengelasan di atas garis air yang paling optimal untuk diaplikasikan berdasarkan penelitian ini adalah pada interaksi variasi jarak garis air dengan garis las sebesar 130 mm, dengan temperatur air 32˚C.

Kata kunci: *Replating,* terapung, laju pendinginan, sifat mekanis, struktur mikro.

Halaman ini sengaja dikosongkan

EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF SHIP REPLATING WELDING PROCESS ABOVE THE WATER SURFACE AGAINST MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE

Student Name	: Andri Djumiati
Student Identity Number	: 04111850030001
Supervisor	: Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

Ship replating is ones of important things in process of ship maintenance. Ship replating can be done while docking, and floating. The cooling rate of welding process gave different effect on mechanical properties of the material when floating and docking welding process.

This research uses methods based on testing materials with tensile test, hardness test, impact test, and micro etching. There are four variations in waterline distances to weld lines, and four variations of water temperature in the floating welding, which the result will later be compared to on dock welding.

Based on the results of the test, there is a decrease in strength value and hardness value, as well as increased energy absorb value at each increment variation of waterline distance to weld line and water temperature variation. The results of micro etching show that the phase formed on dock welding and floating welding are ferrite and pearlite phases, with the smallest grain size to the largest is weld metal, fusion line, HAZ, and base metal. The most optimal floating welding to be applied based on this research is the interaction of waterline distances to weld lines of 130 mm, with a water temperature of 32˚C.

Key words: Replating, floating, cooling rate, mechanical properties, microstructure.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan i
Kata Pengantar iii
Abstrak v
Abstract vii
Daftar Isi ix
Daftar Gambar xiii
Daftar Tabel xvii
Daftar Notasi xxi

BAB 1 PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Hipotesa 4
1.6 Batasan Masalah 4

BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Tinjauan Pustaka 7
2.1.1 Pengaruh Pendinginan Material Setelah Perlakuan Panas 7
2.1.2 Pengaruh Pendinginan Statis Terhadap Sifat Mekanis 10
2.1.3 Pengaruh Masukan Panas Terhadap Sifat Mekanis 11
2.1.4 Perambatan Panas pada Proses Pengelasan 12
2.1.5 Temperatur Perairan Indonesia 12
2.1.6 Uji Coba Awal 13
2.2 Dasar Teori 14
2.2.1 *Replating* Kapal 14
2.2.2 Pengelasan SMAW 16
2.2.3 Material Baja *Grade* A 17
2.2.4 Diagram Fasa Besi – Besi Karbida 18
2.2.5 Laju Pendinginan (*Cooling Rate*) 21
2.2.6 Pengujian Tarik (*Tensile Test*) 23
2.2.7 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*) 24
2.2.8 Pengujian Pukul Takik (*Impact Test*) 26
2.2.9 Pengamatan Struktur Mikro 28
2.2.10 Analisis Faktor-faktor Pengujian 28
2.2.10.1 Anova (*Analysis of Variance*) 28
2.2.10.2 Uji Friedman 32
2.2.11 Analisis Hubungan Dua Variabel 32

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN
3.1 Diagram Alir Penelitian 35
3.2 Identifikasi Masalah 36
3.3 Studi Literatur dan Studi Lapangan 36

3.4 Desain Eksperimen 36
3.5 Persiapan Material dan Alat 37
3.5.1 Persiapan Material 37
3.5.2 Peralatan yang dibutuhkan 38
3.6 Variasi Perbedaan Jarak Pengelasan dengan Permukaan Air 40
3.7 Variasi Tempertur Air 42
3.8 Proses Pengelasan SMAW 43
3.9 Benda Uji 45
3.9.1 *Work Pieces* 45
3.9.2 Benda Uji *Tensile Test* 47
3.9.3 Benda Uji *Impact Test* 48
3.9.4 Benda Uji *Micro Etsa dan Hardness Test* 49
3.9.5 Jumlah Benda Uji 50
3.10 Pengujian 51
3.10.1 Pengujian Tarik (*Tensile Test*) 51
3.10.2 Pengujian Impak (*Impact Test*) 51
3.10.3 Pengujian Struktur Mikro (*Micro Etsa*) 52
3.10.4 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*) 54
3.11 Analisa dan Pembahasan 54
3.12 Kesimpulan dan Saran 55

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Analisis Hasil Pengelasan 57
4.1.1 Analisis Laju Pendinginan 57
4.1.2 Korelasi Laju Pendinginan Percobaan dengan di Lapangan 59
4.2 Analisis Kekuatan 60
4.2.1 Analisis Kekuatan Pengelasan di Darat 61
4.2.2 Analisis Kekuatan Pengelasan di Atas Permukaan Air 62
4.2.2.1 Hasil Pengujian 62
4.2.2.2 Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat 64
4.2.2.3 Analisis Faktor Penguji Terhadap Kekuatan 65
4.3 Analisis Kekerasan 69
4.3.1 Analisis Kekerasan Pengelasan di Darat 70
4.3.2 Analisis Kekerasan Pengelasan di Atas Permukaan Air 71
4.3.2.1 Hasil Pengujian 71
4.3.2.2 Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat 78
4.3.2.3 Analisis Faktor Penguji Terhadap Kekerasan 79
4.4 Analisis Energi *Absorb* 82
4.4.1 Analisis Energi *Absorb* Pengelasan di Darat 82
4.4.2 Analisis Energi *Absorb* Pengelasan di Atas Permukaan Air..... 83
4.4.2.1 Hasil Pengujian 83
4.4.2.2 Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat 91
4.4.2.3 Analisis Faktor Penguji Terhadap Energi *Absorb* 92
4.5 Analisis Struktur Mikro 94
4.5.1 Struktur Mikro Pengelasan di Darat 95
4.5.2 Struktur Mikro Pengelasan di Atas Permukaan Air Temperatur Air 25˚C 96

4.5.2.1 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 30 mm 96
4.5.2.2 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 60 mm 97
4.5.2.3 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 100 mm 98
4.5.2.4 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 130 mm 99
4.5.3 Struktur Mikro Pengelasan di Atas Permukaan Air Temperatur Air 28˚C 100
4.5.3.1 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 30 mm 100
4.5.3.2 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 60 mm 101
4.5.3.3 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 100 mm 102
4.5.3.4 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 130 mm 103
4.5.4 Struktur Mikro Pengelasan di Atas Permukaan Air Temperatur Air 30˚C 104
4.5.4.1 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 30 mm 104
4.5.4.2 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 60 mm 105
4.5.4.3 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 100 mm 106
4.5.4.4 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 130 mm 107
4.5.5 Struktur Mikro Pengelasan di Atas Permukaan Air Temperatur Air 32˚C 108
4.5.5.1 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 30 mm 108
4.5.5.2 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 60 mm 109
4.5.5.3 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 100 mm 110
4.5.5.4 Jarak Garis Air dan Garis Kampuh Las 130 mm 111

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 115
5.2 Saran 116

DAFTAR PUSTAKA 119

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram penempaan material 8
Gambar 2.2 Diagram penempaan material 8
Gambar 2.3 Diagram *hot rolling* material 9
Gambar 2.4 Temperatur perairan Indonesia 13
Gambar 2.5 *Replating* lambung kapal saat di atas permukaan air 15
Gambar 2.6 Pengelasan SMAW 16
Gambar 2.7 Diagram fasa Besi – Besi Karbida (Fe – Fe_3C) 19
Gambar 2.8 Pengelasan baja karbon, (a) Daerah pengelasan, (b) Diagram fasa 19
Gambar 2.9 Transformasi fasa pada pengelasan baja karbon 20
Gambar 2.10 Diagram CCT baja karbon medium 22
Gambar 2.11 Garis-garis transformasi pada diagram CCT 23
Gambar 2.12 Grafik tegangan - regangan 24
Gambar 2.13 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai minimum *tensile strength* pada pengelasan struktur lambung kapal 24
Gambar 2.14 Jejak yang dihasilkan oleh penekanan indentor pada benda uji 25
Gambar 2.15 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai minimum energi impak pada pengelasan struktur lambung kapal 27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 35
Gambar 3.2 Material baja *Grade* A 37
Gambar 3.3 Proses pembuatan bevel pada material 37
Gambar 3.4 Hasil bevel pada material (*single bevel butt*) 38
Gambar 3.5 Material yang sudah di tanggem 38
Gambar 3.6 Bak air beserta *inlet* dan *outlet* air 40
Gambar 3.7 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 30 mm 40
Gambar 3.8 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis

air dan garis kampuh las 60 mm 41
Gambar 3.9 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 100 mm 41
Gambar 3.10 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm 41
Gambar 3.11 Variasi temperatur air, (a) 25˚C, (b) 28˚C, (c) 30˚C, (d) 32˚C.. 42
Gambar 3.12 Pemasangan pelat melintang pada bak air..... 43
Gambar 3.13 Hasil pengaturan material terhadap variasi ketinggian air 44
Gambar 3.14 Proses pengelasan, (a) Di atas permukaan air, (b) Di darat 44
Gambar 3.15 (a) Ilustrasi dan (b) Perencanaan pemotongan *work piece* untuk dijadikan benda uji 45
Gambar 3.16 Pemotongan *work piece* menggunakan mesin gergaji 46
Gambar 3.17 Hasil pemotongan *work piece* 46
Gambar 3.18 *Flat tensile specimen* 47
Gambar 3.19 Dimensi benda uji *tensile test*..... 47
Gambar 3.20 Benda uji *tensile test* 48
Gambar 3.21 Lokasi takikan pada pengujian impak..... 48
Gambar 3.22 Dimensi spesimen uji impak 49
Gambar 3.23 Benda uji *impact test*, (a) Tampak atas, (b) Tampak samping.. 49
Gambar 3.24 (a) Dimensi benda uji, dan (b) Benda uji *micro etsa* dan *hardness* 50
Gambar 3.25 Peletakan benda uji impak menggunakan metode *Charpy* 52
Gambar 3.26 Proses *polishing* 52
Gambar 3.27 Hasil penetrasi dilihat dari mikroskop 54
Gambar 4.1 Grafik laju pendinginan percobaan dan teori 58
Gambar 4.2 Grafik beban uji tarik 61
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian tarik terhadap variasi jarak 62
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian tarik terhadap variasi temperatur air..... 63
Gambar 4.5 Grafik nilai kekuatan pengelasan diatas permukaan air dan

pengelasan darat 64
Gambar 4.6 Diagram probabilitas residual normal nilai kekuatan 66
Gambar 4.7 *Input* data pada *worksheet* Minitab 16 67
Gambar 4.8 Menentukan "*Responses*" dan "*Model*" 67
Gambar 4.9 Hasil analisis *tensile strength* menggunakan metode Anova Dua Jalur..... 68
Gambar 4.10 Menentukan nilai F tabel untuk analisis kekuatan 68
Gambar 4.11 Lokasi indentasi pada pengujian kekerasan 70
Gambar 4.12 Grafik kekerasan pengelasan di darat..... 70
Gambar 4.13 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 25˚C 71
Gambar 4.14 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 28˚C 72
Gambar 4.15 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 30˚C 73
Gambar 4.16 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 32˚C 73
Gambar 4.17 Grafik kekerasan di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 74
Gambar 4.18 Grafik kekerasan di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air..... 75
Gambar 4.19 Grafik kekerasan di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 75
Gambar 4.20 Grafik kekerasan di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air..... 76
Gambar 4.21 Grafik kekerasan di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 76
Gambar 4.22 Grafik kekerasan di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air..... 77
Gambar 4.23 Grafik nilai kekerasan pengelasan diatas permukaan air dan pengelasan darat 78
Gambar 4.24 Diagram probabilitas residual normal nilai kekerasan..... 80

Gambar 4.25 Hasil analisis nilai kekerasan menggunakan metode Anova Dua Jalur 81
Gambar 4.26 Menentukan nilai F tabel untuk nilai kekerasan 81
Gambar 4.27 Lokasi takikan benda uji pada pengujian impak 82
Gambar 4.28 Grafik nilai energi *absorb* pada pengelasan di darat 83
Gambar 4.29 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 25˚C 84
Gambar 4.30 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 28˚C 85
Gambar 4.31 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 30˚C 86
Gambar 4.32 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 32˚C 86
Gambar 4.33 Grafik pengujian impak di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 87
Gambar 4.34 Grafik pengujian impak di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air 88
Gambar 4.35 Grafik pengujian impak di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 88
Gambar 4.36 Grafik pengujian impak di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air 89
Gambar 4.37 Grafik pengujian impak di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak 89
Gambar 4.38 Grafik pengujian impak di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air 90
Gambar 4.39 Grafik nilai energi *absorb* pengelasan diatas permukaan air dan pengelasan darat 91
Gambar 4.40 Diagram probabilitas residual normal nilai energi *absorb* 93
Gambar 4.41 Hasil analisis energi *absorb* menggunakan metode Anova Dua Jalur 93
Gambar 4.42 Menentukan nilai F tabel untuk energi *absorb* 94
Gambar 4.43 Diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*) 112
Gambar 4.44 Transformasi fasa hasil pengelasan baja karbon 0,12% 113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon 18
Tabel 2.2 Kalkulasi perhitungan Anova Dua Jalur 31
Tabel 3.1 Kebutuhan benda uji untuk satu variabel 50
Tabel 4.1 Perhitungan ketebalan pelat relatif (τ) 57
Tabel 4.2 Hasil perhitungan laju pendinginan (R_C) 58
Tabel 4.3 Hasil perhitungan laju pendinginan percobaan dan lapangan 60
Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik pada pengelasan di atas permukaan air 62
Tabel 4.5 Persentase peningkatan nilai *ultimate tensile strength* 65
Tabel 4.6 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 25˚C 71
Tabel 4.7 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 28˚C 72
Tabel 4.8 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 30˚C 72
Tabel 4.9 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 32˚C 73
Tabel 4.10 Hasil pengujian kekerasan di daerah HAZ 75
Tabel 4.11 Hasil pengujian kekerasan di daerah *fusion line* 75
Tabel 4.12 Hasil pengujian kekerasan di daerah *weld metal* 76
Tabel 4.13 Persentase peningkatan nilai kekerasan pada sambungan las 79
Tabel 4.14 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 25˚C 84
Tabel 4.15 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 28˚C 85
Tabel 4.16 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 30˚C 85

Tabel 4.17 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 32˚C 86
Tabel 4.18 Hasil pengujian impak di daerah HAZ 87
Tabel 4.19 Hasil pengujian impak di daerah *fusion line* 88
Tabel 4.20 Hasil pengujian impak di daerah *weld metal* 89
Tabel 4.21 Persentase penurunan nilai energi *absorb* 92
Tabel 4.22 Data hasil foto mikro pengelasan di darat 95
Tabel 4.23 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C 96
Tabel 4.24 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C 97
Tabel 4.25 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C 98
Tabel 4.26 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C 99
Tabel 4.27 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C 100
Tabel 4.28 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C 101
Tabel 4.29 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C 102
Tabel 4.30 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C 103
Tabel 4.31 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C 104
Tabel 4.32 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C 105
Tabel 4.33 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C 106

Tabel 4.34 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C 107
Tabel 4.35 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C 108
Tabel 4.36 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 60˚C 109
Tabel 4.37 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 100˚C 110
Tabel 4.38 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 130˚C 111

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

τ = Ketebalan pelat relatif
h = Tebal pelat (cm)
ρ = Massa jenis baja (g/cm^3)
C = Spesifik panas baja (kal/g ˚C)
T_C = Temperatur selama laju pendinginan (˚C)
T_0 = Temperatur awal pelat (˚C)
H net = Heat input (kal/cm)
R_C = Laju pendingan pada logam las (˚C/det)
π = 3,1416
k = Konduktivitas termal baja (kal/cm det ˚C)
F = gaya (N)
m = massa benda (g)
a = percepatan (m/s^2)
σ = tegangan (N/m^2)
A = luas penampang (m^2)
HV = Hardness Vickers
P = Beban yang diberikan (kgf)
A_p = Luas jejak penetrasi (mm^2)
D = Diagonal rata-rata jejak penetrasi (mm)
E_0 = Energi awal (Joule)
E_1 = Energi Akhir (Joule)
W = Berat bandul (N)
h_0 = Ketinggian bandul sebelum dilepas (m)
h_1 = Ketinggian bandul setelah dilepas (m)
l = Panjang lengan bandul (m)
α = Sudul awal (˚)
β = Sudut akhir (˚)
t = Jumlah perlakuan
r = Jumlah blok
n = Jumlah pengamatan
SS_T = Jumlah kuadrat total
$\sum(X_{ij})^2$ = Jumlah kuadrat seluruh nilai pengamatan masing-masing variasi.
T_j = Penjumlahan seluruh nilai pengamatan.
SS_P = Jumlah kuadrat perlakuan
$\sum(P_i)^2$ = Jumlah kuadrat nilai pengamatan seluruh perlakuan.
SS_B = Jumlah kuadrat antar blok
$\sum(B_i)^2$ = Jumlah kuadrat nilai pengamatan seluruh blok.
MS_B = Kuadrat tengah blok.
MS_P = Kuadrat tengah perlakuan.
MS_E = Kuadrat tengah eror.
Xr^2 = Nilai khai kuadrat jenjang dua arah Friedman.
b = Banyaknya kelompok pada uji Friedman.
k = Banyaknya perlakuan pada uji Friedman.

Rj = Jumlah peringkat perlakuan ke -i.
R = Koefisien korelasi.

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada dunia perkapalan istilah *replating* dikenal sebagai suatu proses dimana kapal melakukan pergantian dan pembaharuan pelat baja yang baru untuk menggantikan pelat lama yang telah mengalami kerusakan. *Replating* dapat dilakukan di atas *dock* atau galangan kapal, serta dapat dilakukan di atas permukaan air. Reparasi yang dilakukan di atas permukaan air hanya terbatas pada bagian yang tidak terendam air saja, contoh *replating* pada pelat sisi. Reparasi ini umumnya memiliki tingkat kesulitan rendah serta waktu pengerjaan yang relatif singkat. *Replating* yang dilakukan dalam kondisi kapal terapung harus mempertimbangkan beberapa aspek, seperti salah satunya berapa jarak garis air dan garis kampuh las. Apabila jarak garis air dan garis kampuh las terlalu dekat akan mempengaruhi sifat mekanis pada pelat tersebut. Hal ini dikarenakan proses laju pendinginan pengelasan di atas permukaan air lebih cepat daripada pengelasan kondisi di darat (Butler, 2012).

Sifat mekanis material berjenis baja karbon dipengaruhi oleh fasa dari logam tersebut. Sifat mekanis dan juga fasa pada suatu logam dapat berubah akibat proses laju pendinginan yang berbeda. Laju pendinginan adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pengaturan laju pendinginan. Perubahan sifat logam akibat proses laju pendinginan mengindikasikan perubahan transformasi fasa mana yang akan terjadi atau kandungan unsur mana yang akan dihasilkan. Hal ini mengarah pada sifat mekanis material setelah proses pengelasan. Perubahan sifat mekanis yang dimaksud adalah kekuatan, kekerasan, keuletan, serta berpengaruh juga terhadap struktur mikro suatu logam akibat perlakuan panas dan pendinginan (Sonawan, 2006).

Penelitian tentang laju pendinginan (*cooling rate*) terhadap baja karbon rendah telah dilakukan oleh Gosh et al. (2006), El-Bitar et al. (2011), dan Sun et al. (2016). Dalam jurnal-jurnal tersebut membahas tentang perubahan sifat mekanis dan struktur material yang telah mendapat perlakuan panas lalu didinginkan dengan

beberapa model pendinginan. Hasil mikrostruktur menunjukkan pada pendinginan lambat fasa yang terjadi adalah fasa *ferrite*, sementara pada pendinginan cepat fasa yang terjadi adalah butiran *ferrite* yang lebih halus. Hasil sifat mekanis menunjukkan bahwa pada pendinginan lambat, nilai kekerasan, dan kekuatan menurun, sementara keuletannya meningkat. Sebaliknya, pada pendinginan cepat nilai kekerasan, dan kekuatan meningkat, sementara keuletannya menurun. Penelitian mengenai laju pendinginan baja karbon rendah dengan variasi media pendingin air (air, *coolant*, dan es) pada pengelasan MIG dan SMAW dilakukan oleh Januar et al. (2016). Hasil dari penelitian ini adalah material yang didinginkan dengan *coolant* memiliki nilai kekutan yang paling tinggi diantara material dengan media pendingin lainnya.

Penelitian mengenai pendinginan yang dilakukan selama proses pengelasan berlangsung dilakukan oleh Subeki et al. (2018). Dalam jurnalnya membahas tentang penambahan variasi kapasitas air selama pengelasan terhadap distorsi dan sifat mekanisnya. Hasil dari penelitian tersebut adalah dengan menambahkan kapasitas air selama proses pengelasan dapat meminimalisir distorsi, mendapat hasil kekuatan tarik tertinggi, dan nilai kekerasan tertinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Turichin et al (2018), menjelaskan mengenai pengaruh *heat input* terhadap laju pendinginan, dan sifat mekanis pada material baja karbon rendah. Hasil dari jurnal tersebut adalah dengan *heat input* yang semakin meningkat, maka laju pendinginan akan semakin lambat, sehingga mempengaruhi sifat mekanis yaitu nilai kekuatan dan kekerasan yang semakin menurun, namun nilai pengujian impak semakin meningkat.

Penelitian lainnya mengenai perambatan panas pada proses pengelasan material baja karbon rendah dilakukan oleh Erizon (2009). Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh perambatan panas akibat pengelasan terhadap nilai kekerasan dan juga struktur mikronya. Setelah dilakukan pengujian, diketahui bahwa terdapat peningkatan nilai kekerasan pada daerah *weld metal* dan HAZ setelah dilakukan proses pengelasan. Untuk hasil mikro struktur baik pada daerah *weld metal*, HAZ, maupun *base metal* memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite*.

Temperatur air juga mempengaruhi laju pendinginan dari proses *replating* lambung kapal di atas permukaan air. Temperatur perairan di Indonesia sangat

bervariasi, yang dipengaruhi oleh iklim atau cuaca dan juga angin. Data temperatur perairan Indonesia didapatkan dari Pusat Riset Kelautan (Pusriskel) – Kementerian Kelautan dan Perikanan – RI dari tahun 2004 hingga 2018. Data tersebut menunjukkan temperatur perairan di Indonesia berkisar antara 24˚C – 32,5˚C.

Berdasarkan fenomena-fenomena tersebut, dapat diketahui bahwa laju pendinginan mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro pada material yang mendapatkan perlakuan panas. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui berapa jarak aman yang diperbolehkan antara garis air dan garis kampuh las pada proses *replating* lambung kapal pada saat kapal terapung, dengan cara memvariasikan jarak garis air dan garis kampuh las, memvariasikan temperatur air sesuai dengan temperatur perairan di Indonesia, dan membandingkan dengan pengelasan yang dilakukan di darat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diberikan, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan material dengan jarak garis air dan garis kampuh las yang berbeda?
2. Bagaimana sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air yang berbeda sesuai dengan temperatur perairan di Indonesia?
3. Bagaimana perbandingan sifat mekanis dan struktur mikro dengan pengelasan yang dilakukan di darat?

1.3 Tujuan Penelitian

Guna menjawab rumusan masalah maka beberapa tujuan yang menjadi fokus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis berapa jarak yang aman antara garis air dan garis kampuh las sehingga sifat mekanis material tetap terjaga, dan struktur mikro diharapkan tidak menjadi *martensite*.

2. Menganalisis perbandingan dari sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air yang berbeda sesuai dengan temperatur perairan di Indonesia.
3. Menganalisis hasil dari perbandingan sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan di atas permukaan air, dan juga pengelasan yang dilakukan di darat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah dapat menjadi literatur pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan sifat mekanis dan struktur mikro material dalam hal proses pengelasan di atas pemukaan air.
2. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi kepada pihak galangan kapal terkait hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses reparasi pergantian pelat kapal yang dilakukan di atas permukaan air.

1.5 Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semakin dekat jarak garis air dan garis kampuh las, akan mempercepat laju pendinginan, sehingga hal tersebut akan mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan, kekerasan serta nilai impak) dari material tersebut.
2. Semakin rendah temperatur air, akan mempercepat laju pendinginan, sehingga hal tersebut akan mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan, kekerasan serta nilai impak) dari material tersebut.
3. Perbedaan laju pendinginan antara pengelasan di darat dengan pengelasan di atas permukaan air mengakibatkan perbedaan sifat mekanis seperti nilai kekuatan, kekerasan, serta nilai impak dari material tersebut.

1.6 Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah yang dianalisis dibatasi agar tepat sasaran dan pembahasannya tidak terlalu luas, sehingga batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah material BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) *grade* A, dengan tebal 12 mm.
2. Menggunakan proses pengelasan SMAW, dengan posisi pengelasan 2G.
3. Menggunakan *single bevel* dengan sudut 30˚.
4. Menggunakan media air tawar.
5. Proses pengelasan dianggap stabil dan pengaruh gelombang tidak diperhitungkan.
6. Tanggem material pengelasan di las ikat pada pelat melintang yang ada pada bak air, sehingga selama proses pengelasan kondisi material tidak bergerak (statis).
7. *Grain size* (besar butir) pada mikro struktur tidak diperhitungkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

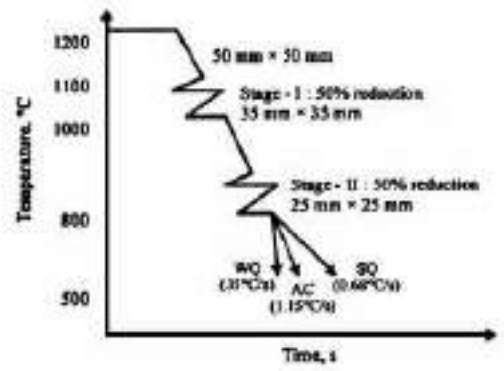
Bab ini dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu tinjauan pustaka dan dasar teori. Keduanya akan dijadikan sebagai dasar untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini.

2.1 Tinjauan Pustaka

Sub bab ini berisi tentang referensi-referensi dan hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian.

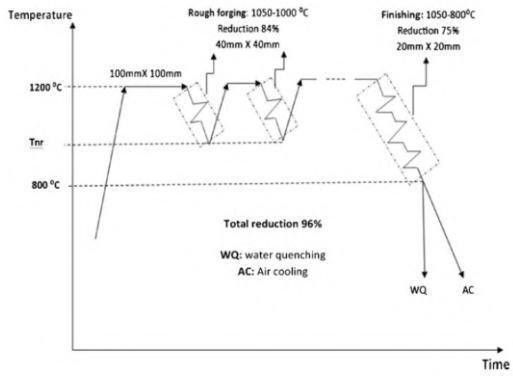
2.1.1 Pengaruh Pendinginan Material Setelah Perlakuan Panas

Penelitian tentang laju pendinginan (*cooling rate*) terhadap baja karbon rendah telah dilakukan oleh Gosh et al. (2006). Dalam jurnal ini diteliti tentang perubahan sifat mekanis dan struktur material yang telah ditempa dua kali lalu didinginkan dengan beberapa model pendinginan. Tiga metode pendinginan dilakukan pada penelitian tersebut, yaitu pendinginan dengan air, pendinginan dengan udara, dan pendinginan dengan pasir. Gambar 2.1 menunjukkan skema diagram penempaan material pada penelitian ini. Hasil mikrostruktur menunjukkan pada pendinginan cepat (menggunakan air) fasa yang terjadi adalah fasa *ferrite*. Struktur mikro akan berubah menjadi polygon atau *quasi-polygonal ferrite* ketika laju pendinginan menurun (menggunakan media pasir). Hasil *mechanical properties* menunjukkan bahwa pada pendinginan air (pendinginan cepat), memiliki nilai kekuatan paling tinggi. Sebaliknya, pada pendinginan menggunakan media pasir (pendinginan lambat), kekuatannya menurun namun *ductility* nya meningkat. Nilai *impact* dapat diabaikan karena material yang digunakan memiliki kadar karbon yang sangat rendah.



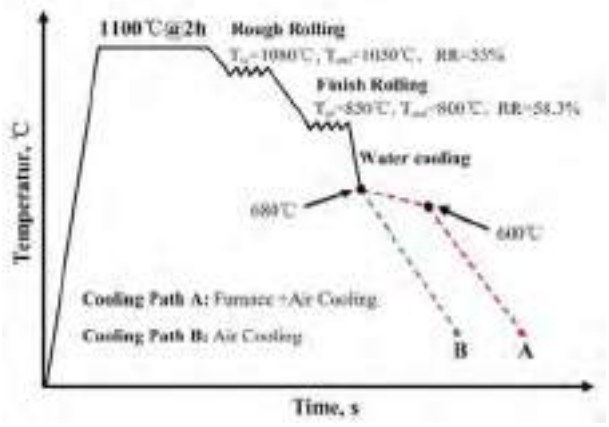
Gambar 2.1 Diagram penempaan material (Gosh, 2006)

Penelitian tentang laju pendinginan (*cooling rate*) terhadap baja karbon rendah juga dilakukan oleh El-Bitar et al. (2011). Dalam jurnal tersebut diteliti tentang perubahan struktur material yang diikuti oleh perubahan sifat mekanis pada material yang telah ditempa lalu didinginkan dengan beberapa model pendinginan. Dua metode pendinginan dilakukan pada penelitian tersebut, yaitu pendinginan dengan udara dan pendinginan dengan air. Gambar 2.2 menunjukkan skema diagram penempaan material pada penelitian ini. Hasil mikrostruktur menunjukkan pada pendinginan menggunakan udara fasa yang terjadi adalah fasa *ferrite* dengan dibatasi oleh fasa *pearlite*, sementara pada pendinginan menggunakan air fasa yang terjadi didominasi oleh butiran *ferrite* yang lebih halus. Hasil *mechanical properties* menunjukkan bahwa pada pendinginan udara, nilai kekerasan, *yield strength*, dan *tensile strength* menurun, sementara nilai *ductility* nya meningkat. Sebaliknya, pada pendinginan air nilai kekerasan, *yield strength*, dan *tensile strength* meningkat, sementara nilai *ductility* nya menurun.



Gambar 2.2 Diagram penempaan material (El-Bitar, 2011)

Penelitian lain tentang laju pendinginan terhadap baja karbon rendah dilakukan oleh Sun et al. (2016). Dalam jurnal tersebut diteliti tentang perubahan struktur material yang diikuti oleh perubahan sifat mekanis pada material yang dilakukan proses *hot rolling* setelah itu didinginkan secara cepat dengan menggunakan air sampai pada temperatur 680˚C, lalu dilanjutkan dengan proses pendinginan: proses A yaitu suhu ditahan sampai temperatur 600˚C, setelah itu didinginkan dengan udara pada suhu ruang, dan proses B yaitu hanya didinginkan dengan udara pada suhu ruang. Gambar 2.3 menunjukkan skema diagram *hot rolling* material pada penelitian ini. Hasilnya mikrostruktur menunjukkan pada proses A terdiri dari *polygonal ferrite* dengan batasan yang planar, sementara pada proses B menunjukkan *ferrite* kasar dengan batas butir melengkung, menunjukkan terjadinya transformasi fasa yang besar. *Bainitic ferrite* kecil juga ditemukan, karena tingkat pendinginan yang relatif cepat. Hasil *mechanical properties* menunjukkan pada proses B memiliki kuat tarik yang lebih tinggi, dengan *yield strength* sebesar 612 MPa, *tensile strength* sebesar 692 MPa, dan elongation sebesar 25,2%.



Gambar 2.3 Diagram *hot rolling* material (Sun, 2016)

Penelitian mengenai laju pendinginan baja karbon rendah dengan variasi media pendingin air (air, *coolant*, dan es) dilakukan oleh Januar et al. (2016). Pada penelitian tersebut dilakukan proses pengelasan pada material ST41 menggunakan MIG dan SMAW. Material dilas menggunakan arus 80 A dan 90 A pada masing-masing proses pengelasan, setelah itu material dimasukkan pada media pendingin selama kurang lebih 10 detik. Hasil dari penelitian ini adalah material yang

didinginkan dengan *coolant* memiliki nilai kekutan yang paling tinggi diantara material dengan media pendingin lainnya.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, laju pendinginan pada baja karbon rendah hanya diberikan pada material setelah mendapat perlakuan panas. Pendinginan pada material baja karbon rendah selama proses perlakuan panas berlangsung perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh laju pendinginan pada sifat mekanis baja karbon rendah. Salah satu contoh pendinginan pada baja karbon rendah selama proses perlakuan panas berlangsung adalah pengelasan di atas permukaan air yang dapat dijumpai pada proses reparasi pelat lambung kapal. Oleh karena itu penelitian ini menginvestigasi pengaruh laju pendinginan terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada proses pengelasan di atas permukaan air.

2.1.2 Pengaruh Pendiginan Statis Terhadap Sifat Mekanis

Penelitian mengenai pendinginan statis atau pendinginan yang dilakukan selama proses pengelasan berlangsung telah dilakukan oleh Subeki et al. (2018). Dalam jurnalnya membahas tentang penambahan variasi kapasitas air selama pengelasan terhadap distorsi dan sifat mekanisnya. Kapasitas air yang digunakan mulai dari 700 l/h, 1400 l/h, hingga 2800 l/h. Hasil dari penelitian tersebut adalah dengan menambahkan *static cooling* variasi kapasitas air selama proses pengelasan dapat meminimalisir distorsi, mendapat hasil kekuatan tarik tertinggi, dan nilai kekerasan tertinggi. Nilai kekuatan dan kekerasan tertinggi terjadi pada pengelasan kapasitas air 2800 l/h yaitu 32,83 kg/mm^2 dan 196,07 kg/mm^2, sedangkan nilai kekuatan dan kekerasan terendah terjadi pada pengelasan kapasitas air 700 l/h yaitu 23,70 kg/mm^2 dan diatas 50 kg/mm^2.

Penelitian yang dilakukan oleh Subeki et al. (2018), menggunakan proses pengelasan FCAW dengan material baja karbon rendah ASTM A36 tebal 5 mm. Dalam pengaplikasian di lapangan khususnya pada dunia perkapalan, proses pengelasan dengan pendinginan statis dapat dijumpai pada proses *replating* lambung kapal pada kondisi kapal terapung. Pada kondisi tersebut sebagian besar kapal yang akan direparasi memerlukan ketebalan pelat lebih dari 5 mm tergantung dari dimensi kapal yang bersangkutan, serta proses pengelasan yang mudah untuk diaplikasikan. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan proses pengelasan

SMAW, dimana diketahui bahwa pengelasan SMAW lebih mudah untuk diaplikasikan dibandingkan proses pengelasan lainnya, serta material yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan tebal 12 mm.

2.1.3 Pengaruh Masukan Panas Terhadap Sifat Mekanis

Durasi pengelasan akan mempengaruhi *travel speed* atau kecepatan pengelasan. Apabila *travel speed* terlalu lambat maka *heat input* atau masukan panas akan meningkat, sehingga laju pendinginan akan semakin lambat pula. Laju pendinginan akan mempengaruhi sifat mekanis dan struktur mikro pada material. Penelitian yang dilakukan oleh Turichin et al (2018), menjelaskan mengenai pengaruh *heat input* terhadap laju pendinginan, dan sifat mekanis pada material baja karbon rendah, menggunakan proses pengelasan *automatic*. Hasil dari jurnal tersebut adalah dengan *heat input* yang semakin meningkat, maka laju pendinginan akan semakin lambat, sehingga mempengaruhi sifat mekanis yaitu nilai kekuatan dan kekerasan yang semakin menurun, namun nilai pengujian impak semakin meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Turichin et al (2018), menggunakan *automatic welding system*, sehingga seluruh parameter pengelasan dapat dijaga dalam kondisi konstan dan sifat mekanisnya dapat dibandingkan satu sama lain. Akan tetapi dalam pengaplikasian dilapangan, *automatic welding system* tidak dapat digunakan untuk semua kondisi dan kebutuhan pengelasan. Sebagai contoh, penggunaan sistem pengelasan manual pada proses reparasi lambung kapal adalah metode yang memungkinkan untuk diaplikasikan, namun tentu saja terdapat parameter yang tidak dapat dikontrol seperti kecepatan pengelasan atau *travel speed*. *Travel speed* akan berpengaruh pada *heat input*, apabila *heat input* tidak dapat dijaga stabil akan mempengaruhi sifat mekanisnya. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan pengelasan sistem manual, dengan cara menjaga parameter-paremeter pengelasan agar tetap stabil, sehingga sifat mekanis dan struktur mikronya dapat dibandingkan satu sama lain.

2.1.4 Perambatan Panas pada Proses Pengelasan

Penelitian mengenai perambatan panas *(heat propagation)* pada proses pengelasan material baja karbon rendah dilakukan oleh Erizon (2009), dalam penelitian tersebut menjelaskan tentang pengaruh perambatan panas akibat pengelasan terhadap nilai kekerasan dan juga struktur mikronya.

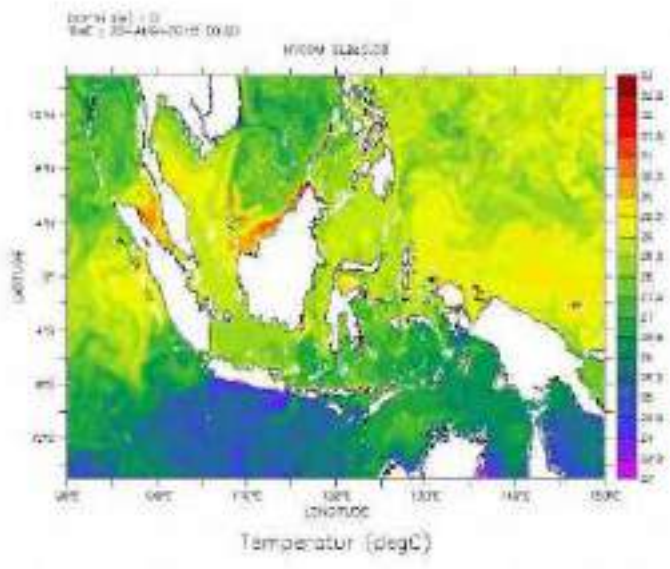
Metodologi dari penelitian tersebut adalah dengan melakukan pengelasan pada material baja karbon rendah dengan dimensi 300 x 70 x 8 mm, lalu mengambil sampel untuk dilakukan pengujian kekerasan pada daerah *weld metal*, HAZ, dan *base metal*. Hasil dari percobaan ini akan dibandingkan dengan nilai kekerasan material sebelum dilakukan proses pengelasan. Setelah dilakukan pengujian, diketahui bahwa terdapat peningkatan nilai kekerasan pada daerah *weld metal* dan HAZ setelah dilakukan proses pengelasan. Nilai kekerasan sebelum dilakukan proses pengelasan adalah sebesar 121,4 kg/mm^2, sedangkan nilai kekerasan setelah dilakukan pengelasan pada daerah *weld metal* sebesar 157 kg/mm^2, daerah HAZ sebesar 147 kg/mm^2, dan pada *base metal* sebesar 122,4 kg/mm^2. Untuk hasil mikro struktur baik pada daerah *weld metal*, HAZ, maupun *base metal* memiliki struktur *ferrite* dan *pearlite*, tetapi memiliki ukuran dan bentuk struktur mikro yang berbeda. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain pengaruh panas pengelasan, perbedaan suhu masing-masing daerah saat terjadi proses pengelasan, kecepatan pendinginan, dan komposisi elektroda yang menyatu dengan logam dasar.

Berdasarkan penelitian tersebut, hanya dilakukan pembahasan mengenai pengaruh perambatan panas akibat pengelasan terhadap nilai kekerasan dan juga struktur mikronya. Laju pendinginan selama proses pengelasan berlangsung perlu diperhatikan, karena laju pendinginan akan mempengaruhi sifat mekanis dari material yang digunakan. Oleh karena itu penelitian ini menginvestigasi mengenai pengaruh laju pendinginan terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada proses pengelasan di atas permukaan air.

2.1.5 Temperatur Perairan Indonesia

Berdasarkan data yang didapatkan dari Pusat Riset Kelautan (Pusriskel) – Kementerian Kelautan dan Perikanan – RI dari tahun 2004 hingga 2018, temperatur

perairan di Indonesia berkisar antara 24˚C – 32,5˚C. Gambar 2.4 menunjukkan temperatur perairan di Indonesia berdasarkan data yang didapat dari Pusrikel.



Gambar 2.4 Temperatur perairan Indonesia (Pusrikel, 2018)

Dari data tersebut, didapatkan variasi temperatur air yang akan digunakan dalam Penelitian ini, yaitu dengan mengambil batas bawah, rata-rata, dan batas atas temperatur perairan Indonesia. Maka variasi temperatur air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25˚C, 28˚C, 30˚C dan 32˚C.

2.1.6 Uji Coba Awal

Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan uji coba awal yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana perambatan temperatur air terhadap material baja karbon rendah, dan juga untuk mengetahui sejauh mana perambatan temperatur air pada material yang diukur dari dari garis air (garis tercelupnya material) hingga beberapa titik di atas garis air. Awal mula melakukan uji coba awal ini adalah dengan mengukur temperatur awal material, dan juga temperatur awal air pada suhu ruang (28˚C), suhu dingin (25˚C), dan suhu hangat (32˚C). Setelah itu material dibenamkan sedalam 100 mm ke dalam air, dan diukur temperatur pada garis air dan setiap 10 mm di atas garis air. Lalu material tersebut dibiarkan dalam kondisi tercelup air selama beberapa jam untuk mengetahui pengaruh perambatan

temperatur terhadap waktu tercelupnya material ke dalam air, dan dilakukan kembali pengukuran temperatur pada garis air dan disetiap titik di atas garis air.

Hasil dari uji coba awal ini adalah:

1. Terjadi perbedaan temperatur pada material rata-rata setiap 30 mm.
2. Temperatur air dapat mempengaruhi temperatur material.
3. Waktu perendaman material tidak berpengaruh banyak terhadap perambatan temperatur.

Berdasarkan hasil uji coba awal yang dilakukan, didapatkan variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm. Nilai variasi jarak tersebut diambil karena pada titik-titik tersebut terjadi perubahan temperatur akibat rambatan temperatur air ke material.

2.2 Dasar Teori

Pada sub bab ini akan dijelaskan uraian singkat tentang teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.

2.2.1 *Replating* Kapal

Reparasi lambung kapal yang terfokus pada pergantian pelat dikenal dengan istilah *replating* kapal. *Replating* kapal adalah suatu proses dimana kapal melakukan pergantian dan pembaruan pelat baja yang baru untuk menggantikan pelat lama yang telah mengalami penipisan pelat yang diakibatkan oleh korosi maupun deformasi terhadap air laut, bisa juga karena benturan yang perlu dilakukan perbaikan untuk mempertahankan bagian-bagian kapal. *Replating* dapat dilakukan di atas *dock* atau galangan kapal serta dapat juga dilakukan di atas perairan. *Replating* yang dilakukan di atas *dock* atau galangan kapal dapat memperbaiki semua bagian lambung kapal dan bangunan di atasnya, sedangkan *replating* yang dilakukan di atas permukaan air hanya terbatas pada bagian yang tidak terandam air saja.

Langkah-langkah proses *replating* pada kapal dalam kondisi kapal mengapung di air dan pada saat di atas *dock* yaitu mulai dari pemotongan pelat sesuai dengan perencanaan, membersihkan lambung kapal pada daerah yang akan

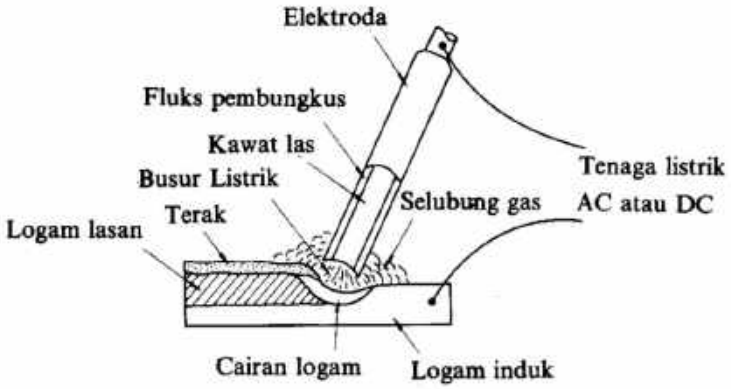
dilakukan penggantian pelat, selanjutnya adalah menempatkan pelat pada lubang hasil potongan pelat lama, dan dilakukan proses pengelasan. Ketersediaan pelat pengganti disesuaikan dengan kebutuhan pelat kapal yang akan di *replating*. Setelah dilakukan proses pemasangan pelat baru, dilakukan proses pengecekan hasil lasan untuk menghindari kesalahan (Butler, 2012).

Hal yang membedakan antara proses *replating* lambung kapal di atas *dock* dengan kondisi kapal terapung adalah kondisi kapal di atas *dock* memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi karena lambung kapal dalam kondisi kering, serta prosesnya lebih mudah diaplikasikan karena objek yang akan diperbaiki sifatnya adalah statis atau dalam posisi ditumpu oleh bantalan yang terdapat pada *docking system*. Lain halnya dengan kondisi kapal terapung di atas permukaan air, proses *replating* kondisi kapal terapung memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi karena kapal hanya bertumpu pada tali tambat yang dikaitkan di tonggak tambat (*bolder*) yang ada pada dermaga atau pelabuhan. Dalam kondisi ini badan kapal masih dapat bergerak mengikuti arah arus, angin, ataupun gelombang perairan. Selain itu proses pekerjaan *replating* dilakukan di atas perancah (*scaffolding*) yang di pasang di badan kapal. Kondisi inilah yang menyebabkan proses *replating* dalam kondisi kapal terapung lebih sulit dibandingkan pada saat kapal di atas *dock*. Gambar 2.5 menunjukkan contoh proses *replating* lambung kapal di atas permukaan air.

Gambar 2.5 *Replating* lambung kapal saat terapung

2.2.2 Pengelasan SMAW

SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik berbentuk busur arus dan elektroda berselaput. Didalam pengelasan SMAW ini terjadi gas penyelimut ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/*pressure gas inert* untuk mengusir oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung didalam hasil las-lasan (Wiryosumarto, 2000). Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi pengelasan SMAW.



Gambar 2.6 Pengelasan SMAW (Wiryosumarto, 2000)

Pada umumnya proses pengelasan pada kapal baik itu pembangunan kapal baru maupun perbaikan kapal menggunakan proses pengelasan dengan las busur listrik (SMAW). Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan pada proses pengelasan *replating* kapal terutama pada kondisi kapal terapung, yaitu diantaranya faktor kemudahan dan juga faktor kepraktisan. Berikut beberapa kelebihan proses pengelasan SMAW pada proses *replating* kondisi kapal terapung di air:

- Mesin las SMAW dan peralatan pendukungnya merupakan perangkat *portable* sehingga memudahkan proses pengelasan. Pada aplikasi *replating* kapal kondisi mengapung mesin las diletakkan di atas *deck*, sehingga pekerja hanya perlu menggunakan kabel las yang terhubung dengan mesin. Dengan kondisi ini faktor keselamatan kerja dapat dijaga karena dapat meminimalisir konsleting pada sumber listrik.
- Material pengumpan (*flux*) tersedia pada elektroda, sehingga tidak perlu membawa gas pelindung las. Oleh karena itu proses pengelasan SMAW lebih

ekonomis dan sederhana untuk diaplikasikan pada replating kondisi kapal terapung.

- Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter. Dengan elektroda yang tepat dapat digunakan untuk mengelas di semua posisi.

2.2.3 Material Baja *Grade* A

Baja karbon mengandung sejumlah Mn, Si, Al, dll. Berdasarkan kadar karbonnya, baja diklasifikasikan menjadi baja karbon rendah (C < 0,3 wt %), baja karbon menengah (0,3 ≤ C ≤ 0,50 wt %), dan baja karbon tinggi (C > 0,5 wt %). Peningkatan kadar karbon umumnya menyebabkan kekuatan tarik meningkat, tetapi elongasi, ketangguhan, dan kemampulasan menjadi lebih buruk. Oleh karena itu baja yang bisa digunakan untuk struktur dengan pengelasan adalah baja karbon rendah (Wiryosumarto, 2000).

Tabel 2.1 menunjukkan klasifikasi baja karbon berdasarkan kadar unsur karbon. Terlihat penambahan nilai kadar karbon dapat meningkatkan kekuatan tarik dan luluh baja, namun membuat nilai perpanjangan/elongasi baja karbon menurun. Kadar karbon 0,08% memiliki kekuatan tarik puncak 32-36 kg/mm^2, sedangkan nilai perpanjangannya 30-40%, sementara pada kadar karbon 0,5-0,8% nilai kekuatan tariknya naik hingga 65-100 kg/mm2, sedangkan perpanjangannya turun drastis menjadi 11-20% saja.

Baja *Grade* A merupakan baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak, banyak sekali digunakan untuk konstruksi umum. Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak las. Kekuatan tarik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon C dan menaikkan kadar mangan Mn. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada didalam praktek, dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas (Wiryosumarto, 2000).

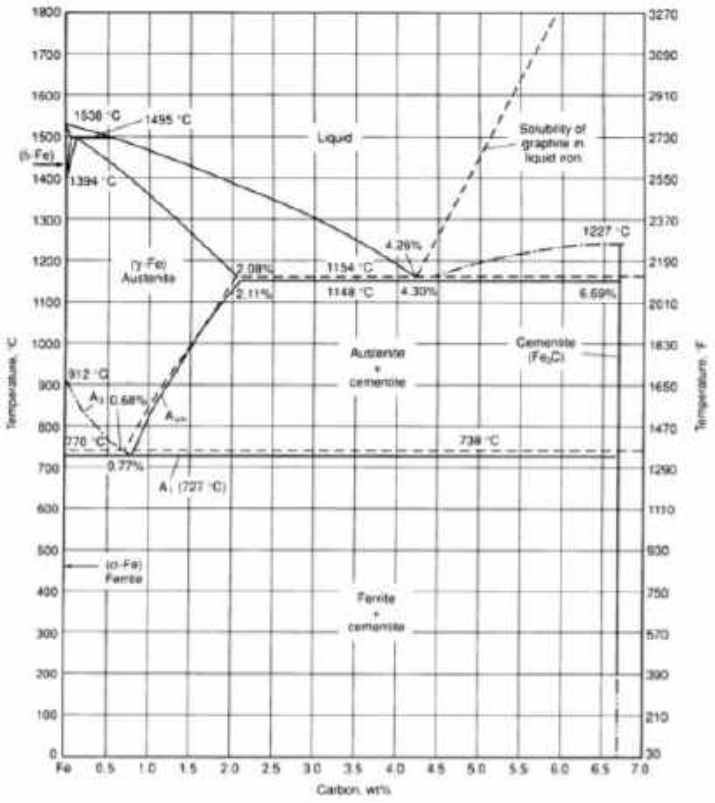
Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon

Grade dan jenis		Kadar C (%)	Kekuatan luluh (kg/mm^2)	Kekuatan tarik (kg/mm^2)	Per-panjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
A	Baja lunak khusus	0,08	18 - 28	32 - 36	30 - 40	95 - 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08 - 0,12	20 - 29	36 - 42	30 - 40	80 - 120	Batang kawat
	Baja lunak	0,12 - 0,2	22 - 30	38 - 48	24 - 36	100 - 130	Konstruksi umum
	Baja setengah lunak	0,2 - 0,3	24 - 36	44 - 55	21 - 32	112 - 145	Konstruksi umum
B	Baja setengah keras	0,3 - 0,4	30 - 40	50 - 60	17 - 30	140 - 170	Alat mesin
C	Baja keras	0,4 - 0,5	34 - 46	58 - 70	14 - 26	160 - 200	Perkakas, rel, pegas, kawat piano
	Baja sangat keras	0,5 - 0,8	36 - 37	65 - 100	11 - 20	180 - 235	Perkakas, rel, pegas, kawat piano

Sumber: Wiryosumarto, 2000

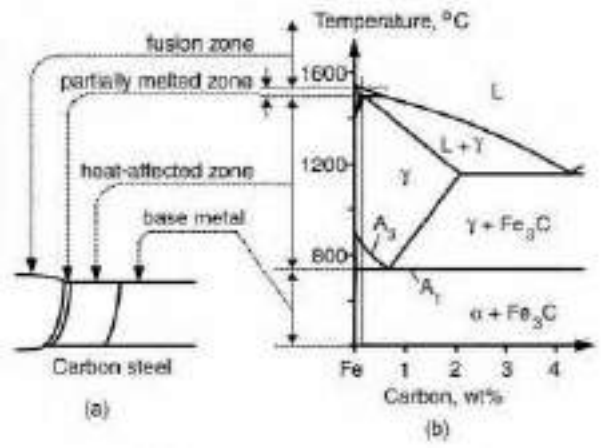
2.2.4 Diagram Fasa Besi – Besi Karbida

Beberapa jenis baja memiliki sifat – sifat yang tertentu sebagaimana akibat penambahan unsur paduan. Salah satu unsur paduan yang sangat penting yang dapat mengontrol sifat baja adalah karbon (C). Diagram yang menggambarkan hubungan antara temperatur dimana terjadinya perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon disebut dengan diagram fasa. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7 (ASM Handbook, 1991).

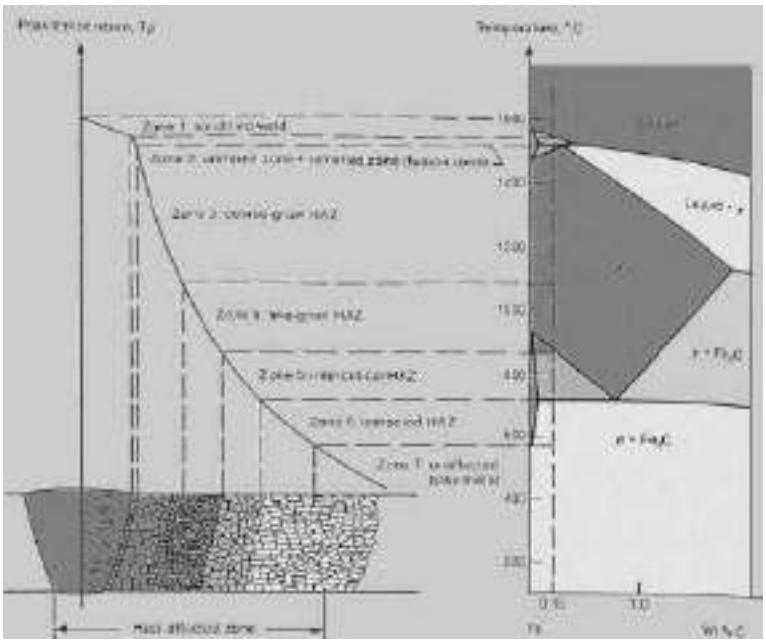


Gambar 2.7 Diagram fasa Besi-Besi Karbida (Fe-Fe_3C) (ASM Handbook, 1991)

Daerah pengelasan dalam baja karbon dapat berhubungan dengan diagram fasa Fe-C, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Daerah pengelasan dapat dianggap sesuai dengan area di benda kerja yang dipanaskan antara suhu kritis yang lebih tinggi dari A1 (suhu eutektoid) dan suhu peritektik.



Gambar 2.8 Pengelasan baja karbon, (a) Daerah pengelasan, (b) Diagram fasa (Kou, 2003)



Gambar 2.9 Transformasi fasa pada pengelasan baja karbon (Kou, 2003)

Pada Gambar 2.9 memperlihatkan pelat baja karbon yang dilas dengan suatu proses pengelasan tertentu. Struktur mikro baja karbon pada temperatur kamar adalah *ferrite* + *pearlite* (dengan asumsi baja tersebut hasil anil atau normal). Berdasarkan pemanasan yang terjadi, dapat dibedakan daerah-daerah dan struktur mikro sebagai berikut (Kou, 2003):

1. Daerah logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor (serupa dengan struktur yang dihasilkan proses pendinginan produk hasil pengecoran).
2. HAZ (*Heat Affective Zone*) menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa *austenite*. Ini yang disebut dengan daerah transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula *ferrite* + *pearlite* kemudian bertransformasi menjadi *austenite* 100%.
3. Daerah tidak terpengaruh panas (*base metal*). Walaupun mengalami pemanasan yang cukup tinggi tetapi daerah ini tidak termasuk daerah HAZ. Pada daerah ini tetap memiliki struktur mikro *ferrite* + *pearlite.*

2.2.5 Laju Pendinginan (*Cooling Rate*)

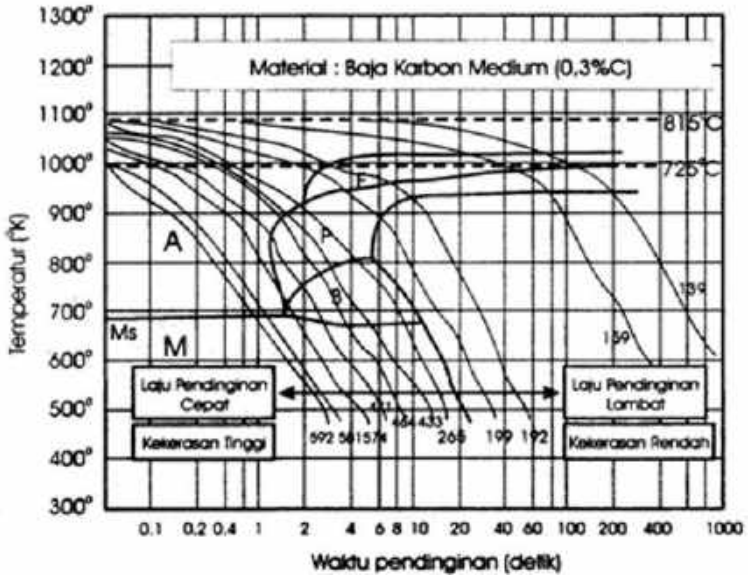
Berdasarkan *American Welding Society*, laju pendinginan pada proses pengelasan merupakan fungsi dari laju disipasi energi. Perhitungan laju pendinginan harus dilakukan pada suhu tertentu (T_C). Laju pendinginan untuk aplikasi pengelasan *single pass* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pelat tipis. Namun, hal ini tidak terlalu jelas apakah pelat yang digunakan termasuk dalam kategori tebal atau tipis. Karena alasan ini, maka sebaiknya untuk menentukan apakah pelat yang digunakan masuk dalam kategori pelat tebal atau tipis, dapat diketahui dengan menggunakan formula ketebalan pelat relatif seperti Persamaan (2.1) berikut ini, dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi (American Welding Society, 2001).

$$\tau = h\sqrt{\frac{\rho C(Tc-To)}{Hnet}} \tag{2.1}$$

Jika hasil dari ketebalan pelat relatif adalah lebih besar dari 0,9 maka untuk menghitung laju pendinginan menggunakan persamaan pelat tebal. Namun jika hasil ketebalan pelat relatif lebih kecil dari 0,6 maka menggunakan persamaan pelat tipis. Jika nilai dari ketebalan pelat relatif antara 0,6 sampai 0,9, maka persamaan pelat tebal digunakan untuk batas atas dan persamaan pelat tipis digunakan untuk batas bawah. Persamaan (2.2) merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung laju pendinginan pelat tipis, sedangkan Persamaan (2.3) merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung laju pendinginan pada pelat tebal, dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi (American Welding Society, 2001).

$$Rc = -2\pi k\rho C\left(\frac{h}{Hnet}\right)^2 (Tc-To)^3 \tag{2.2}$$

$$Rc = -\frac{2\pi k(Tc-To)^2}{Hnet} \tag{2.3}$$

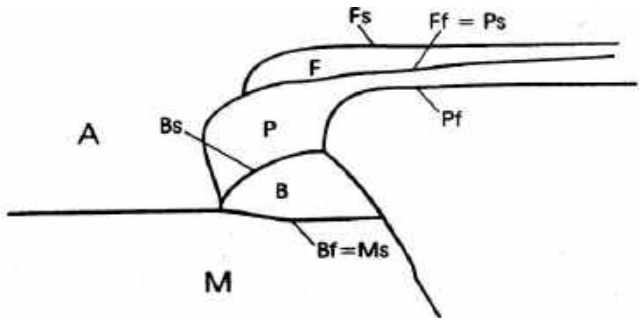


Gambar 2.10 Diagram CCT baja karbon medium (Sonawan, 2006)

Diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*) merupakan diagram Temperatur (T) vs Waktu (t) yang bermanfaat untuk memprediksi struktur mikro dan harga kekerasan di bawah laju pendinginan tertentu. Selain memperlihatkan hubungan temperatur dan waktu, pada diagram itu juga terdapat fasa-fasa yang mungkin terjadi pada kasus pendinginan tertentu. Gambar 2.10 merupakan diagram CCT pada baja karbon medium (0,3%). Diagram tersebut juga dapat dijadikan pendekatan terhadap baja karbon dengan kandungan karbon yang berbeda-beda. Apabila kadar karbon semakin kecil, maka kurva CCT akan bergeser kearah kiri dan atas, apabila kadar karbon semakin besar, maka kurva CCT akan bergeser kearah kanan dan bawah. Maka, untuk kasus pada penelitian ini dimana kadar karbon adalah lebih kecil dari 0,3 % maka kurva CCT bergeser kearah kiri dan atas.

Huruf A dalam diagram menyatakan fasa *austenite*, huruf F = *feritte*, P = *pearlite*, B = *bainite*, M = *martensite* dan Ms (atau *martensite start*) = garis transformasi mulai terbentuknya fasa *martensite*. Angka-angka ditiap garis pendinginan menyatakan angka kekerasan. Garis-garis yang ada pada diagram CCT merupakan batas antara satu fasa dengan fasa lain. Sebagai contoh daerah F merupakan daerah yang dibatasi oleh garis Fs dan Ff. Fs dan Ff berturut-turut berarti *feritte start* dan *feritte finish*. Garis Fs memiliki arti apabila suatu garis pendinginan mulai memotong garis ini maka pada saat ini terjadi transformasi

fasa, sedangkan bila garis pendinginan memotong garis Ff maka proses transformasi *feritte* telah selesai. Hal ini berlaku juga untuk transformasi lain seperti transformasi *pearlite, bainite* dan *martensite*. Seperti terlihat pada Gambar 2.11, garis *feritte finish* sama dengan garis *pearlite start*. Demikian juga garis *martensite start* sama dengan *bainite finish* (Sonawan, 2006).



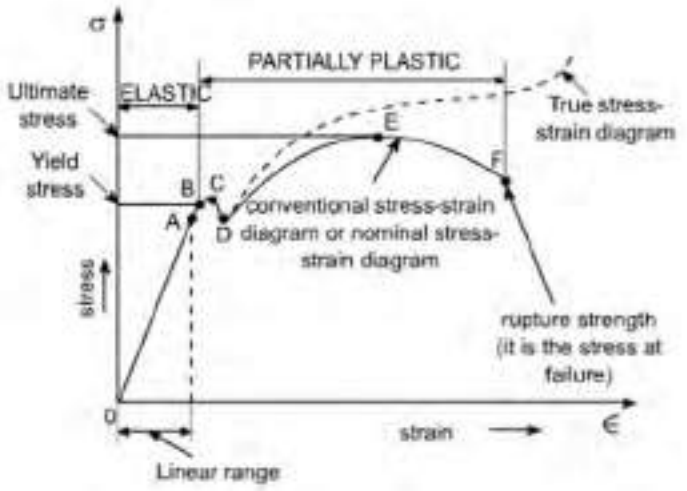
Gambar 2.11 Garis-garis transformasi pada diagram CCT (Sonawan, 2006)

2.2.6 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Dalam pengujian tarik sangat berkaitan dengan beban atau gaya yang diberikan pada benda uji, tegangan yang diterima serta regangan yang terjadi. Gaya adalah dorongan atau tarikan yang diberikan pada suatu benda. Suatu benda saat dikenai gaya yang cukup dapat mengakibatkan benda tersebut berubah bentuk. Tegangan timbul akibat adanya tekanan, tarikan, bengkokan, dan reaksi. Pada pembebanan tarik terjadi tegangan tarik, pada pembebanan tekan terjadi tegangan tekan, begitu pula pada pembebanan yang lain (Winarto, 2011). Persamaan (2.4) merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya gaya, sedangkan Persamaan (2.5) merupakan persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan, dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi. Gambar 2.12 menunjukkan grafik tegangan regangan pada pengujian tarik (Winarto, 2011).

$$F = m \times a \tag{2.4}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.5}$$



Gambar 2.12 Grafik tegangan - regangan (Winarto, 2011)

Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (2019) - *Volume* VI, *Section* 12, persyaratan minimum *tensile strength* pada pengelasan struktur lambung kapal untuk material *Grade* A adalah sebesar 400 N/mm^2, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.

Grade	Yield strength (weld metal) [N/mm²] (min.)	Tensile strength [N/mm²] (min.)	Elongation (weld metal L_0 = 5 d_0) [%] (min.)	Impact energy [J] Temp. [°C]	Impact energy [J] Manual and semi-mechanised PA, PC, PE	Impact energy [J] Manual and semi-mechanised PF, PG	Impact energy [J] Full mechanised	Bending angle (D = 4t)	Bending Elongation gauge length 2 L_0 [%]
A	305	400	22	+ 20	47	34	34	180°	22
B, D				0					
E				- 20					

Gambar 2.13 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai minimum *tensile strength* pada pengelasan struktur lambung kapal (Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

2.2.7 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

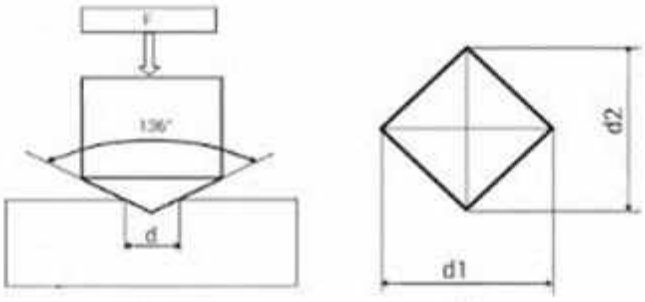
Kekerasan suatu bahan adalah kemampuan sebuah material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap identasi, tahan terhadap penggoresan, tahan terhadap aus, tahan terhadap pengikisan (abrasi). Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanis yang paling penting, karena

kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis yang lain, yaitu *strenght* (kekuatan) (Callister, 2004).

Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu:

1. Metode Pengujian Kekerasan *Brinell*
2. Metode Pengujian Kekerasan *Vickers*
3. Metode Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Dari ketiga metode tersebut, metode pengujian kekerasan *Vickers* yang digunakan. Metode pengujian kekerasan *Vickers* dilaksanakan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indentor intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136°. Penekanan oleh indentor akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji. Gambar 2.14 menunjukkan gambaran jejak akibat penekanan indentor pada benda uji.



Gambar 2.14 Jejak yang dihasilkan oleh penekanan indentor pada benda uji (Callister, 2004)

Untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji, maka diagonal rata-rata dari jejak tersebut harus diukur terlebih dahulu dengan memakai mikroskop. Angka kekerasan *Vickers* dapat diperoleh dengan membagi besar beban uji yang digunakan dengan luas permukaan jejak seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.6), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$HV = \frac{P}{A_p} \tag{2.6}$$

Jika D merupakan diagonal rata-rata dari jejak, maka luas permukaan jejak dapat ditentukan menggunakan Persamaan (2.7) dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$A = \frac{D^2}{2 \sin {}^{136^\circ}/_{2}} \tag{2.7}$$

Jadi angka kekerasan Vickers dapat diperoleh dengan Persamaan (2.8) dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$HV = 1.854 \frac{F}{D^2} \tag{2.8}$$

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (2019) – *Volume* VI *Section* 12 yang menunjukkan peraturan mengenai nilai kekerasan yang diijinkan untuk pengelasan struktur lambung kapal, menjelaskan bahwa uji kekerasan dapat dilakukan pada material dengan *yield strength* lebih dari atau sama dengan 355 N/mm^2. Hasil dari pengujian kekerasan tidak boleh lebih dari 350 HV10 untuk kasus baja dengan kekuatan tinggi, baja cor, dan material yang ditempa dengan nilai minimum *yield strength* kurang dari atau sama dengan 400 N/mm^2.

Berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (2019), diketahui bahwa nilai kekerasan yang diijinkan adalah di bawah 350 HV untuk material dengan kadar karbon tinggi atau *higher strength steel*, karena material dengan karbon tinggi lebih rentan untuk terjadi *martensite* pada pendinginan cepat. Lain hal nya pada material dengan kadar karbon rendah atau masuk dalam kategori baja lunak, dimana tidak ada peraturan khusus mengenai nilai kekerasan yang diijinkan karena material dengan kadar karbon yang rendah memiliki resiko yang kecil untuk menjadi *martensite* pada pendinginan cepat jika dibandingkan dengan material dengan kadar karbon tinggi.

2.2.8 Pengujian Pukul Takik (*Impact Test*)

Untuk menentukan sifat perpatahan suatu logam, keuletan maupun kegetasannya, dapat dilakukan suatu pengujian yang dinamakan dengan uji impak.

Pengujian impak menggunakan batang spesimen bertakik yang sudah distandarisasi. Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan benda untuk bersifat getas. Dengan pengujian impak dapat diketahui perbedaan sifat benda yang tidak teramati dalam uji tarik. (Moffatt, 1965).

Besarnya nilai energi impak (Joule) dapat dilihat pada skala mesin penguji, sedangkan besarya energi impak secara teoritis dapat dihitung dengan Persamaan (2.9) dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$\Delta E = W\, l\, (\cos\beta - \cos\alpha) \tag{2.9}$$

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (2019) - *Volume* VI, *Section* 12 yang menunjukkan peraturan mengenai nilai energi impak yang diijinkan pada pengelasan baja lambung kapal, menjelaskan bahwa persyaratan minimum energi impak pada *weld metal* sebesar 47 Joule, sementara untuk *fusion line* dan HAZ minimum 27 Joule, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.

Grade	Yield strength (weld metal) [N/mm²] (min.)	Tensile strength [N/mm²] (min.)	Elongation (weld metal L_0 = 5 d_0) [%] (min.)	Impact energy [1,3,4] (J) Temp. [°C]	Manual and semi-mechanised PA, PC, PE	Manual and semi-mechanised PF, PG	Full mechanised	Bending angle (D = 4t)	Bending Elongation gauge length 2 L_s [2] [%]
A[1]	305	400	22	+ 20	47	34	34	180[4]	22
B[1], D				0					
E				-20					

[1] Charpy-V- notch specimen, average value of three specimens
[2] The gauge length (L_0) = weld width (L_s) + half of the plate thickness on each side adjacent to the weld; see EN 910 / ISO 5173
[3] In the case of plate thickness > 50 mm, the requirement of the impact energy have to be agreed with BKI prior to testing.
[4] The impact requirement are valid for test pieces with weld perpendicular to the rolling direction of the plates.
[5] For grade A/B, the minimum value of impact energy is 27 J in the fusion line (FL) and in the heat affected zone (HAZ).
[6] For grade E47, diameter of mandrel (D) = 5 t.

Gambar 2.15 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia mengenai minimum energi impak pada pengelasan struktur lambung kapal (Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

2.2.9 Pengamatan Struktur Mikro

Metalografi adalah pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan presentase campuran dari logam tersebut. Metalografi terdapat dua jenis pemeriksaan yaitu makro dan mikro. Yang dimaksud dengan pemeriksaan makro adalah pemeriksaan bahan dengan mata langsung atau memakai kaca pembesar dengan pembesaran rendah, sedangkan pemeriksaan mikro ialah pemeriksaan bahan logam dimana bentuk kristal logam tergolong halus, sehingga diperlukan angka pembesaran lensa mikroskop antara 50 kali sampai 1000 kali atau lebih dengan menggunakan mikroskop optik. Metalografi merupakan suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan miroskop optik dan mikroskop elektron, sedangkan struktur yang terlihat pada mikroskop tersebut tersebut disebut mikrostruktur. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses, sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu (Callister, 2004). Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah (Callister, 2004):

a. Pemotongan (*Sectioning*).
b. Pengamplasan (*Grinding*).
c. Pemolesan (Polishing).
d. Etsa (*Etching*).
e. Pemotretan.

2.2.10 Analisis Faktor-faktor Pengujian

Pengujian menggunakan metode Anova dan juga Friedman dapat dilakukan untuk menguji pengaruh variasi (faktor) pada suatu pengujian atau percobaan terhadap nilai tertentu. Pada Sub Bab 2.2.10.1 dan Sub Bab 2.2.10.2 menjelaskan mengenai kedua metode tersebut.

2.2.10.1 Anova (*Analysis of Variance*)

Analisis varians (*analysis of variance*) atau ANOVA adalah suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Uji dalam anova menggunakan uji F karena dipakai untuk pengujian lebih dari 2 sampel. Dalam praktik, analisis varians dapat merupakan uji hipotesis (lebih sering dipakai)

maupun pendugaan atau estimasi (khususnya di bidang genetika terapan) (Walpole, 1995).

Anova digunakan untuk membandingkan rata-rata populasi bukan ragam populasi. Jenis data yang tepat untuk Anova adalah nominal dan ordinal pada variabel bebasnya, jika data pada variabel bebasnya dalam bentuk interval atau ratio maka harus diubah dulu dalam bentuk ordinal atau nominal. Sedangkan variabel terikatnya adalah data interval atau ratio. Anova lebih akurat digunakan untuk sejumlah sampel yang sama pada setiap kelompoknya. Adapun asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian adalah (Walpole, 1995):

1. Distribusi data harus normal. Untuk menguji normalitas data dapat menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*. Konsep dasar dari uji normalitas *Kolmogorov Smirnov* adalah dengan membandingkan distribusi data (yang akan diuji normalitasnya) dengan distribusi normal baku.
2. Kesamaaan variansi setiap kelompok hendaknya berasal dari popolasi yang sama dengan variansi yang sama pula. Bila banyaknya sampel sama pada setiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan. Tapi bila banyak sampel pada masing masing kelompok tidak sama maka kesamaan variansi populasi sangat diperlukan.
3. Pengamatan bebas sampel hendaknya diambil secara acak (random), sehingga setiap pengamatan merupakan informasi yang bebas.

Analisis ANOVA digunakan pada penelitian percobaan dimana terdapat beberapa perlakuan. Peneliti ingin menguji, apakah ada perbedaan bermakna antar perlakuan tersebut. Mengingat uji Anova ini banyak digunakan dalam penelitian percobaan, maka uji anova dapat dibagi berdasarkan desainnya (Gaspersz, 1991).

1. Anova satu arah, merupakan Anova yang didasarkan pada pengamatan satu kriteria atau satu faktor yang menimbulkan variasi.
2. Anova dua arah, merupakan Anova yang didasarkan pada pengamatan dua kriteria atau dua faktor yang menimbulkan variasi.
3. Multivariat Anova (Manova), merupakan Anova yang didasarkan pada pengamatan banyak kriteria.

Anova dua arah digunakan apabila sumber keragaman yang terjadi tidak hanya karena satu faktor (perlakuan). Faktor lain yang mungkin menjadi sumber keragaman respon juga harus diperhatikan. Faktor lain ini bisa perlakuan lain atau faktor yang sudah terkondisi. Pertimbangan memasukkan faktor kedua sebagai sumber keragaman ini perlu bila faktor itu dikelompokkan (blok), sehingga keragaman antar kelompok sangat besar, tetapi kecil dalam kelompok sendiri. Tujuan dan pengujian Anova dua arah ini adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan Anova dua jalur (Gaspersz, 1991):

a. Identifikasi jumlah perlakuan (t) dan jumlah blok (r).
b. Hitung jumlah pengamatan total dengan Persamaan (2.10), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$n = r \times t \tag{2.10}$$

c. Hitung jumlah kuadrat total dengan Persamaan (2.11), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$SS_T = \sum (X_{ij})^2 - \frac{(\sum T_j)^2}{n} \tag{2.11}$$

d. Hitung jumlah kuadrat perlakuan dengan Persamaan (2.12), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$SS_P = \sum \frac{\sum (P_i)^2}{r} - \frac{(\sum T_j)^2}{n} \tag{2.12}$$

e. Hitung jumlah kuadrat antar blok dengan Persamaan (2.13), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$SS_B = \sum \frac{\sum (B_i)^2}{t} - \frac{(\sum T_j)^2}{n} \quad (2.13)$$

f. Mencari harga F hitung dengan menggunakan Persamaan (2.14) dan Persamaan (2.15), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$\text{F hitung (antar blok)} = \frac{MS_B}{MS_E} \quad (2.14)$$

$$\text{F hitung (antar perlakuan)} = \frac{MS_P}{MS_E} \quad (2.15)$$

Hasil dari seluruh perhitungan dapat disajikan pada tabel seperti yang tertera pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kalkulasi perhitungan Anova Dua Jalur

Sumber Variasi	df	SS	MS	F-HITUNG
Antar Blok	t-1	SS_B	$MS_B = \frac{SS_B}{r-1}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
Antar Perlakuan	r-1	SS_P	$MS_P = \frac{SS_P}{t-1}$	$\frac{MS_P}{MS_E}$
Dalam Perlakuan (error)	(n-1)-(r-1)-(t-1)	$SS_E = SS_T - SS_B - SS_P$	$\frac{MS_E}{(n-1)-(r-1)-(t-1)}$	
Total	n-1	SS_T		

Sumber: Gaspersz, 1991

g. Setelah mendapatkan nilai F hitung, langkah selanjutnya adalah menentukan harga F tabel dengan mempertimbangkan:
   (1) Tingkat signifikansi (α), menggunakan 0,05 dengan artian rentang kesalahan sebesar 5%.
   (2) df 1 atau N1, yaitu df dari nilai MS terbesar, yang nantinya akan menjadi *degree of freedom* (df) penyebut, dan menentukan letak kolom pada tabel F.
   (3) df 2 atau N2, yaitu df dari nilai MS terkecil, yang nantinya akan menjadi *degree of freedom* (df) pembilang, dan menentukan letak baris pada tabel F.

h. Bandingkan harga F Hitung dengan F tabel.
   (1) Bila F Hitung < F tabel, maka Ho diterima, yang berarti rata-rata kedua perlakuan tidak berbeda secara signifikan,

(2) Bila F Hitung > F tabel, maka Ho ditolak dan H1 diterima, yang berarti rata-rata kedua perlakuan berbeda secara signifikan.

2.2.10.2 Uji Friedman

Uji Friedman merupakan metode didalam statistik nonparametik yang digunakan untuk menganalisis ragam dua arah dengan pengambilan data secara independen, yang artinya suatu perlakuan atau variasi memiliki data tersendiri dan data tersebut tidak berhubungan dengan data pada variasi yang lainnya. Perhitungan pada pengujian Friedman menggunakan peringkat-peringkat yang diurutkan dari hasil pengamatan yang diukur dengan skala yang tinggi, atau peringkat-peringkat itu merupakan hasil pengamatan sejatinya sendiri. Pengujian ini digunakan dengan tidak mempertimbangkan asumsi kenormalan dari distribusi sampel (Daniel, 1978).

Uji Friedman mensaratkan tidak ada pengulangan (*replication*) bagi perlakuan yang diberikan kepada unit-unit percobaan. Maksudnya, hanya ada tepat satu pengamatan untuk setiap perlakuan didalam setiap blok. Selain itu, perlakuan yang digunakan setidak-tidaknya sebanyak tiga perlakuan. Statistik uji Friedman dapat ditentukan melalui prosedur berikut (Daniel, 1978):

1. Urutkan pengamatan-pengamatan dalam setiap kelompok secara terpisah,
2. Jika terdapat ties (nilai yang sama) dalam kelompok, beri peringkat tengah (mid-rank)
3. Statistik uji Friedman dapat diperoleh melalui Persamaan (2.16), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$X_r^2 = \frac{12}{bk(k+1)} \sum_{j=1}^{k} R_j^2 - 3b(k+1) \tag{2.16}$$

2.2.11. Analisis Hubungan Dua Variabel

Menganalisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel yang terdapat pada model regresi. Nilai dari korelasi adalah antara 1 dan -1. Jika nilai korelasi yang dihasilkan mendekati 1 artinya terdapat hubungan yang kuat positif (saling berkaitan) antara variabel x dan variabel y, sebaliknya jika nilai

korelasi yang dihasilkan mendekati -1 artinya terdapat hubungan yang kuat (negatif) antara x dan y. Sedangkan jika nilai korelasi yang dihasilkan adalah 0 artinya tidak ada korelasi antara variabel x dan variabel y. Dapat juga diartikan bahwa semakin besar nilai dari variabel x, maka semakin besar pula nilai dari variabel y, demikian pula sebaliknya (Walpole, 1995). Persamaan koefisien korelasi ditunjukkan pada Persamaan (2.17), dimana fungsi dari formula nya dijelaskan pada Daftar Notasi.

$$R = \frac{n\Sigma_i^n x_i y_i - (\Sigma_i^n x_i)(\Sigma_i^n y_i)}{\sqrt{[n\Sigma_i^n x_i^2 - (\Sigma_i^n x_i)^2][n\Sigma_i^n y_i^2 - (\Sigma_i^n y_i)^2]}} \tag{2.17}$$

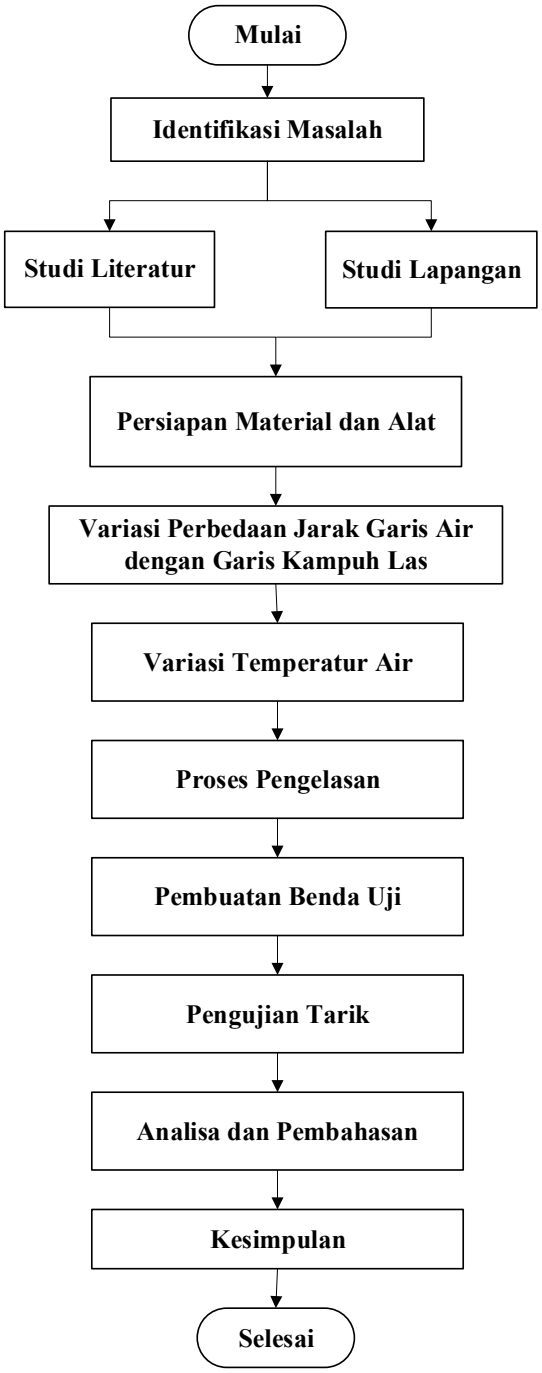
Perlu diketahui bahwa hasil dari koefisien korelasi hanya bisa digunakan sebagai indikasi awal dalam analisa. Nilai dari koefisien korelasi tidak dapat menggambarkan hubungan sebab akibat antara variabel x dan y. Selain itu, dalam menganalisa hubungan antara x dan y, tentunya harus didasarkan adanya hubungan yang logis antara kedua variabel tersebut (Walpole, 1995).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir dalam penelitian ini. Metodologi penelitian ini mencakup seluruh proses kegiatan yang dilakukan selama proses penelitian dari awal hingga akhir penelitian.

3.2 Identifikasi Masalah

Kegiatan awal yang dilakukan dalam penulisan tesis ini adalah mengidentifikasi masalah, dimana di galangan-galangan kapal sering sekali terjadi proses pengelasan *replating* lambung kapal yang dilakukan di atas permukaan air. Proses ini tidak memperhitungkan jarak garis kampuh las dengan permukaan air dan juga temperatur air. Hal ini mengakibatkan adanya proses pendinginan yang cepat pada baja saat terjadinya proses pengelasan, dimana diketahui bahwa sifat mekanis dan juga fasa pada suatu logam dapat berubah akibat proses laju pendinginan yang berbeda.

3.3 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang teori-teori dasar permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan studi terhadap referensi-referensi yang terdapat pada jurnal, internet, *rules*, dan buku-buku materi penunjang. Studi lapangan dilakukan untuk mempelajari lebih dalam tentang permasalahan yang diangkat dalam penelitian. Dengan tujuan untuk menambahkan pengetahuan tentang teori dengan pengaplikasian yang terdapat di lapangan untuk penyempurnaan penelitian yang diangkat ini.

3.4 Desain Eksperimen

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode berbasis percobaan dan pengujian terhadap material. Prosesnya diawali dengan persiapan material, persiapan proses pengelasan termasuk melakukan pengaturan variasi atau perlakuan, setelah itu proses pengelasan dapat dilakukan. Tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji yang mengacu pada peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, selanjutnya dapat dilakukan pengujian, menganalisa hasil pengujian, dan menarik kesimpulan dari hasil pengujian. Seluruh proses tersebut dijelaskan secara terperinci pada Sub Bab 3.5 sampai dengan Sub Bab 3.12.

3.5 Persiapan Material dan Alat

3.5.1 Persiapan Material

Material yang digunakan adalah baja *Grade* A yang merupakan jenis baja karbon rendah dengan kadar di bawah 0,3 %. Material yang digunakan merupakan material sesuai standard Biro Klasifikasi Indonesia yang digunakan pada badan kapal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. *Mill Test Certificate* akan disertakan dalam Lampiran A.

Gambar 3.2 Material baja *Grade* A

Material yang akan dilas dipotong-potong sesuai dengan ukuran yang akan digunakan. Setelah itu material di bevel pada salah satu sisi nya dengan sudut 30˚ sesuai dengan kondisi pengelasan *replating* lambung kapal di lapangan. Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 merupakan proses pembuatan bevel serta hasil bevel pada material. Proses pembuatan bevel material pada penelitian ini, dilakukan di Bengkel Menejemen dan Produksi, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

Gambar 3.3 Proses pembuatan bevel pada material

Gambar 3.4 Hasil bevel pada material (*single bevel butt*)

Setelah semua material selesai dibevel, maka langkah selanjutnya adalah membersihkan dan meratakan permukaan yang akan dilas dengan cara digerinda sampai permukaan rata dan bersih dari *spatter* bekas proses pemotongan dan pembevelan. Langkah selanjutnya setelah material selesai dibevel adalah pemasangan tanggem. Fungsi dari pemasangan tanggem ini adalah untuk mengurangi deformasi akibat pengelasan, serta dapat mempermudah dalam proses pengelasan dimana nantinya tanggem akan dilas pada pelat melintang pada bak uji. Proses pemasangan tanggem diawali dengan menentukan *welding gap*, lebar *welding gap* sesuai dengan diameter elektroda yang digunakan, lalu tanggem di las ikat pada material, langkah terakhir adalah melakukan pengelasan pada tanggem dan material. Gambar 3.5 merupakan material uji yang telah ditanggem.

Gambar 3.5 Material yang sudah di tanggem

3.5.2 Peralatan yang dibutuhkan

- Mesin las SMAW dan elektroda dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - Spesifikasi Mesin Las

    Model : LHE 300

    Voltase : 27 Volt

Arus : 180 Ampere
Polaritas : DCEP

- Spesifikasi Elektroda

Merk : KOBE STEEL
Type : LB-52 – E 7016
Panjang : 350 mm
Diameter : 3,2 mm
Nilai Tensile : 70000 Psi

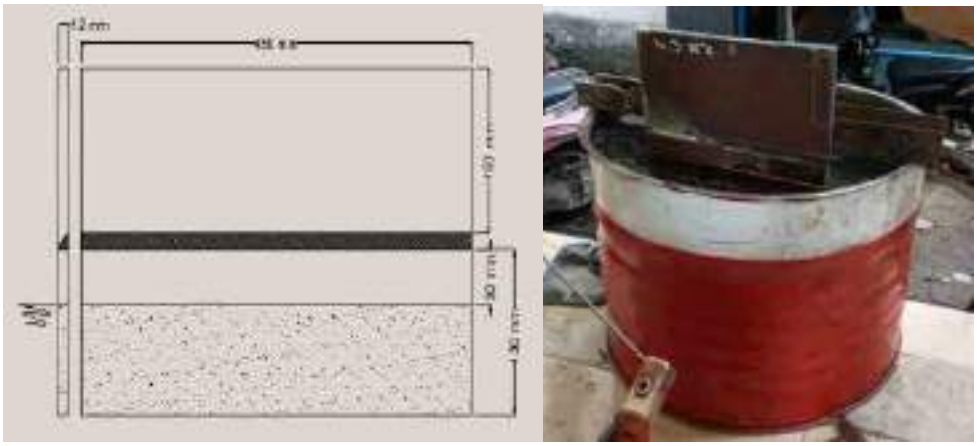
- Tang ampere, digunakan untuk mengukur arus (Ampere) dan tegangan (Volt) selama proses pengelasan.
- *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu pengelasan.
- Perkakas, digunakan untuk menunjang pekerjaan pengelasan hingga pembentukan material.
- Alat Pelindung Diri (APD), digunakan untuk kesehatan dan keselamatan pekerja.
- Mesin Frais, digunakan untuk proses *machining* dari hasil pemotongan material yang telah dilas untuk dibentuk sesuai dengan syarat dimensi spesimen yang digunakan pada pengujian.
- Mesin uji tarik, digunakan untuk melakukan proses pengujian tarik pada spesimen untuk mendapatkan data yang akan dianalisis.
- Mesin uji kekerasan, digunakan untuk melakukan proses pengujian kekerasan pada spesimen untuk mendapatkan data yang akan dianalisis.
- Mesin uji impak, digunakan untuk melakukan proses pengujian impak pada spesimen untuk mendapatkan data yang akan dianalisis.
- Mesin uji *micro etsa*, dalam penelitian ini uji mikro salah satu yang akan dianalisis. Mikroskop uji *micro etsa* diperlukan untuk mendapatkan hasil *micro etsa* pada spesimen.
- Bak air, digunakan selama proses pengelasaan pada kondisi *floating.* Bak air yang digunakan terbuat dari baja dan dilengkapi dengan kran dibagian bawah

untuk mensirkulasikan air selama proses pengelasan berlangsung. Gambar 3.6 merupakan Bak air yang digunakan pada penelitian ini.

Gambar 3.6 Bak air beserta *inlet* dan *outlet* air

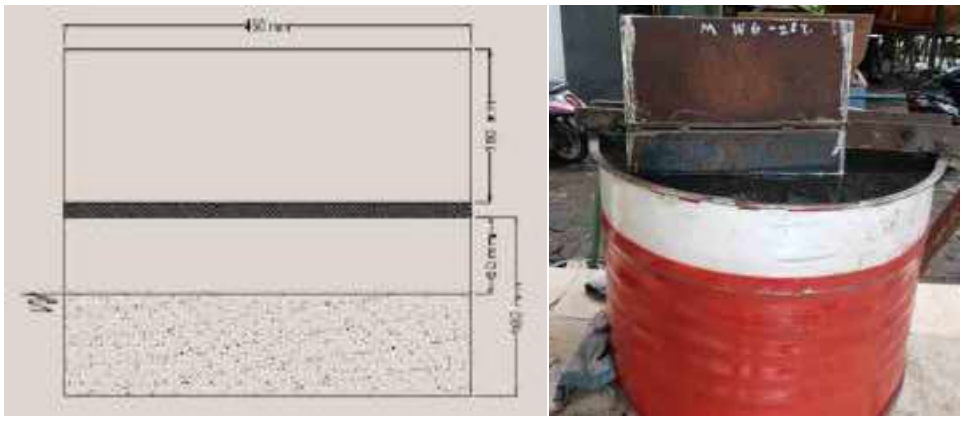
3.6 Variasi Perbedaan Jarak Pengelasan dengan Permukaan Air

Variasi perbedaan jarak pengelasan dengan permukaan air dilakukan dengan cara mencelupkan material kedalam air, setelah itu melakukan pengelasan dalam kondisi material tercelup pada air. Jarak garis kampuh las dengan jarak permukaan air yang digunakan adalah 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm. Ilustrasi dan gambar pengaturan pengelasan pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las ditunjukkan pada Gambar 3.7 sampai dengan Gambar 3.10.



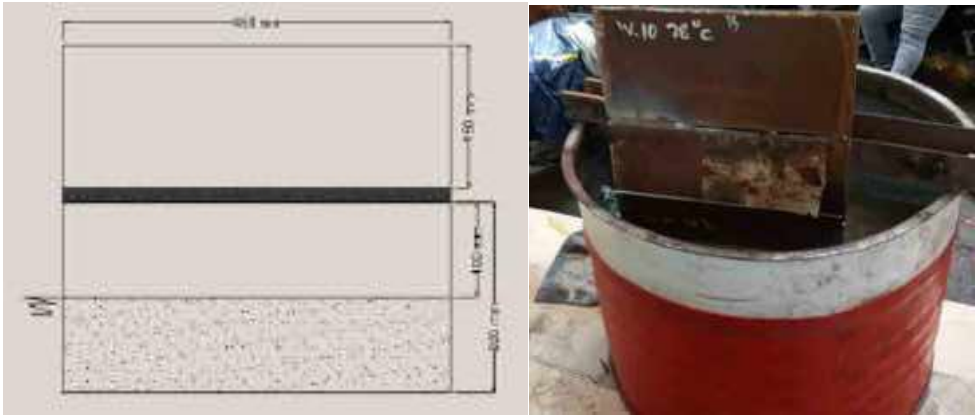
(a) (b)

Gambar 3.7 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 30 mm



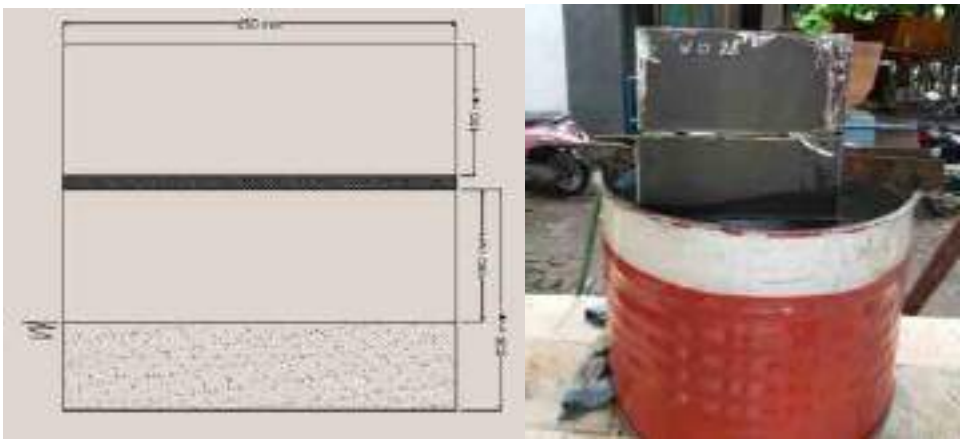
(a) (b)

Gambar 3.8 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 60 mm



(a) (b)

Gambar 3.9 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 100 mm



(a) (b)

Gambar 3.10 (a) Ilustrasi, dan (b) Pengaturan pengelasan variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm

3.7 Variasi Temperatur Air

Pada tahap ini akan dilakukan variasi terhadap temperatur air. Berdasarkan data yang diperoleh dari Pusat Riset Kelautan (Pusriskel) – Kementerian Kelautan dan Perikanan – RI, mengenai temperatur perairan di Indonesia yang berkisar antara 24˚C sampai 32˚C, maka dalam penelitian ini akan menggunakan variasi temperatur air sebesar 25˚C, 28˚C, 30˚C dan 32˚C.

Untuk menjaga temperatur air pada saat pengelasan agar tetap stabil sesuai temperatur yang diharapkan, langkah yang dilakukan adalah:

1. Menyirkulasi air dengan cara mengalirkan air yang baru kedalam bak air agar air didalam bak tidak terpengaruh rambatan panas akibat proses pengelasan. Proses ini dilakukan sebagai pendekatan dengan kondisi sesungguhnya yang terjadi dilapangan. Cara untuk menyirkulasikan air adalah dengan memberikan lubang *outlet* pada bak air, kemudian lubang *outlet* dipasang kran agar dapat diatur banyaknya debit air yang keluar, sehingga variasi ketinggian garis air tetap dapat dijaga.
2. Memasukkan *ice cube* pada air yang digunakan untuk merendam material selama proses pengelasan. *Ice cube* diberikan sesuai dengan kebutuhan temperatur yang ingin dijaga pada air.
3. Memantau temperatur air secara berkala pada saat proses pengelasan menggunakan *temperatur gun,* sehingga temperatur air selama proses pengelasan dapat dijaga sesuai dengan variasi yang diberikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.

(a) (b) (c) (d)

Gambar 3.11 Variasi temperatur air, (a) 25˚C, (b) 28˚C, (c) 30˚C, (d) 32˚C

3.8 Proses Pengelasan SMAW

Pada tahap ini, akan dilakukan pengerjaan pengelasan pada material yang akan dijadikan benda uji. Pengelasan dilakukan menggunakan proses SMAW, dengan posisi 2G, menggunakan *single bevel butt*, sesuai dengan kondisi pengelasan *replating* lambung kapal di lapangan. Pengelasan dilakukan di atas permukaan air dan juga pada saat di darat agar dapat dibandingkan sifat mekanis dan hasil struktur mikronya. Proses pengelasan pada penelitian ini, dilakukan di Bengkel Menejemen dan Produksi - Fakultas Teknologi Kelautan – ITS, dan di CV. Bangkit Bangun Bersama – Kalitidu – Kabupaten Bojonegoro.

Langkah awal sebelum memulai proses pengelasan adalah memasangkan pelat melintang pada bak air dengan cara pelat melintang di las ikat pada bak air (bahan bak air adalah baja karbon), seperti terlihat pada Gambar 3.12. Pelat melintang ini berfungsi untuk meletakkan material yang telah ditanggem dengan cara mengelas tanggem dan pelat melintang, hal ini bertujuan agar posisi material dapat menggantung sehingga ketinggian air yang diharapkan dapat diatur.

Gambar 3.12 Pemasangan pelat melintang pada bak air

Langkah selanjutnya adalah mengisi bak dengan air. Pada saat pengisian air ini, kran (*outlet*) ditutup. Air diisikan kedalam bak sampai kondisi hampir mendekati bibir bak agar mempermudah proses pengelasan. Setelah air diisikan kedalam bak, langkah selanjutnya adalah pemasangan material yang telah di tanggem pada pelat melintang. Prosesnya adalah dengan cara melakukan las ikat

antara tanggem dengan pelat melintang, dengan posisi garis air yang telah ditentukan. Gambar 3.13 merupakan hasil dari pengaturan variasi ketinggian air.

Gambar 3.13 Hasil pengaturan material terhadap variasi ketinggian air

Setelah material yang akan dilas sudah selesai diatur sesuai dengan ketinggian garis air yang divariasikan, selanjutnya adalah mengatur debit air yang masuk dan keluar dari bak air. Debit air yang masuk dan keluar ini harus sama agar ketinggian air tetap konstan sesuai dengan variasi ketinggian air. Setelah itu temperatur air sebelum pengelasan diukur sesuai dengan variasi temperatur air yang digunakan pada penelitian ini. Selama proses pengelasan, ketinggian air dan juga temperatur air tetap dijaga sesuai dengan variasi masing-masing. Gambar 3.14 (a) menunjukkan proses pengelasan dengan material diatas permukaan air.

(a) (b)

Gambar 3.14 Proses pengelasan, (a) Di atas permukaan air, (b) Di darat

Untuk proses pengelasan di darat seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14 (b), langkah-langkahnya sama seperti pengelasan pada umumnya, yaitu membuat *welding gap*, memasang tanggem pada material, setelah itu dilakukan proses

pengelasan pada posisi 2G. Selama proses pengelasan berlangsung, baik pengelasan di atas permukaan air ataupun pengelasan di darat, dilakukan pengukuran besarnya arus (Ampere), tegangan (Volt), dan waktu (menit) menggunakan tang ampere dan *stopwatch* agar dapat diketahui besarnya masukan panas atau *heat input*.

Selama proses pengelasan berlangsung, baik pengelasan pada kondisi *floating* ataupun pengelasan di darat, dilakukan pengukuran besarnya arus (Ampere), tegangan (Volt), dan waktu (menit) menggunakan tang ampere dan *stopwatch* agar dapat diketahui besarnya masukan panas atau *heat input*.

3.9 Benda Uji

Pada penelitian ini, proses pemotongan *work pieces* dilakukan di Labroratorium Kekuatan dan Konstruksi Kapal – FTK – ITS, sedangkan proses pembuatan benda uji dilakukan di Bengkel Las dan Bengkel Perkakas, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

3.9.1 Work Piece

Dimensi *work piece* disesuaikan dengan kebutuhan jumlah benda uji untuk masing-masing pengujian serta disesuaikan dengan variasi jarak garis air dan garis kampuh las pada penelitian ini. Ilustrasi dan perencanaan pemotongan *work piece* ditunjukkan pada Gambar 3.15.

(a) (b)

Gambar 3.15 (a) Ilustrasi dan (b) Perencanaan pemotongan *work piece* untuk dijadikan benda uji

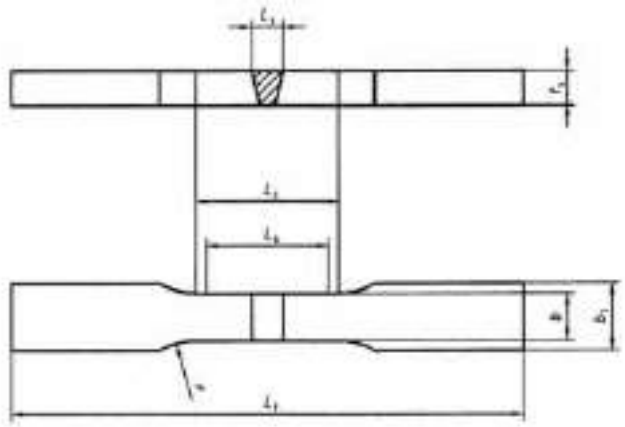
Proses pemotongan *work piece* dilakukan dengan menggunakan mesin gergaji potong, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.16. Hasil pemotongan *work piece* ditunjukkan pada Gambar 3.17.

Gambar 3.16 Pemotongan *work piece* menggunakan mesin gergaji

Gambar 3.17 Hasil pemotongan *work piece*

3.9.2 Benda Uji *Tensile Test*

Biro Klasifikasi Indonesia 2019, *Volume* VI, *Section* 11, telah mengatur dimensi benda uji untuk pengujian tarik seperti ditunjukkan pada Gambar 3.18.

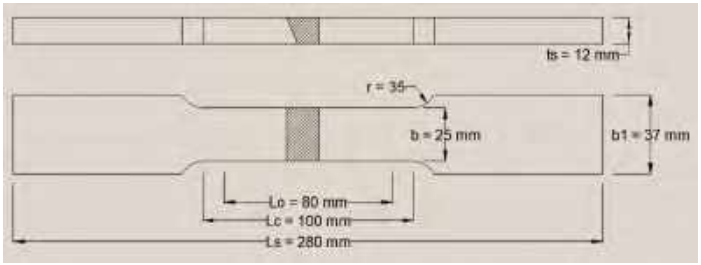


Denomination		Symbol	Dimensions (mm)
Total length of the specimen		L_t	to suit particular testing machine
Width of shoulder		b_1	b + 12
Width of the parallel length	Plates	b	12 for $t_s \leq 2$
			25 for $t_s > 2$
	Pipes	b	6 for D ≤ 50
			12 for 50 < D ≤ 168,3
			25 for D 168,3
Parallel length		L_c	$\geq L_s + 60$
Radius at shoulder		r	≥ 25

Note:
L_s = maximum width of the weld after machining
t_s = thickness of the test specimen

Gambar 3.18 *Flat tensile specimen* (Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

Berdasarkan standard dimensi untuk pengujian tarik dari Biro Klasifikasi Indonesia (2019), *Volume* VI, *Section* 11, dimensi benda uji dan benda uji pengujian tarik pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.19 dan Gambar 3.20.

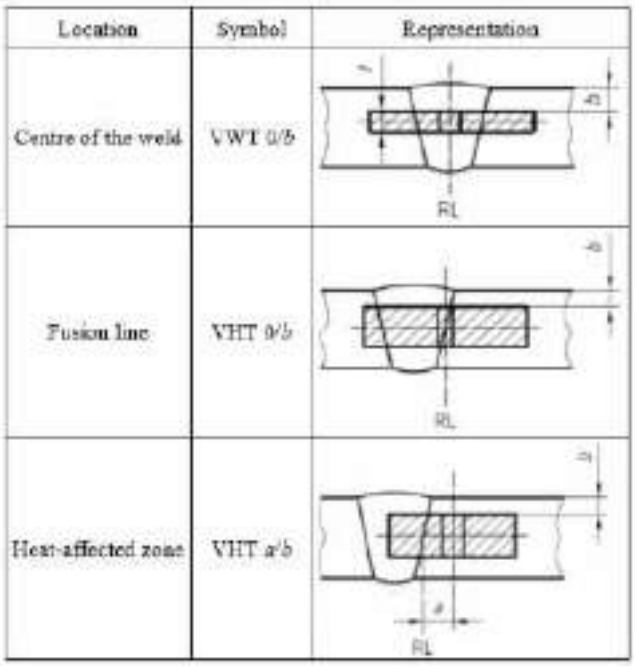


Gambar 3.19 Dimensi benda uji *tensile test*

Gambar 3.20 Benda uji *tensile test*

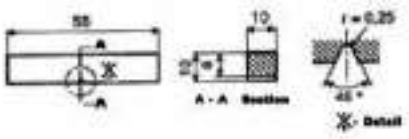
3.9.3 Benda Uji *Impact Test*

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (2019), *Volume* VI, *Section* 11, dijelaskan lokasi takikan pada uji impak ditunjukkan pada Gambar 3.21 berikut:



Gambar 3.21 Lokasi takikan pada pengujian impak (Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

Dimensi benda uji pengujian impak dijelaskan pada Biro Klasifikasi Indonesia (2019), *Volume* VI, *Section* 11, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.22. Maka berdasarkan peraturan tersebut, benda uji impak pada penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 3.23.



Dimension	Nominal size	Tolerance
Length	55 mm	± 0,60 mm
Width	10 mm	± 0,11 mm
Height	10 mm	± 0,06 mm
Notch angle	45°	± 2°
Height from bottom of notch	8 mm	± 0,06 mm
Notch radius	0,25 mm	± 0,025 mm
Distance between center of notch and ends of specimen	27,5 mm	± 0,42 mm
Angle between plane of symmetry of notch and longitudinal axis of specimen	90°	±2°
Angle between adjacent longitudinal specimen surfaces	90°	± 2 °

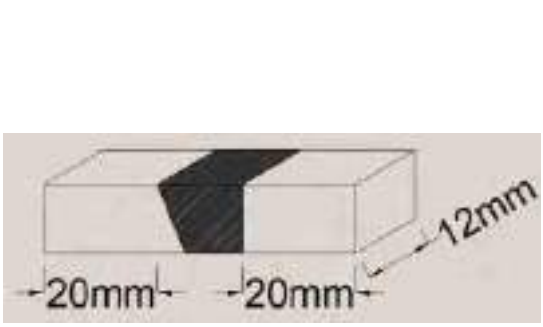
Gambar 3.22 Dimensi spesimen uji impak (Biro Klasifikasi Indonesia, 2019)

(a) (b)

Gambar 3.23 Benda uji *impact test*, (a) Tampak atas, (b) Tampak samping

3.9.4 Benda Uji *Micro Etsa* dan *Hardness Test*

Benda uji yang digunakan untuk pengujian struktur mikro dan *hardness test* adalah benda uji yang sama. Setelah benda uji selesai diuji struktur mikronya, maka benda uji tersebut dapat digunakan untuk pengujian kekerasan. Dimensi benda uji *micro etsa* dan *hardness test* diambil kurang lebih 20 mm dari kanan dan kiri *weld toe*, dengan lebar kurang lebih 12 mm, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.24 (a). Gambar 3.24 (b) merupakan salah satu benda uji *micro etsa* dan *hardness test* yang digunakan pada penelitian ini.



(a) (b)

Gambar 3.24 (a) Dimensi benda uji, dan (b) Benda uji *micro etsa* dan *hardness*

3.9.5 Jumlah Benda Uji

Tabel 3.1 menunjukkan kebutuhan benda uji untuk satu variabel yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Kebutuhan benda uji untuk satu variabel

No	Jenis Pengujian	Lokasi	Jumlah Benda Uji
1.	*Tensile Test*	-	3
2.	*Hardness Test + Micro Etsa*	WM, FL, HAZ, dan BM	1
3.	*Impact Test*	*Weld Metal* (WM)	3
		Fusion Line (FL)	3
		Heat Affected Zone (HAZ)	3

Pada pengujian uji tarik disediakan tiga benda uji untuk satu variabel. Begitu juga pada pengujian impak, disediakan tiga benda uji pada setiap lokasi untuk satu varibel pengujian. Tujuan disediakannya tiga benda uji adalah agar data yang didapat lebih valid, yaitu dengan cara melihat konsistensi dari hasil uji ketiga benda uji, lalu mengambil nilai rata-rata dari konsistensi benda uji. Pengujian kekerasan dan struktur mikro disediakan satu benda uji, dimana benda uji tersebut dapat mewakili keempat lokasi yaitu *weld metal, fusion line*, HAZ, dan *base metal*. Pada pengujian kekerasan, setiap lokasi diuji kekerasannya sebanyak tiga titik, untuk didapatkan konsistensi hasil, dan nilai rata-rata dari konsistensi pada setiap titiknya.

3.10 Pengujian

Untuk mengetahui bagaimana sifat mekanis dan struktur mikro dari variabel pada penelitian ini, maka dilakukan pengujian pada hasil lasan. Jenis dari pengujian yang dilakukan adalah pengujian merusak atau *destructive test*. Pada penelitian ini, proses pengujian dilakukan di Laboratorium Kekuatan dan Konstruksi, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun jenis-jenis pengujian dan langkah pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

3.10.1 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

- Siapkan benda uji yang akan diuji, lalu ukur lebar dan tebal benda uji, setelah itu hitung CSA nya.
- Pasang dan jepit benda uji pada mesin uji tarik, penjepitan benda uji harus dilakukan dengan kencang.
- Atur jarum indikator pada posisi nol (tidak ada beban).
- Siapkan pencatatan data untuk mencatat berapa perhitungan yang dilakukan oleh *dial indicator*.
- Berikan pembebanan uji tarik terhadap masing-masing benda uji sampai benda uji putus.
- Lepaskan benda uji, lalu satukan seperti semula.

3.10.2 Pengujian Impak (*Impact Test*)

- Siapkan benda uji yang akan diuji sesuai dengan standard.
- Mengatur *dial indicator* jarum penunjuk energi (Joule) ke posisi yang diinginkan.
- Meletakkan benda uji pada landasan uji dengan menggunakan penjepit, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.25. Proses ini dilakukan dengan teliti agar takikan berada tepat ditengah.

Gambar 3.25 Peletakan benda uji impak menggunakan metode *Charpy*

- Menarik lengan *holder* keatas untuk melepaskan *socket screw,* sehingga batang pendulum jatuh dan menabrak benda uji.
- Setelah benda uji patah, gunakan *handbrake* untuk menghentikan laju pendulum.
- Langkah terakhir, catat besar beban impak yang terbaca pada *dial indicator*.

3.10.3 Pengujian Mikro Struktur (*Micro Etsa*)

- Pemotongan benda uji.
- Proses *polishing* meliputi :
  - Mengambil kertas gosok yang paling kasar yang telah digunting sesuai dengan bentuk piringan *hand grinding* dan pasang pada *polishing machine*.
  - Menyalakan *polishing machine*, buka katup hingga air mengalir di kertas gosok tersebut dan sampai permukaan halus.

    Gambar 3.26 menunjukkan proses pemolesan benda uji.

Gambar 3.26 Proses *polishing*

- Mengangkat benda uji dan amati permukaan yang digosok. Bila masih ada goresan yang tidak searah dengan orientasi gosokkan, gosok lagi sampai tidak ada lagi goresan yang tidak searah.
- Bila goresan sudah searah, matikan *polishing machine* dan aliran air, kemudian ganti kertas gosok dengan *grid* yang lebih halus (120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1500, dan 2000) dan gosok lagi seperti langkah sebelumnya.
- Bila proses *polishing* telah selesai, matikan *polisher* kemudian cuci spesimen dengan air.
- Selanjutnya, pasang kain bludru yang telah digunting sesuai dengan bentuk piringan *hand grinding* dan pasang pada *polishing machine*.
- Menyalakan *polishing machine*, buka katup hingga air mengalir pada kain bludru, lalu tuangkan satu sendok kecil bubuk alumina, setelah itu gosok benda uji seperti langkah-langkah sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk meemperjelas tampilan *weld metal, fusion line*, maupun HAZ pada benda uji.

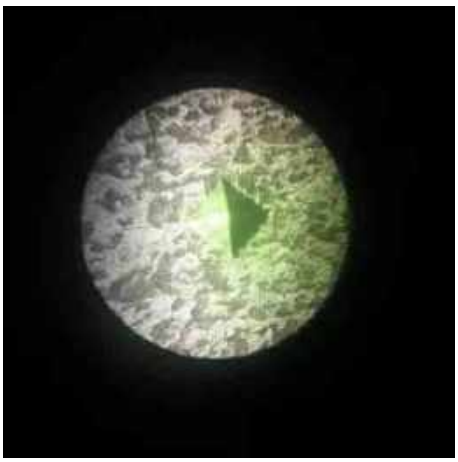
- Etsa meliputi:

- Menyiapkan alat-alat yang diperlukan seperti: pipet, cawan kimia, kapas, dan *dryer*
- Mengambil HNO_3 2 ml dengan pipet dan tuangkan ke cawan kimia.
- Kemudian campur Alkohol 98 %.
- Menggosok benda uji dengan cairan kimia, kemudian disiram dengan air.
- Mengeringkan benda uji dengan *dryer.*
- Menggunakan mikroskop dan meletakkan benda uji di bawah lensa mikroskop.
    - Mengatur pembesaran.
    - Menyalakan lampu dan mengatur fokusnya.
    - Pengambilan gambar struktur mikro yang tampak pada lembar kerja.
    - Apabila telah selesai, matikan lampu.
    - Menganalisis gambar struktur mikro benda uji.

3.10.4 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

- Persiapan benda uji yang meliputi:
  - Benda uji dihaluskan permukaan yang akan di amati dengan menggunakan *polishing machine*.
  - Benda uji di *etching* (diaplikasikan cairan etsa)
  - Benda uji di bilas dengan air kemudian dikeringkan dengan menggunakan *dryer*.
- Tentukan titik lokasi yang akan dipenetrasi, kemudian tentukan jarak antar titiknya.
- Mesin uji kekerasan harus tegak lurus dengan benda uji.
- Letakan benda uji, lalu atur dengan tepat titik penetrasi yang telah ditentukan.
- Tentukan berapa beban yang akan digunakan.
- Setelah 15 detik akan muncul penetrasi yang terjadi.

Hasil penetrasi jika dilihat dari mikroskop ditunjukkan pada Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Hasil penetrasi dilihat dari mikroskop

- Tentukan titik diagonal 1 dan diagonal 2 hasil penetrasi, setelah itu catat nilai kekerasan yang tertera pada indikator.

3.11 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis dan pembahasan dari keseluruhan hasil-hasil yang didapatkan, diantaranya:

1. Menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan material dengan jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm.
2. Menganalisis sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan material di atas permukaan air dengan temperatur air sebesar 25˚C, 28˚C, 30˚C dan 32˚C.
3. Membandingkan sifat mekanis dan struktur mikro pada pengelasan yang dilakukan di darat dengan pengelasan yang dilakukan di atas permukaan air.

3.12 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahap dilakukan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan. Dari kesimpulan ini maka akan didapat juga rekomendasi perbaikan sebagai bahan untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Hasil Pengelasan

Proses pengelasan pada penelitian ini dilakukan di darat dan juga di atas permukaan air. Proses pengelasan yang dilakukan di atas permukaan air divariasikan berdasarkan ketinggian air dari garis kampuh las dan juga temperatur airnya. Selama proses pengelasan berlangsung dilakukan pencatatan pada parameter-parameter pengelasan seperti tegangan, arus, dan durasi pengelasan. Tegangan dan arus merupakan parameter yang dapat dikontrol, sehingga nilainya stabil, sedangkan durasi pengelasan adalah parameter yang tidak dapat dikontrol, sehingga nilainya kurang stabil antara satu pengelasan dengan pengelasan lainnya. Untuk mengetahui data parameter pengelasan dapat merujuk pada Lampiran B.

4.1.1. Analisis Laju Pendinginan

Selain menggunakan data parameter pengelasan, untuk menghitung laju pendinginan (*cooling rate*) hal penting yang perlu dilakukan adalah mengetahui pelat yang digunakan masuk kedalam klasifikasi pelat tipis atau pelat tebal. Persamaan (2.1) digunakan untuk mengklasifikasikan pelat berdasarkan ketebalannya.

Tabel 4.1 menunjukkan hasil dari perhitungan ketebalan pelat relatif (τ). Temperatur selama laju pendinginan dihitung adalah 900˚C, karena pada temperatur 900˚C merupakan temperatur dimana material berubah fasa dari fasa *ferrite* ke *austenite* akibat pemanasan.

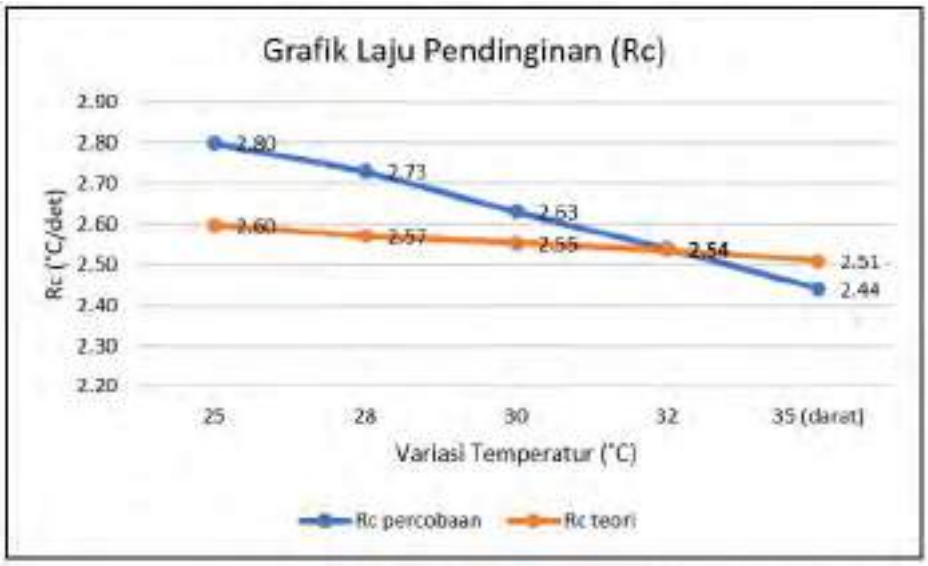
Tabel 4.1 Perhitungan ketebalan pelat relatif (τ)

Temp. air (˚C)	h (cm)	ρ (g/cm^3)	C (kal/g ˚C)	Tc (˚C)	To (˚C)	Hnet (kal/cm)	τ
25	1,2	7,85	0,113047	900	25	17494	0,25
28	1,2	7,85	0,113047	900	28	18352	0,25
30	1,2	7,85	0,113047	900	30	17876	0,25
32	1,2	7,85	0,113047	900	32	18295	0,25
Darat	1,2	7,85	0,113047	900	35	18326	0,25

Dikarenakan hasil perhitungan ketebalan pelat relatif (τ) kurang dari 0,6 maka untuk menghitung laju pendinginan menggunakan Persamaan (2.2) untuk kategori pelat tipis. Tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan laju pendinginan pada percobaan yang dilakukan pada penelitian ini, dan juga perhitungan laju pendinginan pada teori. Hasil perhitungan teori didapatkan dari formula yang sama namun fungsi dari H net atau *heat input* dibuat konstan yang didapatkan dari rata-rata H net pada percobaan. Berdasarkan hasil perhitungan laju pendinginan, didapatkan grafik laju pendinginan pada percobaan dan teori, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan laju pendinginan (R_C)

Temperatur (˚C)	**R_C Percobaan (˚C/det)**	**R_C Teori (˚C/det)**
25	2,80	2,60
28	2,73	2,57
30	2,63	2,55
32	2,54	2,54
35 (darat)	2,44	2,51



Gambar 4.1 Grafik laju pendinginan percobaan dan teori

Hasil pengelasan pada seluruh variasi di penelitian ini menunjukkan nilai laju pendinginan yang paling tinggi adalah pada temperatur 25˚C. Pada temperatur air 32˚C terjadi persamaan nilai antara laju pendinginan percobaan dan laju

pendinginan teori, serta pada pengelasan di darat nilai laju pendinginan percobaan lebih rendah dibandingkan laju pendinginan teori. Hasil ini dikarenakan pada laju pendinginan teori menggunakan nilai H net yang konstan, yaitu dengan mengambil rata-rata dari seluruh nilai H net pada penelitian. Seluruh fungsi yang digunakan untuk menghitung laju pendinginan teori adalah konstan kecuali fungsi temperatur awal material. Berbeda dengan perhitungan laju pendinginan teori, pada perhitungan laju pendinginan percobaan terdapat dua fungsi yang tidak konstan yaitu fungsi dari temperatur awal materal dan fungsi dari H net. Namun selama proses pengelasan berlangsung fungsi H net dijaga sebaik mungkin dengan cara menjaga faktor pengelasan *travel speed* agar nilainya stabil.

Secara umum, berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur air yang digunakan, laju pendinginan akan semakin kecil. Hasil ini sudah sesuai dengan teori bahwa temperatur 25˚C (temperatur air yang paling rendah) memiliki nilai laju pendinginan yang paling tinggi dibandingkan dengan temperatur lainnya (American Welding Society, 2001). Berdasarkan hasil tersebut, maka seluruh pengelasan yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat digunakan dan dapat dibandingkan sifat mekanis dan mikro strukturnya.

4.1.2. Korelasi Laju Pendingnan Percobaan dengan di Lapangan

Untuk mengetahui hubungan antara variabel laju pendinginan (Rc) percobaan dengan variabel laju pendinginan (Rc) lapangan terlebih dahulu harus mengetahui data pengelasan di lapangan. Data pengelasan lapangan didapatkan dari PT. Menumbar Kaltim, yang merupakan galangan kapal di Samarinda. Kapal BERAU COAL 11 melakukan *docking* pada periode 30 Agustus 2019 – 25 Juni 2020. Salah satu kegiatannya adalah proses *replating* pada *bottom shell plate (bilge)* dengan ketebalan 12 mm dilaksanakan menggunakan proses pengelasan SMAW. Parameter pengelasan pada proses *replating* pelat bilga Kapal BERAU COAL 11 dapat melihat pada Lampiran C.

Berdasarkan data pengelasan *replating* pelat bilga kapal BERAU COAL 11, dapat diketahui ketebalan pelat relatif (τ) dengan menggunakan Persamaan (2.1) yaitu sebesar 0,25. Dikarenakan hasil perhitungan ketebalan pelat relatif (τ) kurang

dari 0,6 maka untuk menghitung laju pendinginan menggunakan Persamaan (2.2) untuk kategori pelat tipis.

Tabel 4.3 merupakan hasil perhitungan laju pendinginan pada percobaan yang dilakukan pada penelitian ini, dan juga perhitungan laju pendinginan pengelasan *replating* pelat bilga kapal BERAU COAL 11. Hasil perhitungan laju pendinginan lapangan didapatkan dari formula yang sama yaitu mengacu pada Persamaan (2.2) dimana fungsi-fungsi dari persamaan tersebut menggunakan data parameter pengelasan yang ada pada Lampiran C.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan laju pendinginan percobaan dan lapangan

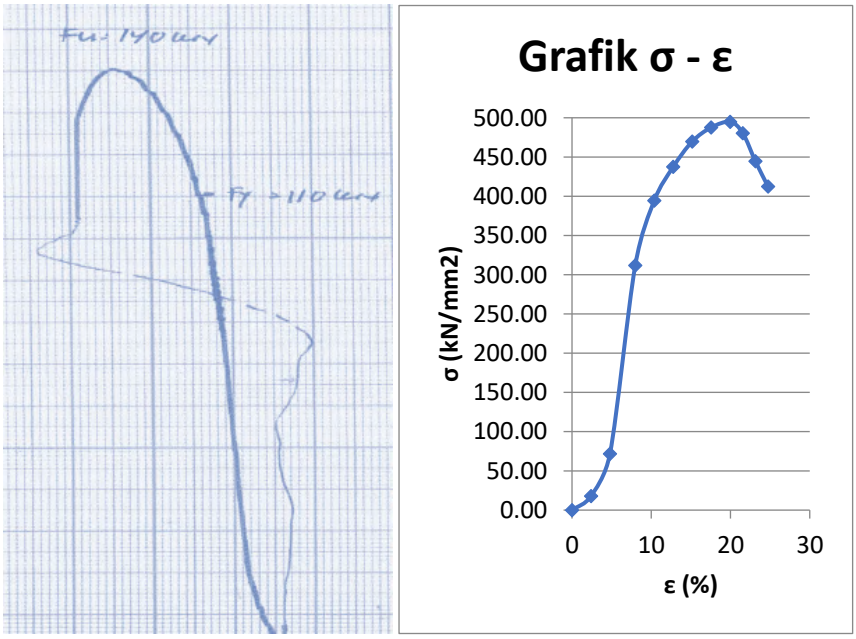
Temperatur (˚C)	**R_C Percobaan (˚C/det)**	**R_C Lapangan (˚C/det)**
25	2,80	2,87
28	2,73	2,84
30	2,63	2,82
32	2,54	2,80
35 (darat)	2,44	2,77

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui koefisien korelasi untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel (Rc percobaan dan Rc lapangan). Perhitungan koefisien korelasi menggunakan Persamaan (2.17). Hasil dari perhitungan tersebut menunjukkan bahwa R (koefisien korelasi) antara Rc percobaan dan Rc lapangan sebesar 0,993 (R mendekati +1), sehingga keputusan yang dapat diambil dari hasil tersebut adalah terdapat korelasi positif yang kuat antara laju pendinginan pada proses pengelasan percobaan dan laju pendinginan pada proses pengelasan di lapangan.

4.2. Analisis Kekuatan

Hasil dari uji tarik di laboratorium adalah grafik beban gaya dalam satuan kilo Newton (kN) pada sumbu y dan pertambahan panjang dalam satuan milimeter (mm) pada sumbu x. Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil pengujian tarik yang merupakan grafik F - Δl, dan juga grafik tegangan - regangan. Terlihat pada grafik bahwa beban puncak (F *ultimate*) berada pada puncak grafik, ditentukan pula titik beban luluh (F *yield*) dan pertambahan panjang (Δl) pada grafik. Berdasarkan grafik

hasil uji tarik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.2 (a), kemudian dilakukan perhitungan tegangan dengan membagi beban gaya dengan luasan area potongan melintang (*Cross Section Area*) sesuai dengan Persamaan (2.5). Hasil perhitungan akan mendapatkan nilai tegangan puncak dan tegangan luluh hasil pengujian. Hasil data perhitungan ini kemudian diplot menjadi grafik hubungan tegangan regangan seperti terlihat pada Gambar 4.2 (b). Untuk mengetahui grafik F - Δl dan juga grafik tegangan – regangan pada seluruh material pengujian dapat melihat pada Lampiran D dan Lampiran D.1.



(a) Grafik F - Δl (b) Grafik σ - ε

Gambar 4.2 Grafik beban uji tarik

4.2.1. Analisis Kekuatan Pengelasan di Darat

Nilai *tensile strength* pada pengelasan material darat adalah sebesar 447,07 N/mm^2. Hasil tersebut memenuhi kriteria dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, dimana nilai kekuatan minimum untuk pengelasan baja pada struktur lambung kapal telah dijelaskan pada Sub Bab 2.2.6, sehingga nilai tersebut dapat dijadikan pembanding terhadap nilai kekuatan pengelasan yang lainnya. Untuk mengetahui data hasil pengujian tarik, dapat melihat pada Lampiran D.

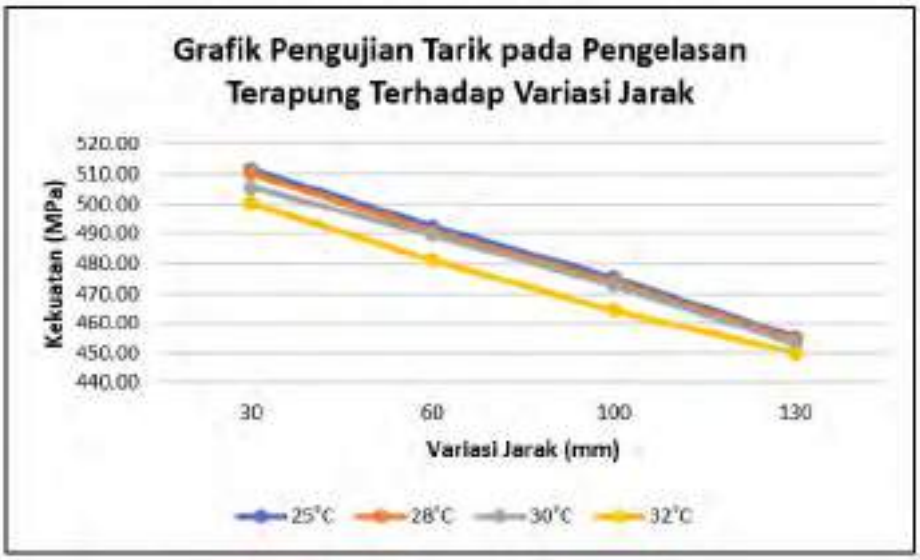
4.2.2. Analisis Kekuatan Pengelasan di Atas Permukaan Air

4.2.2.1. Hasil Pengujian

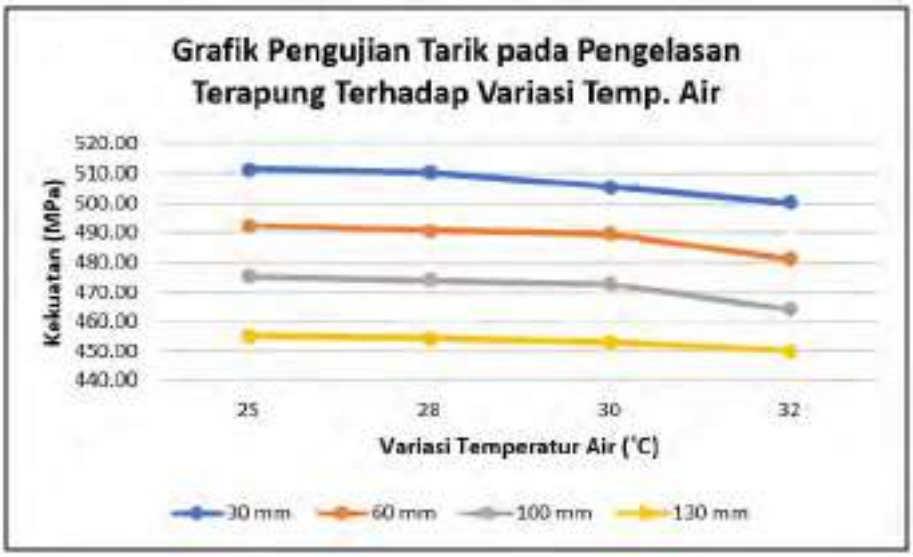
Hasil *tensile strength* pada pengelasan di atas permukaan air ditabulasikan pada Tabel 4.4, serta grafik berdasarkan variasi jarak garis air dan garis kampuh las, dan berdasarkan temperatur air digambarkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Seluruh nilai *tensile strength* pada pengelasan di atas permukaan air memenuhi kriteria dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, dimana nilai kekuatan minimum untuk pengelasan baja pada struktur lambung kapal telah dijelaskan pada Sub Bab 2.2.6, sehingga nilai tersebut dapat dijadikan pembanding terhadap nilai kekuatan pengelasan yang lain. Untuk mengetahui data hasil pengujian tarik, dapat melihat pada Lampiran D.

Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik pada pengelasan di atas permukaan air

Hasil Pengujian Tarik (σ Ult) (MPa)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	511,30	510,32	505,45	500,26
60	492,24	490,73	489,57	481,11
100	475,29	473,97	472,73	464,10
130	455,11	454,18	453,06	450,06



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian tarik terhadap variasi jarak



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian tarik terhadap variasi temperatur air

Berdasarkan Gambar 4.3 yang merupakan grafik hasil pengujian tarik terhadap variasi jarak dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai *ultimate tensile strength* pada setiap kenaikan variasi jarak garis air dan garis kampuh las. Hal ini dikarenakan jarak garis air dan garis kampuh las yang semakin kecil menunjukkan laju pendinginan yang semakin cepat, karena kapasitas air sebagai media pendinginan semakin besar (Subeki,2018). Material yang mengalami perlakuan panas dan mendapat perlakuan pendinginan yang cepat akan memiliki nilai *tensile strength* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan material dengan pendinginan yang lambat (Gosh, 2006).

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai *ultimate tensile strength* pada setiap kenaikan temperatur air, meskipun nilainya tidak signifikan karena rentang temperatur air yang digunakan tidak terlalu jauh. Penurunan nilai *ultimate tensile strength* ini dikarenakan temperatur air yang samakin rendah menunjukkan laju pendinginan yang semakin cepat, sehingga pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air yang rendah akan menghasilkan material yang lebih kuat jika dibandingkan dengan material yang dilas di atas permukaan air dengan temperatur air yang lebih tinggi (Gosh, 2006).

4.2.2.2. Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat

Berdasarkan Tabel 4.4 yang menunjukkan nilai kekuatan pengelasan di atas permukaan air, dan juga berdasarkan nilai kekuatan pengelasan darat yaitu sebesar 447,07 Mpa, dapat digambarkan grafik nilai kekuatan seluruh variasi. Gambar 4.5 menunjukkan grafik nilai kekuatan pada seluruh variasi di penelitian ini, baik pada pengelasan di atas permukaan air maupun pengelasan di darat. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar jarak antara garis air dengan garis kampuh las dan semakin tinggi temperatur air, akan membuat nilai kekuatan material semakin rendah dan mendekati dengan nilai kekuatan pada pengelasan di darat.

Gambar 4.5 Grafik nilai kekuatan pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan darat

Untuk mengetahui nilai kekuatan pada pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan adalah dengan membandingkan hasil nilai kekuatan pada pengelasan di atas permukaan air dengan pengelasan yang dilakukan di darat. Tabel 4.5 menunjukkan persentase perbandingan nilai *ultimate tensile strength* pada pengelasan di atas permukaan air dengan nilai *ultimate tensile strength* pada pengelasan darat yaitu sebesar 447,07 MPa.

Tabel 4.5 Persentase peningkatan nilai *ultimate tensile strength*

Persentase Peningkatan Nilai UTS (%)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	14,37	14,15	13,06	11,90
60	10,10	9,77	9,51	7,61
100	6,31	6,02	5,74	3,81
130	1,80	1,59	1,34	0,67

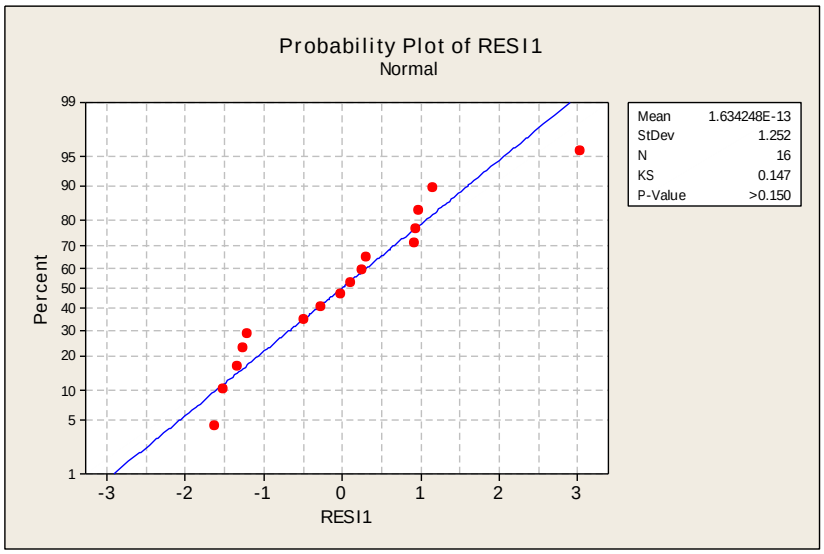
Dari Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa persentase peningkatan nilai *ultimate tensile strength* antara pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan di darat yang paling besar adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm dengan temperatur air 25˚C, dengan persentase sebesar 14,37 %, sedangkan persentase peningkatan nilai *ultimate tensile strength* yang paling kecil adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 130 mm dengan temperatur air 32˚C, yaitu dengan persentase sebesar 0,67%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan nilai kekuatan pada pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm dengan temperatur air 32˚C.

4.2.2.3. Analisis Faktor Penguji Terhadap Kekuatan

Penelitian ini menggunakan dua faktor (variasi) yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan material baja karbon rendah pada pengelasan di atas permukaan air, yaitu yang pertama adalah faktor jarak garis air dan garis kampuh las, dan yang kedua adalah faktor temperatur air. Pengambilan data pada kedua faktor tersebut dilakukan secara dependen atau dengan kata lain data pada kedua faktor saling berkaitan karena proses pengambilan data pada kedua faktor dilakukan secara bersamaan. Metode yang paling sesuai untuk digunakan guna mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekuatannya adalah menggunakan metode Anova Dua Jalur. Lain halnya dengan metode Friedman, dimana data pada faktor-faktor yang ada merupakan data independen atau data pada faktor-faktor tersebut tidak saling berkaitan.

Untuk melakukan pengujian menggunakan Anova, terlebih dahulu harus dipenuhi asumsi dasarnya yaitu uji normalitas untuk mengetahui asumsi residual

berdistribusi normal atau tidak menggunakan α sebesar 0,05 yang artinya tingkat kesalahan yang diijinkan adalah sebesar 5%. Pengujian normalitas dilakukan pada *software* Minitab 16, dengan memasukkan data residual nilai kekuatan pada seluruh faktor menggunakan metode *Kolmogorov Smirnov*. Gambar 4.6 merupakan diagram probabilitas residual normal nilai kekuatan. Dari diagram tersebut dapat diketahui P *value* sebesar 0,150. Jika nilai P *value* > α (0,05) maka keputusan yang didapat adalah gagal tolak (terima) H_0 yang berarti bahwa varians residual data nilai kekuatan memenuhi asumsi berdistribusi normal.



Gambar 4.6 Diagram probabilitas residual normal nilai kekuatan

Setelah mengetahui bahwa residual data nilai kekuatan berdistribusi normal, selanjutnya dapat dilakukan pengujian terhadap faktor percobaan menggunakan Anova Dua Jalur. Langkah-langkah penggunaan metode Anova Dua Jalur pada *software* Minitab 16 adalah sebagai berikut:

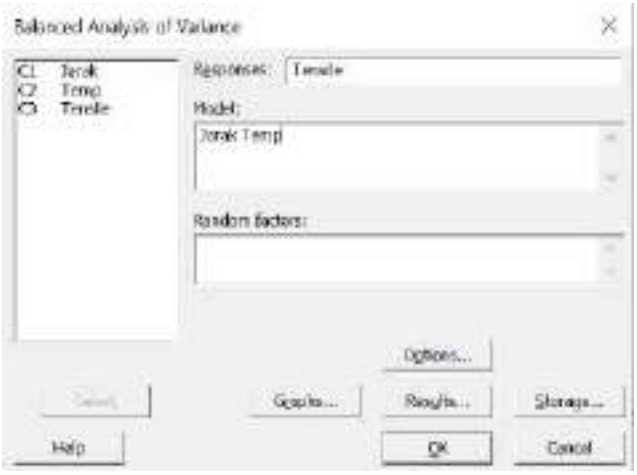
a. Memasukkan nilai *ultimate tensile strength* pada *worksheet* untuk masing-masing variasi di pengelasan di atas permukaan air, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7. Dalam memasukkan level faktor jarak dan level faktor temperatur menggunakan kode angka 1 sampai 4. Dimana pada faktor jarak, level 1 menunjukkan 30 mm, level 2 menunjukkan 60 mm, level 3 menunjukkan 100 mm, dan level 4 menunjukkan 130 mm. Begitu juga pada faktor temperatur, level

1 menunjukkan 25˚C, level 2 menunjukkan 28˚C, level 3 menunjukkan 30˚C, dan level 4 menunjukkan 32˚C.

	C1	C2	C3
	Jarak	Temp	Tensile
1	1	1	511.30
2	1	2	510.32
3	1	3	505.45
4	1	4	500.26
5	2	1	492.24
6	2	2	490.73
7	2	3	489.57
8	2	4	481.11
9	3	1	475.29
10	3	2	473.97
11	3	3	472.73
12	3	4	464.10
13	4	1	455.11
14	4	2	454.18
15	4	3	453.06
16	4	4	450.06

Gambar 4.7 *Input* data pada *worksheet* Minitab 16

b. Melakukan analisis dengan menggunakan metode *Balanced Anova*.
c. Menentukan "*Responses*" dan "*Model*", seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8. *Responses* dipilih nilai *ultimate tensile strength*, sementara *Model* dipilih faktor Jarak dan Temperatur.



Gambar 4.8 Menentukan "*Responses*" dan "*Model*"

d. Mendapatkan hasil *Analysis of Variance for Tensile,* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9. Untuk mendapatkan nilai F hitung secara teoritis, dapat dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.14) dan Persamaan (2.15).

Analysis of Variance for Tensile

Source	DF	SS	MS	F	P
Jarak	3	6344.37	2114.79	809.25	0.000
Temp	3	219.58	73.19	28.01	0.000
Error	9	23.52	2.61		
Total	15	6587.47			

Gambar 4.9 Hasil analisis *tensile strength* menggunakan metode Anova Dua Jalur

e. Setelah mendapatkan nilai F hitung, langkah selanjutnya adalah menentukan harga F tabel. Gambar 4.10 merupakan nilai F tabel pada analisis *tensile strength*.

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85

Gambar 4.10 Menentukan nilai F tabel untuk analisis kekuatan

Dari Gambar 4.10 diketahui bahwa N1 = 3, dan N2 = 9, sehingga nilai F tabel adalah sebesar 3,86.

f. Membandingkan harga F hitung dengan F tabel.

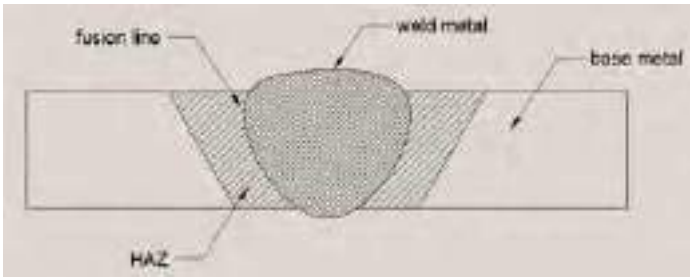
(1) Bila F Hitung < F tabel, maka H_0 diterima, yang artinya tidak ada pengaruh variasi terhadap nilai *tensile strength.*

(2) Bila F Hitung > F tabel, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang artinya minimal ada satu perlakuan pada variasi yang mempengaruhi nilai *tensile strength*.

Keputusan dari hasil analisis ini adalah: karena nilai F hitung pada variasi jarak lebih besar dari nilai F tabel (809,25 > 3,86) maka keputusannya adalah menolak H_0 dan menerima H_1. Hal ini berarti variasi jarak garis air dan garis kampuh las memberikan pengaruh terhadap nilai *tensile strength*. Atau dapat disimpulkan bahwa paling sedikit ada satu perlakuan dari variasi jarak garis air dan garis kampuh las yang mempengaruhi nilai *tensile strength*. Hal yang sama terjadi pada variasi temperatur air, dimana nilai F hitung lebih besar daripada F tabel (28,01 > 3,86) maka keputusannya adalah menolak H_0 dan menerima H_1. Hal ini berarti variasi temperatur air memberikan pengaruh terhadap nilai *tensile strength*. Namun jika melihat dari nilai F hitung, dapat diketahui bahwa nilai F hitung variasi jarak lebih besar daripada F hitung variasi temperatur air, hal ini menunjukkan bahwa variasi jarak garis air dan garis kampuh las pada pengelasan di atas permukaan air memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap kekuatan material jika dibandingkan dengan variasi temperatur air.

4.3. Analisis Kekerasan

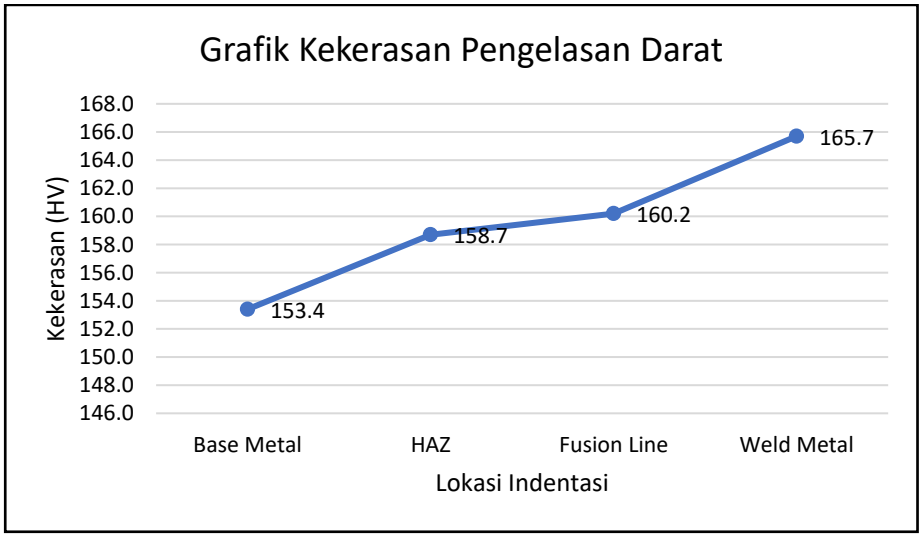
Pengujian kekerasan pada penelitian ini diambil pada empat lokasi yaitu *base metal*, HAZ, *fusion line*, dan *weld metal*. Adapun penjelasan lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.11. Masing-masing lokasi menggunakan beban sebesar 10 kgf dengan *dwell time* 15 detik.



Gambar 4.11 Lokasi indentasi pada pengujian kekerasan

4.3.1. Analisis Kekerasan Pengelasan di Darat

Nilai kekerasan pada pengelasan darat di lokasi *base metal*, HAZ, *fusion line* dan *weld metal* masing-masing adalah adalah sebesar 153,4 HV, 158,7 HV, 160,2 HV, 165,7 HV. Gambar 4.12 menggambarkan grafik kekerasan pada pengelasan darat. Hasil pengujian kekerasan pada pengelasan darat menunjukkan nilai kekerasan memenuhi kriteria dari peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, dimana nilai kekerasan yang diijinkan untuk pengelasan baja pada struktur lambung kapal telah dijelaskan pada Sub Bab 2.2.7. Untuk mengetahui data hasil pengujian kekerasan dapat melihat pada Lampiran E.



Gambar 4.12 Grafik kekerasan pengelasan di darat

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan dari daerah *base metal*, HAZ, *fusion line*, dan *weld metal.* Peningkatan nilai kekerasan ini dikarenakan struktur pada daerah *weld metal* lebih keras jika dibandingkan daerah lainnya, karena pada daerah *weld metal* terjadi proses

peleburan antara *base metal* dengan elektroda yang digunakan, dimana elektroda yang digunakan memiliki nilai kuat tarik minimum yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik minimum pada *base metal,* oleh karena itu pada daerah *weld metal* terjadi transformasi pendinginan dari temperatur yang tinggi akibat pencairan antara *base metal* dengan elektroda (Erizon, 2009).

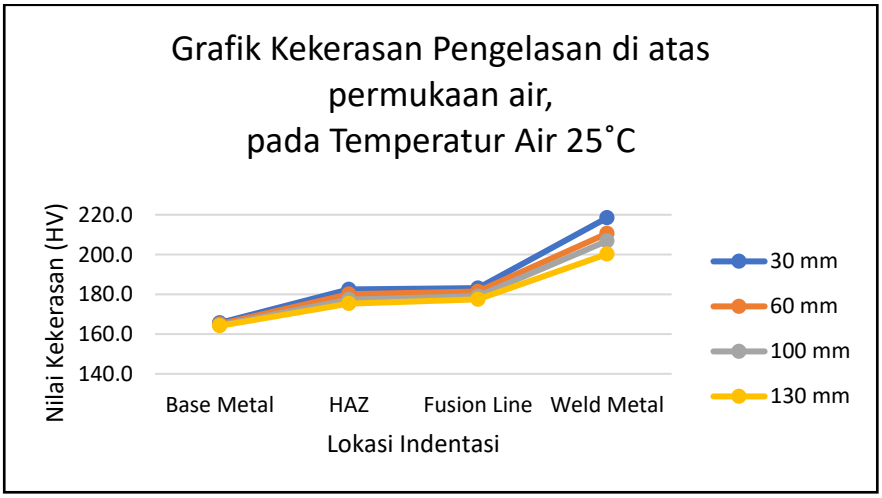
4.3.2. Analisis Kekerasan Pengelasan di atas Permukaan Air

4.3.2.1. Hasil Pengujian

Hasil pengujian kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air ditabulasikan pada Tabel 4.6 sampai dengan Tabel 4.9 dan Gambar 4.13 sampai dengan Gambar 4.16 memaparkan plot grafik pada masing-masing variasi jarak garis air dan garis kampuh las dengan temperatur air berdasarkan lokasi indentasi. Untuk mengetahui data hasil pengujian impak dapat melihat pada Lampiran F.

Tabel 4.6 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air pada temperatur air 25˚C

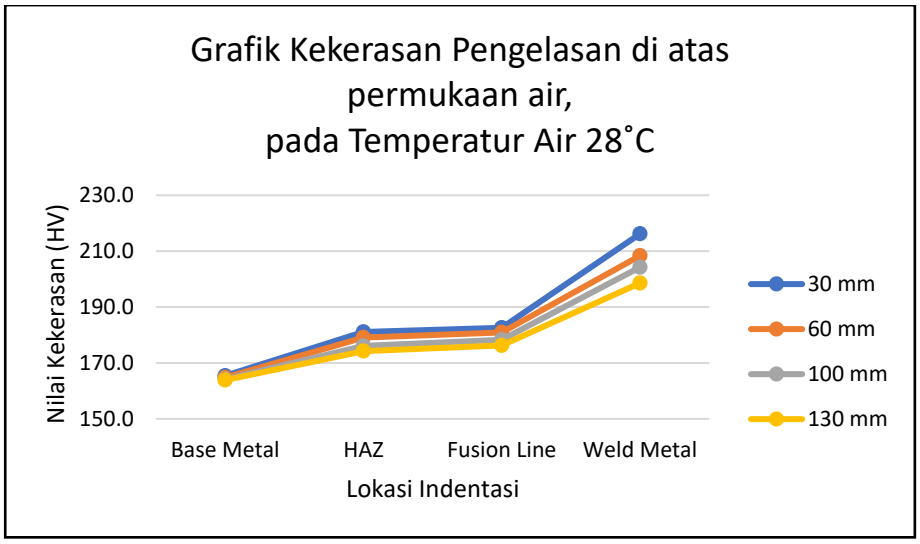
Nilai Kekerasan pada Temperatur Air 25˚C				
Variasi Jarak (mm)	***Base Metal* (HV)**	**HAZ (HV)**	***Fusion Line* (HV)**	***Weld Metal* (HV)**
30	165,6	182,4	183,1	218,5
60	165,0	180,1	181,4	210,6
100	164,4	177,3	179,1	206,8
130	164,1	175,3	177,5	200,2



Gambar 4.13 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 25˚C

Tabel 4.7 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 28˚C

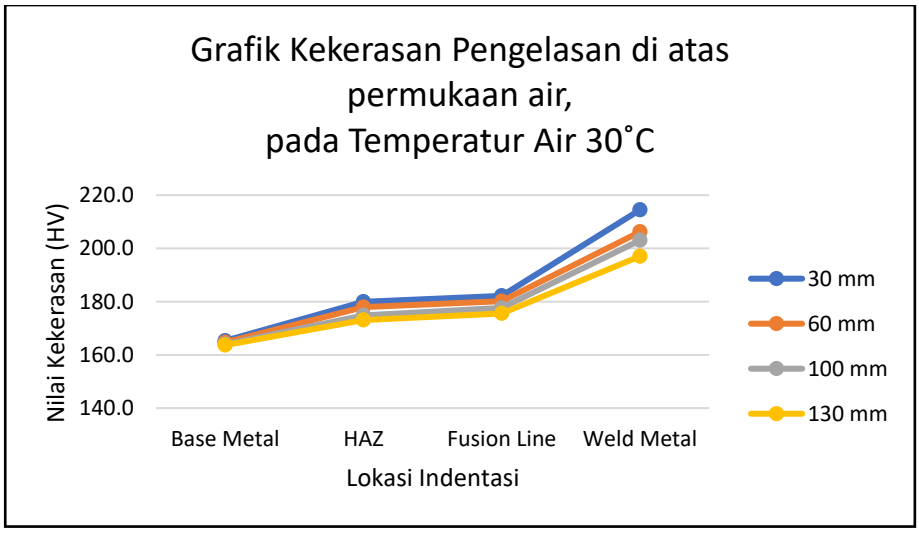
Nilai Kekerasan pada Temperatur Air 28˚C				
Variasi Jarak (mm)	***Base Metal* (HV)**	**HAZ (HV)**	***Fusion Line* (HV)**	***Weld Metal* (HV)**
30	165,4	181,1	182,6	216,2
60	164,8	179,1	180,9	208,4
100	164,2	176,1	178,3	204,3
130	163,9	174,2	176,3	198,6



Gambar 4.14 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 28˚C

Tabel 4.8 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 30˚C

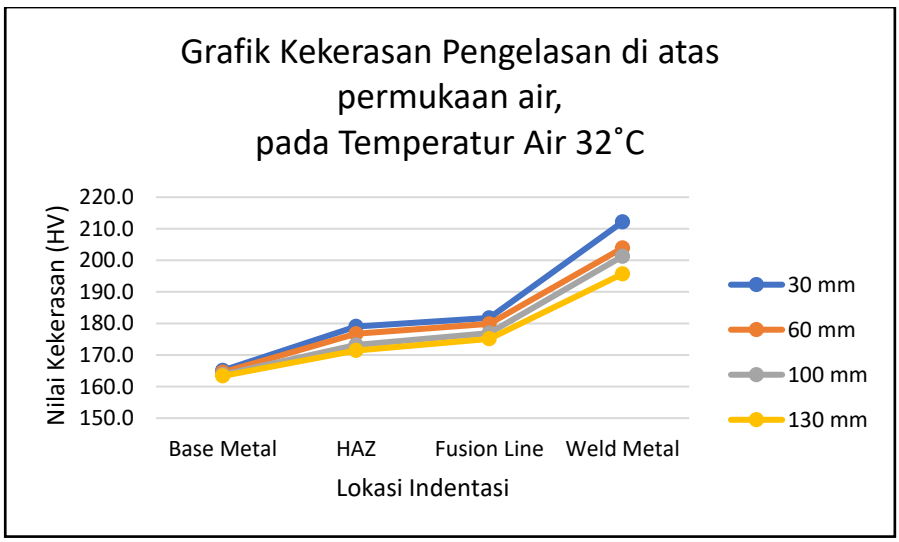
Nilai Kekerasan pada Temperatur Air 30˚C				
Variasi Jarak (mm)	***Base Metal* (HV)**	**HAZ (HV)**	***Fusion Line* (HV)**	***Weld Metal* (HV)**
30 mm	165,3	179,9	182,2	214,5
60 mm	164,7	177,9	180,2	206,2
100 mm	164,0	174,8	177,6	203,1
130 mm	163,7	173,1	175,6	197,1



Gambar 4.15 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 30˚C

Tabel 4.9 Nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 32˚C

Nilai Kekerasan pada Temperatur Air 32˚C				
Variasi Jarak (mm)	***Base Metal* (HV)**	**HAZ (HV)**	***Fusion Line* (HV)**	***Weld Metal* (HV)**
30 mm	165,1	179,0	181,7	212,2
60 mm	164,5	176,7	179,9	203,9
100 mm	163,8	173,2	176,9	201,3
130 mm	163,4	171,4	175,1	195,7



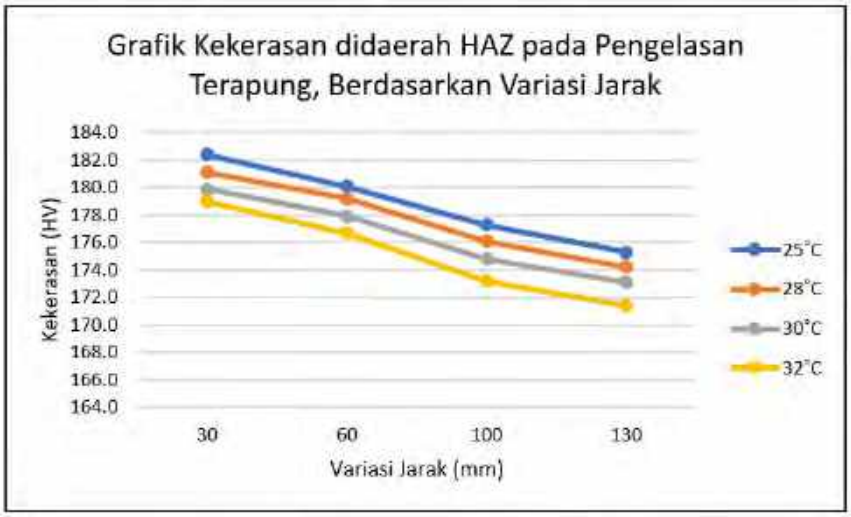
Gambar 4.16 Grafik nilai kekerasan pada temperatur air 32˚C

Berdasarkan Gambar 4.13 sampai dengan Gambar 4.16, terjadi peningkatan nilai kekerasan pada daerah *base metal*, HAZ, *fusion line*, dan *weld metal*. Peningkatan ini dikarenakan struktur pada daerah *weld metal* lebih keras jika dibandingkan daerah lainnya, karena pada daerah *weld metal* terjadi proses peleburan antara *base metal* dengan elektroda yang digunakan, dimana elektroda yang digunakan memiliki nilai kuat tarik minimum yang lebih besar dibandingkan dengan kuat tarik minimum pada *base metal* (Erizon, 2009). Peningkatan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan *fusion line* tidak terlalu signifikan, karena kedua daerah tersebut saling berhimpitan dan memiliki luasan yang sangat kecil, sehingga memiliki nilai kekerasan yang tidak terlalu jauh satu sama lain.

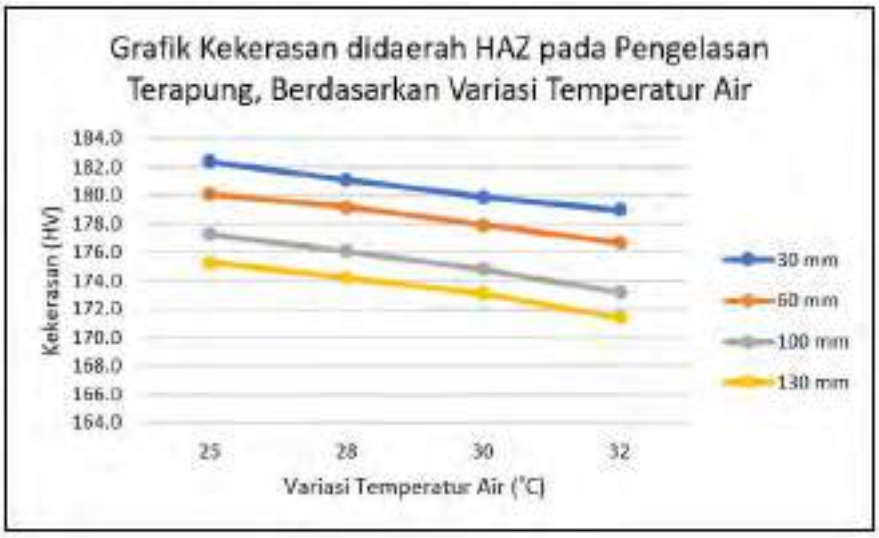
Karakteristik nilai kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air pada daerah HAZ, *fusion line*, dan *weld metal* ditabulasikan pada Tabel 4.10 sampai dengan Tabel 4.12 dan grafiknya di gambarkan pada Gambar 4.17 sampai dengan Gambar 4.22.

Tabel 4.10 Hasil pengujian kekerasan di daerah HAZ

Nilai Kekerasan di Daerah HAZ (HV)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	182,4	181,1	179,9	179,0
60	180,1	179,1	177,9	176,7
100	177,3	176,1	174,8	173,2
130	175,3	174,2	173,1	171,4



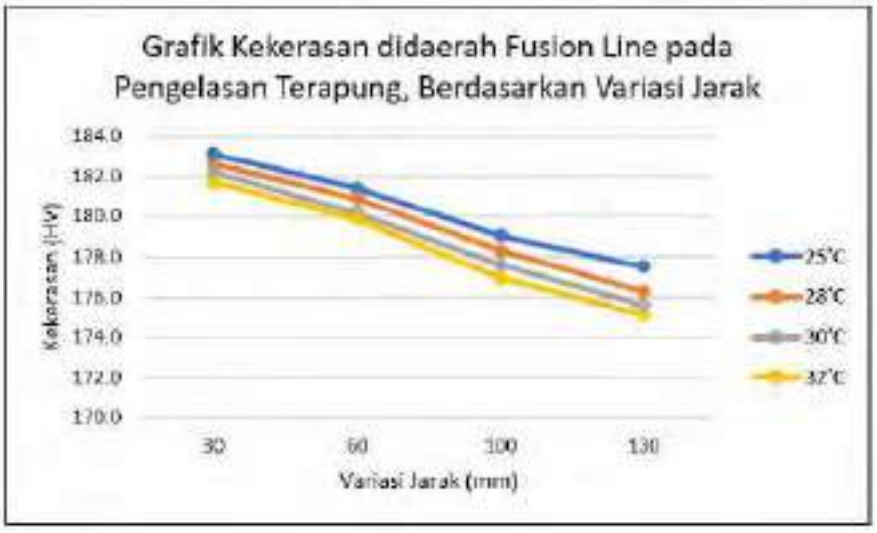
Gambar 4.17 Grafik kekerasan di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



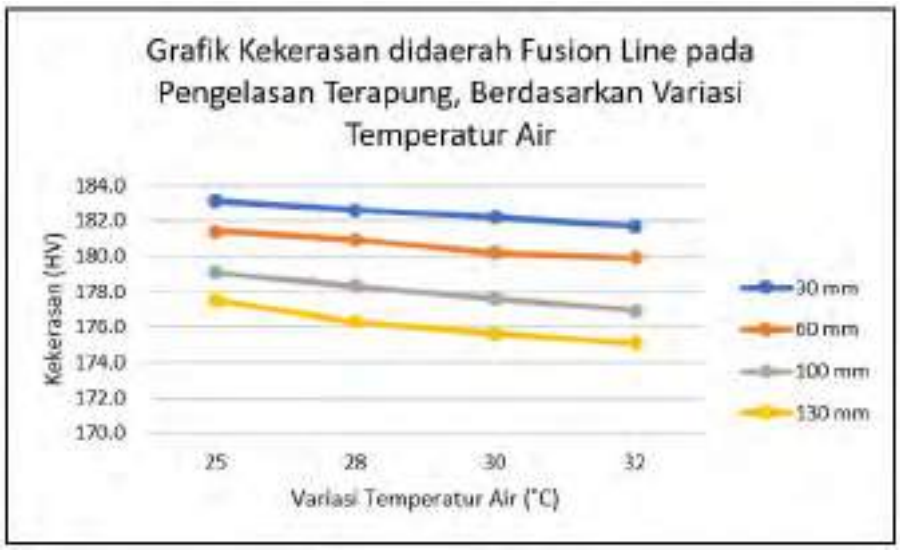
Gambar 4.18 Grafik kekerasan di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Tabel 4.11 Hasil pengujian kekerasan di daerah *fusion line*

Nilai Kekerasan di Daerah *Fusion Line* (HV)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	183,1	182,6	182,2	181,7
60	181,4	180,9	180,2	179,9
100	179,1	178,3	177,6	176,9
130	177,5	176,3	175,6	175,1



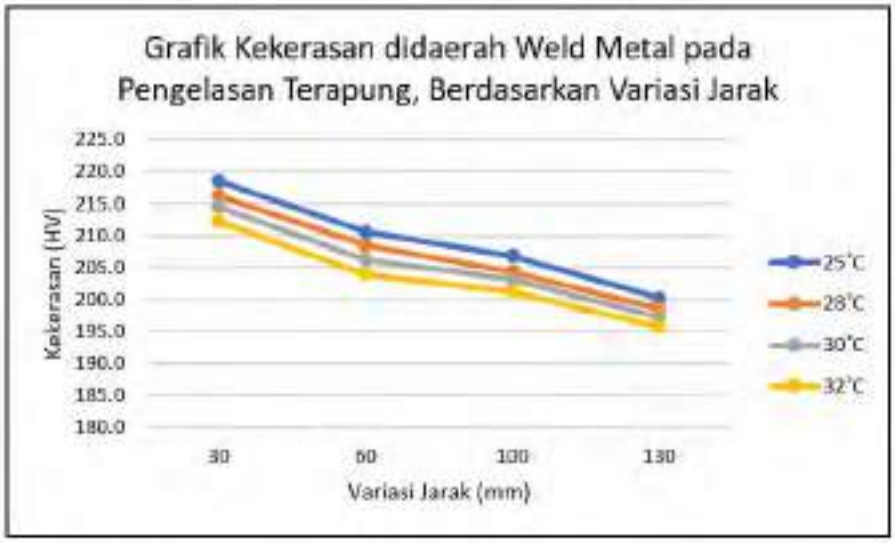
Gambar 4.19 Grafik kekerasan di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



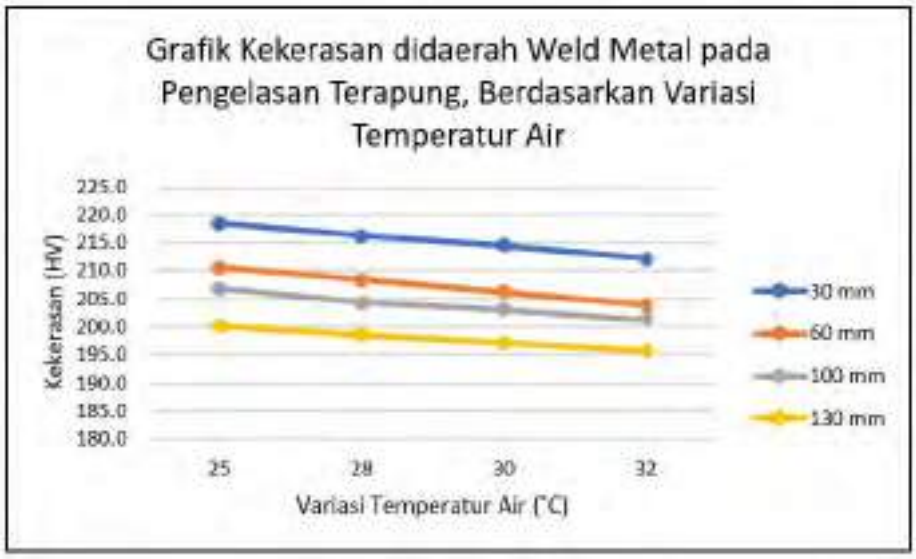
Gambar 4.20 Grafik kekerasan di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Tabel 4.12 Hasil pengujian kekerasan di daerah *weld metal*

Nilai Kekerasan di Daerah Weld Metal (HV)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	218,5	216,2	214,5	212,2
60	208,9	207,7	206,2	205,8
100	206,8	205,2	203,1	201,3
130	200,3	198,6	197,1	195,7



Gambar 4.21 Grafik kekerasan di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



Gambar 4.22 Grafik kekerasan di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Berdasarkan Gambar 4.17, Gambar 4.19, dan Gambar 4.21 yang merupakan grafik hasil pengujian kekerasan terhadap variasi jarak dapat dilihat bahwa pada daerah HAZ, *fusion line*, dan *weld metal* terjadi penurunan nilai kekerasan seiring dengan semakin besar jarak garis air dan garis kampuh las, hal ini dikarenakan kapasitas air sebagai media pendinginan semakin kecil, sehingga laju pendinginan semakin rendah (Subeki,2018). Hasil tersebut sesuai dengan literatur bahwa nilai kekerasan pada material yang telah mengalami perlakuan panas lalu didinginkan dengan lambat memiliki nilai kekerasan yang lebih kecil dibandingkan dengan material dengan pendinginan cepat (jarak garis air dan garis kampuh las lebih kecil) (Sun, 2016).

Grafik hasil pengujian kekerasan terhadap variasi temperatur air (Gambar 4.18, Gambar 4.20, dan Gambar 4.22) juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kekerasan pada setiap kenaikan temperatur air, meskipun nilainya tidak signifikan. Hal ini dikarenakan temperatur air yang samakin rendah menunjukkan laju pendinginan yang semakin cepat, sehingga pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air yang rendah akan menghasilkan material yang lebih keras jika dibandingkan dengan material yang dilas di atas permukaan air dengan temperatur air yang lebih tinggi (pendinginan lambat) (Sun, 2016).

4.3.2.2. Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat

Berdasarkan Tabel 4.12 yang menunjukkan nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air di daerah *weld metal*, dan juga berdasarkan nilai kekerasan pengelasan darat didaerah *weld metal* yaitu sebesar 165,70 HV, dapat digambarkan grafik nilai kekerasan seluruh variasi. Gambar 4.23 menunjukkan grafik nilai kekerasan pada seluruh variasi di penelitian ini, baik pada pengelasan di atas permukaan air maupun pengelasan di darat. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar jarak antara garis air dengan garis kampuh las dan semakin tinggi temperatur air, akan membuat nilai kekerasan material semakin rendah dan mendekati dengan nilai kekerasan pada pengelasan di darat.

Gambar 4.23 Grafik nilai kekerasan pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan darat

Untuk mengetahui nilai kekerasan sambungan las pada pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan adalah dengan membandingkan hasil nilai kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air dengan pengelasan yang dilakukan di darat. Tabel 4.13 menunjukkan persentase perbandingan nilai kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air dengan nilai kekerasan pada pengelasan di darat di daerah *weld metal.* Dimana nilai kekerasan pengelasan darat di daerah *weld metal* adalah sebesar 165,7 HV.

Tabel 4.13 Persentase peningkatan nilai kekerasan pada sambungan las

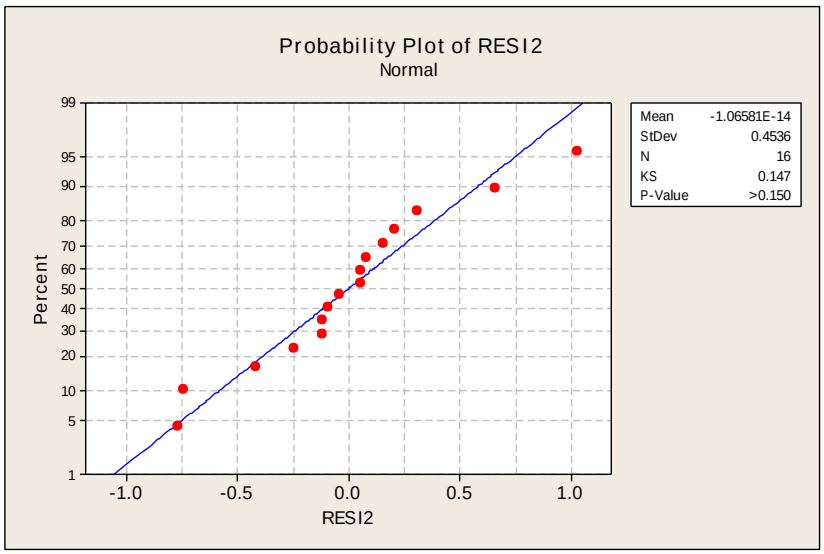
Persentase Peningkatan Nilai Kekerasan (%)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30 mm	31.86	30.48	29.45	28.06
60 mm	27.10	25.77	24.46	23.05
100 mm	24.82	23.30	22.55	21.48
130 mm	20.82	19.86	18.95	18.11

Dari Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa peningkatan nilai kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air terhadap pengelasan darat cukup signifikan yaitu antara 18% sampai 32%. Persentase peningkatan nilai kekerasan yang paling besar adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm dengan temperatur air 25˚C, dengan persentase sebesar 31,86 %, sedangkan persentase peningkatan nilai kekerasan yang paling kecil adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 130 mm dengan temperatur air 32˚C, yaitu dengan persentase sebesar 18,11%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan nilai kekerasannya, pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan berdasarkan penelitian ini adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm dengan temperatur air 32˚C.

4.3.2.3. Analisis Faktor Pengujian Terhadap Kekerasan

Penelitian ini menggunakan dua faktor (variasi) yang digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan baja karbon rendah pada pengelasan di atas permukaan air, yaitu yang pertama adalah faktor jarak garis air dan garis kampuh las, dan yang kedua adalah faktor temperatur air. Pengambilan data pada kedua faktor tersebut dilakukan secara dependen atau dengan kata lain data pada kedua faktor saling berkaitan karena proses pengambilan data pada kedua faktor dilakukan secara bersamaan. Metode yang paling sesuai untuk digunakan guna mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekuatannya adalah menggunakan metode Anova Dua Jalur. Lain halnya dengan metode Friedman, dimana data pada faktor-faktor yang ada merupakan data independen atau data pada faktor-faktor tersebut tidak saling berkaitan.

Untuk melakukan pengujian menggunakan Anova, terlebih dahulu harus dipenuhi asumsi dasarnya yaitu uji normalitas untuk mengetahui asumsi residual berdistribusi normal atau tidak menggunakan α sebesar 0,05 yang artinya tingkat kesalahan yang diijinkan adalah sebesar 5%. Pengujian normalitas dilakukan pada *software* Minitab 16, dengan memasukkan data residual nilai kekuatan pada seluruh faktor menggunakan metode *Kolmogorov Smirnov*. Gambar 4.24 merupakan diagram probabilitas residual normal nilai kekuatan. Dari diagram tersebut dapat diketahui P *value* sebesar 0,150. Jika nilai P *value* > α (0,05) maka keputusan yang didapat adalah gagal tolak (terima) H_0 yang berarti bahwa varians residual data nilai kekerasan memenuhi asumsi berdistribusi normal.



Gambar 4.24 Diagram probabilitas residual normal nilai kekerasan

Setelah mengetahui bahwa residual data nilai kekerasan berdistribusi normal, selanjutnya dapat dilakukan pengujian terhadap faktor percobaan menggunakan Anova Dua Jalur. Langkah-langkah penggunaan metode Anova Dua Jalur pada *software* Minitab 16 untuk menganalisis faktor pengujian terhadap nilai kekerasan sama dengan langkah-langkah untuk menganalisis faktor pengujian terhadap nilai kekuatan yang telah dijelaskan pada Sub Bab 4.2.2.3. Gambar 4.25 merupakan hasil analisis metode Anova Dua Jalur berdasarkan nilai kekerasan.

Analysis of Variance for Hardness

Source	DF	SS	MS	F	P
Jarak	3	636.535	212.178	1075.83	0.000
Temp	3	71.610	23.870	121.03	0.000
Error	9	1.775	0.197		
Total	15	709.920			

Gambar 4.25 Hasil analisis nilai kekerasan menggunakan metode Anova Dua Jalur

Setelah mendapatkan nilai F hitung, langkah selanjutnya adalah menentukan harga F tabel. Pada kondisi ini diketahui nilai N1 = 3, dan N2 = 9, sehingga nilai F tabel adalah sebesar 3,86. Gambar 4.26 merupakan nilai F tabel berdasarkan nilai kekerasan.

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85

Gambar 4.26 Menentukan nilai F tabel untuk nilai kekerasan

Langkah selanjutnya adalah membandingkan harga F hitung dengan F tabel.

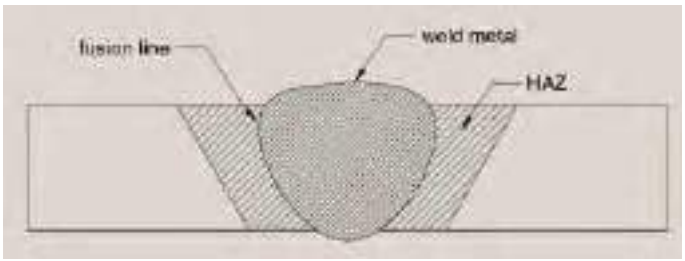
(1) Bila F Hitung < F tabel, maka Ho diterima, yang artinya tidak ada pengaruh variasi terhadap nilai kekerasan

(2) Bila F Hitung > F tabel, maka Ho ditolak dan H1 diterima, yang artinya minimal ada satu perlakuan pada variasi yang mempengaruhi nilai kekerasan

Keputusan dari hasil analisis ini adalah: karena nilai F hitung pada variasi jarak lebih besar dari nilai F tabel (1075,83 > 3,86) maka keputusannya adalah menolak H0 dan menerima H1. Hal ini berarti variasi jarak garis air dan garis kampuh las memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan. Atau dapat disimpulkan bahwa paling sedikit ada satu perlakuan dari variasi jarak garis air dan garis kampuh las yang mempengaruhi nilai kekerasan. Hal yang sama terjadi pada variasi temperatur air, dimana nilai F hitung lebih besar daripada F tabel (121,03 < 3,86) maka keputusannya adalah menolak H0 dan menerima H1. Hal ini berarti variasi temperatur air memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan. Namun jika melihat dari nilai F hitung, dapat diketahui bahwa nilai F hitung variasi jarak lebih besar daripada F hitung variasi temperatur air, hal ini menunjukkan bahwa variasi jarak garis air dan garis kampuh las pada pengelasan di atas permukaan air memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap kekerasan material jika dibandingkan dengan variasi temperatur air.

4.4. Analisis Energi *Absorb*

Pengujian impak pada penelitian ini diambil pada tiga lokasi takikan benda uji yaitu HAZ, *fusion line*, dan *weld metal*. Adapun penjelasan lokasi pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Lokasi takikan benda uji pada pengujian impak

4.4.1. Analisis Energi *Absorb* Pengelasan di Darat

Nilai energi *absorb* pada pengelasan darat di lokasi HAZ, *fusion line* dan *weld metal* masing-masing adalah adalah sebesar 170,17 J, 150,17 J, 137,75 J. Hasil pengujian impak tersebut menunjukkan nilai energi *absorb* yang memenuhi kriteria peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, dimana nilai energi *absorb* yang diijinkan untuk pengelasan baja pada struktur lambung kapal telah dijelaskan pada Sub Bab

2.2.8, sehingga nilai tersebut dapat dijadikan pembanding terhadap nilai kekerasan pada pengelasan yang lainnya. Untuk mengetahui data hasil pengujian impak dapat melihat pada Lampiran F.

Gambar 4.28 merupakan grafik energi *absorb* pada pengelasan darat, dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai energi *absorb* dari daerah HAZ, *fusion line*, dan *weld metal.* Penurunan nilai energi *absorb* ini dikarenakan struktur pada daerah *weld metal* lebih keras jika dibandingkan daerah lainnya, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material didaerah *weld metal* lebih kecil dibandingkan daerah lainnya, maka nilai energi *absorb* pada daerah *weld metal* lebih rendah dibandingkan pada daerah *fusion line* dan HAZ (Callister, 2004).

Gambar 4.28 Grafik nilai energi *absorb* pada pengelasan di darat

4.4.2. Analisis Energi *Absorb* Pengelasan di atas permukaan air

4.4.2.1. Hasil Pengujian

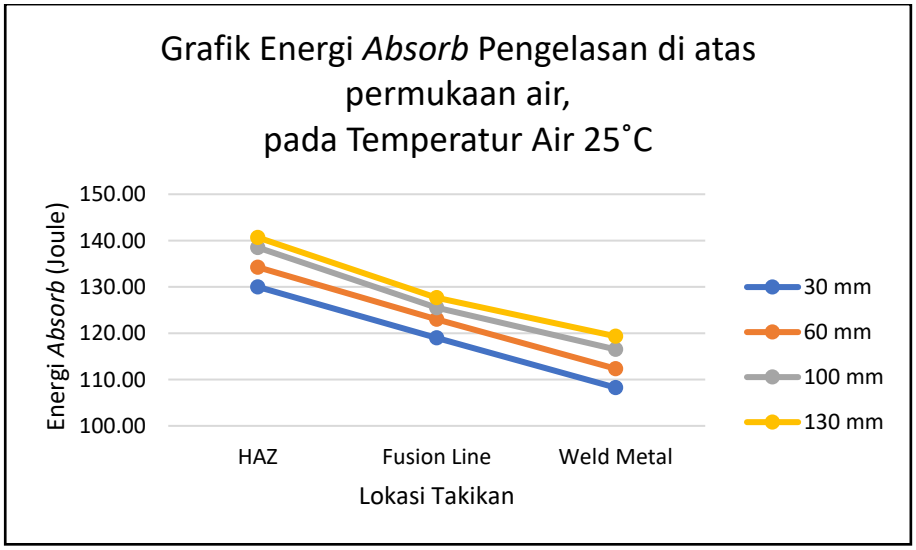
Berdasarkan pengujian impak yang telah dilakukan, dapat diketahui nilai energi *absorb* dan grafik energi *absorb* berdasarkan variasi jarak garis air dan garis kampuh las pada masing-masing temperatur air. Hasil pengujian impak pada pengelasan di atas permukaan air ditabulasikan pada Tabel 4.14 sampai dengan Tabel 4.17, dan Gambar 4.29 sampai dengan Gambar 4.32 memaparkan plot grafik pada masing-masing variasi jarak garis air dan garis kampuh las dan variasi

temperatur air berdasarkan lokasi takikan. Untuk mengetahui data hasil pengujian impak dapat melihat pada Lampiran F.

Hasil pengujian impak pada pengelasan di atas permukaan air menunjukkan nilai energi *absorb* yang memenuhi kriteria peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, dimana nilai energi *absorb* yang diijinkan untuk pengelasan baja pada struktur lambung kapal telah dijelaskan pada Sub Bab 2.2.8, sehingga nilai tersebut dapat dijadikan pembanding terhadap nilai kekerasan pada pengelasan yang lainnya.

Tabel 4.14 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 25˚C

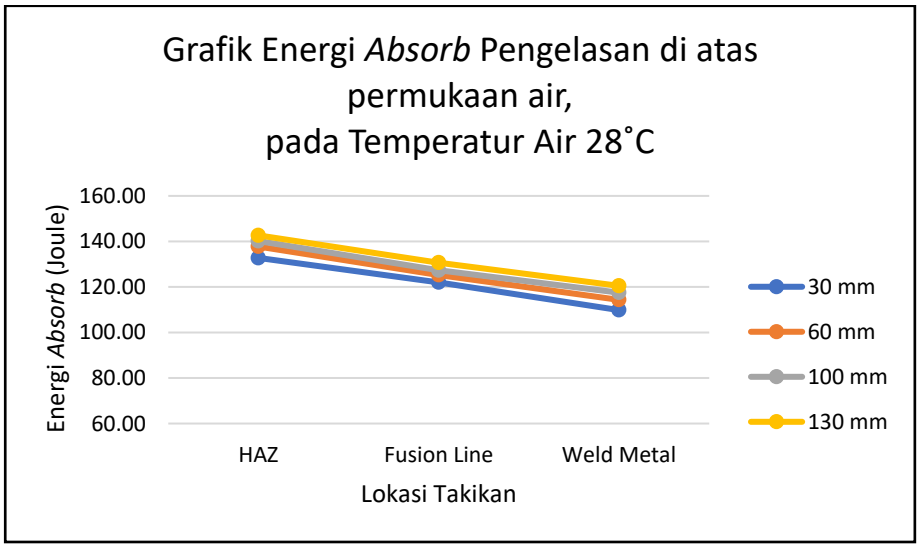
Nilai Energi *Absorb* pada Temperatur Air 25˚C (Joule)			
Variasi Jarak (mm)	**HAZ**	***Fusion Line***	***Weld Metal***
30	130,00	119,00	108,25
60	134,25	123,00	112,33
100	138,50	125,50	116,50
130	140,67	127,67	119,33



Gambar 4.29 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 25˚C

Tabel 4.15 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 28˚C

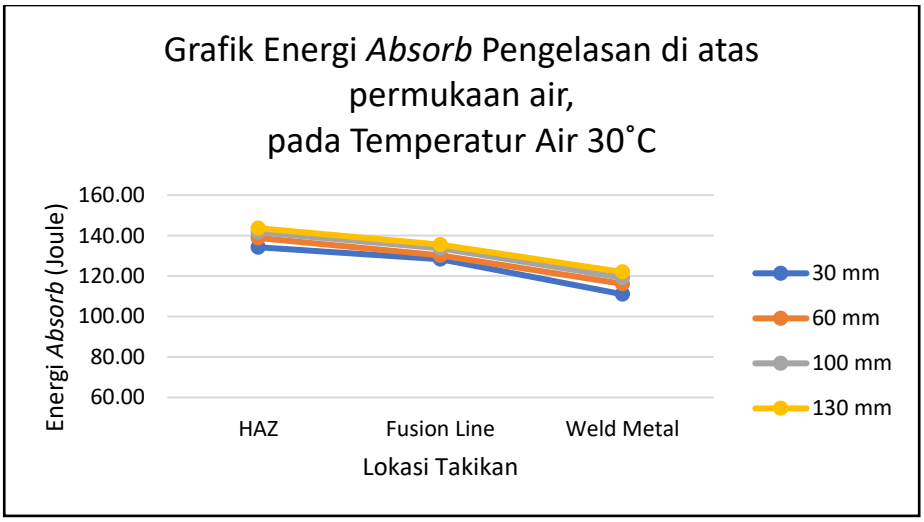
Nilai Energi *Absorb* pada Temperatur Air 28˚C (Joule)			
Variasi Jarak (mm)	**HAZ**	***Fusion Line***	***Weld Metal***
30	132,75	122,00	109,83
60	137,75	125,25	114,33
100	140,17	127,33	117,50
130	142,67	130,67	120,50



Gambar 4.30 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 28˚C

Tabel 4.16 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 30˚C

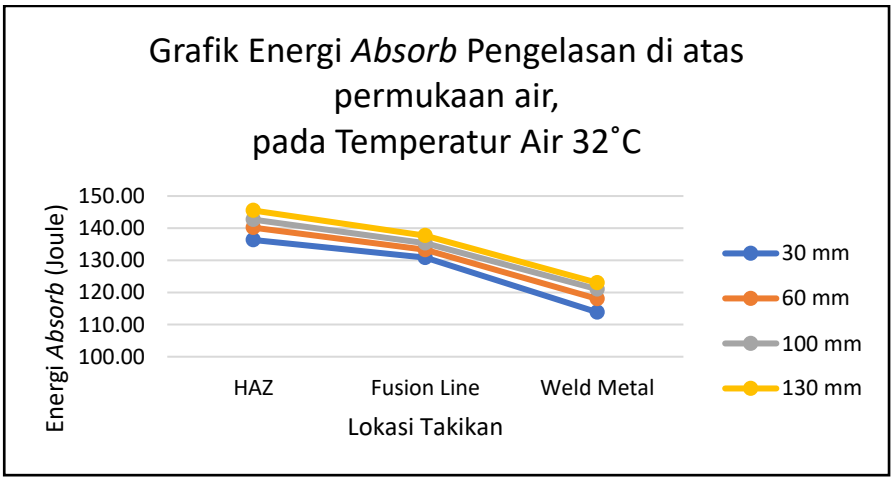
Nilai Energi *Absorb* pada Temperatur Air 30˚C (Joule)			
Variasi Jarak (mm)	**HAZ**	***Fusion Line***	***Weld Metal***
30	134,25	128,33	111,00
60	138,83	130,25	116,17
100	141,67	133,67	119,17
130	143,67	135,50	122,00



Gambar 4.31 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 30˚C

Tabel 4.17 Nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air, temperatur air 32˚C

Nilai Energi *Absorb* pada Temperatur Air 32˚C (Joule)			
Variasi Jarak (mm)	**HAZ**	***Fusion Line***	***Weld Metal***
30	136,33	130,83	113,83
60	140,17	133,27	118,00
100	142,67	135,33	121,00
130	145,50	137,67	123,00



Gambar 4.32 Grafik nilai energi *absorb* pada temperatur air 32˚C

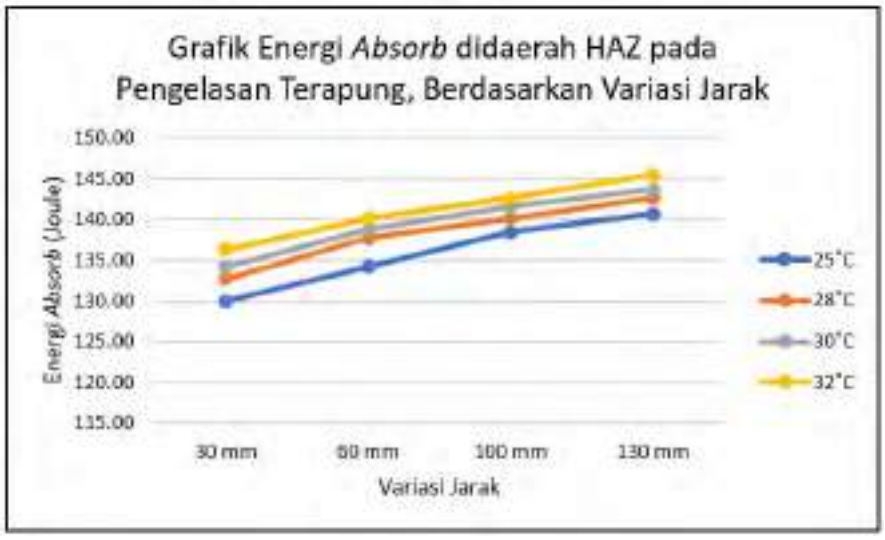
Berdasarkan Gambar 4.29 sampai dengan Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai energi *absorb* dari daerah HAZ, *fusion line*, dan *weld metal.*

Penurunan nilai energi *absorb* ini dikarenakan struktur pada daerah *weld metal* lebih keras jika dibandingkan daerah lainnya, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material didaerah *weld metal* lebih kecil dibandingkan daerah lainnya, maka nilai energi *absorb* pada daerah *weld metal* lebih rendah dibandingkan pada daerah *fusion line* dan HAZ (Callister, 2004). Secara umum, penurunan nilai energi *absorb* pada daerah HAZ dan *fusion line* tidak terlalu signifikan, hal ini dikarenakan kedua daerah tersebut saling berhimpitan dan memiliki luasan yang sangat kecil.

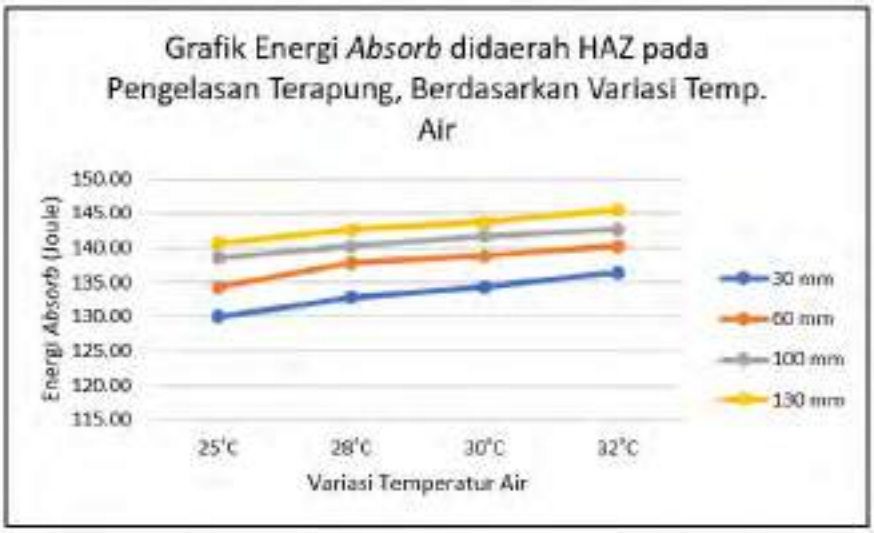
Karakteristik nilai energi *absorb* pada pengelasan di atas permukaan air di daerah HAZ, *fusion line*, dan *weld metal* ditabulasikan pada Tabel 4.18 sampai dengan Tabel 4.20 dan grafiknya digambarkan pada Gambar 4.33 sampai dengan Gambar 4.38.

Tabel 4.18 Hasil pengujian impak di daerah HAZ

Nilai Energi *Absorb* di Daerah *HAZ* (Joule)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	130,00	132,75	134,25	136,33
60	134,25	137,75	138,83	140,17
100	138,50	140,17	141,67	142,67
130	140,67	142,67	143,67	145,50



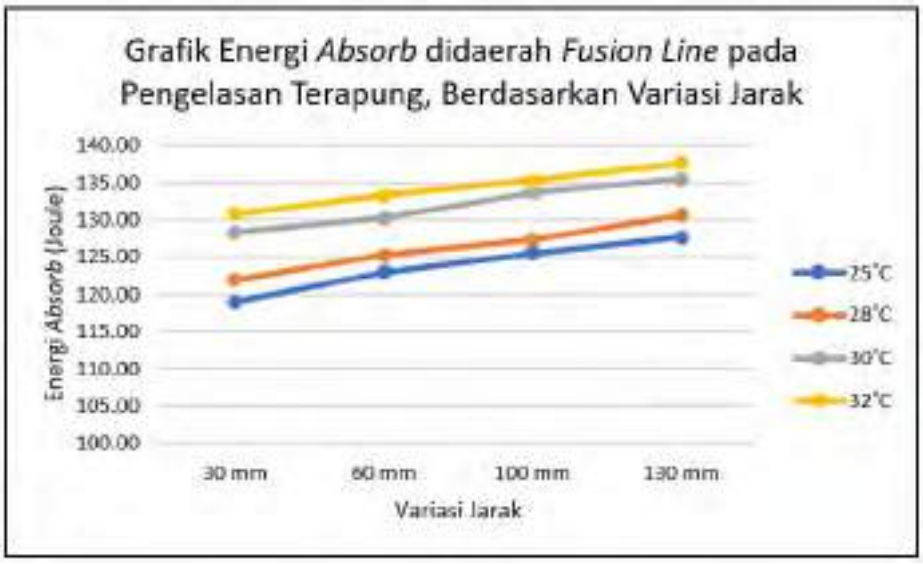
Gambar 4.33 Grafik pengujian impak di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



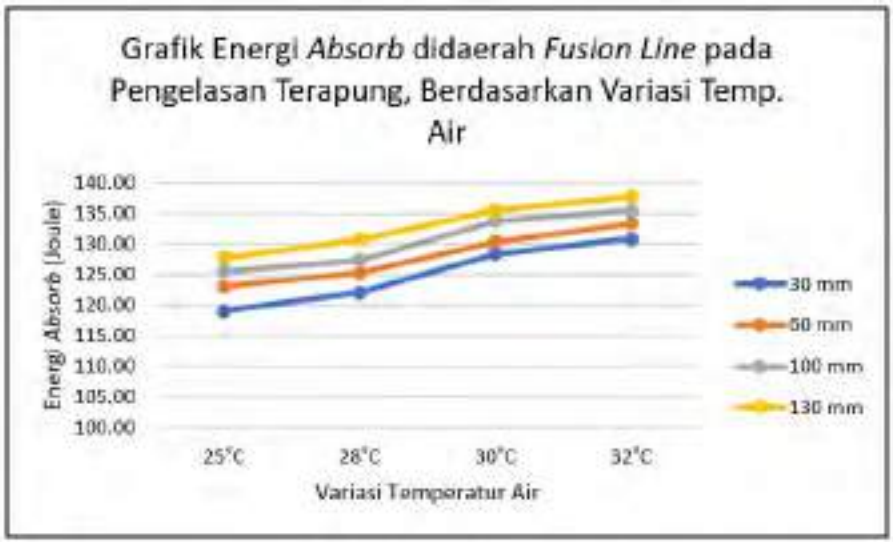
Gambar 4.34 Grafik pengujian impak di daerah HAZ pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Tabel 4.19 Hasil pengujian impak di daerah *fusion line*

Nilai Energi *Absorb* di Daerah *Fusion Line* (Joule)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30	119,00	122,00	128,33	130,83
60	123,00	125,25	130,25	133,27
100	125,50	127,33	133,67	135,33
130	127,67	130,67	135,50	137,67



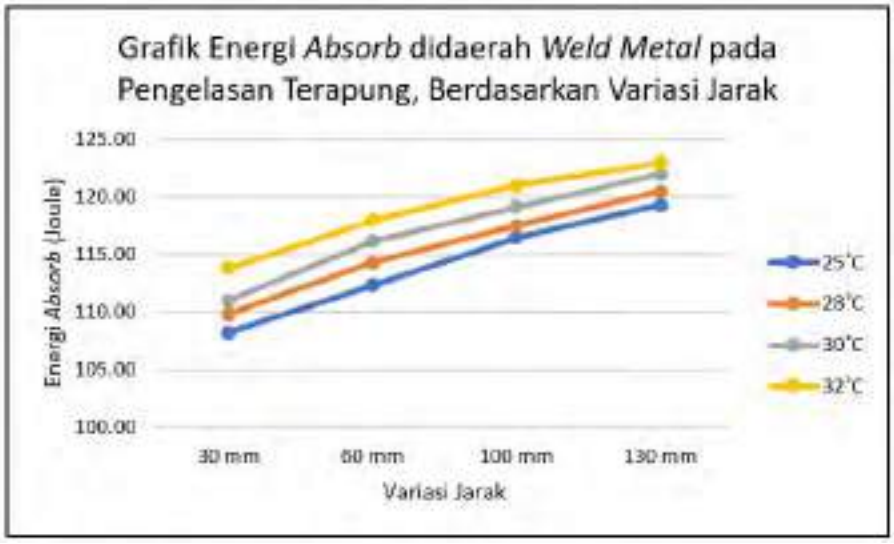
Gambar 4.35 Grafik pengujian impak di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



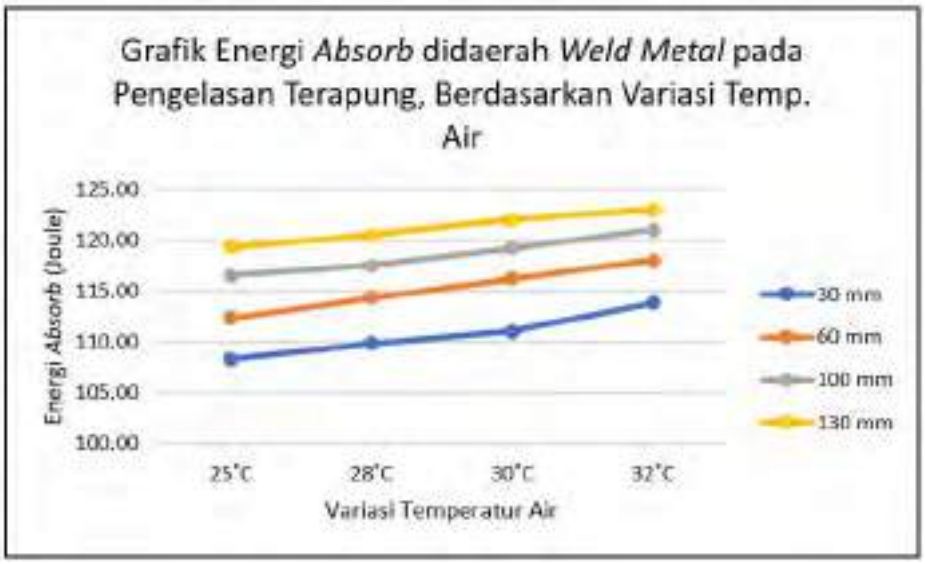
Gambar 4.36 Grafik pengujian impak di daerah *fusion line* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Tabel 4.20 Hasil pengujian impak di daerah *weld metal*

Nilai Energi *Absorb* di Daerah *Weld Metal* (Joule)				
Variasi Jarak (mm)	**25°C**	**28°C**	**30°C**	**32°C**
30	108,25	109,83	111,00	113,83
60	112,33	114,33	116,17	118,00
100	116,50	117,50	119,17	121,00
130	119,33	120,50	122,00	123,00



Gambar 4.37 Grafik pengujian impak di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi jarak



Gambar 4.38 Grafik pengujian impak di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air berdasarkan variasi temperatur air

Berdasarkan Gambar 4.33, Gambar 4.35, dan Gambar 4.37 yang merupakan grafik hasil pengujian impak terhadap variasi jarak dapat dilihat bahwa pada daerah *weld metal, fusion line,* dan HAZ terjadi peningkatan nilai energi *absorb* seiring dengan semakin besar jarak garis air dan garis kampuh las. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa nilai energi *absorb* pada material dengan laju pendinginan cepat, lebih kecil dibandingkan dengan material dengan laju pendinginan lambat (jarak garis air dan garis kampuh las lebih besar) (Turichin, 2018).

Grafik hasil pengujian impak terhadap variasi temperatur air (Gambar 4.34, Gambar 4.36, dan Gambar 4.38) juga menunjukkan bahwa terjadi peningkatanyy nilai energi *absorb* pada setiap kenaikan temperatur air. Hal ini dikarenakan temperatur air yang samakin rendah menunjukkan laju pendinginan yang semakin cepat, sehingga energi *absorb* pada pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air yang tinggi (laju pendinginan lambat), lebih besar jika dibandingkan dengan material yang dilas di atas permukaan air dengan temperatur air yang lebih rendah (laju pendinginan cepat) (Turichin, 2018).

4.4.2.2. Perbandingan Hasil dengan Pengelasan di Darat

Berdasarkan Tabel 4.20 yang menunjukkan nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air di daerah *weld metal*, dan juga berdasarkan nilai energi *absorb* pengelasan darat didaerah *weld metal* yaitu sebesar 137,75 Joule, dapat digambarkan grafik nilai energi *absorb* seluruh variasi. Gambar 4.39 menunjukkan grafik nilai energi *absorb* pada seluruh variasi di penelitian ini, baik pada pengelasan di atas permukaan air maupun pengelasan di darat. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar jarak antara garis air dengan garis kampuh las dan semakin tinggi temperatur air, akan membuat nilai energi *absorb* material semakin tinggi dan mendekati dengan nilai energi *absorb* pada pengelasan di darat.

Gambar 4.39 Grafik nilai energi *absorb* pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan darat

Untuk mengetahui nilai energi *absorb* pada pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan adalah dengan membandingkan hasil nilai energi *absorb* pada pengelasan di atas permukaan air dengan pengelasan yang dilakukan di darat. Tabel 4.21 menunjukkan persentase penurunan nilai energi *absorb* di daerah *weld metal* pada pengelasan di atas permukaan air dibandingkan dengan nilai energi *absorb* di daerah *weld metal* pada pengelasan darat yaitu sebesar 137,75 Joule.

Tabel 4.21 Persentase penurunan nilai energi *absorb*

Persentase Penurunan Nilai Energi *Absorb* (%)				
Variasi Jarak (mm)	**25˚C**	**28˚C**	**30˚C**	**32˚C**
30 mm	-21,42	-20,27	-19,42	-17,36
60 mm	-18,45	-17,00	-15,67	-14,34
100 mm	-15,43	-14,70	-13,49	-12,16
130 mm	-13,37	-12,52	-11,43	-10,71

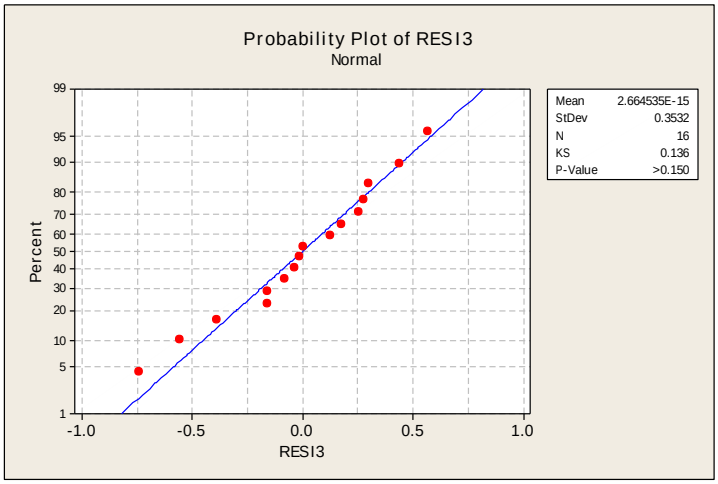
Berdasarkan Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa persentase penurunan nilai energi *absorb* yang paling besar adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm dengan temperatur air 25˚C, dengan persentase sebesar 21,42 %, sedangkan persentase penurunan nilai energi *absorb* yang paling kecil adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 130 mm dengan temperatur air 32˚C, yaitu dengan persentase sebesar 10,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pengelasan di atas permukaan air yang paling optimal untuk diaplikasikan berdasarkan energi *absorb*nya adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm dengan temperatur air 32˚C.

4.4.2.3. Analisis Faktor Penguji Terhadap Energi *Absorb*

Penelitian ini menggunakan dua faktor (variasi) yang digunakan untuk mengetahui nilai energi *absorb* baja karbon rendah pada pengelasan di atas permukaan air, yaitu yang pertama adalah faktor jarak garis air dan garis kampuh las, dan yang kedua adalah faktor temperatur air. Pengambilan data pada kedua faktor tersebut dilakukan secara dependen atau dengan kata lain data pada kedua faktor saling berkaitan karena proses pengambilan data pada kedua faktor dilakukan secara bersamaan. Metode yang paling sesuai untuk digunakan guna mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekuatannya adalah menggunakan metode Anova Dua Jalur. Lain halnya dengan metode Friedman, dimana data pada faktor-faktor yang ada merupakan data independen atau data pada faktor-faktor tersebut tidak saling berkaitan.

Untuk melakukan pengujian menggunakan Anova, terlebih dahulu harus dipenuhi asumsi dasarnya yaitu uji normalitas untuk mengetahui asumsi residual berdistribusi normal atau tidak menggunakan α sebesar 0,05 yang artinya tingkat

kesalahan yang diijinkan adalah sebesar 5%. Pengujian normalitas dilakukan pada *software* Minitab 16, dengan memasukkan data residual nilai kekuatan pada seluruh faktor menggunakan metode *Kolmogorov Smirnov*. Gambar 4.40 merupakan diagram probabilitas residual normal nilai kekuatan. Dari diagram tersebut dapat diketahui P *value* sebesar 0,150. Jika nilai P *value* > α (0,05) maka keputusan yang didapat adalah gagal tolak (terima) H_0 yang berarti bahwa varians residual data nilai energi *absorb* memenuhi asumsi berdistribusi normal.



Gambar 4.40 Diagram probabilitas residual normal nilai energi *absorb*

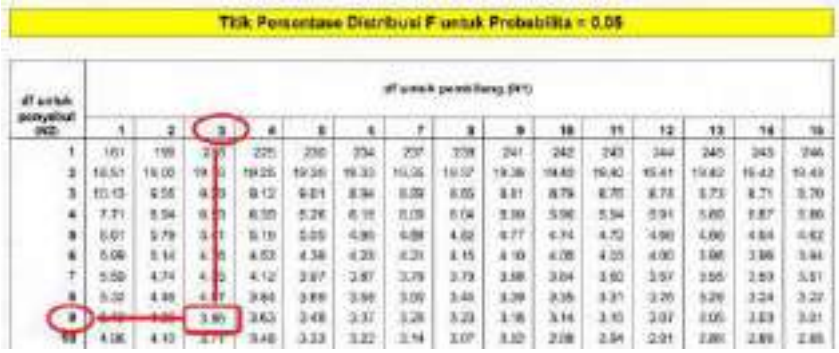
Setelah mengetahui bahwa residual data nilai energi *absorb* berdistribusi normal, selanjutnya dapat dilakukan pengujian terhadap faktor percobaan menggunakan Anova Dua Jalur. Langkah-langkah penggunaan metode Anova Dua Jalur pada *software* Minitab 16 untuk menganalisis faktor pengujian terhadap nilai energi *absorb* sama dengan langkah-langkah untuk menganalisis faktor pengujian terhadap nilai kekuatan yang telah dijelaskan pada Sub Bab 4.2.2.3. Gambar 4.41 merupakan hasil analisis metode Anova Dua Jalur berdasarkan nilai energi *absorb*.

Analysis of Variance for Impact

Source	DF	SS	MS	F	P
Jarak	3	245.199	81.7332	393.21	0.000
Temp	3	52.105	17.3684	83.56	0.000
Error	9	1.871	0.2079		
Total	15	299.176			

Gambar 4.41 Hasil analisis energi *absorb* menggunakan metode Anova Dua Jalur

Setelah mendapatkan nilai F hitung, langkah selanjutnya adalah menentukan harga F tabel. Pada kondisi ini diketahui nilai N1 = 3, dan N2 = 9, sehingga nilai F tabel adalah sebesar 3,86. Gambar 4.42 merupakan nilai F tabel berdasarkan nilai energi *absorb*.



Gambar 4.42 Menentukan nilai F tabel untuk energi *absorb*

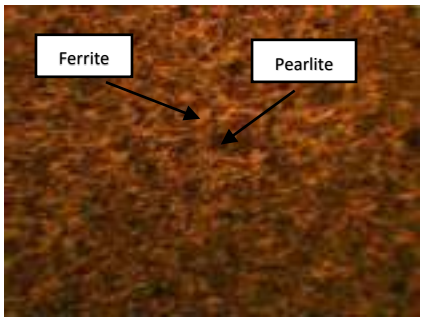
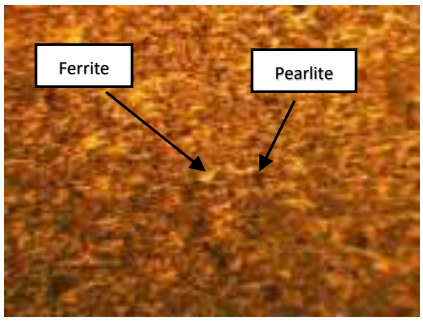
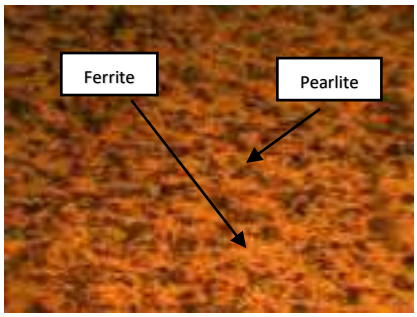
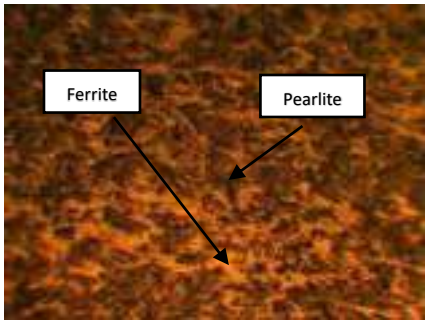
Oleh karena nilai F hitung pada variasi jarak lebih besar dari nilai F tabel (393,21 > 3,86) maka keputusannya adalah menolak H0 dan menerima H1. Hal ini berarti variasi jarak garis air dan garis kampuh las memberikan pengaruh terhadap nilai energi *absorb*. Atau dapat disimpulkan bahwa paling sedikit ada satu perlakuan dari variasi jarak garis air dan garis kampuh las yang mempengaruhi nilai energi *absorb*. Hal yang sama terjadi pada variasi temperatur air, dimana nilai F hitung lebih besar daripada F tabel (83,56 < 3,86) maka keputusannya adalah menolak H0 dan menerima H1. Hal ini berarti variasi temperatur air memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan. Namun jika melihat dari nilai F hitung, dapat diketahui bahwa nilai F hitung variasi jarak lebih besar daripada F hitung variasi temperatur air, hal ini menunjukkan bahwa variasi jarak garis air dan garis kampuh las pada pengelasan di atas permukaan air memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap nilai energi *absorb* material jika dibandingkan dengan variasi temperatur air.

4.5. Analisis Struktur Mikro

Tabel. 4.22 sampai dengan Tabel 4.38 merupakan foto struktur mikro pada *base metal,* HAZ*, fusion line* dan *weld metal* dengan perbesaran 100x dan 400x.

4.5.1. Struktur Mikro Pengelasan di Darat

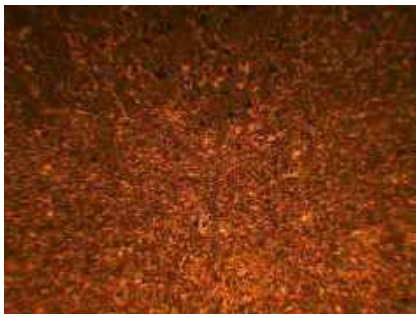
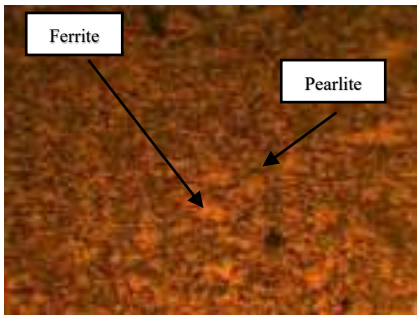
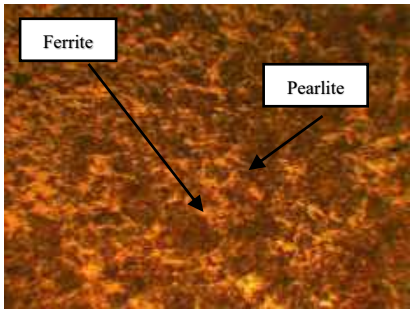
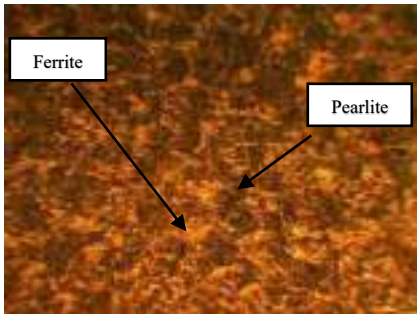
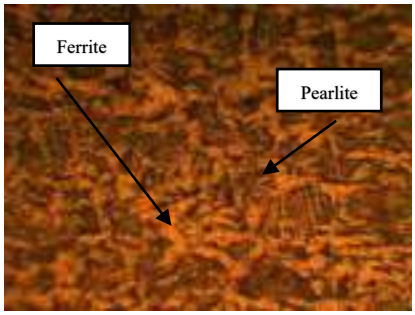
Tabel 4.22 Data hasil foto mikro pengelasan di darat

Kode : W.D			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.2. Struktur Mikro Pengelasan di atas permukaan air Temperatur Air 25˚C

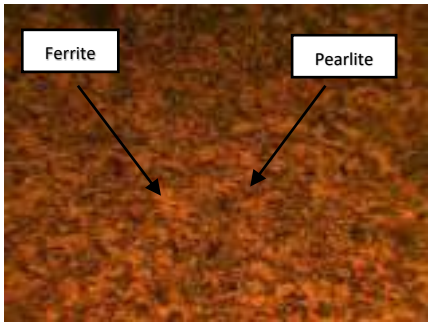
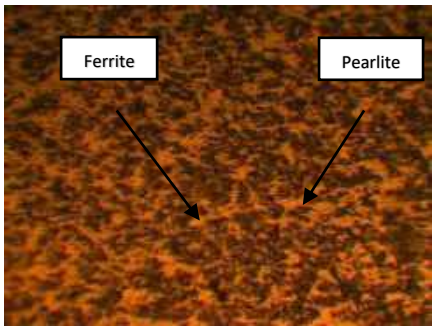
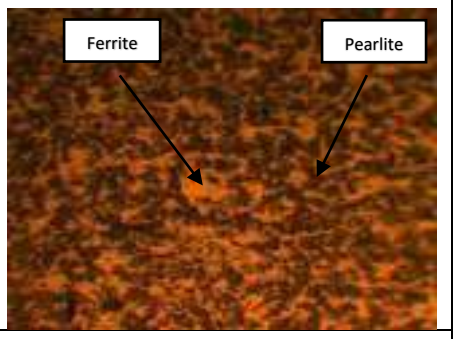
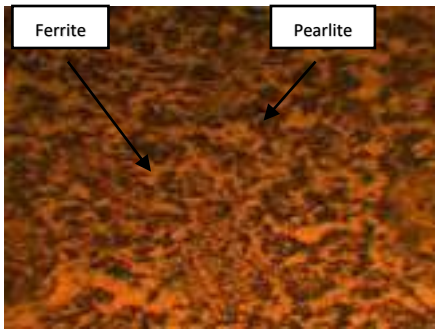
4.5.2.1. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 30 mm

Tabel 4.23 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C

Kode : W 3. 25			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

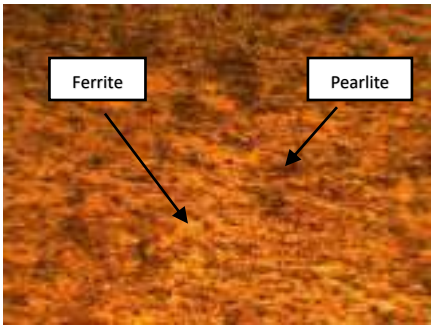
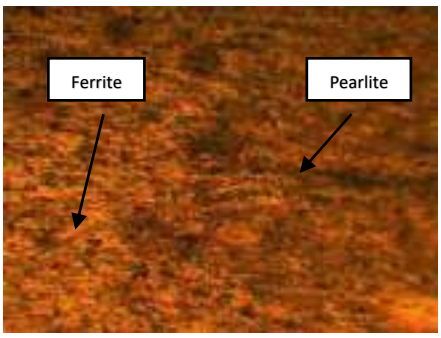
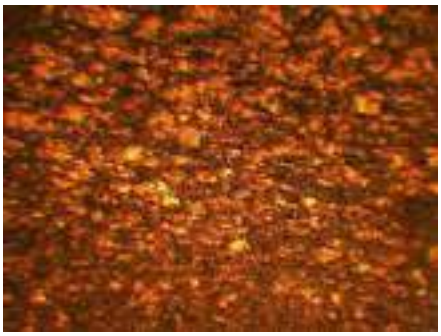
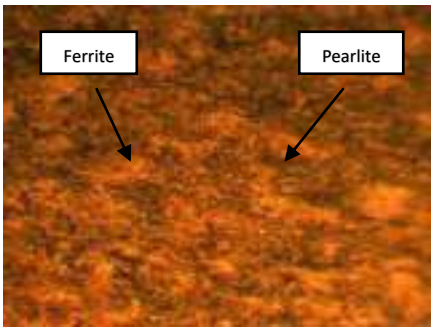
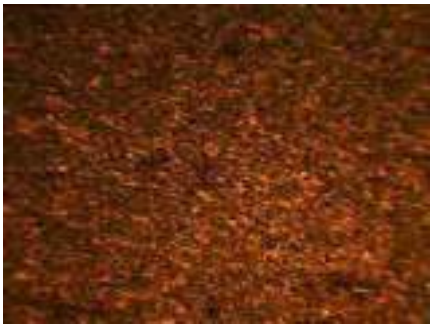
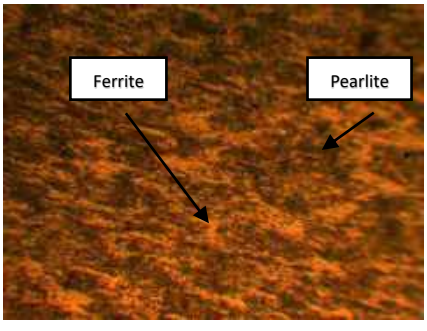
4.5.2.2. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 60 mm

Tabel 4.24 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C

Kode : W 6. 25			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

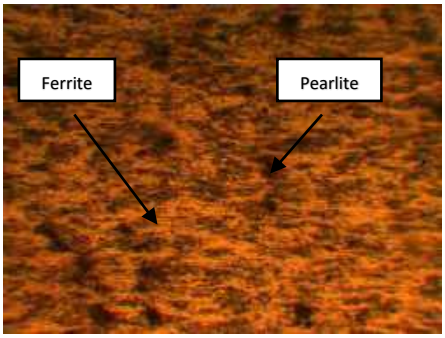
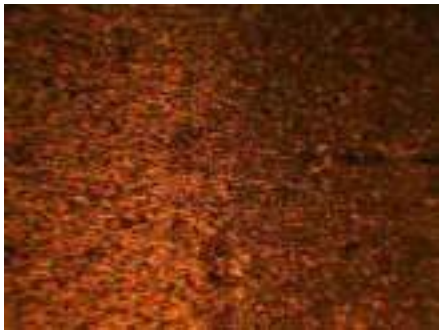
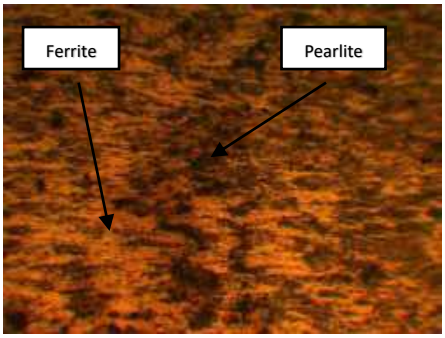
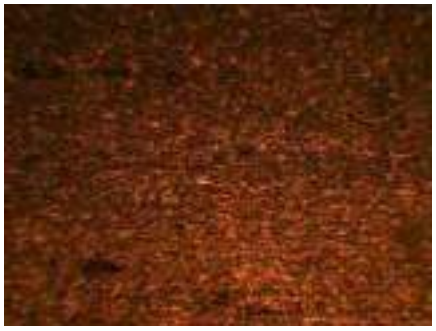
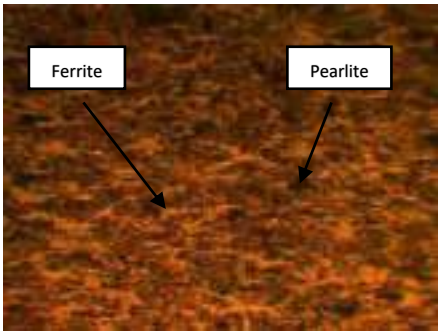
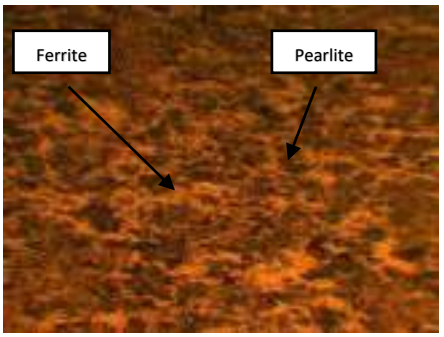
4.5.2.3. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 100 mm

Tabel 4.25 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C

Kode : W 10. 25			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.2.4. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 130 mm

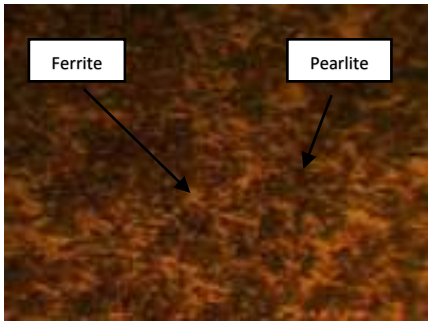
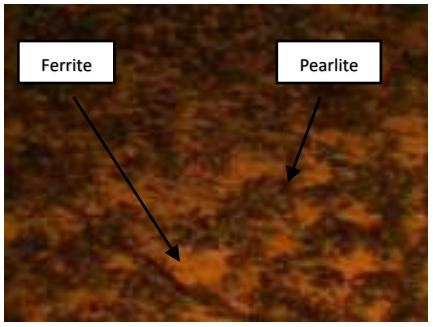
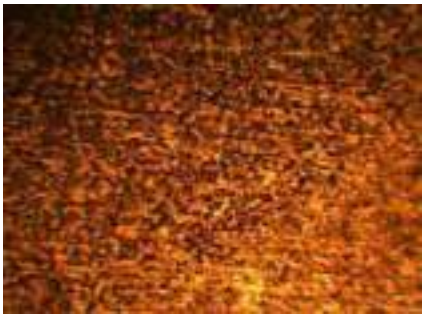
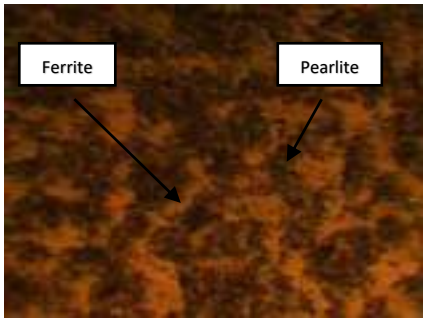
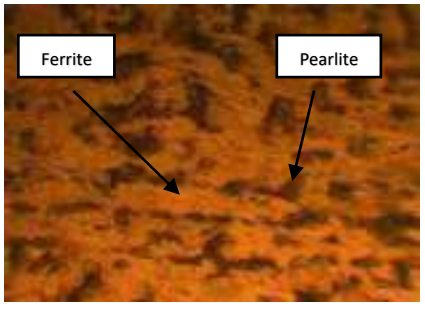
Tabel 4.26 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C

Kode : W 13. 25			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.3. Struktur Mikro Pengelasan di atas permukaan air Temperatur Air 28˚C

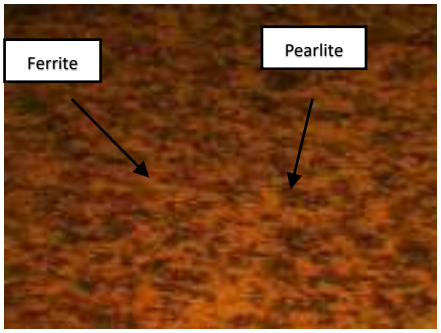
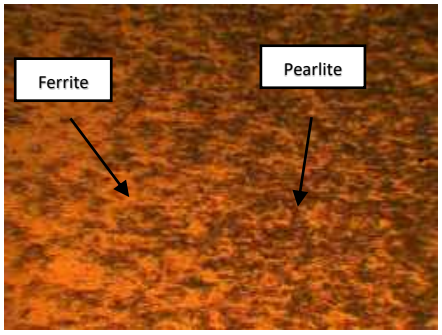
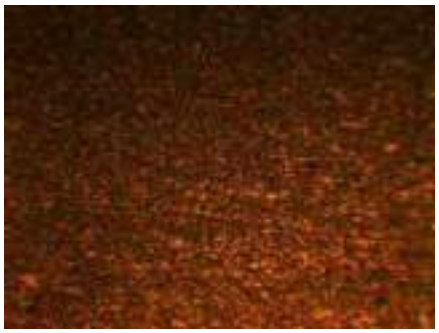
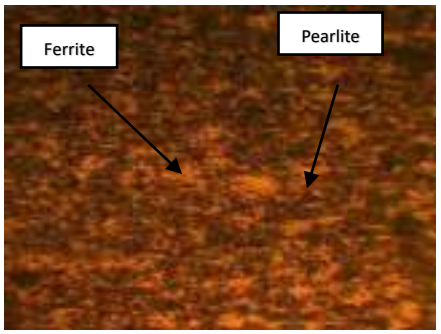
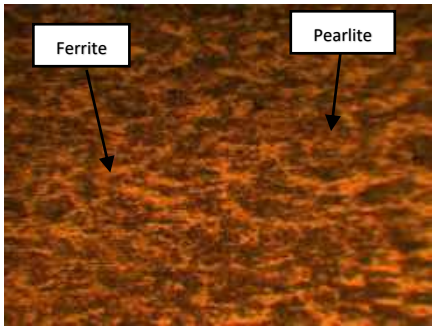
4.5.3.1. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 30 mm

Tabel 4.27 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C

Kode : W 3. 28			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

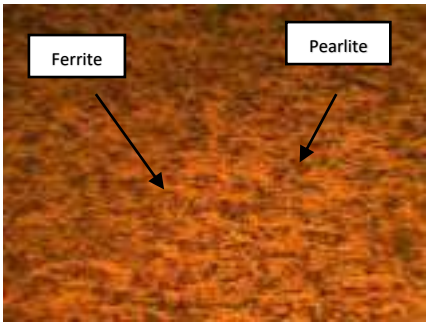
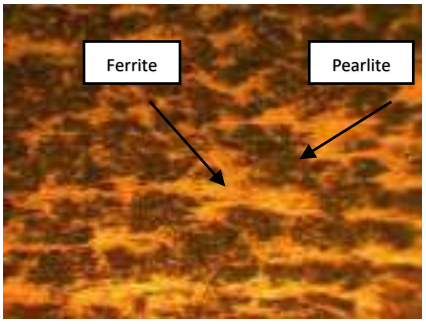
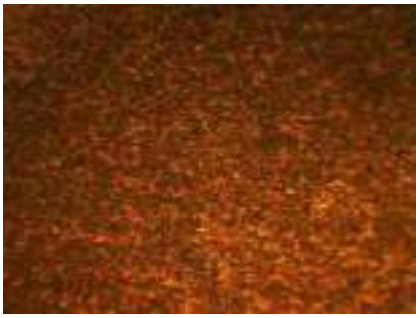
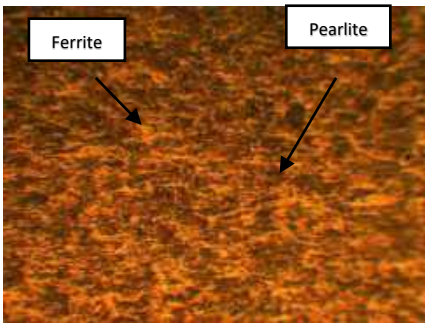
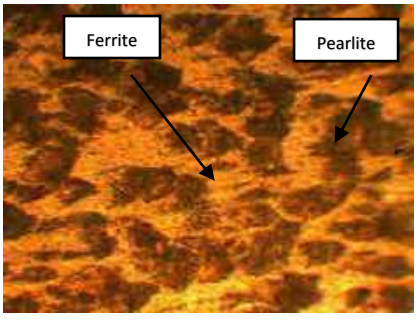
4.5.3.2. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 60 mm

Tabel 4.28 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C

Kode : W 6. 28			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

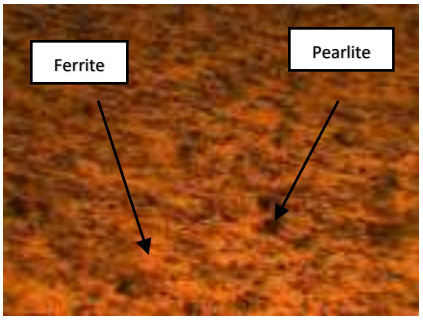
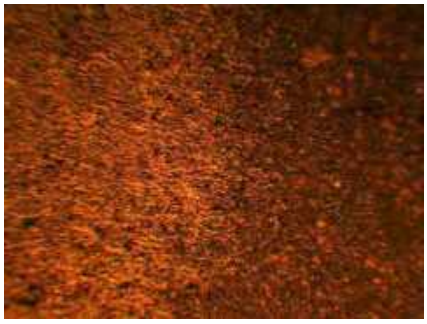
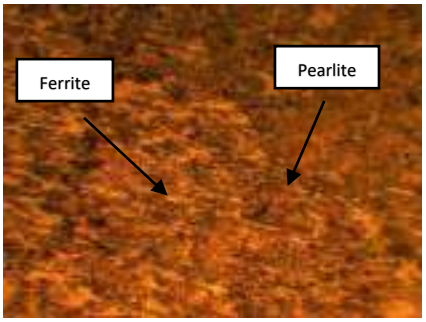
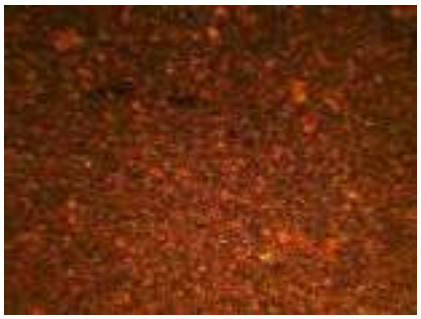
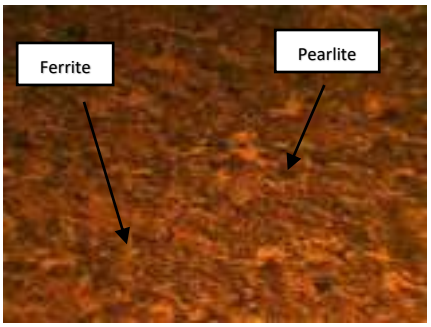
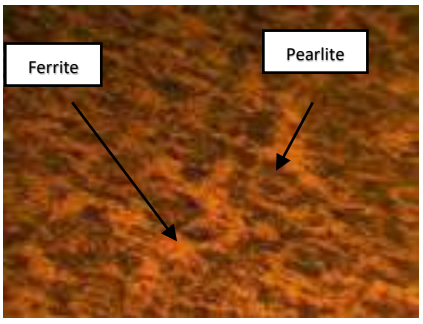
4.5.3.3. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 100 mm

Tabel 4.29 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C

Kode : W 10. 28			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.3.4. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 130 mm

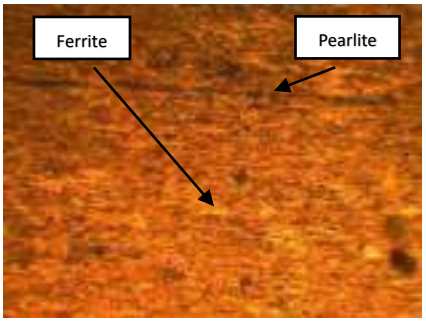
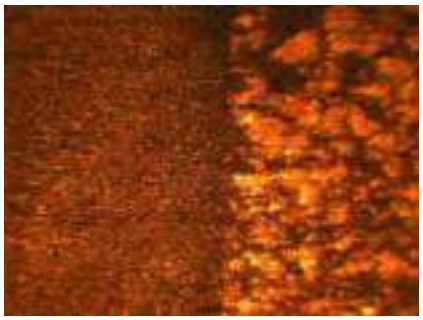
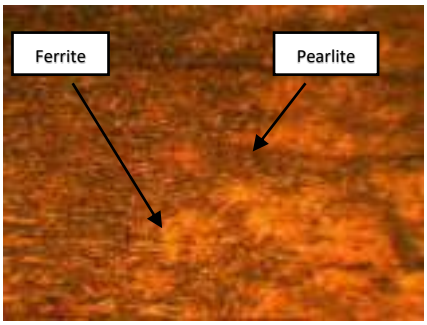
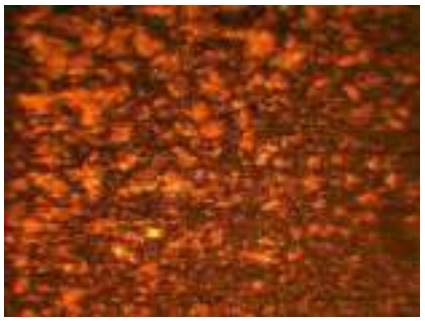
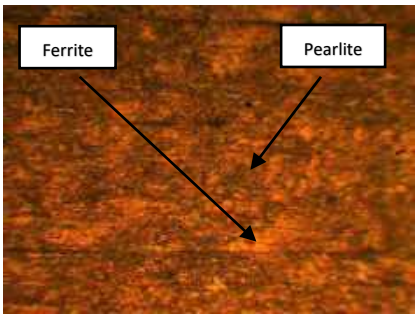
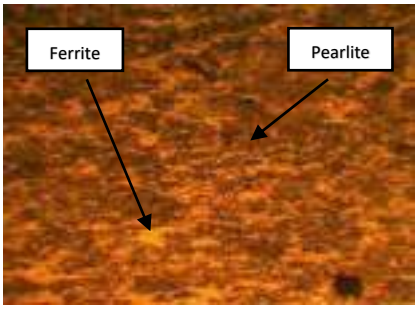
Tabel 4.30 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C

Kode : W 13. 28			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.4. Struktur Mikro Pengelasan di atas permukaan air Temperatur Air 30˚C

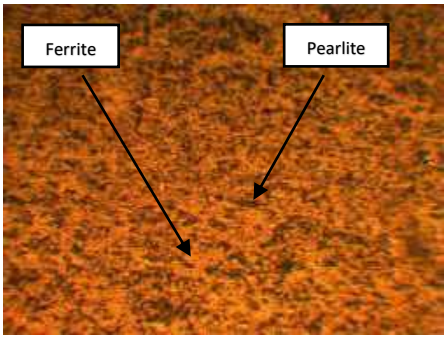
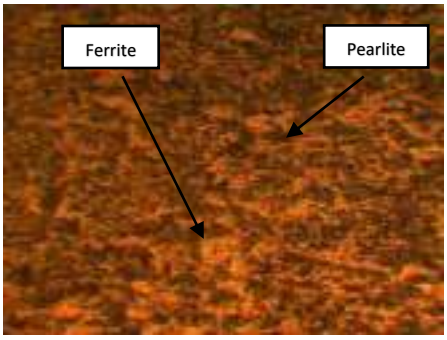
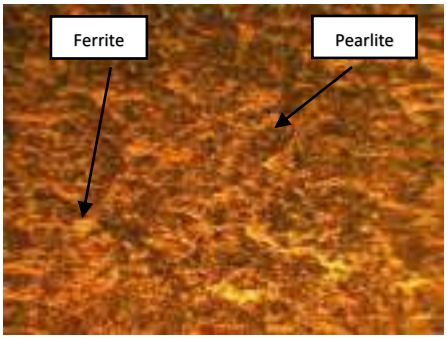
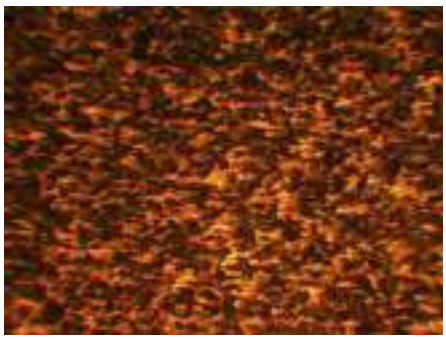
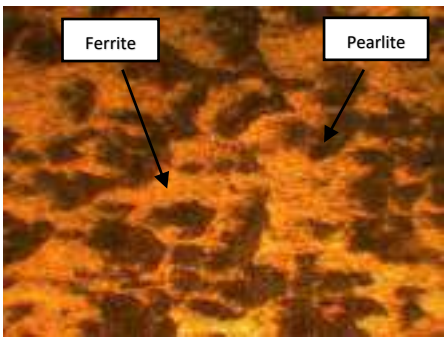
4.5.4.1. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 30 mm

Tabel 4.31 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C

Kode : W 3. 30			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

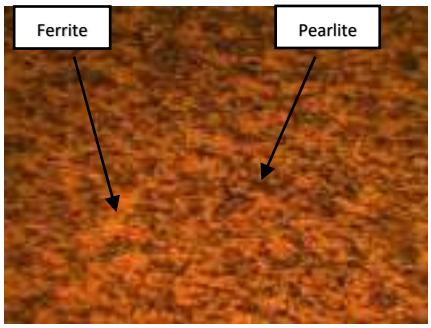
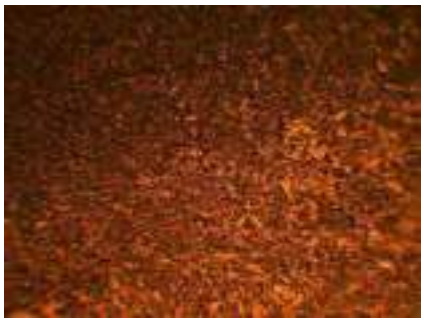
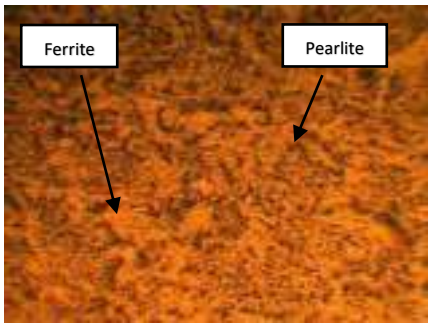
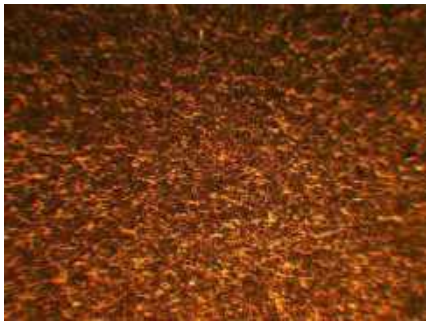
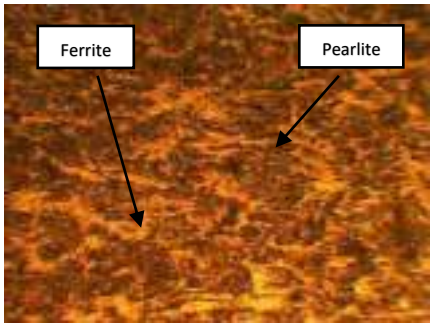
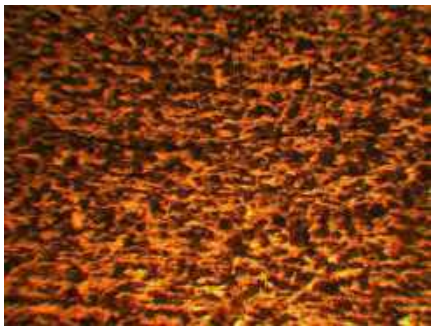
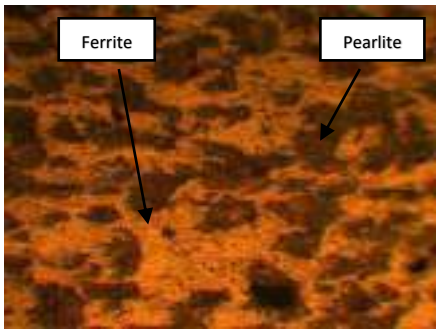
4.5.4.2. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 60 mm

Tabel 4.32 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C

Kode : W 6. 30			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

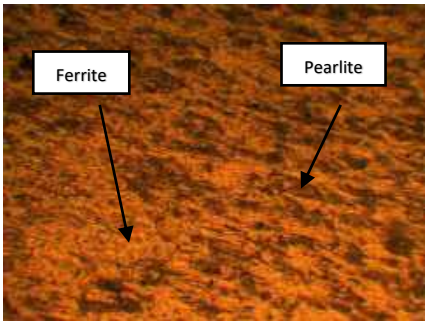
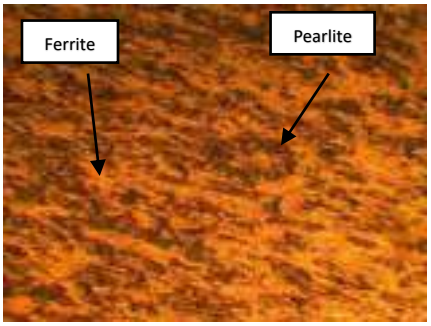
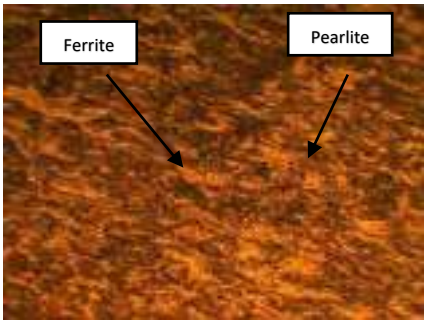
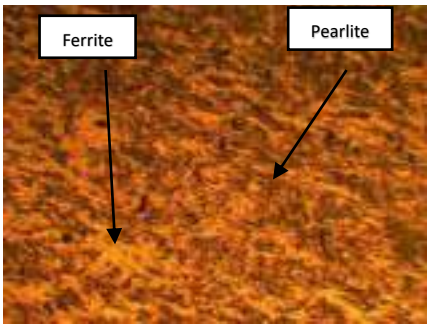
4.5.4.3. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 100 mm

Tabel 4.33 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C

Kode : W 10. 30			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.4.4. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 130 mm

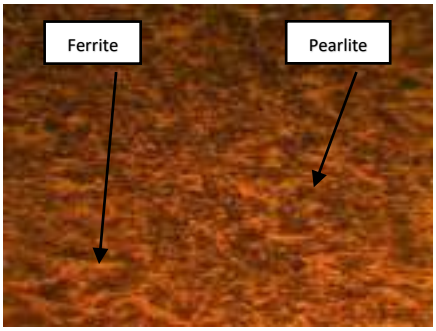
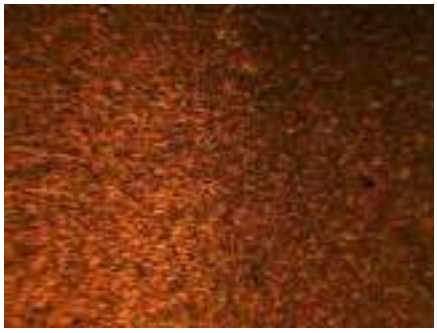
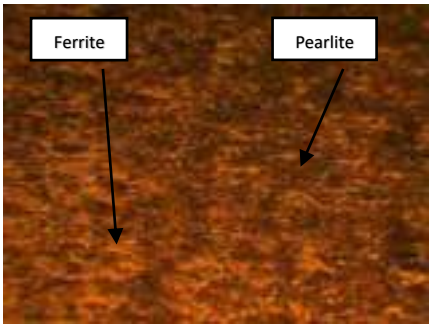
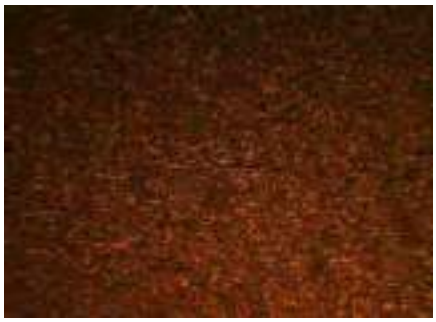
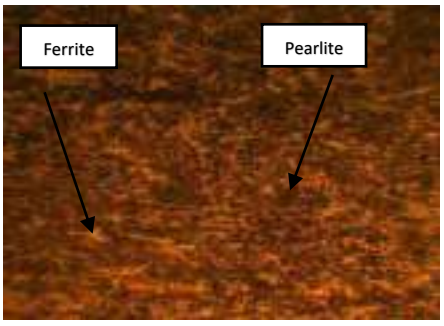
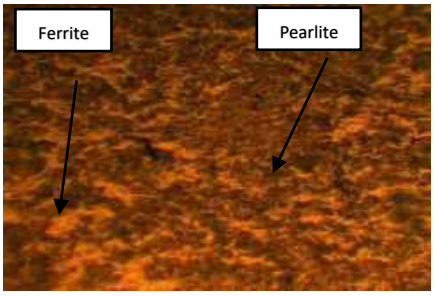
Tabel 4.34 Data hasil foto mikro pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C

Kode : W 13. 30			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

4.5.5. Struktur Mikro Pengelasan di atas permukaan air Temperatur Air 32˚C

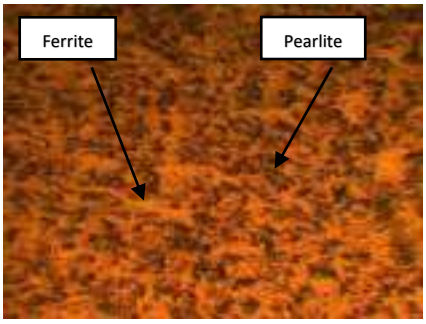
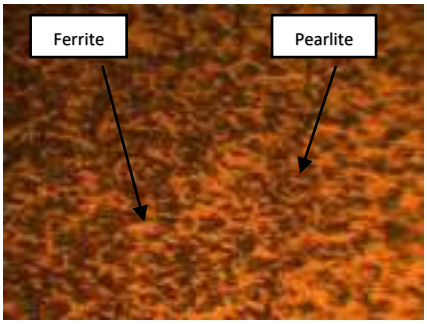
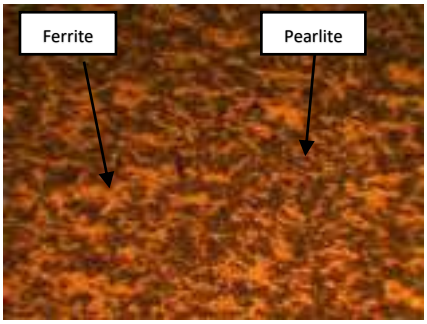
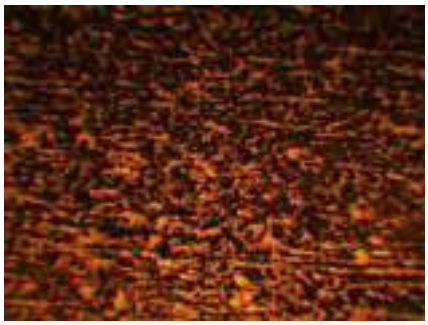
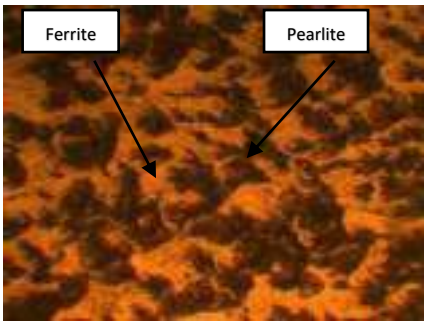
4.5.5.1. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 30 mm

Tabel 4.35 Data hasil foto mikro etsa pengelasan di atas permukaan air 30mm-32˚C

Kode : W 3. 25			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

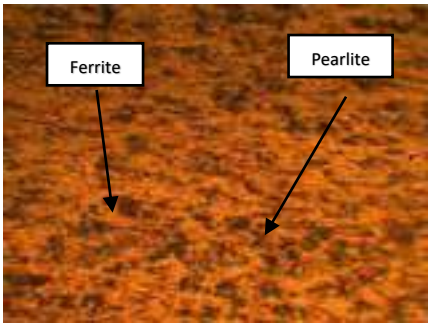
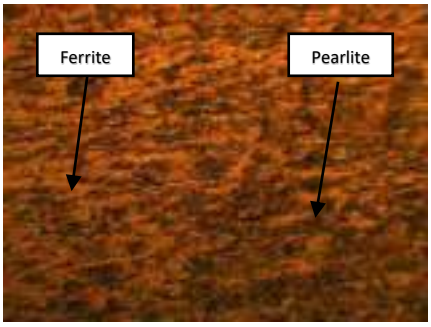
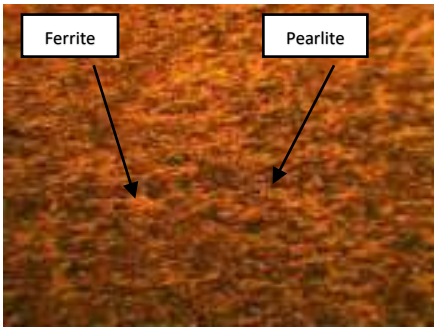
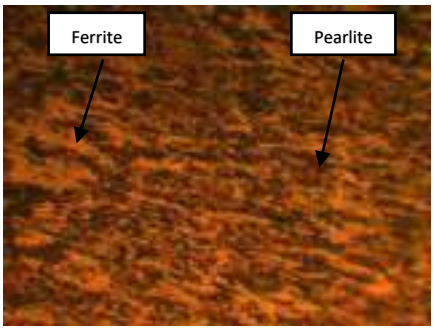
4.5.5.2. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 60 mm

Tabel 4.36 Data hasil foto mikro etsa pengelasan di atas permukaan air 60mm-32˚C

Kode : W 6. 32			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

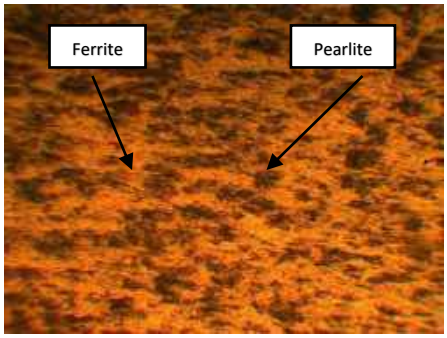
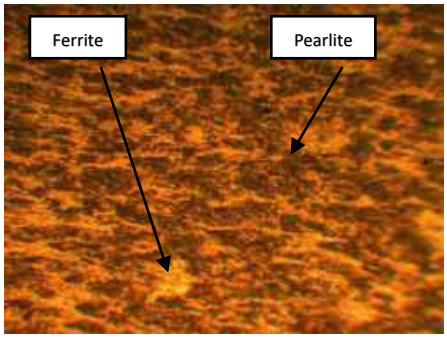
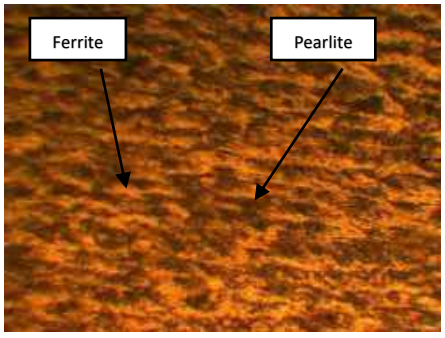
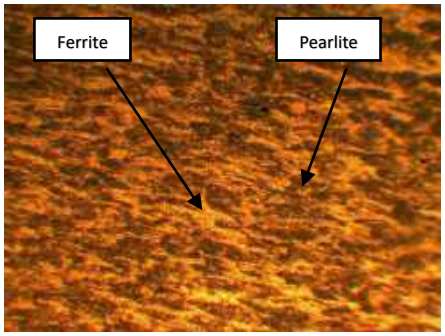
4.5.5.3. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 100 mm

Tabel 4.37 Data foto mikro etsa pengelasan di atas permukaan air 100mm - 32˚C

Kode : W 10. 32			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

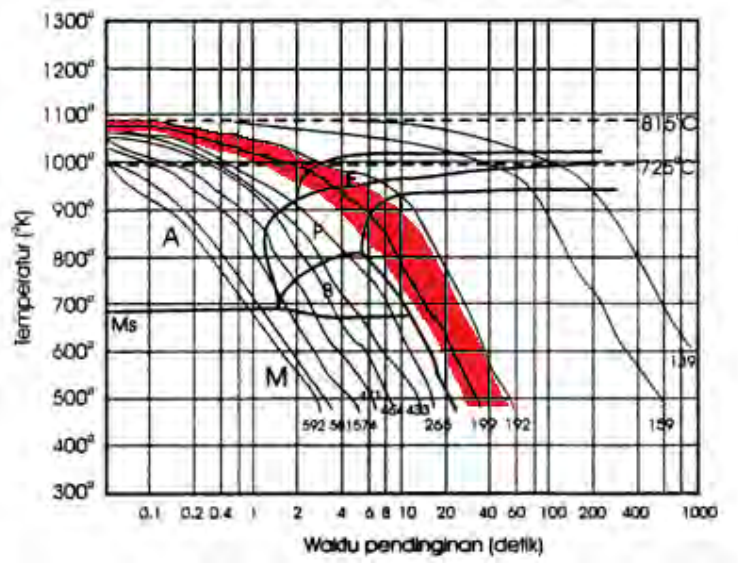
4.5.5.4. Jarak Garis air dan Garis Kampuh Las 130 mm

Tabel 4.38 Data foto mikro etsa pengelasan di atas permukaan air 130mm - 32˚C

Kode : W 13. 32			
No	**Lokasi**	**Pembesaran 100 x**	**Pembesaran 400 x**
1	*Weld Metal*		
2	*Fusion Line*		
3	HAZ		
4	*Base Metal*		

Hasil foto mikro pada Tabel 4.22 sampai dengan Tabel 4.38 terlihat bahwa daerah *weld metal* mempunyai ukuran butir yang paling kecil, kemudian daerah *fusion line,* HAZ, dan *base metal*. Hasil ini sesuai dengan nilai kekerasan pada pengelasan darat dan juga pengelasan di atas permukaan air variasi jarak garis air dan garis kampuh las 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm, dan variasi temperatur air 25˚C, 28˚C, 30˚C, dan 32˚C, dimana nilai kekerasan yang tertinggi berada pada daerah *weld metal*, kemudian daerah *fusion line*, HAZ, dan *base metal*.

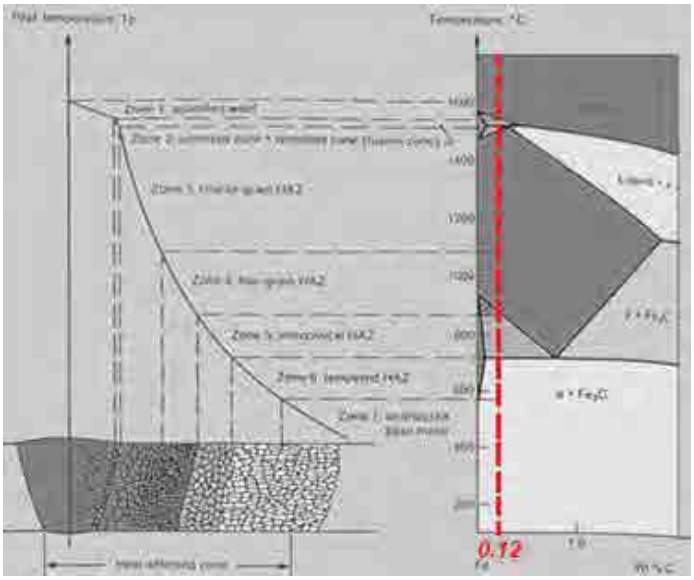
Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa seluruh hasil foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk baik pada pengelasan darat maupun pengelasan di atas permukaan air adalah fasa *ferrite* dan *pearlite*. Gambar 4.43 merupakan diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*) yang digunakan untuk menentukan fasa yang terbentuk pada material akibat pendinginan berdasarkan nilai kekerasannya (Sonawan, 2006).



Gambar 4.43 Diagram CCT (*Continous Cooling Transformation*)

Gambar 4.43 merupakan diagram CCT pada material dengan nilai kekerasan 195 HV – 218 HV (sesuai dengan nilai kekerasan pada penelitian ini), dimana pada gambar tersebut ditunjukkan pada daerah yang diarsir merah. Berdasarkan nilai kekerasannya, fasa yang terbentuk adalah fasa *ferrite* dan *pearlite*. Hal ini berarti bahwa nilai kekerasan dan fasa yang terbentuk pada material dipenelitian ini sesuai dengan diagram CCT. Hasil tersebut juga diperkuat dengan

diagram transformasi fasa. Gambar 4.44 menunjukkan transformasi fasa hasil pengelasan pada baja karbon 0,12%.



Gambar 4.44 Transformasi fasa hasil pengelasan baja karbon 0,12%

Berdasarkan Gambar 4.44 dapat diketahui ukuran butir dan fasa yang terjadi pada setiap daerah berdasarkan kandungan karbonnya yaitu 0,12%. Daerah *weld metal* merupakan daerah dengan temperatur yang paling tinggi selama proses pengelasan, sehingga memasuki area *liquid* pada diagram fasa. Terjadi peleburan antara *base metal* dengan elektroda pada temperatur di atas 1500˚C. Pada daerah HAZ terjadi transformasi menyeluruh dari fasa *ferrite* + *pearlite* menjadi *austenite*. Butir struktur *austenite* di HAZ dipengaruhi oleh masukan panas, sehingga ukuran butir lebih besar dibandingkan daerah *weld metal*. Pada daerah *base metal* memiliki fase *ferrite* dan *pearlite* dengan ukuran butir yang paling besar karena daerah ini merupakan daerah yang tidak terpengaruh panas (berada dibawah garis A1) sehingga tidak mengalami transformasi struktur mikro.

Biro Klasifikasi Indonesia tidak mengatur mengenai struktur mikro yang diijinkan pada material lambung kapal. Struktur mikro akan dievaluasi ketika terjadi insiden pada kapal, misal kebakaran kapal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan struktur mikro terhadap struktur awal material.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan pengujian pada pengelasan di atas permukaan air dengan variasi jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm, terjadi penurunan nilai kekuatan (dari 511,30 MPa ke 450,06 MPa pada seluruh variasi temperatur air) dan nilai kekerasan (dari 218,5 HV ke 195,7 HV pada seluruh variasi temperatur air), serta peningkatan nilai energi *absorb* (dari 108,25 Joule ke 123,00 Joule pada seluruh variasi temperatur air) pada setiap peningkatan variasi jarak garis air dan garis kampuh las. Hasil pengujian foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk pada pengelasan di atas permukaan air dengan jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm, 60 mm, 100 mm, dan 130 mm adalah fasa *ferrite* dan *pearlite,* dengan urutan butiran yang paling kecil sampai paling besar adalah pada lokasi *weld metal, fusion line*, HAZ, dan *base metal*. Seluruh pengujian nilainya diterima berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia yang mengatur tentang pengelasan baja pada struktur lambung kapal, sehingga berdasarkan penelitian ini dengan meninjau sifat mekanis dan struktur mikro nya, pengelasan di atas permukaan air dengan minimal jarak garis air dan garis kampuh las sebesar 30 mm aman diaplikasikan dilapangan.
2. Berdasarkan pengujian pada pengelasan di atas permukaan air dengan variasi temperatur air sebesar 25˚C, 28˚C, 30˚C, dan 32˚C, terjadi penurunan nilai kekuatan (dari 511,30 MPa ke 450,06 MPa pada seluruh variasi jarak) dan nilai kekerasan (dari 218,5 HV ke 195,7 HV pada seluruh variasi jarak), serta peningkatan nilai energi *absorb* (dari 108,25 Joule ke 123,00 Joule pada seluruh variasi jarak) pada setiap peningkatan variasi temperatur air, meskipun nilainya tidak signifikan. Hasil pengujian foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk pada pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air 25˚C, 28˚C, 30˚C, dan 32˚C adalah fasa *ferrite* dan *pearlite,* dengan urutan

butiran yang paling kecil sampai paling besar adalah pada lokasi *weld metal, fusion line*, HAZ, dan *base metal*. Seluruh pengujian nilainya diterima berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia yang mengatur tentang pengelasan baja pada struktur lambung kapal, sehingga berdasarkan penelitian ini dengan meninjau sifat mekanis dan struktur mikro nya, pengelasan di atas permukaan air dengan temperatur air antara 25˚C sampai 32˚C dapat diaplikasikan dilapangan.

3. Terjadi peningkatan nilai UTS *(Ultimate Tensile Strength)* dan nilai kekerasan pada pengelasan di atas permukaan air jika dibandingkan dengan pengelasan di darat. Persentase peningkatan nilai UTS *(Ultimate Tensile Strength)* dan nilai kekerasan antara pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan darat yang paling tinggi adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 30 mm dan temperatur air 25˚C, yaitu sebesar 14,37% dan 31,86%. Sedangakan persentase paling rendah adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm dan temperatur air 32˚C, yaitu sebesar 0,67% dan 18,11%. Sebaliknya, terjadi penurunan nilai energi *absorb* pada pengelasan di atas permukaan air jika dibandingkan dengan pengelasan di darat. Persentase penurunan nilai energi *absorb* antara pengelasan di atas permukaan air dan pengelasan darat yang paling tinggi adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 30 mm dan temperatur air 25˚C, yaitu sebesar 21,42%, sedangkan persentase paling rendah adalah pada variasi jarak garis air dan garis kampuh las 130 mm dan temperatur air 32˚C, yaitu sebesar 10,71%. Hasil pengujian foto mikro menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk baik pada pengelasan darat maupun pengelasan di atas permukaan air adalah fasa *ferrite* dan *pearlite,* dengan urutan butiran yang paling kecil sampai paling besar adalah pada lokasi *weld metal, fusion line*, HAZ, dan *base metal*.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Untuk hasil lebih presisi dan mendekati kondisi aktual di lapangan, sebaiknya dilakukan pengelasan dengan mempertimbangkan kondisi gelombang air laut.

2. Pada penelitian selanjutnya, material yang akan di las tidak perlu di las ikat pada pelat melintang, sehingga selama proses pengelasan material dapat bergerak mengikuti pergerakan gelombang ataupun arah angin.
3. Selama proses pengelasan berlangsung, sebaiknya *travel speed* atau kecepatan pengelasan dijaga sebaik mungkin agar mendapatkan hasil yang ideal terhadap sifat mekanisnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

ASM. (1991). *ASM Handbook* (Volume 4 Heat Treating). USA: ASM International.

American Welding Society. (2001). *Welding Handbook* (Volume 1 Welding Science and Technology). Miami FL 33126.

Biro Klasifikasi Indonesia. (2019). *Rules for Welding* (Vol. VI). Jakarta.

Butler, D. (2012). *Guide to Ship Repair Estimates in Man-Hours* (2nd Edition). Elsevier.

Callister, W.D. (2004). *Material Science and Engineering an Introduction.* New York.

Daniel, W.W. (1978). *Applied Nonparametric Statistics*. Houghton Mifflin Company, United States.

El-Bitar, T., Fouad, N., Zaky, A.I., El-Rady, S.A. (2011). Effect of Cooling Rate After Controlled Forging on Properties of Low Carbon Multi-Microalloyed Steels, *Journal of Material Science and Engineering A 534*, 514-520.

Erizon, N. (2009). Pengaruh Panas Pengelasan pada baja Karbon Rendah Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis, *INVOTEK (Inovasi Vokasional dan Teknologi) Vol X, No. 1*, 2359-2381.

Gasperz, V. (1991). *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan.* Tarsito, Bandung, Indonesia.

Gosh, A., Das, S., Chatterjee, S. (2006). Effect of Cooling Rate on Structure and Properties of an Ultra-Low Carbon HSLA-100 Grade Steel, *Journal of Material Characterization 56*, 59-65.

Januar, A., Suwito, D. (2016). Kajian Hasil Proses Pengelasan MIG dan SMAW Pada Material ST41 dengan Variasi Media Pendingin (Air, *Collant*, dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik, *Jurnal Teknik Mesin, Vol 4 No. 2*, 37-42.

Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy* (Second Edition*).* John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, United Stated.

Moffatt, H. dan Wulff, J. (1965). *The Structure and Properties of Materials*. John Wiley and Sons, New Jersey, United Stated.

Pusat Riset Kelautan (2018), *Suhu Permukaan Laut*, Kementerian Kelautan dan Perikanan – RI, Jakarta Utara 14430.

Sonawan, H. dan Suratman, R. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam* (Cetakan ke-2). CV Alfabeta, Bandung, Indonesia.

Subeki, N., Fanani, A.I., Kurniawati, D. (2018). Pengaruh Penambahan *Static Cooling* dengan Variasi Kapasitas Air Terhadap Distorsi dan Sifat Mekanik pada Pengelasan FCAW, *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa*, 2527-6050.

Sun, M.X., Zhang, W.N., Liu, Z.Y., Wang, G. D. (2016). Effect of Cooling Mode on Microstructure and Mechanical Properties in an Extremely Low Carbon Cu Bearing Steel, *Journal of Material Characterization, 120,* 38-44.

Turichin, G., Kuznetsov, M., Pozdnyakov, A., Gook, S., Gumenyuk, A., Rethmeier, M. (2018). Influence of Heat Input and Preheating on The Cooling Rate, Microstructure and Mechanical Properties at The Hybrid Laser-Arc Welding of API 5L X80 Steel, *Procedia CIRP 74 (2018),* 748-751.

Walpole, R. (1995). *Probability and Statistic for Engineer and Scientists*. Myers, Australia.

Winarto. (2011). *Introduction To Welding Engineer*. Asosiasi Pengelasan Indonesia, Jakarta.

Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam* (Cetakan ke-8). PT Pradnya Paramita, Jakarta.

LAMPIRAN

Lampiran A	Sertifikat Material BKI *Grade* A
Lampiran B	Data Pengelasan Percobaan
Lampiran C	Data Pengelasan *Replating* Kapal BERAU COAL 11
Lampiran D	Data Pengujian Tarik dan Grafik F - ΔL
Lampiran D.1	Grafik Tegangan - Regangan
Lampiran E	Data Pengujian Kekerasan
Lampiran F	Data Pengujian Impak

LAMPIRAN A

SERTIFIKAT MATERIAL BKI *GRADE* A

PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk.

Surabaya - Indonesia

Head Office :
Jl. Margomulyo No. 29 A
Tambak Sarioso - Asemrowo - Surabaya 60184
Phone : (62-31) 7490598 (Hunting)
Fax : (62-31) 7490581
E-mail : quality@gunawansteel.com
http//www.gunawansteel.com

Certified Quality Management System
ISO 9001 : 2008
Cert. No. JKT 0945177

MILL TEST CERTIFICATE

ACC. TO EN10204 : 2004 3.1

Purchaser : PT. JAYA RAI INDONESIA
Komplek ruko KIG A-3 RT.000 RW.000 Kebomas, Kebomas Gresik Jawa Timur
Order No. : D - 160 - 2018 PO NO : 180015-01/PO-ZP
Material : HOT ROLLED STEEL PLATE
Specification : ASTM A36 - 14
Tolerances : ASTM A6 - 14

Certificate No. : GDS-QC-2018-1276
Date : March 27, 2018
Despatch Advice No. : LDO-1803-00490

Heat Number	Plate Number	Quantity	Dimensions (mm) T	W	L	Weight (MT)	Ladle Analysis (%) C x 10-2	Si	Mn	P x 10-3	S	Nb	Cu x 10-2	Cr	Ni	Mo x 10-3	V	Al	Ti	N	Tensile Test Test No.	Y.S N/mm2	T.S N/mm2	El % 200mm	Bend Test	Impact Value in Joule (°C) I	II	III	Av	Reference
P 57553	K 124-126	3	12	1219	2438	0.840	14	18	79	9	3	1	1	2	1	0	0	32	2	3	M5	311	448	23						
A 1962853	O 21-21	11	"	"	"	3.080	14	24	69	13	4	1	1	1	2	1	3	35	1	6	F5	292	423	27						
A 1962869	P 21-21	11	"	"	"	3.080	12	21	71	13	3	1	1	1	2	1	3	35	1	5	O4	324	438	28						
A 1962870	J 51-51	11	"	"	"	3.080	11	24	73	10	5	1	2	1	2	1	2	44	1	6	I2	293	418	29						
A 2962790	H 31-31	11	"	"	"	3.080	12	22	75	12	4	1	2	1	2	1	2	48	1	6	N5	319	426	23						
	H 41-410	10	"	"	"	2.800																								
	H 51-510	10	"	"	"	2.800																								
		67				18.760																								

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND ALSO WITH THE REQUIREMENT CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER

Ir. Poltak H. Panjaitan
QA/QC Manager

LAMPIRAN B

DATA PENGELASAN PERCOBAAN

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W.D (Darat)
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 Juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krtrbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	08.45	08.50	08.54	08.59	09.04	09.08				
Selesai Mengelas	08.48	08.53	08.57	09.02	09.07	09.10				
Ampere	85	116	119	115	117	118				
Voltage	23	25	25	25	25	25				
Duration Time/Layer (menit)	2.50	2.48	2.45	2.49	2.41	2.01				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W.3.25
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kriteow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2-3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	07.28	07.32	07.35	07.39	07.41	07.45				
Selesai Mengelas	07.31	07.35	07.38	07.41	07.44	07.47				
Ampere	85	115	119	115	116	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.44	2.27	2.22	2.23	2.20	2.05				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 6.25
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kristow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	08.02	08.06	08.10	08.13	08.16	08.20				
Selesai Mengelas	08.05	08.09	08.12	08.16	08.19	08.22				
Ampere	85	115	117	117	116	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.53	2.36	2.38	2.35	2.28	2.04				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: WJ 10 25
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kressow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	08.35	08.39	08.42	08.46	08.50	08.53				
Selesai Mengelas	08.38	08.42	08.46	08.49	08.53	08.56				
Ampere	85	115	116	117	117	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	3.08	2.55	2.57	2.48	2.36	2.17				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 13.25
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 Juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krisbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	09.20	09.24	09.28	09.32	09.35	09.39				
Selesai Mengelas	09.23	09.28	09.31	09.35	09.38	09.41				
Ampere	85	114	115	115	116	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.56	2.48	2.46	2.44	2.32	2.06				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Pardi	No. Ujian	: W 3.28
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: Lab. Produksi - FTK - ITS	Tanggal	: 1 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS - SMAW / ANDRI DJUMIATI / - 2020
Jenis Mesin Las	: ESAB LHE 300	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	11.09	11.12	11.16	11.19	11.22	11.28				
Selesai Mengelas	11.11	11.14	11.18	11.21	11.24	11.30				
Ampere	85	115	115	117	117	116				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.19	2.12	2.08	2.02	2.00	1.43				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Pardi	No. Ujian	: W. 6.28
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: Lab - Produksi - FTK - ITS	Tanggal	: 29 Februari 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: ESAB LHE 300	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	10.31	10.35	10.39	10.44	10.50	10.55				
Selesai Mengelas	10.33	10.38	10.42	10.47	10.52	10.57				
Ampere	85	116	115	117	117	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.59	2.44	2.40	2.42	2.28	2.09				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Pardi	No. Ujian	: W 10.28
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: Lab. Produksi FTK - ITS	Tanggal	: 1 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: ESAB LHE 300	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	13.20	13.25	13.30	13.34	13.40	13.46				
Selesai Mengelas	13.23	13.28	13.33	13.37	13.43	13.48				
Ampere	85	117	116	117	115	115				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	3.03	2.52	2.56	2.54	2.47	2.17				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 03.28
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 Juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kriibow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	09.50	09.55	09.59	10.03	10.08	10.12				
Selesai Mengelas	09.53	09.58	10.02	10.06	10.11	10.15				
Ampere	85	117	120	124	121	118				
Voltage	24	27	26	27	28	27				
Duration Time/Layer (menit)	3.18	3.07	3.05	3.01	2.59	2.40				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 3.30
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kristow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 90
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	09.09	09.13	09.16	09.20	09.23	09.25				
Selesai Mengelas	09.12	09.15	09.19	09.22	09.25	09.28				
Ampere	85	117	120	118	118	117				
Voltage	23	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.56	2.43	2.31	2.23	2.05	1.52				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 6.30
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Banyum Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kressbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	09.40	09.43	09.46	09.51	09.54	09.57				
Selesai Mengelas	09.42	09.46	09.50	09.53	09.56	09.59				
Ampere	85	117	118	120	118	117				
Voltage	24	26	27	27	28	27				
Duration Time/Layer (menit)	2.42	2.31	2.26	2.23	2.05	1.57				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 10.30
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Ramyun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krisbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2-3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	10.12	10.16	10.20	10.23	10.28	10.31				
Selesai Mengelas	10.15	10.19	10.23	10.27	10.31	10.53				
Ampere	85	115	117	117	116	115				
Voltage	23	26	27	26	26	25				
Duration Time/Layer (menit)	2.59	2.56	2.48	2.49	2.43	2.11				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W. 13. 30
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 Juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krisbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 90
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: + 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	10.28	10.32	10.35	10.39	10.43	10.46				
Selesai Mengelas	10.31	10.35	10.39	10.42	10.46	10.48				
Ampere	85	116	117	117	115	115				
Voltage	22	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.58	2.59	2.50	2.52	2.45	2.11				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 3.32
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 7 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krisbow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2-3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	10.50	10.54	10.56	10.59	11.04	11.07				
Selesai Mengelas	10.53	10.56	10.59	11.03	11.06	11.09				
Ampere	85	118	120	121	119	117				
Voltage	22	24	24	24	24	24				
Duration Time/Layer (menit)	2.33	2.29	2.21	2.21	2.14	1.49				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Pardi	No. Ujian	: W 6.32
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: Lab Produksi FTK - ITS	Tanggal	: 1 Maret 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS - SMAW / ANDRI DJUMIATI / - 2020
Jenis Mesin Las	: ESAB LHE 300	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	14.15	14.21	14.26	14.32	14.37	14.45				
Selesai Mengelas	14.18	14.24	14.30	14.36	14.41	14.48				
Ampere	85	117	121	120	129	118				
Voltage	23	25	25	25	25	25				
Duration Time/Layer (menit)	2.55	2.52	2.54	2.52	2.47	2.08				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 10.32
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Krubow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 120
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	11.02	11.06	11.10	11.14	11.18	11.21				
Selesai Mengelas	11.05	11.09	11.14	11.17	11.21	11.24				
Ampere	85	115	116	117	118	119				
Voltage	23	25	25	25	25	25				
Duration Time/Layer (menit)	2.56	2.53	2.54	2.52	2.47	2.09				

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

LAPORAN PENGUJIAN KUALIFIKASI PROSEDUR / JURU LAS / OPERATOR LAS

Nama Juru Las	: Suwarno	No. Ujian	: W 13.32
Kontraktor	: Andri Djumiati	Sub Kontraktor	: -
Tempat Pengujian	: CV. Bangkit Bangun Bersama	Tanggal	: 13 Juni 2020
Standar Yang Dipakai	: BKI Vol VI - 2019 Edition	WPS No.	: WPS-SMAW/ANDRI DJUMIATI/-2020
Jenis Mesin Las	: Kribow	PQR No.	:
Proses Pengelasan	: SMAW		
Jenis Arus Listrik	: DC	Ampere	: 85 - 110
		Voltage	: 23 - 27
Gas Pelindung	: -	Serbuk Pelindung	: -
Batas Aliran	: -		
Posisi Pengelasan	: 2G	Arah Pengelasan	: Horizontal
Jenis Bahan	: Baja Karbon	Pabrik	: -
(pipa / pelat)	: Pelat	(pipa / pelat)	: Pelat
Diameter	: -	Tebal Dinding	: 12 mm
Jenis Bahan Pengisi	: E 7016	Pabrik	: -
Panjang Pengelasan	: 300 mm	Pembersihan	: Grinding & Brushing
Jenis Klem	: Stiffener	Melepaskan Klem	: Grinding
Penyerongan	: Straight	Sudut Kampuh	: 30°
Bukaan Akar	: 3 mm	Tinggi Las Akar	: ± 2 mm
Tinggi Muka Akar	: 2 mm	Tinggi Las Muka	: 2 - 3 mm
Pemanasan Mula	: -	Pemanasan Akhir	: -
Interpass Temp. Range	: -	Back Weld/Backing	: Ada

No. Lapisan Pada Lasan	1	2	3	4	5	6				
Jenis dan Ukuran Kawat Las (mm)	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2	E 7016 3,2				
Mulai Mengelas	11.40	11.44	11.48	11.52	11.56	12.01				
Selesai Mengelas	11.43	11.47	11.52	11.55	11.59	12.03				
Ampere	85	115	117	118	119	116				
Voltage	23	25	25	25	25	25				
Duration Time/Layer (menit)	2.57	2.55	2.53	2.54	2.47	2.09				

LAMPIRAN C

DATA PENGELASAN *REPLATING* KAPAL BERAU COAL 11

PT. MENUMBAR KALTIM
SHIP BUILDING, DOCKING & SHIP REPAIRS
Jl. Telkom Sei Lais, Samarinda Telp : 0541-748551, 748560, 7008696/7 Fax : 0541-736527
Website : www.menumbarkaltim.com

RESUME LAPORAN DOCK

Nomor : 046/MK-LD/VI/2020

NO. Order	:	498/TB/2019
Nama Kapal	:	BERAU COAL 11
Tipe	:	TUGBOAT
Pemilik	:	PT. PP. RUSIANTO BERSAUDARA
Klass	:	NON CLASS
Jenis Survey	:	Rebuild
Galangan Kapal	:	PT. MENUMBAR KALTIM
Lokasi Pengedokan	:	Dry Dock
Tahun Pembuatan	:	1998
Ukuran Utama Kapal		
Panjang Kapal (LOA)	:	87.64 meter
Lebar Kapal (B)	:	24.4 meter
Tinggi Kapal (H)	:	5.5 meter
Periode docking / perbaikan		
Kapal naik dok	:	30 Agustue 2019
Kapal turun dok	:	25 Juni 2020

Dengan ini diterangkan bahwa kapal BG. BERAU COAL 11 telah docking / perbaikan di galangan PT. Menumbar Kaltim sesusi resume pekerjaan berikut:

1. Pengedokan dan pelaysnan umum
2. Blasting dan Pengecatan
3. Pembersihan
4. Perlengkapan Lambung dan Deck
5. Replating lambung, sekat dan bulwark
6. Sistem Perpipaan
7. Permesinan Kapal
8. Sistem Propulsi
9. Interior Kapal
10. Kelistrikan Kapal

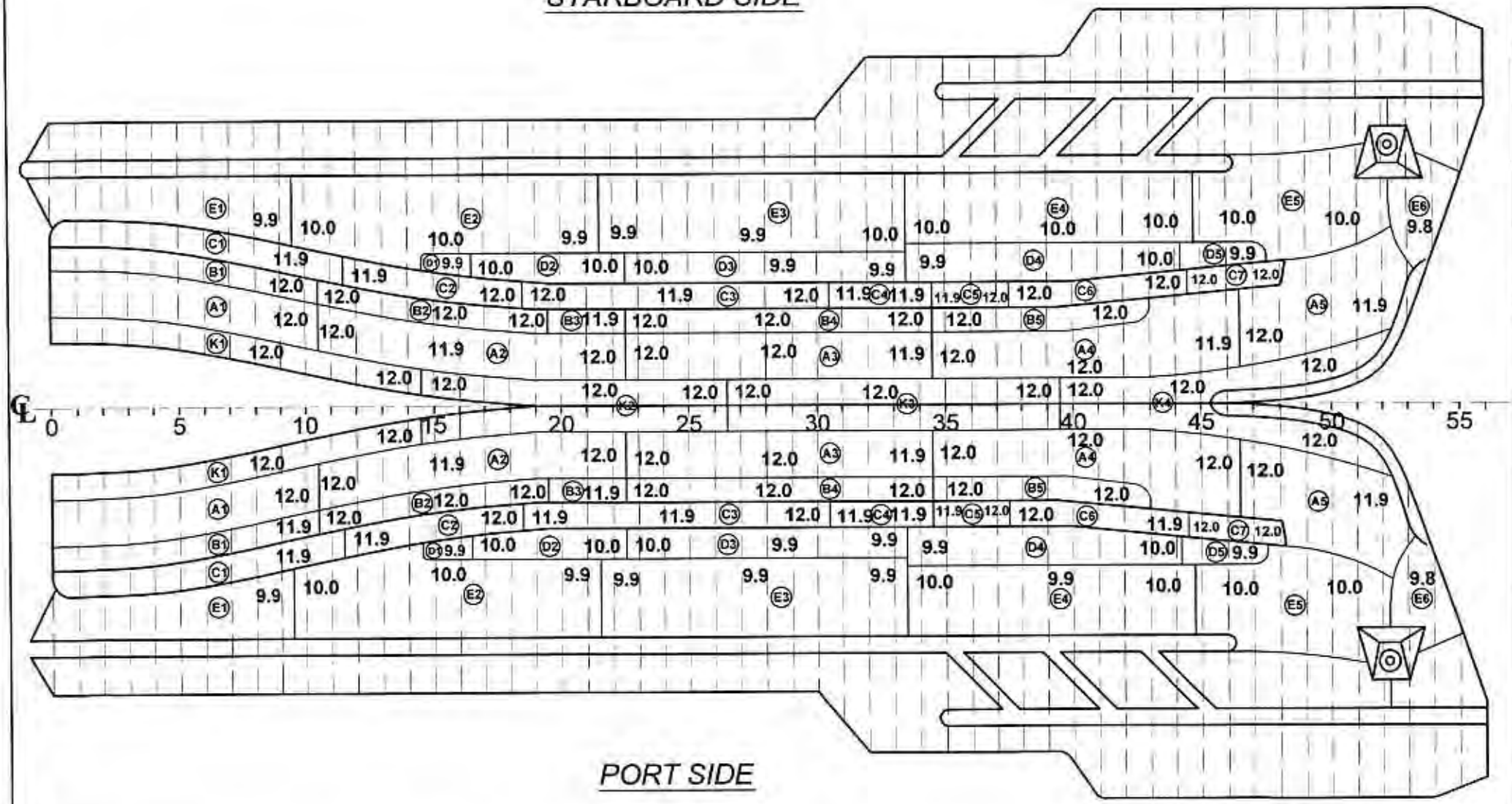
Samarinda, 25 Juni 2020
PT. MENUMBAR KALTIM

PT. MENUMBAR KAL-TIM
SUNGAI LAIS
SAMARINDA

Abu Hadjar
General Manager

DRAWING TO THICKNESS MEASUREMENT REPORT

STARBOARD SIDE



PORT SIDE

Ship's Name	: TB. BERAU COAL 11	Date of Gauging	: June 02, 2020	Drawing Name :	PT. KAVA JAYA MANDIRI
Class Identification Number	: -	Drawing By	: PT. KAVA JAYA MANDIRI	**SHELL EXPANSION**	
Signature by Surveyor's	:	Owner	: PT. RUSIANTO BERSAUDARA		Document No. KJM - UTTG - 01/2011
		Customer	: PT. RUSIANTO BERSAUDARA		

02 June 2020

REPORT ON THICKNESS MEASUREMENT OF ALL BOTTOM SHELL PLATING

Ship Name : TB. BERAU COAL 11 IMO No.: [IMO NUMBER] Report No.: 359 / KJM-SMD / UTTG / VI / 2020

STRAKE POSITION	Bottom Shell Plating - Strake C (BILGE)																			
PLATE POSITION	No. or Letter	Tmin	Org. Thk.	Forward Reading							Aft Reading								Mean Diminution %	
				Gauged		Diminution level	Diminution P		Diminution S		Gauged		Diminution level	Diminution P		Diminution S			
		mm	mm	P	S		mm	%	mm	%	P	S		mm	%	mm	%	P	S
	C7	9.60	12.00	12	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	12.00	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	0	0
	C6	9.60	12.00	11.9	12.00	0.2	0.10	0.83	0.00	0	12.00	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	C5	9.60	12.00	12	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	11.90	11.90	0.2	0.10	0.83	0.10	0.83	0.00	0.00
	C4	9.60	12.00	11.9	11.90	0.2	0.10	0.83	0.10	0.83	11.90	11.90	0.2	0.10	0.83	0.10	0.83	0.83	0.83
	C3	9.60	12.00	12	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	11.90	12.00	0.2	0.10	0.83	0.00	0	0.00	0
	C2	9.60	12.00	12	12.00	0.2	0.00	0	0.00	0	11.90	11.90	0.2	0.10	0.83	0.10	0.83	0.00	0.00
	C1	9.60	12.00	11.9	11.90	0.2	0.10	0.83	0.10	0.83								0.83	0.83

Operator(s) name :

Afrizal Dwi Fajarizko

Surveyor(s) name :

Tri L. Joenawan, S.T

N : New PL
: Renewed
@ : Local corrosion

: Suspect Areas
: Areas to be repaired

PT. MENUMBAR KALTIM

SHIP BUILDING, DOCKING & SHIP REPAIRS

Jl. Yakum Sei Lwi, Samarinda Telp. (0541-748000 (40040) (0541)8901 Fax. (0541-739037

Website : www.menumbarkaltim.com

WELDING INSPECTOR REPORT

(WIR)

Date : 27 May 2020

Welding Process	: S M A W	Type	: MANUAL
Subcontract PQR No.	: -	Mechanical Test Report No.	: -
WPS / WPAR No.	: -	Date	: -

JOINT DESIGN

Type : Single Bevel Groove Weld – Butt Joint

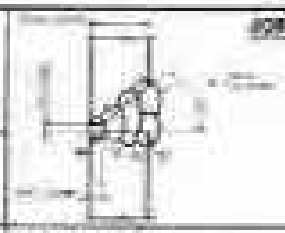
Backing : -

Backing Material : -

POSITION

Position of Groove : ALL Fillet : -

Weld Progression : Vertical Uphill



JOINT PREPARATION & WELDING SEQUENCE

BASE METAL

Material Spec. : ASTM A36 / 41J / AB

Type or Grade : Grade A

Thickness of Groove (T) : TC 00 mm

Diameter (Pipe) : -

FILLER METAL

AWS Spec. : A 5.1

AWS Class : E 6013

Trade Name : -

Other : -

ELECTRICAL CHARACTERISTIC

AC : A DCEP : - Others : -

Pulsed : - DCSP : -

TECHNIQUE

Stringer or Weaving : STRING / WEAVE (MAX 5 x DIA.)

Multiple / Single Pass : MULTIPLE PASS

Number of Electrode : SINGLE

Electrode Spacing : Longitudinal : -

Lateral : -

Angle : -

Back Gut Clearance : S.S

Interpass Cleaning : WIRE BRUSH – GRINDING

Back Side Treatment : Grinding

MODE OF TRANSFER

Globular : -

Spray : -

Short Circuit : -

Others : -

SHIELDING

Flux : - Elect / Flux : -

Gas : -

Composition : -

Flow Rate : -

Gas Cup Size : -

HEAT TREATMENT

Preheat Temp. : AMBIENT TEMPERATURE

Preheat Type : -

Interpass Temperature : -

PWHT : -

Hold Time : -

PASS	PROCESS	ELECTRODE / WIRE			SPEED / GAS		VOLTAGE	CURRENT	HEAT INPUT
		Name	Class	Size	cm / min	flow rate	(V)	(A)	(J/mm)
1	SMAW	-	E 6013	3.2	0.30	-	21	82	
2	SMAW	-	E 6013	3.2	0.29	-	22	117	
3	SMAW	-	E 6013	3.2	0.28	-	22	117	
4	SMAW	-	E 6013	3.2	0.33	-	22	118	
5	SMAW	-	E 6013	3.2	0.34	-	22	117	
6	SMAW	-	E 6013	3.2	0.30	-	22	118	

CARBON ARC AIR GOUGING FOR SECOND SIDE TREATMENT

QA/QC Coordinator

Zulkarnain

QC

Ucok

LAMPIRAN D

DATA PENGUJIAN TARIK DAN GRAFIK F - ΔL

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkon[]p@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djunaidi - 04111810050001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2009 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W-D -1	25,11	11,80		293,88	327,89	441,65	-		Base Metal
2	W-D -2	25,47	11,66		296,99	336,71	447,83			Base Metal
3	W-D -3	25,33	11,80		298,84	337,97	451,75			Base Metal

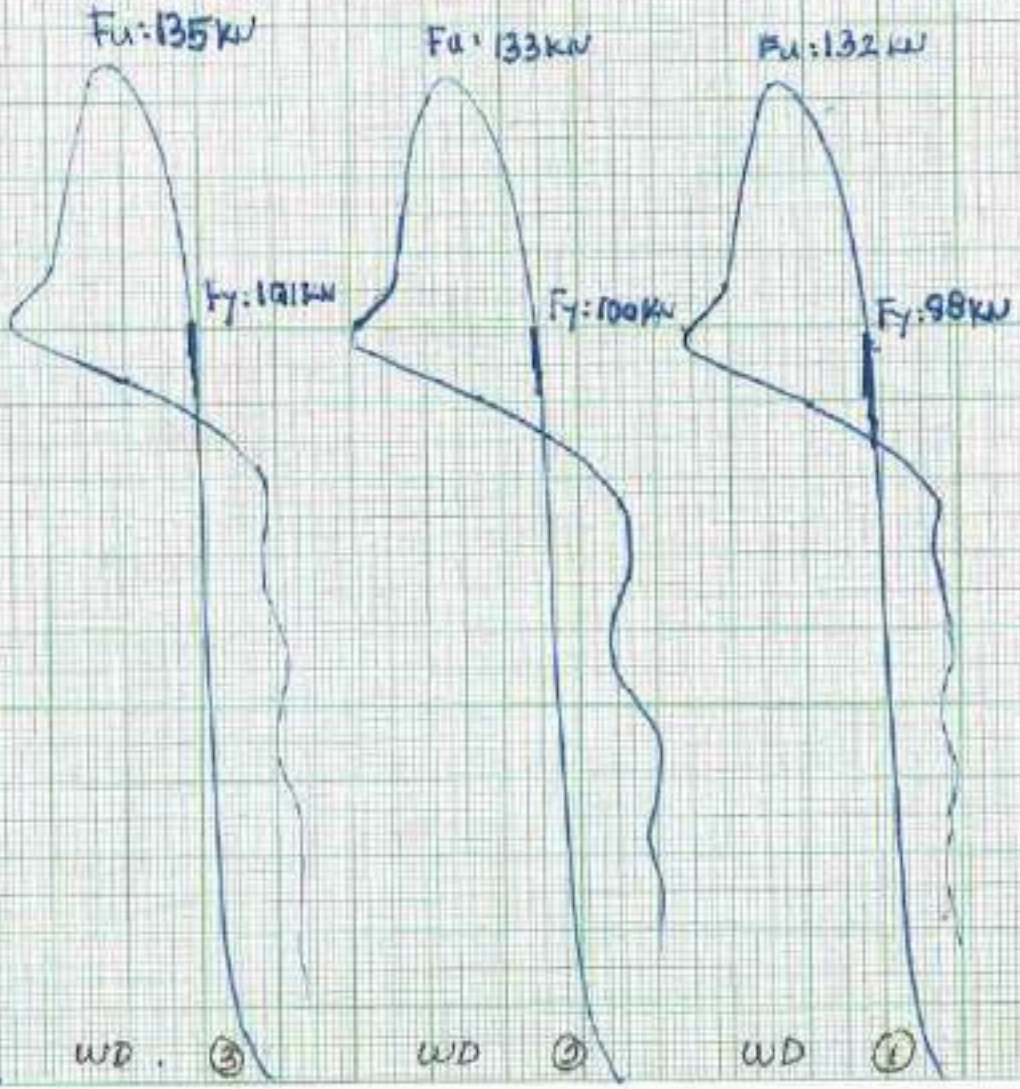
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	98		137						
2	100		133						
3	101		135						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu:135kN
Fy:101kN
Fu:133kN
Fy:100kN
Fu:132kN
Fy:98kN
WD ③
WD ②
WD ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Dwiwanto - 04111800030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding 2016 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W 3.25-1	24,75	11,27		278,93	394,36	494,75			Base Metal
2	W 3.25-2	24,65	10,96		270,12	410,93	507,18			Base Metal
3	W 3.25-3	24,48	10,29		251,9	448,59	531,96			Base Metal

NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	110		138						
2	111		137						
3	113		134						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

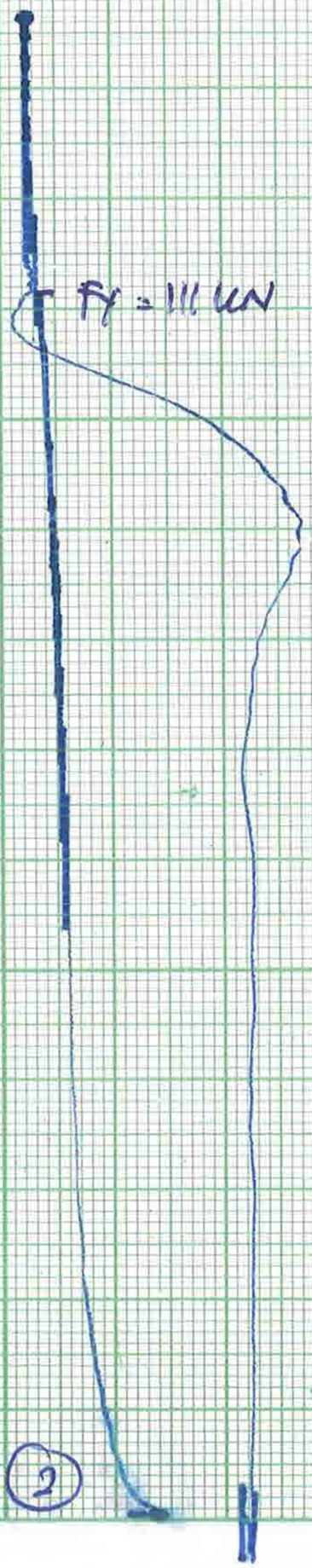
The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

Fu = 134 kN.

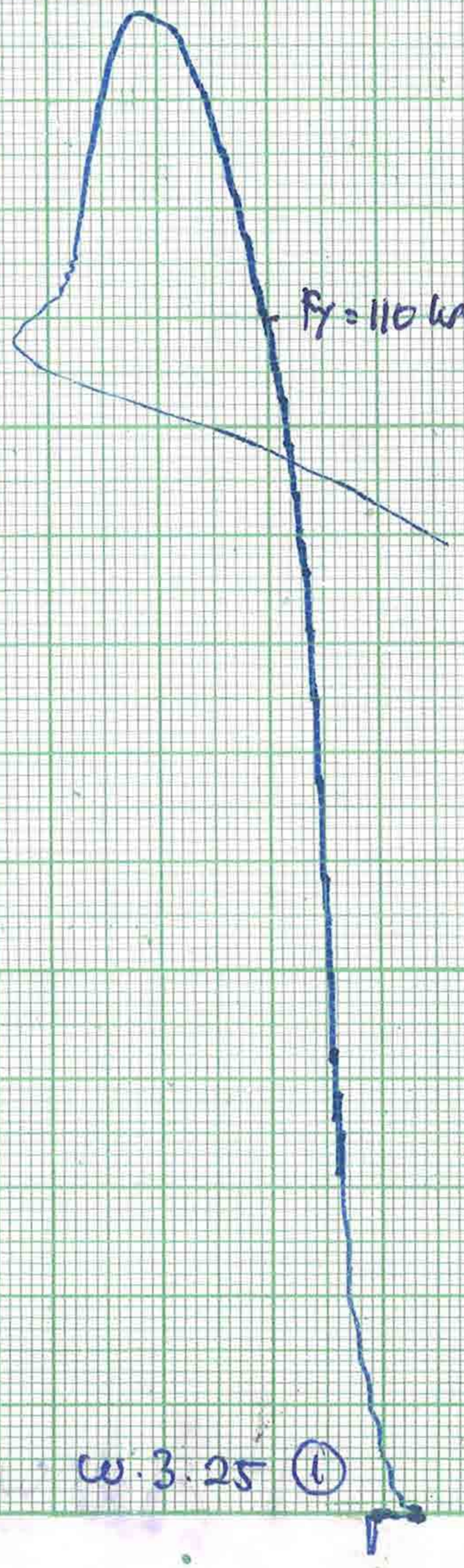
W.3.25 ③

Fu = 137 kN.



W.3.25 ②

Fu = 138 kN



W.3.25 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonstp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Djunaidi - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W6.25 -1	25,25	11,85		298,74	378,26	488,72			Base Metal
2	W6.25 -2	25,09	11,87		297,82	369,35	486,87			Base Metal
3	W6.25 -3	25,24	11,78		297,33	386,78	501,13			Base Metal

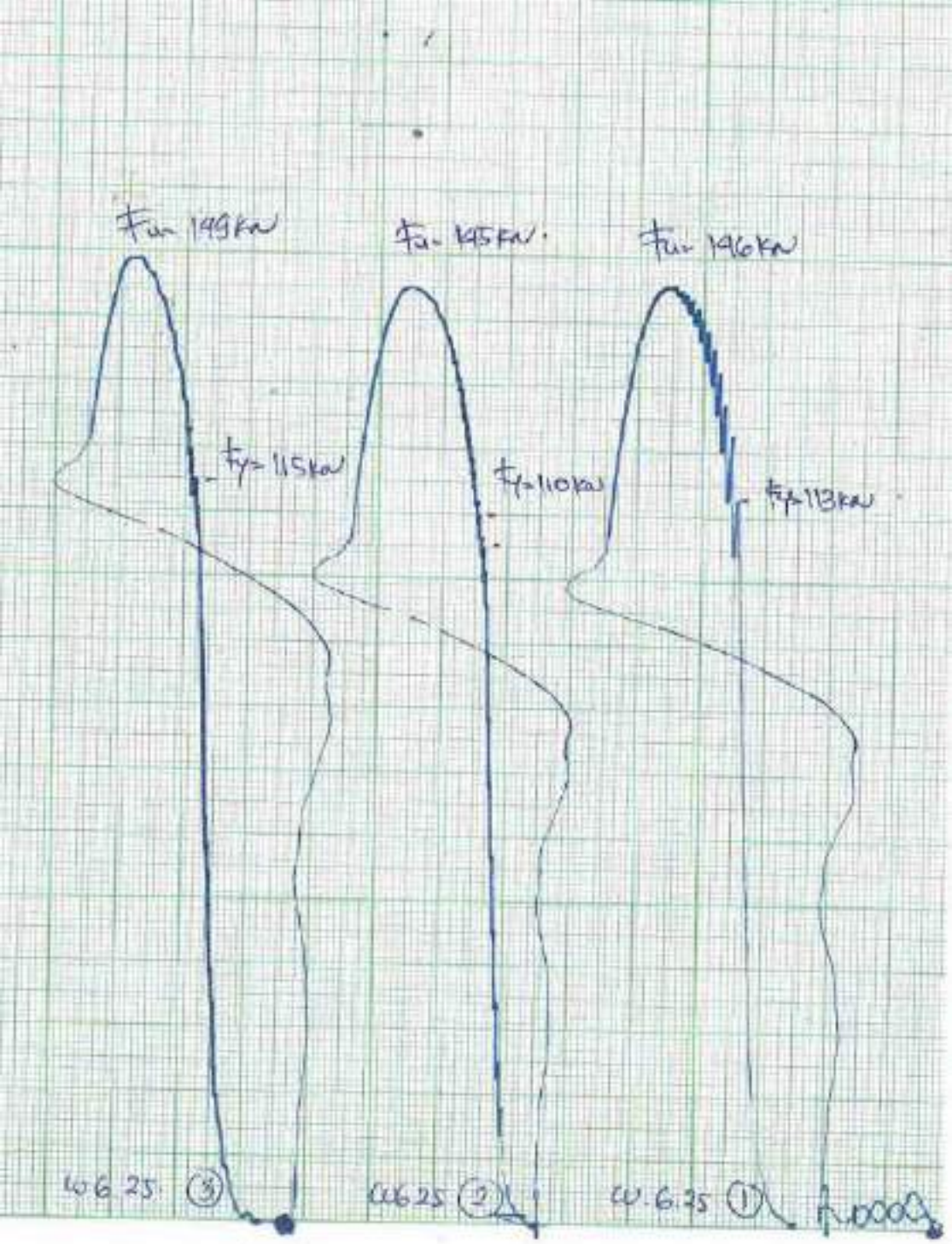
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	113		146						
2	110		145						
3	115		149						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


f_{ua} 149 KN
f_{ua} 145 KN
f_{ua} 146 KN
f_y 115 KN
f_y 110 KN
f_y 113 KN
40 6.25 ③
40 6.25 ②
40 6.25 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Dymiati - 081582003001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W10-25-1	25,00	11,93		300,64	379,19	508,91	-		Base Metal
2	W10-25-2	25,05	12,47		312,37	368,15	499,99			Base Metal
3	W10-25-3	25,02	11,94		298,74	384,95	471,98			Base Metal

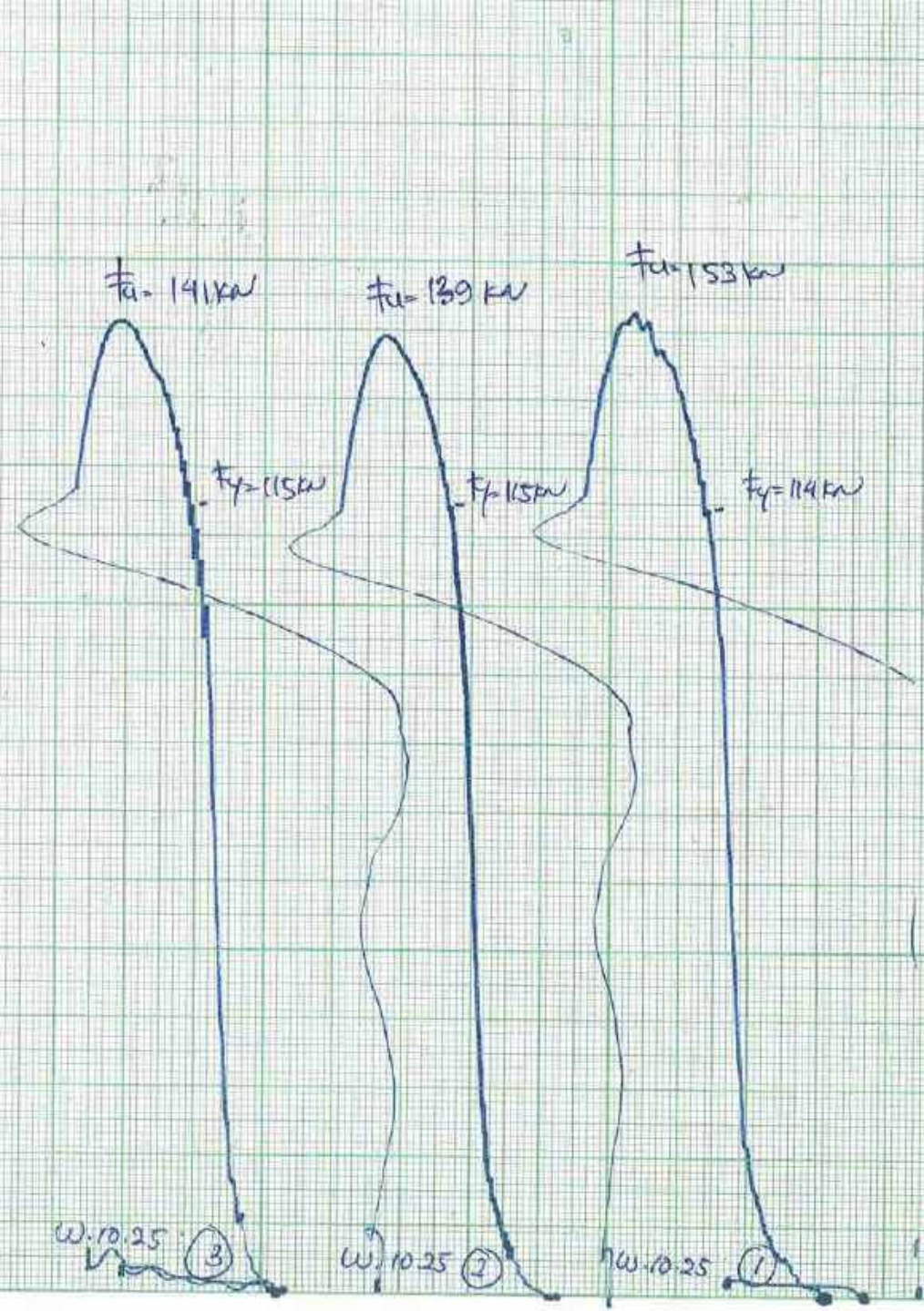
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	114		153						
2	115		139						
3	115		141						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


f_u= 141 kN
f_y= 115 kN
f_u= 139 kN
f_y= 115 kN
f_u= 153 kN
f_y= 114 kN
W.10.25 ③
W.10.25 ②
W.10.25 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Dwi Kurniawan - 04111820030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W13.25 -1	24,99	11,87		296,65	320,36	444,97			Base Metal
2	W13.25 -2	24,85	11,55		287,02	348,41	463,38			Base Metal
3	W13.25 -3	25,10	11,77		295,41	341,90	456,99			Base Metal

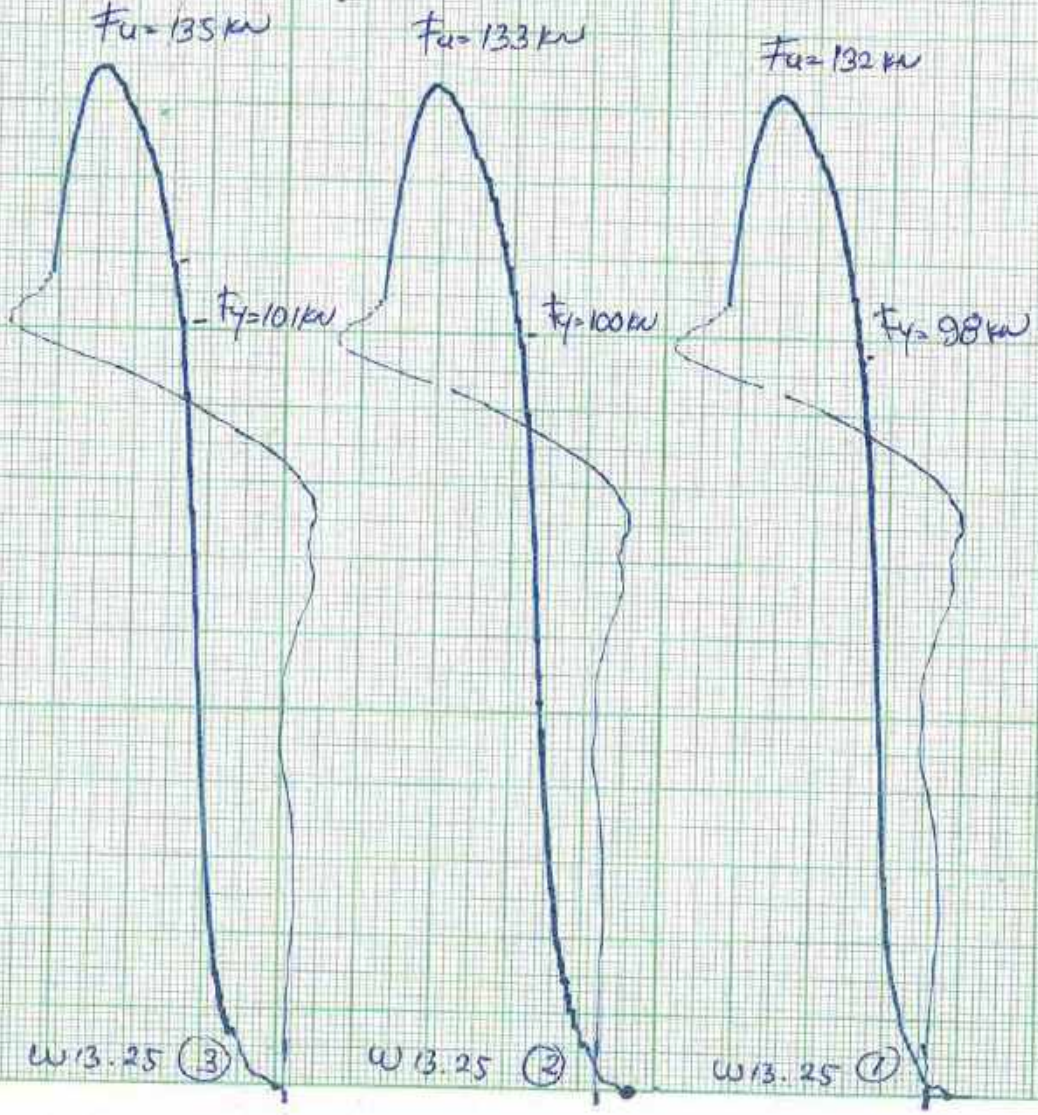
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	98		132						
2	100		133						
3	101		135						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu = 135 kN
Fy = 101 kN
Fu = 133 kN
Fy = 100 kN
Fu = 132 kN
Fy = 98 kN
W 13.25 ③
W 13.25 ②
W 13.25 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Operiadi - 04111 8003000 1
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W3.28 -1	25,08	11.70		293,44	344,19	514,59			Base Metal
2	W3.28 -2	25,07	11,80		295,83	375,22	510,43			Base Metal
3	W3-28 -3	25,04	11,84		296,47	360,91	508,95			Base Metal

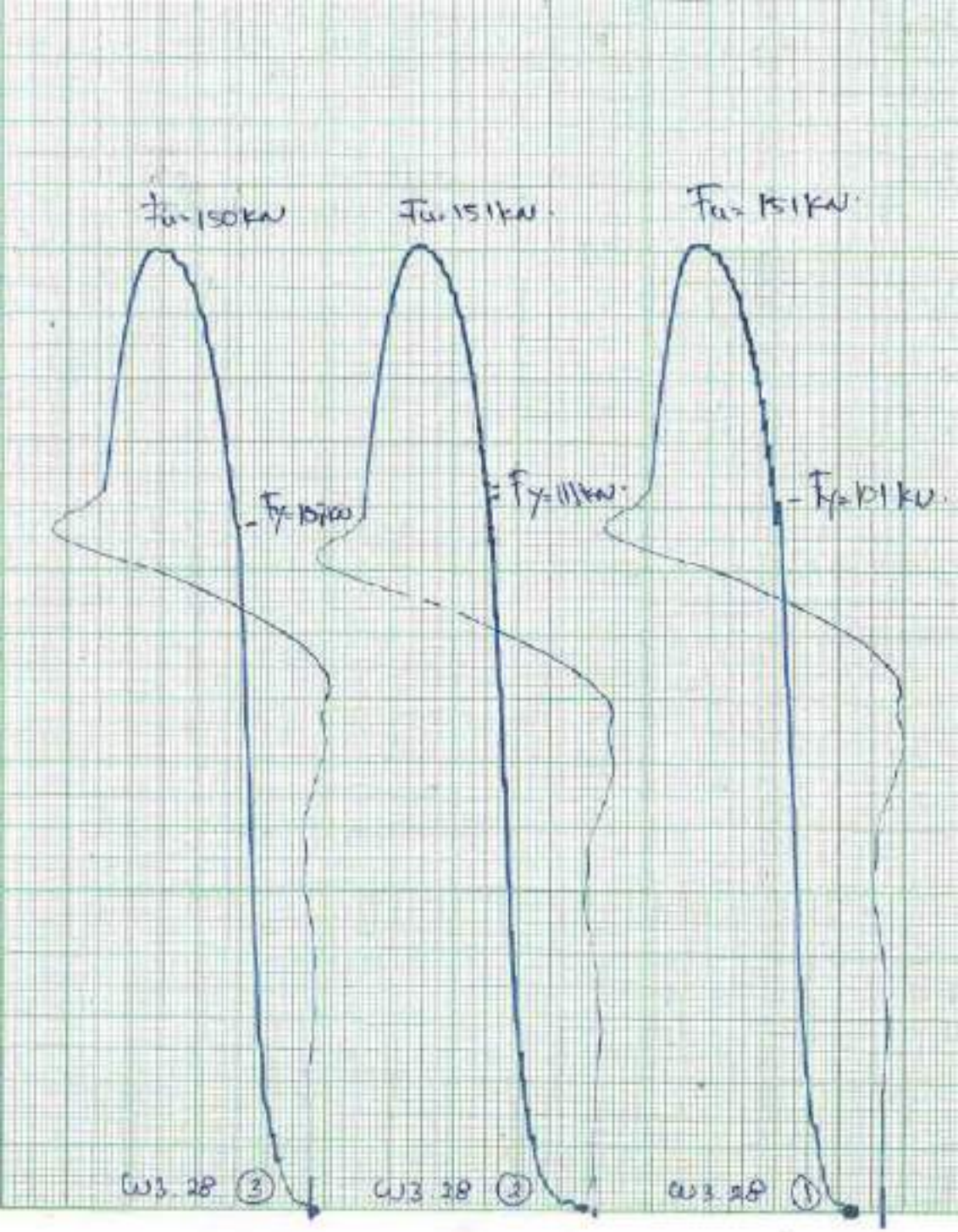
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	101		151						
2	111		151						
3	107		150						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu=150KN
Fy=107KN
Fu=151KN
Fy=111KN
Fu=151KN
Fy=101KN
W3 28 ③
W3 28 ②
W3 28 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Djamiati - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W6.28-1	24,53	11,51		282,36	357,70	495,82	-		Base Metal
2	W6.28-2	24,66	11,57		285,31	361,01	480,18			Base Metal
3	W6.28-3	24,47	11,53		282,15	389,86	496,19			Base Metal

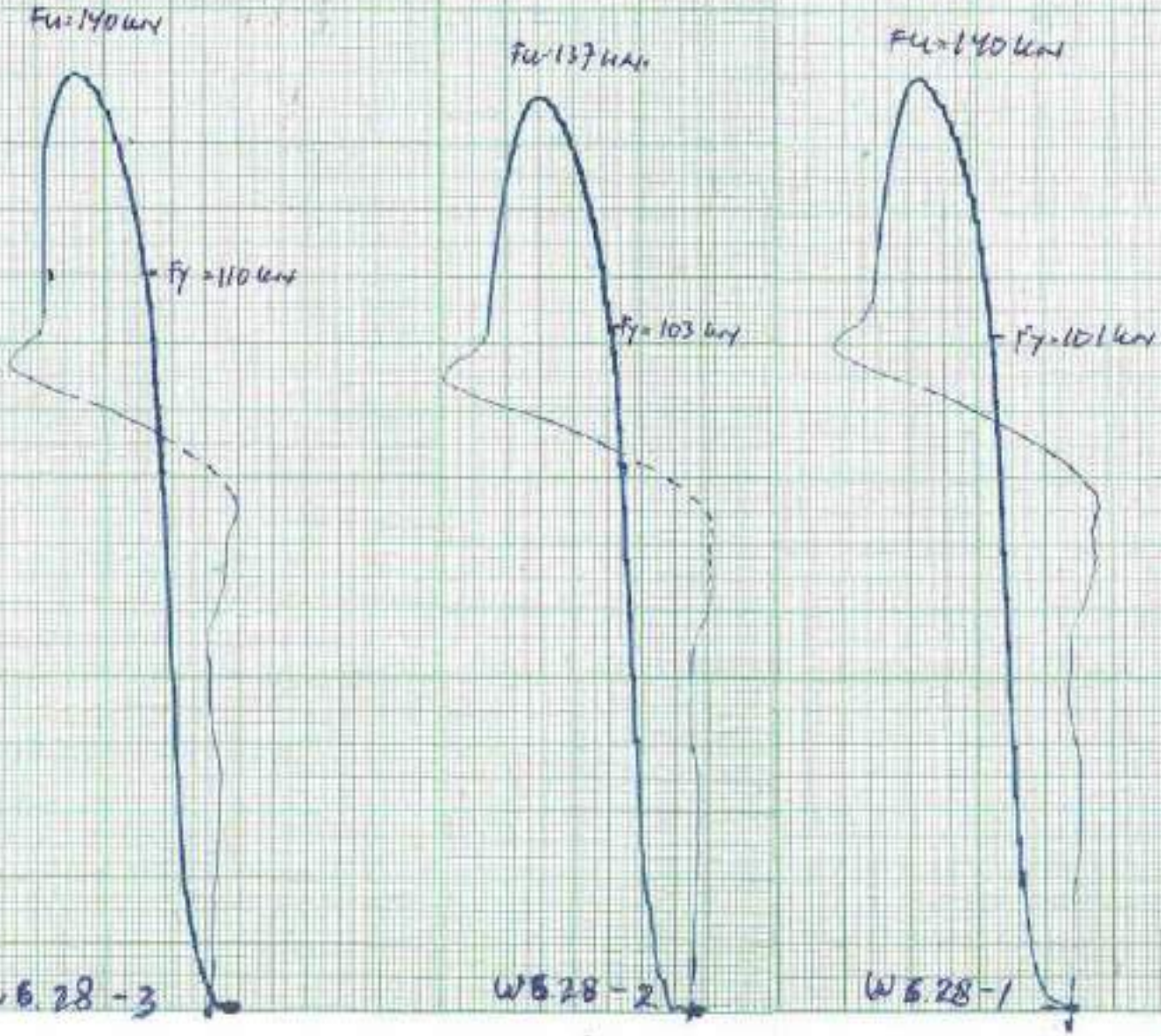
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	101		140						
2	103		137						
3	110		140						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu=140 kg/mm²
Fy=110 kg/mm²
WB 28-3
Fu=137 kg/mm²
Fy=103 kg/mm²
WB 28-2
Fu=140 kg/mm²
Fy=101 kg/mm²
WB 28-1

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonltp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Dwiriati - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2013 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W10.28 -1	24,98	11,29		282,02	354,58	473,37			Base Mtrl
2	W 10-28 -2	25,02	11,25		281,47	348,17	472,32			Base Mtrl
3	W 10-28 -3	25,07	11,48		287,8	354,41	476,03			Base Mtrl

NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	100		133,5						
2	98		133						
3	102		137						

Witnessed by :

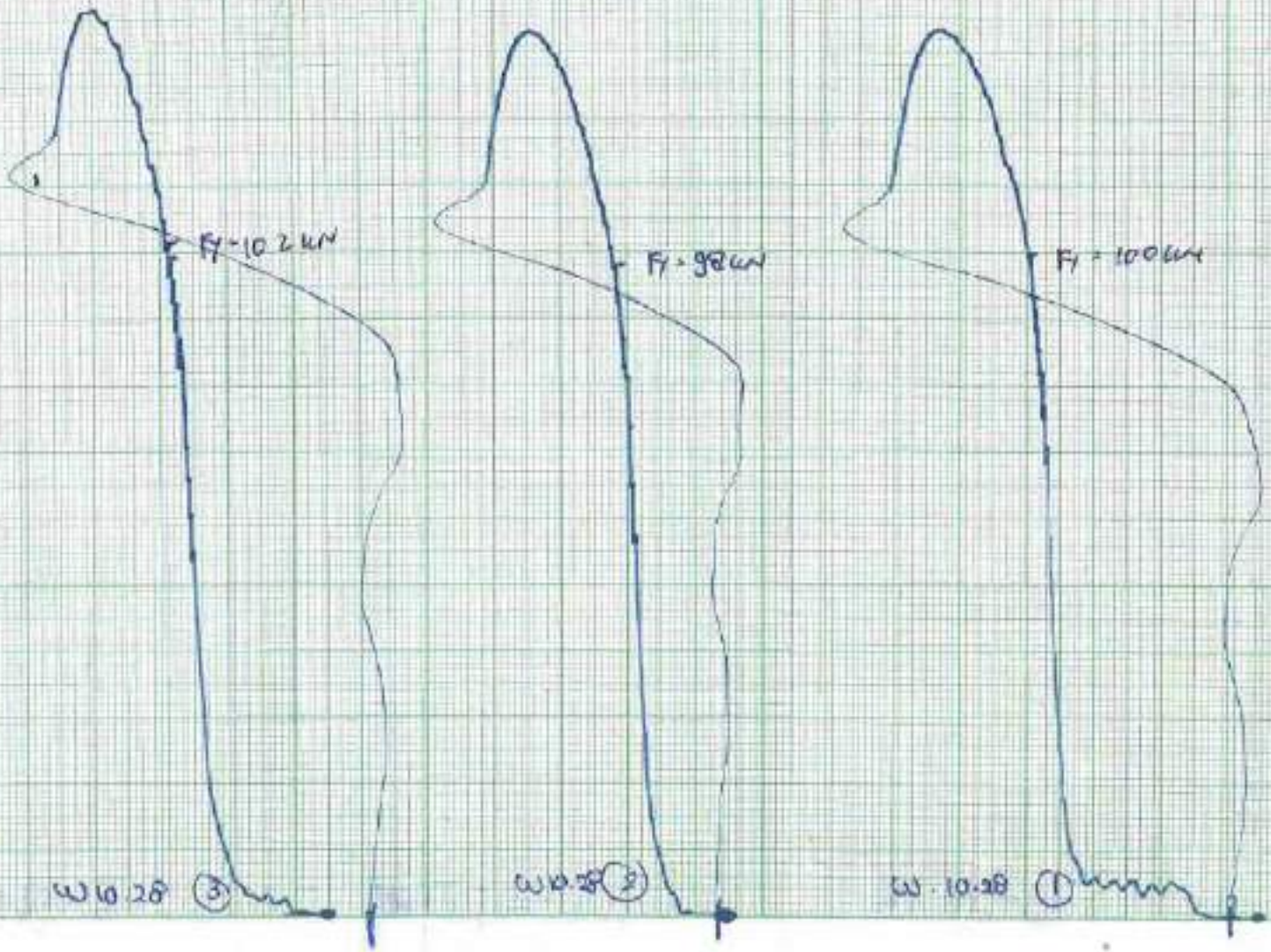
1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

14

3.32 → 10.28


Fu = 137 kN
Ff = 102 kN
Fu = 133 kN
Ff = 98 kN
Fu = 133,5 kN
Ff = 100 kN
10.28 (3)
10.28 (2)
10.28 (1)

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Audri Djuniati - 04111810030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W 13.28 -1	24,77	12,07		299,02	300,98	451,47			Base Metal
2	W 13.28 -2	24,78	12,01		297,65	305,73	450,19			Base Metal
3	W 13.28 -3	24,58	11,92		292,93	320,90	460,86			Base Metal

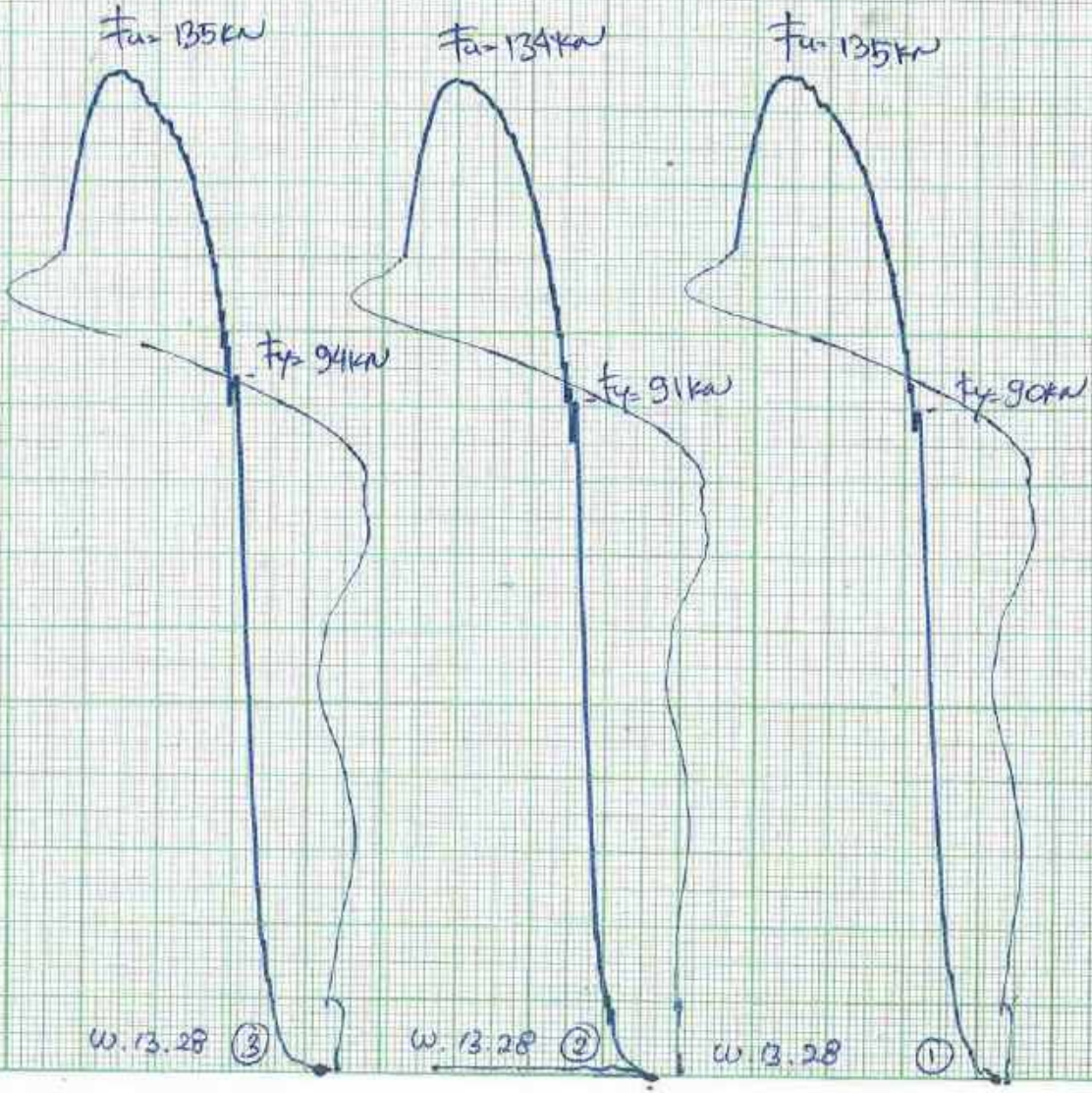
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	90		135						
2	91		134						
3	94		135						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fa=135kN
Fy=94kN
Fa=134kN
Fy=91kN
Fa=135kN
Fy=90kN
W.13.28 ③
W.13.28 ②
W.13.28 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andre Dymastr - 04181003001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W 3.30 - 1	24,31	11,90		289,22	376,88	490,68	-		Weld metal
2	W 3.30 - 2	24,54	11,59		284,36	376,28	506,40			Weld metal
3	W 3.30 - 3	24,85	11,48		283,18	375,20	518,97			Base metal

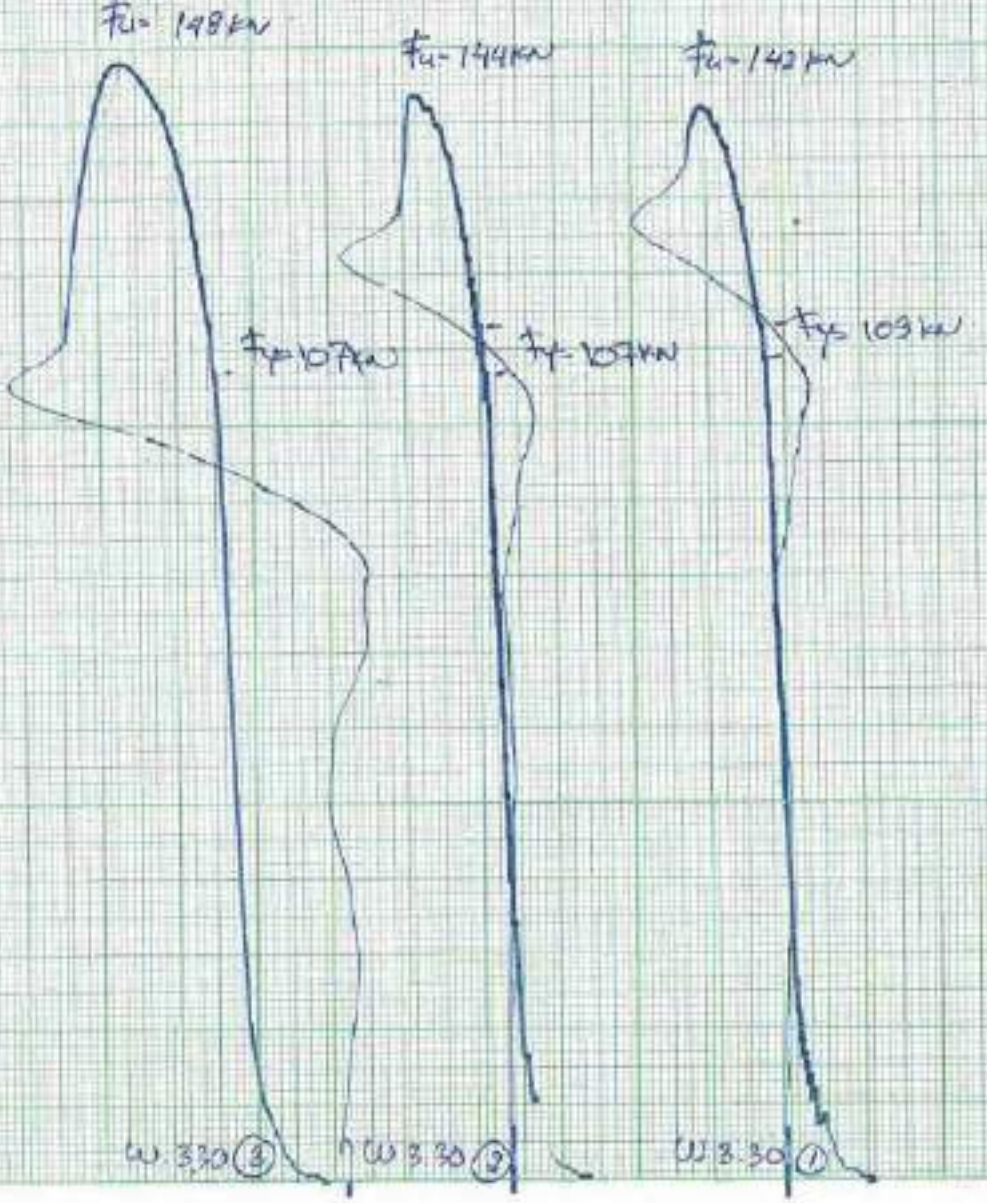
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	109		142						
2	107		144						
3	107		148						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


F_u = 148 kN
F_u = 144 kN
F_u = 142 kN
F_y = 107 kN
F_y = 107 kN
F_y = 109 kN
W 3.30 ③
W 3.30 ②
W 3.30 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 maret 2020
ORDER FROM : Andri Ogunianti - 04111800030001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2016 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W 6.30 - 1	24,79	11.79		294,04	383,29	486,33	-		Base Metal
2	W 6.30 - 2	25,18	11,70		294,60	363,87	489,70			Base Metal
3	W 6.30 - 3	24,98	11,70		292,27	352,41	492,70			Base Metal

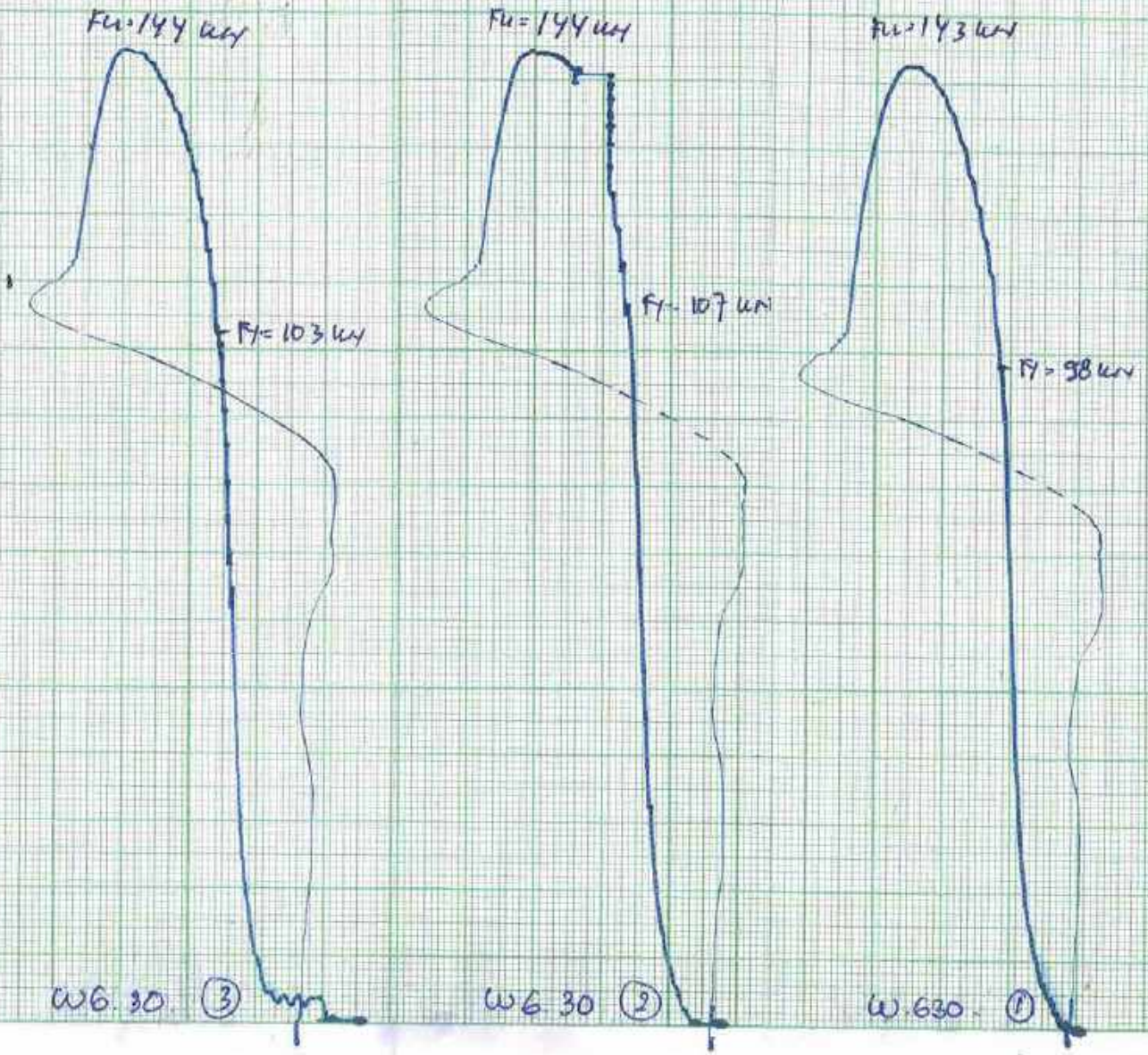
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	98		143						
2	107		144						
3	103		144						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu=144 kN
Fy=103 kN
W6.30 ③
Fu=144 kN
Fy=107 kN
W6.30 ②
Fu=143 kN
Fy=98 kN
W.630. ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020.
ORDER FROM : Andri Djamiati – 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2019 Edition.
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	WB-30-1	24,92	11.73		292,31	307,89	465,26			Base Metal
2	WB-30-2	24,97	11.75		293,39	330,62	473,77			Base Metal
3	WB-30-3	24,79	11,66		289,05	339,04	479,16			Base Metal

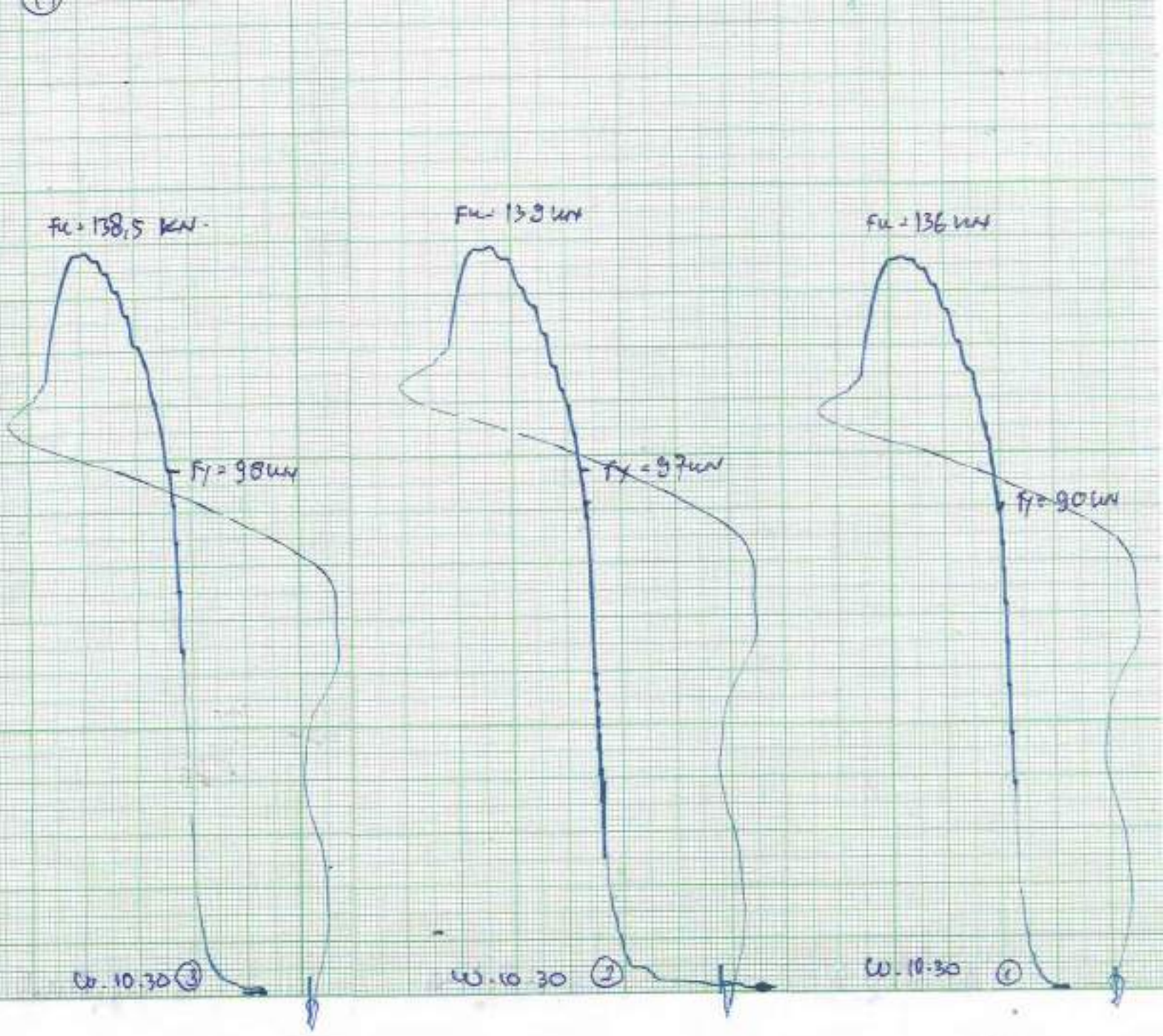
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	90		136						
2	97		139						
3	98		138,5						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu = 138,5 kN
Fy = 98kN
W. 10.30 ③
Fu = 139 kN
Fy = 97kN
W. 10 30 ②
Fu = 136 kN
Fy = 90 kN
W. 10·30 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djumarto - 04111810030001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Tugas

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	BW 3.30 -1	24,56	11,91		292,46	207,48	447,92			Base Metal
2	W 13.30 -2	24,68	11,82		291,76	349,60	449,00			Base Metal
3	W 13.30 -3	24,48	11,84		289,88	362,22	462,26			Base Metal

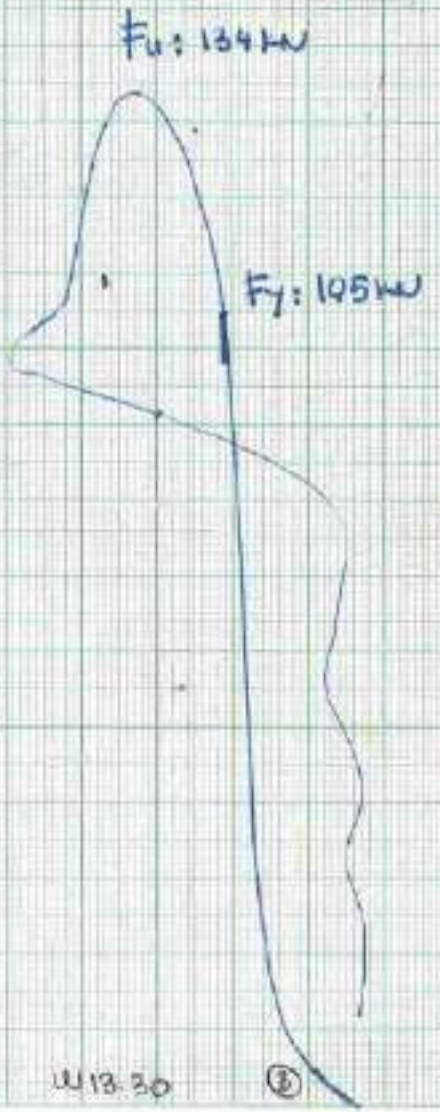
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	87		131						
2	102		131						
3	105		134						

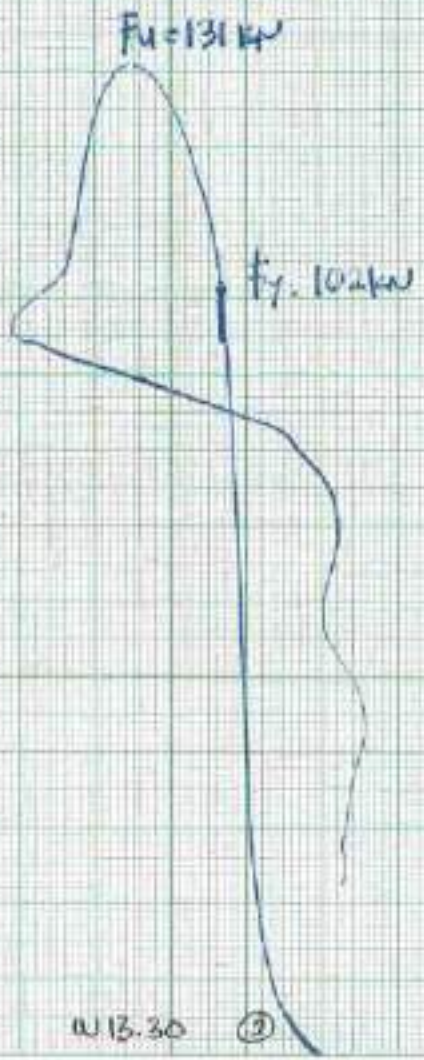
Witnessed by :

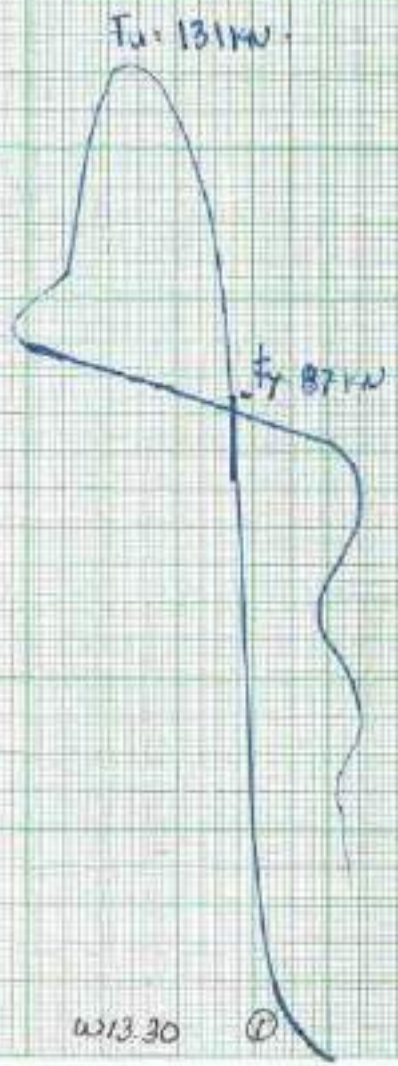
1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu: 134 kN
Fy: 105 kN
W 13.30
3


Fu = 131 kN
Fy. 102 kN
W 13.30
2


Fu: 131 kN
Fy 87 kN
W13.30
1

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Dpmanti - 04111650040001
TEST STANDARD : BKI Vol VI Rules for Welding - 2020 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W 3-32 - 1	25,29	11,67		295,13	396,49	498,09			Base Metal
2	W 3-32 - 2	23,27	11,69		295,41	382,52	507,77			Base Metal
3	W 3-32 - 3	24,73	11,70		289,34	399,00	499,23			Base Metal

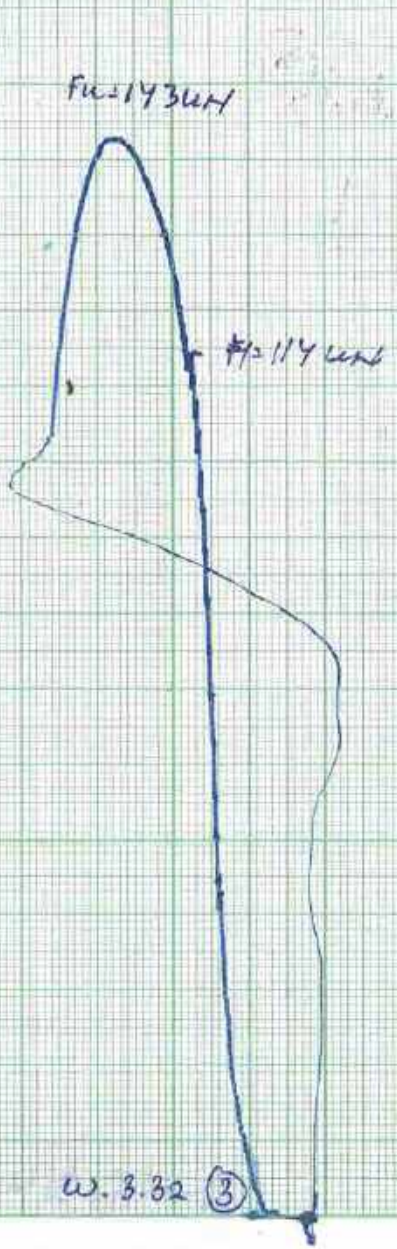
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	117		147						
2	113		150						
3	114		143						

Witnessed by :

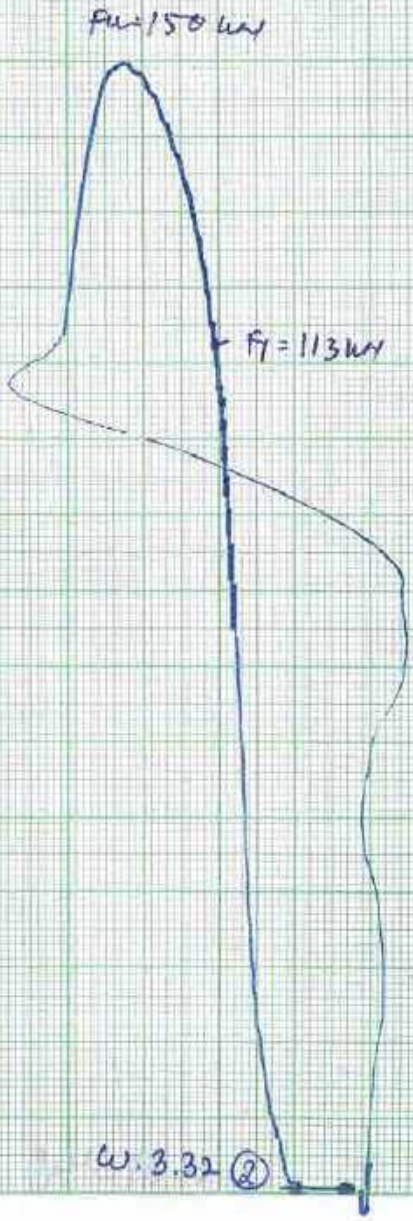
1.
2.
3.
4.
6.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

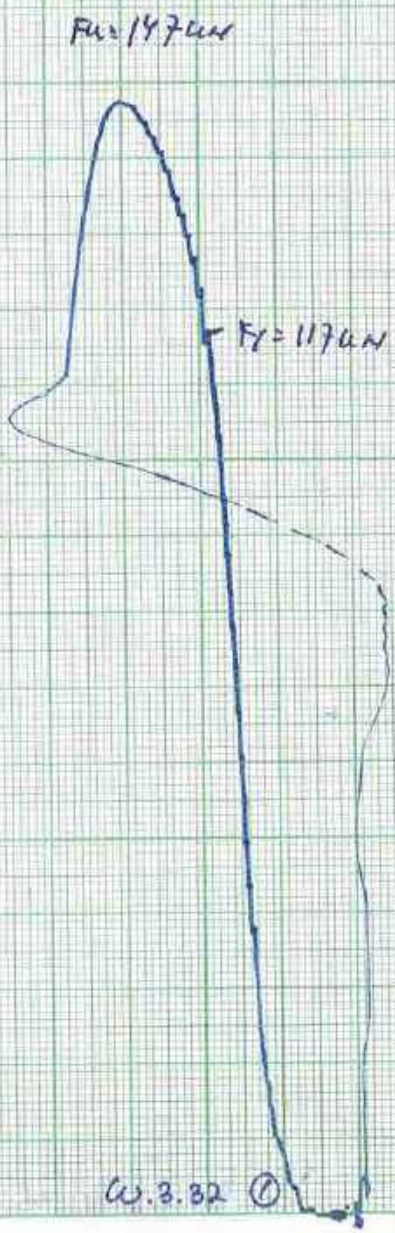
Tester



W.3.32 ③



W.3.32 ②



W.3.32 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Audri Dpuriatt - 04111810036000 1
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W632 -1	24,90	11,48		285,10	305,16	459,49	-		Base Metal
2	W 632 - 2	24,89	10,59		263,58	286,98	497,00			Base Metal
3	W 632 - 3	24,76	11,12		275,29	381,49	486,85			Base Metal

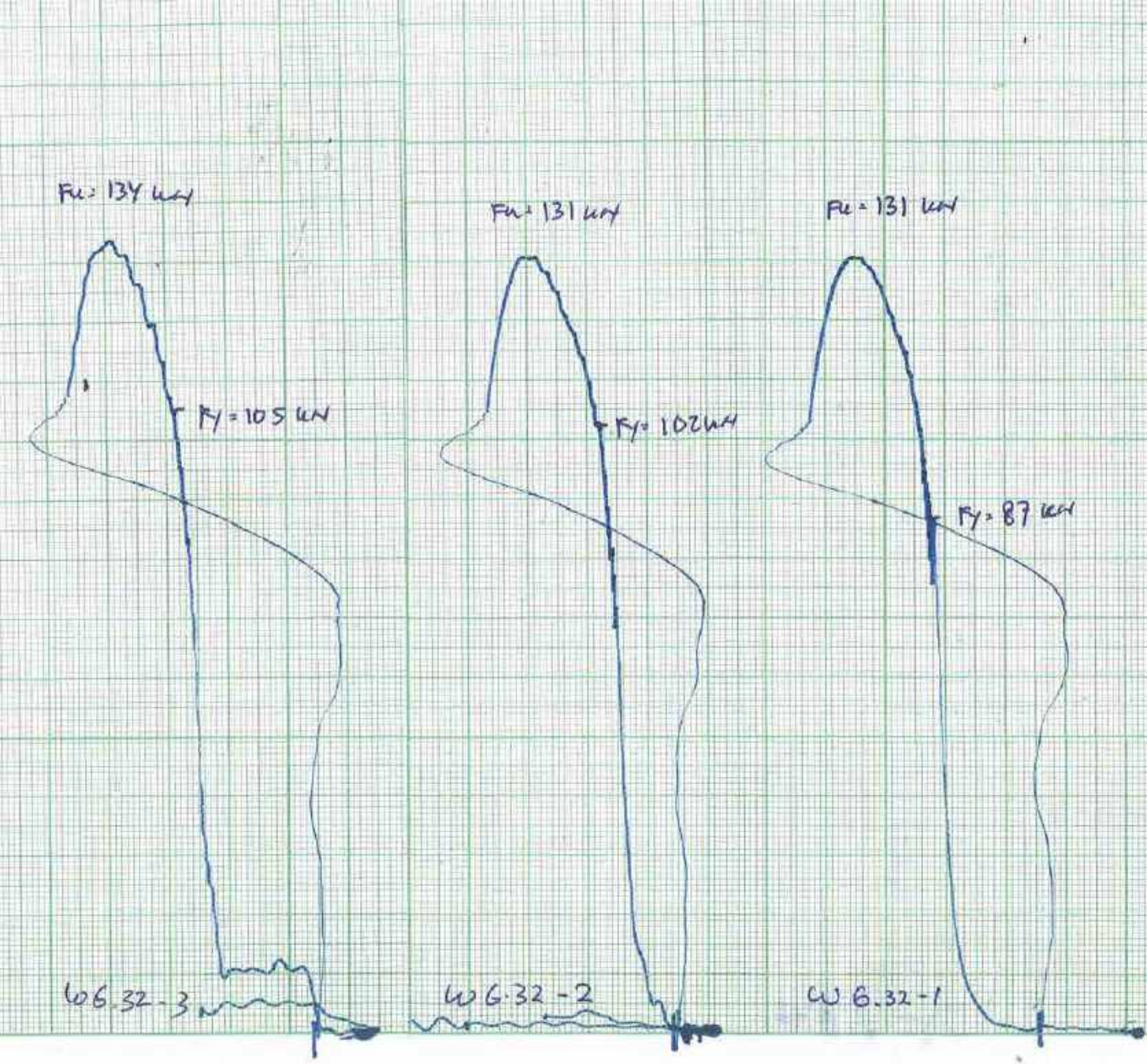
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	87		131						
2	102		131						
3	105		134						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu = 134 kN
Fy = 105 kN
W 6.32 - 3
Fu = 131 kN
Fy = 102 kN
W 6.32 - 2
Fu = 131 kN
Fy = 87 kN
W 6.32 - 1

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djuniati - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2013 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W10-32 -1	24,18	11,96		297,58	303,17	463,79			Base Metal
2	W10-32 -2	24,05	11,88		296,47	408,14	465,48			Base Metal
3	W10-32 -3	24,18	11,91		295,84	412,39	463,09			Base Metal

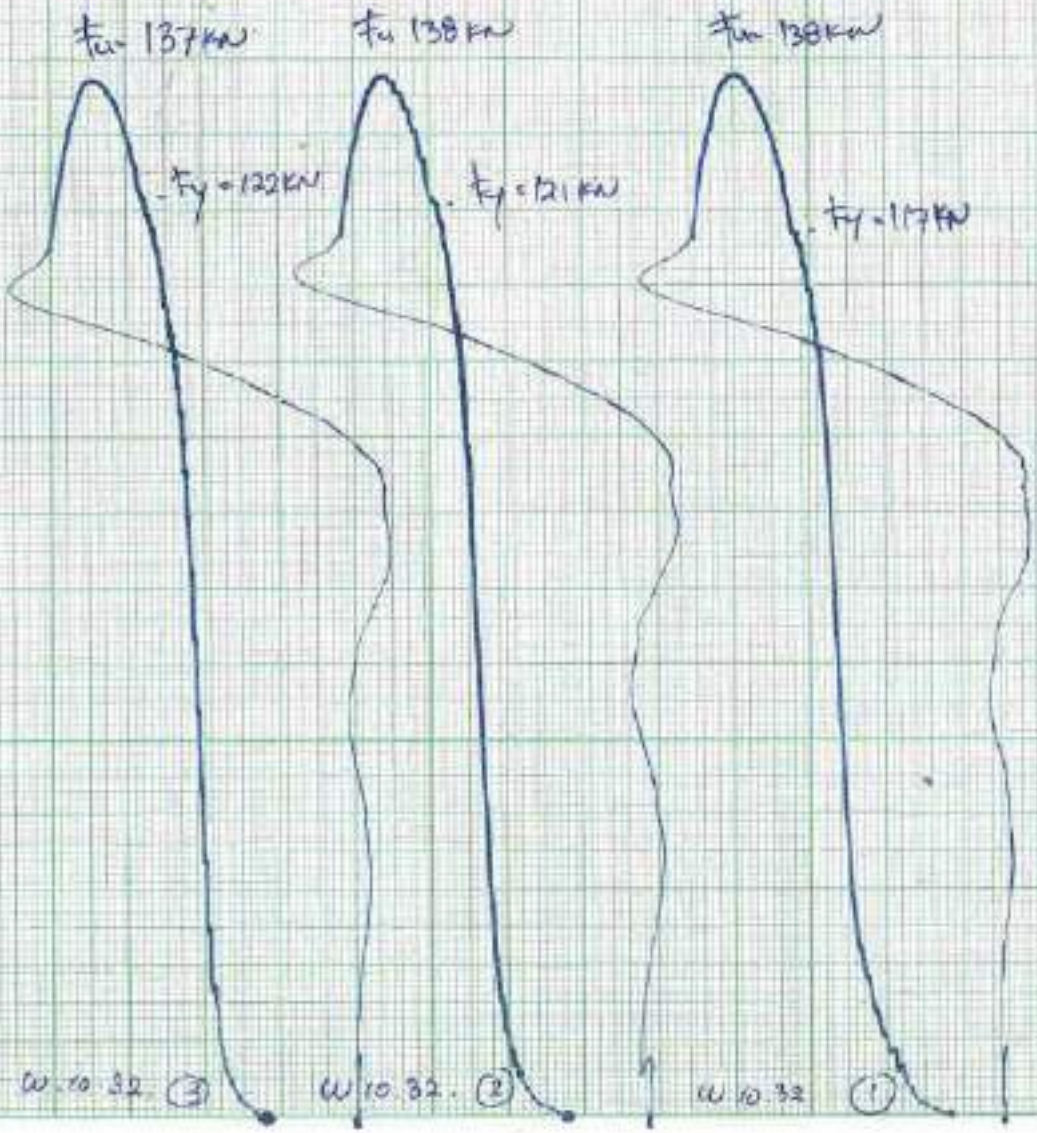
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	117		138						
2	121		138						
3	122		137						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


F_u = 137 KN
F_y = 122 KN
F_u 138 KN
F_y = 121 KN
F_u = 138 KN
F_y = 117 KN
W 10 32 ③
W 10 32 ②
W 10 32 ①

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: lahkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djunaidi - 04111800030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A

PROJECT : Thesis

1. TENSION TEST

NO	CODE MATERIAL	SPECIFICATION SAMPLE				TENSILE TEST RESULTS				REMARK
		WIDTH	THICK	DIA.	C S A	YIELD STRESS	ULTIMATE STRESS	ELONGATION	REDUCT. of AREA	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm^2)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	
1	W13.32 -1	24,59	11,99		294,88	356,08	454,42			Base Metal
2	W13.32 -2	24,73	11,97		295,99	334,97	442,58			Base Metal
3	W13.32 -3	24,46	11,91		291,28	343,31	453,17			Base Metal

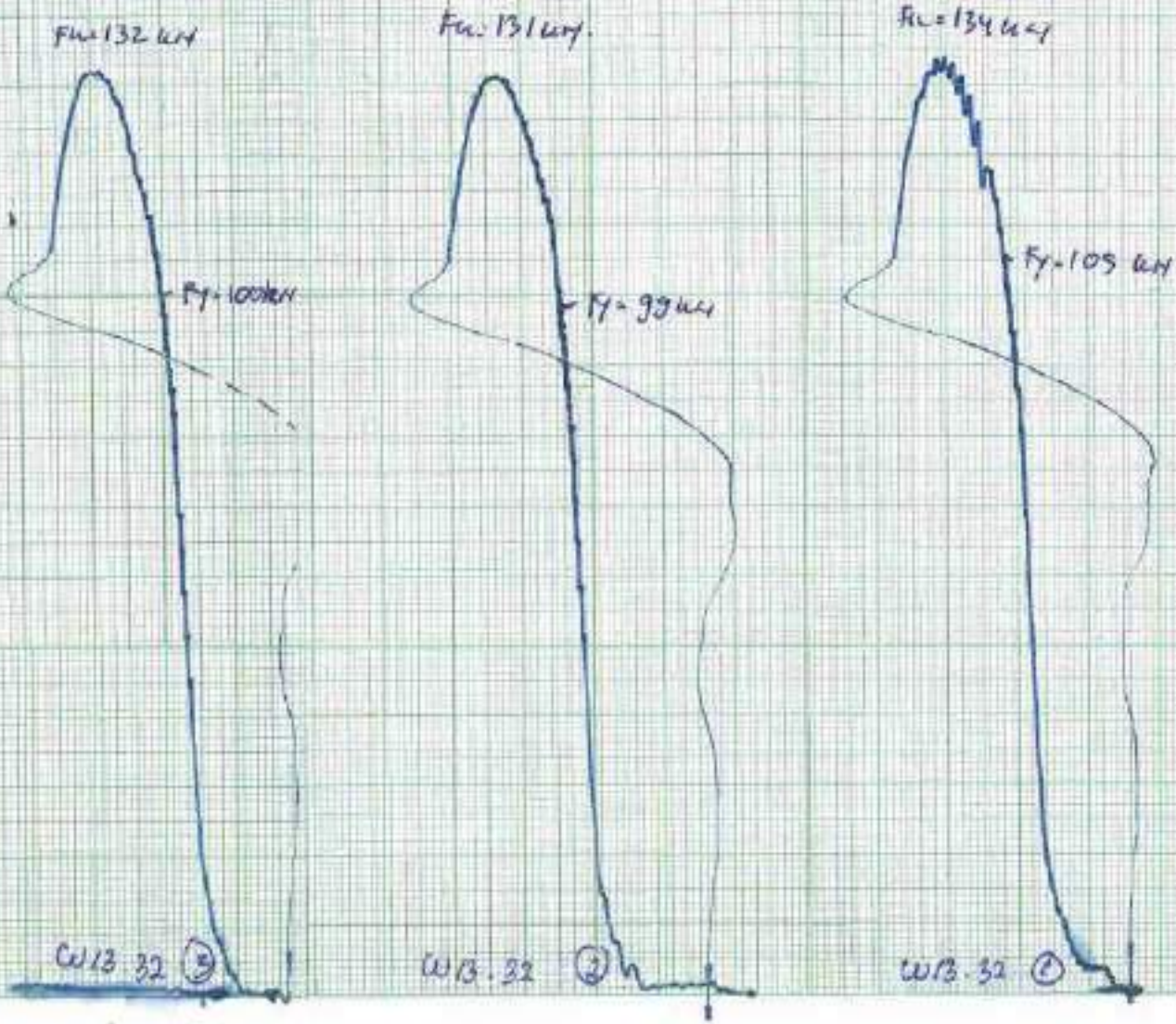
NO	F. YIELD		F. ULTIMATE		Lo	L1	D1 / Wd.1	Th.1	A1
	KN	N	KN	N					
1	105		134						
2	99		131						
3	100		132						

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester


Fu=132 kN
Fy=100kN
W13 32 ③
Fu=131 kN.
Fy=99 kN
W13.32 ②
Fu=134 kN
Fy=105 kN
W13.32 ①

LAMPIRAN D.1

GRAFIK TEGANGAN - REGANGAN

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan Darat (1)

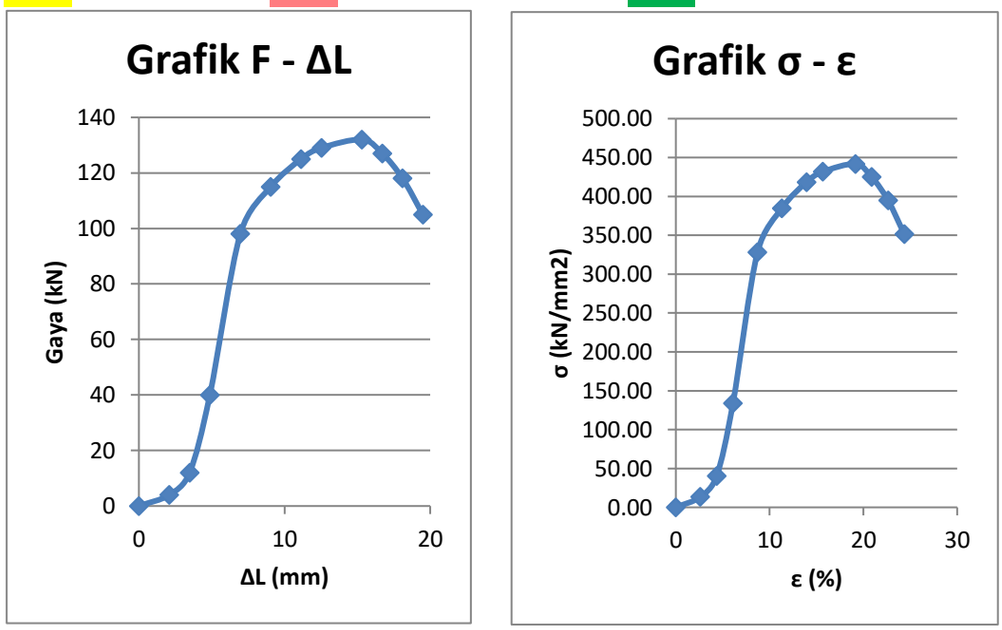
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.5 mm
28 mm
= 0.7 mm ⟶ 1 mm = 0.7 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 132 kN
132 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 1. Perhitungan tensile pengelasan darat (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.7	1	0	0	80.02	298.88	0.00	0.00
2	3	4	0.7	1	2.09	4	80.02	298.88	13.38	2.61
3	5	12	0.7	1	3.48	12	80.02	298.88	40.15	4.35
4	7	40	0.7	1	4.88	40	80.02	298.88	133.83	6.09
5	10	98	0.7	1	6.96	98	80.02	298.88	**327.89**	8.70
6	13	115	0.7	1	9.05	115	80.02	298.88	384.77	11.31
7	16	125	0.7	1	11.1	125	80.02	298.88	418.23	13.93
8	18	129	0.7	1	12.5	129	80.02	298.88	431.61	15.67
9	22	132	0.7	1	15.3	132	80.02	298.88	**441.65**	19.15
10	24	127	0.7	1	16.7	127	80.02	298.88	424.92	20.89
11	26	118	0.7	1	18.1	118	80.02	298.88	394.81	22.63
12	28	105	0.7	1	19.5	105	80.02	298.88	351.31	24.37

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 1. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan darat (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan Darat (2)

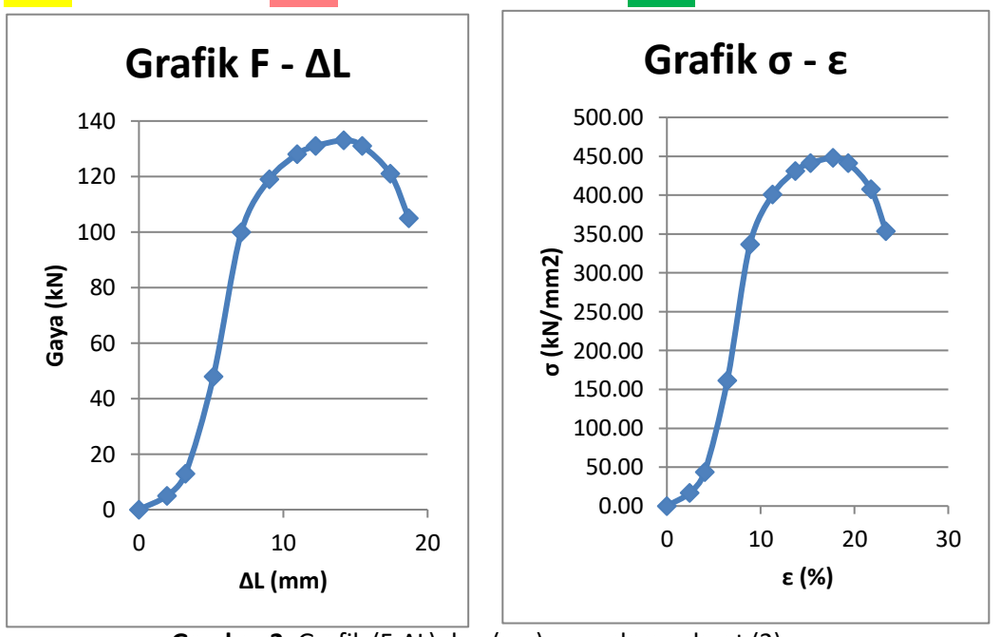
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
29 mm
= 0.64 mm ⟶ 1 mm = 0.64 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 133 kN
133 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 2. Perhitungan tensile pengelasan darat (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.64	1	0	0	80.04	296.99	0.00	0.00
2	3	5	0.64	1	1.93	5	80.04	296.99	16.84	2.42
3	5	13	0.64	1	3.22	13	80.04	296.99	43.77	4.03
4	8	48	0.64	1	5.16	48	80.04	296.99	161.62	6.45
5	11	100	0.64	1	7.09	100	80.04	296.99	**336.71**	8.86
6	14	119	0.64	1	9.03	119	80.04	296.99	400.69	11.28
7	17	128	0.64	1	11	128	80.04	296.99	430.99	13.70
8	19	131	0.64	1	12.3	131	80.04	296.99	441.09	15.31
9	22	133	0.64	1	14.2	133	80.04	296.99	**447.83**	17.72
10	24	131	0.64	1	15.5	131	80.04	296.99	441.09	19.34
11	27	121	0.64	1	17.4	121	80.04	296.99	407.42	21.75
12	29	105	0.64	1	18.7	105	80.04	296.99	353.55	23.36

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 2. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan darat (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan Darat (3)

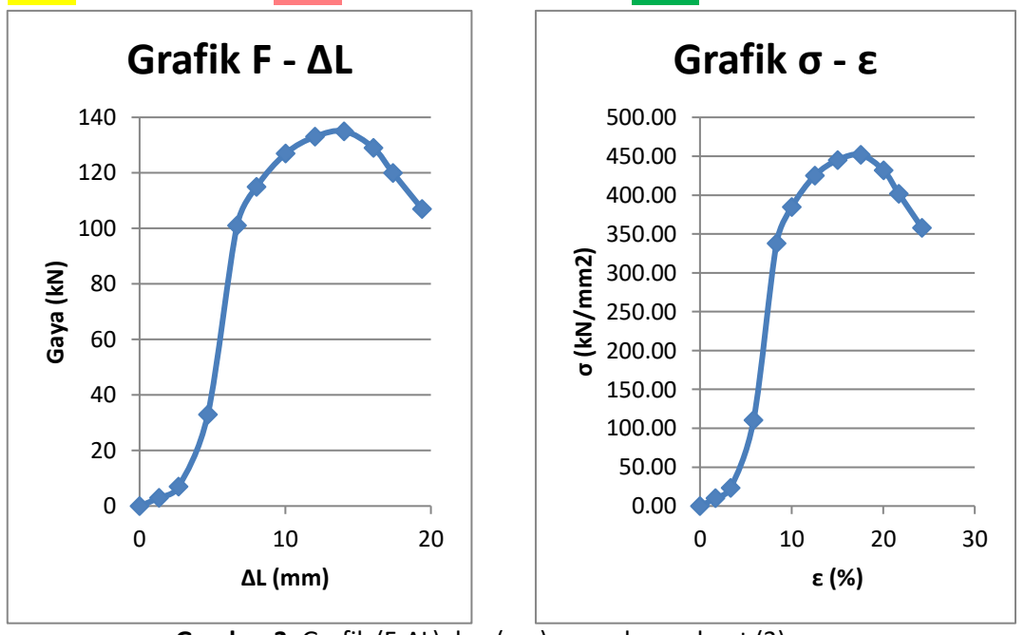
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.4 mm
29 mm
= 0.67 mm ⟶ 1 mm = 0.67 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 135 kN
135 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 3. Perhitungan tensile pengelasan darat (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.67	1	0	0	80.07	298.84	0.00	0.00
2	2	3	0.67	1	1.34	3	80.07	298.84	10.04	1.67
3	4	7	0.67	1	2.68	7	80.07	298.84	23.42	3.34
4	7	33	0.67	1	4.68	33	80.07	298.84	110.43	5.85
5	10	101	0.67	1	6.69	101	80.07	298.84	**337.97**	8.35
6	12	115	0.67	1	8.03	115	80.07	298.84	384.82	10.03
7	15	127	0.67	1	10	127	80.07	298.84	424.98	12.53
8	18	133	0.67	1	12	133	80.07	298.84	445.05	15.04
9	21	135	0.67	1	14	135	80.07	298.84	**451.75**	17.54
10	24	129	0.67	1	16.1	129	80.07	298.84	431.67	20.05
11	26	120	0.67	1	17.4	120	80.07	298.84	401.55	21.72
12	29	107	0.67	1	19.4	107	80.07	298.84	358.05	24.23

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 3. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan darat (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 25˚C (1)

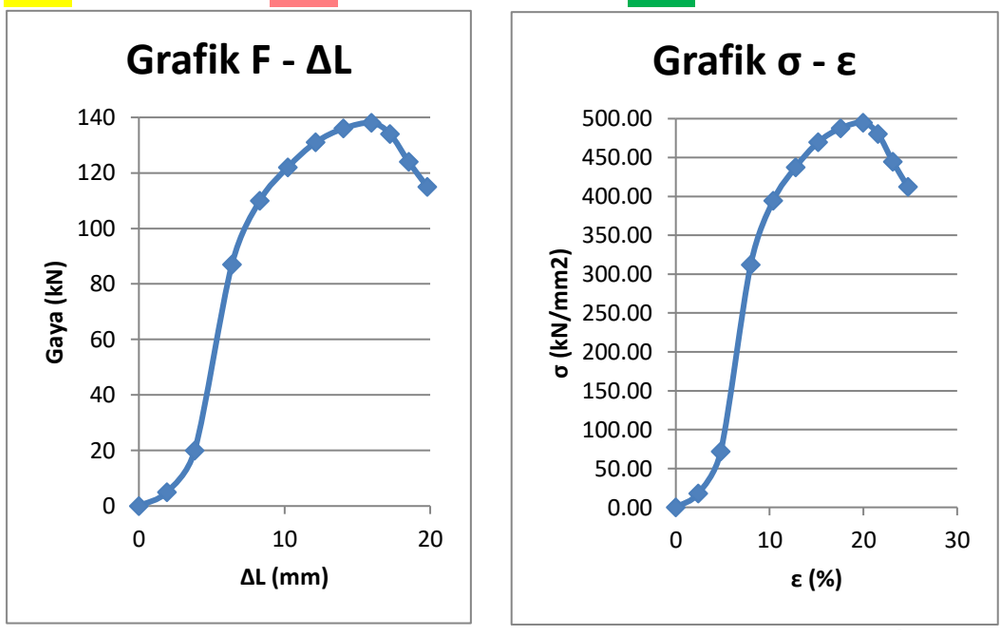
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.8 mm
31 mm
= 0.64 mm ⟶ 1 mm = 0.64 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 138 kN
138 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 4. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.64	1	0	0	80.03	278.93	0.00	0.00
2	3	5	0.64	1	1.92	5	80.03	278.93	17.93	2.39
3	6	20	0.64	1	3.83	20	80.03	278.93	71.70	4.79
4	10	87	0.64	1	6.39	87	80.03	278.93	311.91	7.98
5	13	110	0.64	1	8.3	110	80.03	278.93	**394.36**	10.38
6	16	122	0.64	1	10.2	122	80.03	278.93	437.39	12.77
7	19	131	0.64	1	12.1	131	80.03	278.93	469.65	15.16
8	22	136	0.64	1	14.1	136	80.03	278.93	487.58	17.56
9	25	138	0.64	1	16	138	80.03	278.93	**494.75**	19.95
10	27	134	0.64	1	17.2	134	80.03	278.93	480.41	21.55
11	29	124	0.64	1	18.5	124	80.03	278.93	444.56	23.14
12	31	115	0.64	1	19.8	115	80.03	278.93	412.29	24.74

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 4. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 25˚C (2)

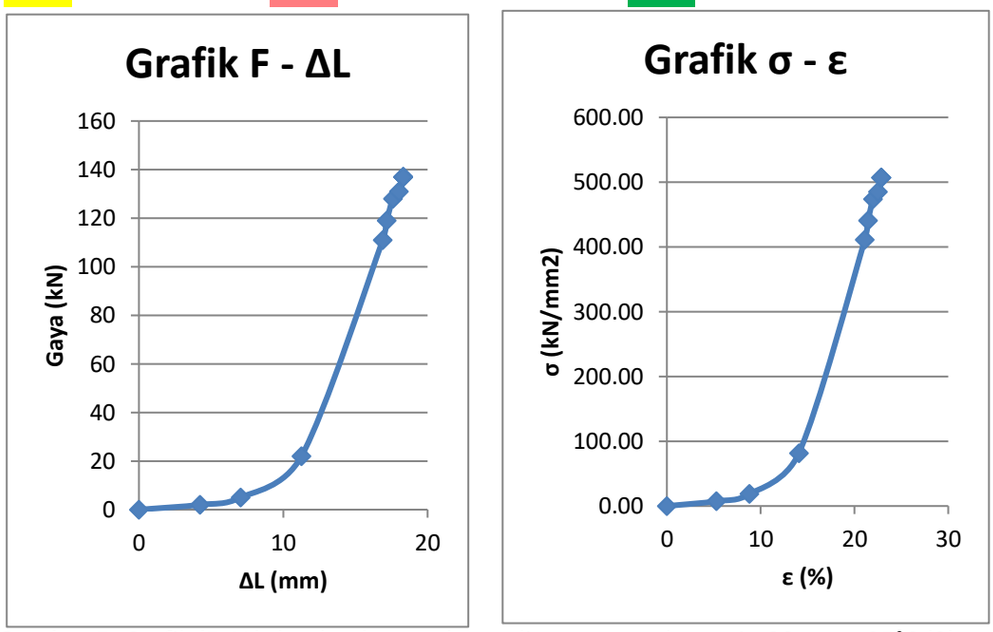
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.3 mm
13 mm
= 1.41 mm ⟶ 1 mm = 1.41 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 137 kN
137 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 5. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	1.41	1	0	0	80.06	270.12	0.00	0.00
2	3	2	1.41	1	4.22	2	80.06	270.12	7.40	5.27
3	5	5	1.41	1	7.04	5	80.06	270.12	18.51	8.79
4	8	22	1.41	1	11.3	22	80.06	270.12	81.45	14.07
5	12	111	1.41	1	16.9	111	80.06	270.12	**410.93**	21.10
6	12	119	1.41	1	17.2	119	80.06	270.12	440.54	21.45
7	13	128	1.41	1	17.6	128	80.06	270.12	473.86	21.98
8	13	131	1.41	1	18	131	80.06	270.12	484.97	22.51
9	13	137	1.41	1	18.3	137	80.06	270.12	**507.18**	22.86
10	13	137	1.41	1	18.3	137	80.06	270.12	507.18	22.86
11	13	137	1.41	1	18.3	137	80.06	270.12	507.18	22.86
12	13	137	1.41	1	18.3	137	80.06	270.12	507.18	22.86

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 5. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 25˚C (3)

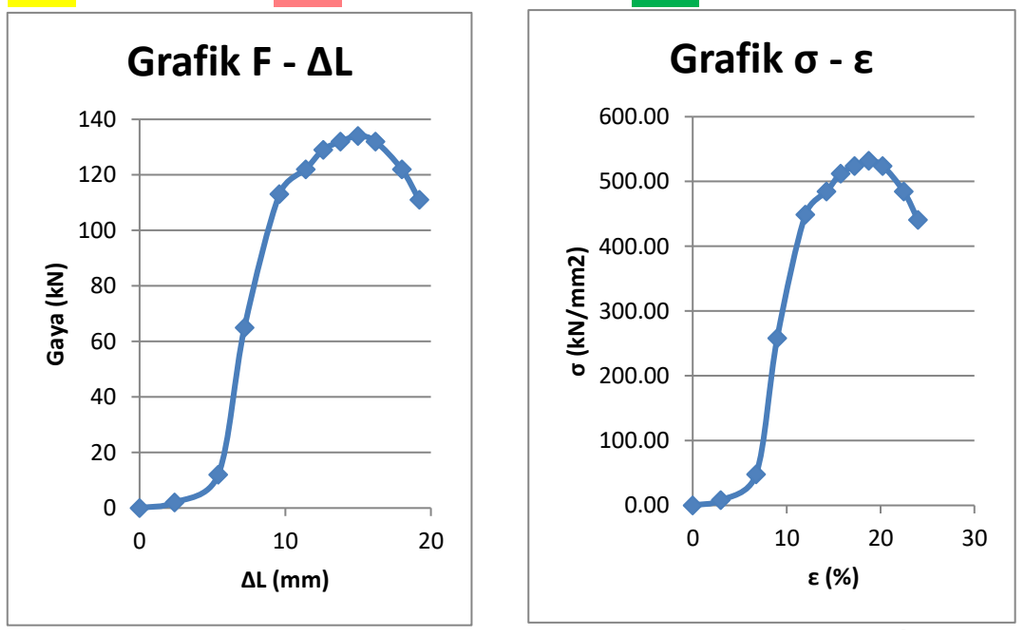
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
32 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 134 kN
134 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 6. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.04	251.9	0.00	0.00
2	4	2	0.6	1	2.4	2	80.04	251.9	7.94	3.00
3	9	12	0.6	1	5.4	12	80.04	251.9	47.64	6.75
4	12	65	0.6	1	7.2	65	80.04	251.9	258.04	9.00
5	16	113	0.6	1	9.6	113	80.04	251.9	**448.59**	11.99
6	19	122	0.6	1	11.4	122	80.04	251.9	484.32	14.24
7	21	129	0.6	1	12.6	129	80.04	251.9	512.11	15.74
8	23	132	0.6	1	13.8	132	80.04	251.9	524.02	17.24
9	25	134	0.6	1	15	134	80.04	251.9	**531.96**	18.74
10	27	132	0.6	1	16.2	132	80.04	251.9	524.02	20.24
11	30	122	0.6	1	18	122	80.04	251.9	484.32	22.49
12	32	111	0.6	1	19.2	111	80.04	251.9	440.65	23.99

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 6. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 25˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 25˚C (1)

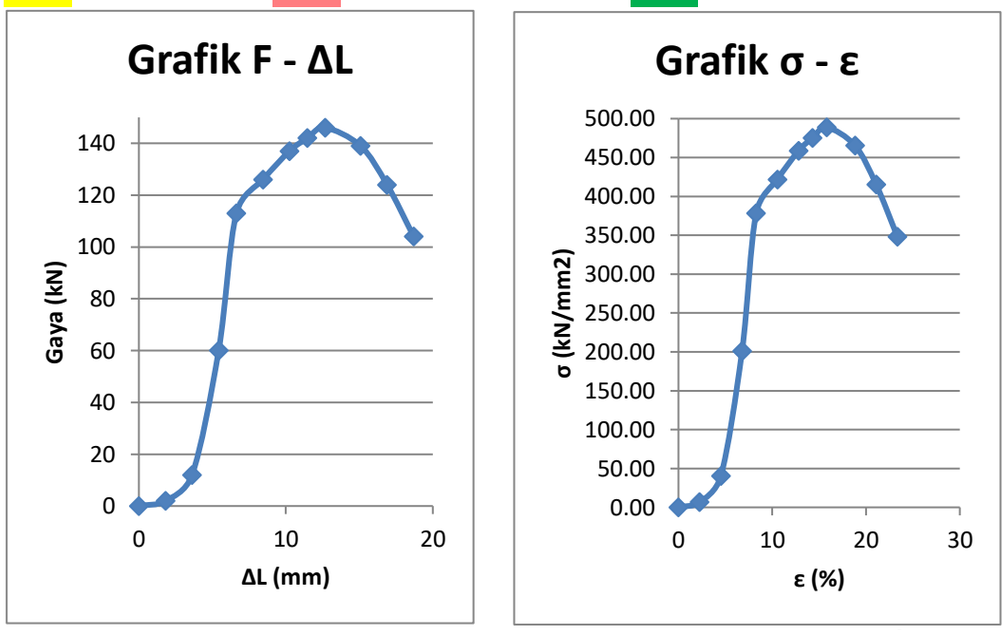
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 146 kN
146 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 7. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.09	298.74	0.00	0.00
2	3	2	0.6	1	1.81	2	80.09	298.74	6.69	2.26
3	6	12	0.6	1	3.62	12	80.09	298.74	40.17	4.52
4	9	60	0.6	1	5.43	60	80.09	298.74	200.84	6.78
5	11	113	0.6	1	6.64	113	80.09	298.74	**378.26**	8.29
6	14	126	0.6	1	8.45	126	80.09	298.74	421.77	10.54
7	17	137	0.6	1	10.3	137	80.09	298.74	458.59	12.80
8	19	142	0.6	1	11.5	142	80.09	298.74	475.33	14.31
9	21	146	0.6	1	12.7	146	80.09	298.74	**488.72**	15.82
10	25	139	0.6	1	15.1	139	80.09	298.74	465.29	18.83
11	28	124	0.6	1	16.9	124	80.09	298.74	415.08	21.09
12	31	104	0.6	1	18.7	104	80.09	298.74	348.13	23.35

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 7. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 25˚C (2)

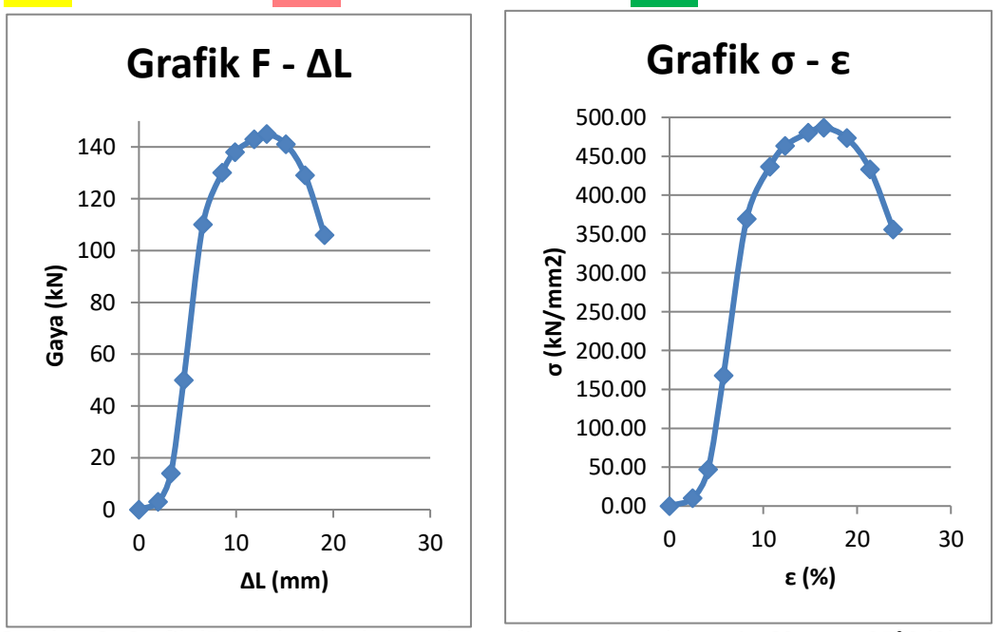
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.1 mm
29 mm
= 0.66 mm ⟶ 1 mm = 0.66 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 145 kN
145 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 8. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.66	1	0	0	80.12	297.82	0.00	0.00
2	3	3	0.66	1	1.98	3	80.12	297.82	10.07	2.47
3	5	14	0.66	1	3.29	14	80.12	297.82	47.01	4.11
4	7	50	0.66	1	4.61	50	80.12	297.82	167.89	5.75
5	10	110	0.66	1	6.59	110	80.12	297.82	**369.35**	8.22
6	13	130	0.66	1	8.56	130	80.12	297.82	436.51	10.69
7	15	138	0.66	1	9.88	138	80.12	297.82	463.37	12.33
8	18	143	0.66	1	11.9	143	80.12	297.82	480.16	14.80
9	20	145	0.66	1	13.2	145	80.12	297.82	**486.87**	16.44
10	23	141	0.66	1	15.1	141	80.12	297.82	473.44	18.91
11	26	129	0.66	1	17.1	129	80.12	297.82	433.15	21.37
12	29	106	0.66	1	19.1	106	80.12	297.82	355.92	23.84

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 8. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 25˚C (3)

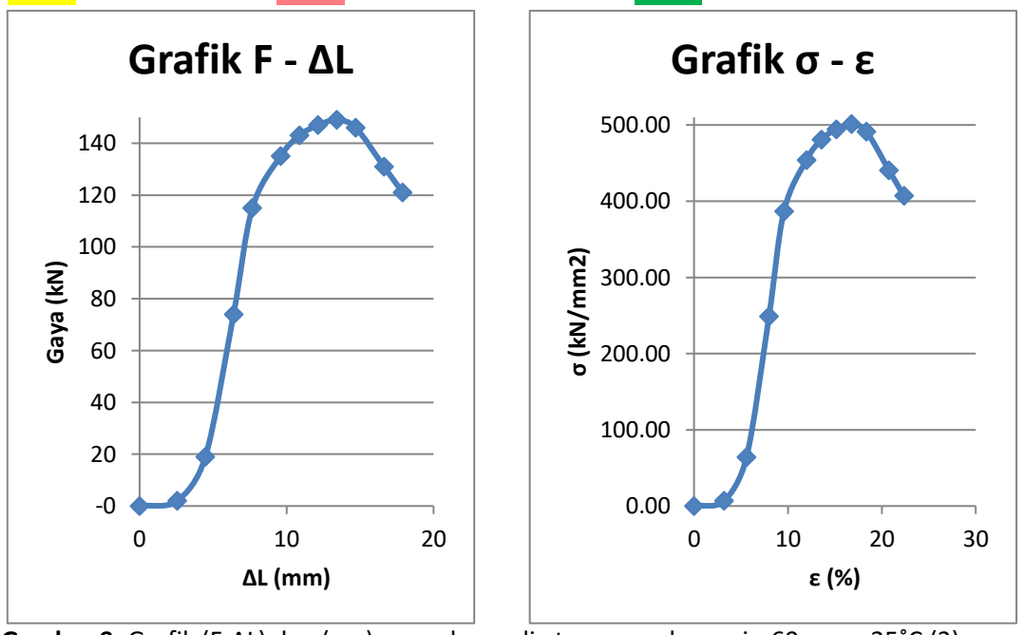
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 17.9 mm
28 mm
= 0.64 mm ⟶ 1 mm = 0.64 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 149 kN
149 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 9. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.64	1	0	0	80.07	297.33	0.00	0.00
2	4	2	0.64	1	2.56	2	80.07	297.33	6.73	3.19
3	7	19	0.64	1	4.48	19	80.07	297.33	63.90	5.59
4	10	74	0.64	1	6.39	74	80.07	297.33	248.88	7.98
5	12	115	0.64	1	7.67	115	80.07	297.33	**386.78**	9.58
6	15	135	0.64	1	9.59	135	80.07	297.33	454.04	11.98
7	17	143	0.64	1	10.9	143	80.07	297.33	480.95	13.57
8	19	147	0.64	1	12.1	147	80.07	297.33	494.40	15.17
9	21	149	0.64	1	13.4	149	80.07	297.33	**501.13**	16.77
10	23	146	0.64	1	14.7	146	80.07	297.33	491.04	18.36
11	26	131	0.64	1	16.6	131	80.07	297.33	440.59	20.76
12	28	121	0.64	1	17.9	121	80.07	297.33	406.96	22.36

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 9. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 25˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 25˚C (1)

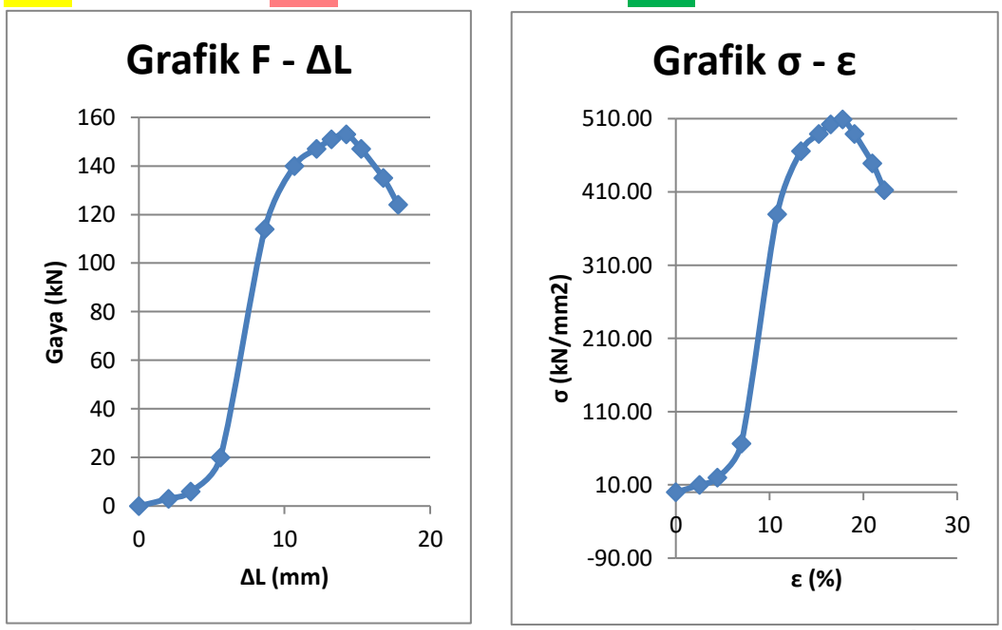
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 17.8 mm
35 mm
= 0.51 mm ⟶ 1 mm = 0.51 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 153 kN
153 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 10. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.51	1	0	0	80.09	300.64	0.00	0.00
2	4	3	0.51	1	2.03	3	80.09	300.64	9.98	2.54
3	7	6	0.51	1	3.56	6	80.09	300.64	19.96	4.44
4	11	20	0.51	1	5.59	20	80.09	300.64	66.52	6.98
5	17	114	0.51	1	8.65	114	80.09	300.64	**379.19**	10.79
6	21	140	0.51	1	10.7	140	80.09	300.64	465.67	13.33
7	24	147	0.51	1	12.2	147	80.09	300.64	488.96	15.24
8	26	151	0.51	1	13.2	151	80.09	300.64	502.26	16.51
9	28	153	0.51	1	14.2	153	80.09	300.64	**508.91**	17.78
10	30	147	0.51	1	15.3	147	80.09	300.64	488.96	19.05
11	33	135	0.51	1	16.8	135	80.09	300.64	449.04	20.95
12	35	124	0.51	1	17.8	124	80.09	300.64	412.45	22.22

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 10. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 25˚C (2)

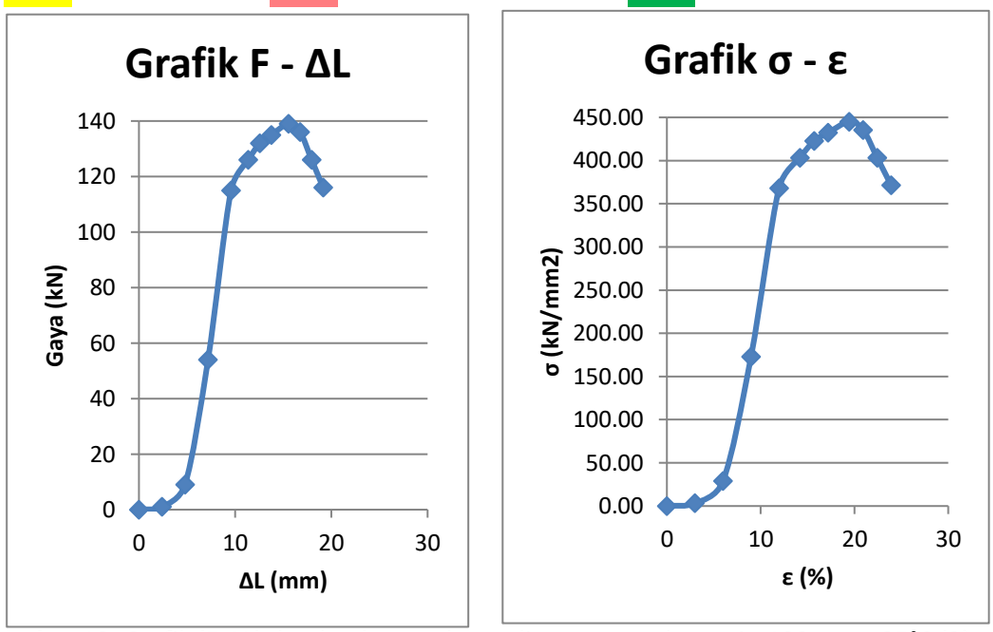
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
32 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 139 kN
139 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 10. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.07	312.37	0.00	0.00
2	4	1	0.6	1	2.39	1	80.07	312.37	3.20	2.99
3	8	9	0.6	1	4.79	9	80.07	312.37	28.81	5.98
4	12	54	0.6	1	7.18	54	80.07	312.37	172.87	8.97
5	16	115	0.6	1	9.58	115	80.07	312.37	**368.15**	11.96
6	19	126	0.6	1	11.4	126	80.07	312.37	403.37	14.20
7	21	132	0.6	1	12.6	132	80.07	312.37	422.58	15.70
8	23	135	0.6	1	13.8	135	80.07	312.37	432.18	17.19
9	26	139	0.6	1	15.6	139	80.07	312.37	**444.99**	19.43
10	28	136	0.6	1	16.8	136	80.07	312.37	435.38	20.93
11	30	126	0.6	1	18	126	80.07	312.37	403.37	22.42
12	32	116	0.6	1	19.2	116	80.07	312.37	371.35	23.92

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 10. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 25˚C (3)

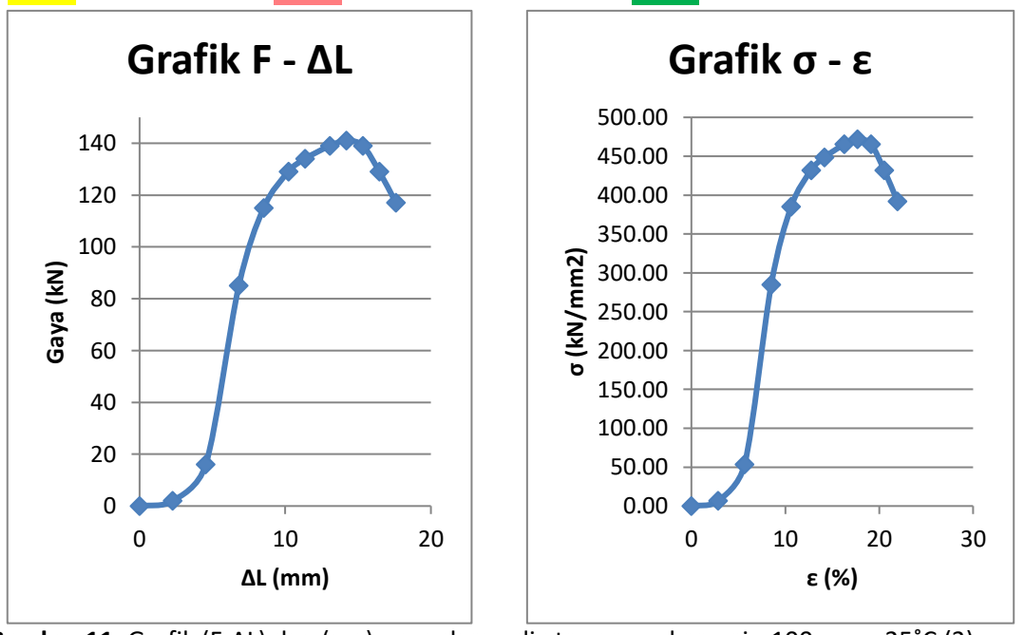
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 17.6 mm
31 mm
= 0.57 mm ⟶ 1 mm = 0.57 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 141 kN
141 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 11. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.57	1	0	0	80.15	298.74	0.00	0.00
2	4	2	0.57	1	2.27	2	80.15	298.74	6.69	2.83
3	8	16	0.57	1	4.54	16	80.15	298.74	53.56	5.67
4	12	85	0.57	1	6.81	85	80.15	298.74	284.53	8.50
5	15	115	0.57	1	8.52	115	80.15	298.74	**384.95**	10.63
6	18	129	0.57	1	10.2	129	80.15	298.74	431.81	12.75
7	20	134	0.57	1	11.4	134	80.15	298.74	448.55	14.17
8	23	139	0.57	1	13.1	139	80.15	298.74	465.29	16.29
9	25	141	0.57	1	14.2	141	80.15	298.74	**471.98**	17.71
10	27	139	0.57	1	15.3	139	80.15	298.74	465.29	19.13
11	29	129	0.57	1	16.5	129	80.15	298.74	431.81	20.54
12	31	117	0.57	1	17.6	117	80.15	298.74	391.64	21.96

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 11. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 25˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 25˚C (1)

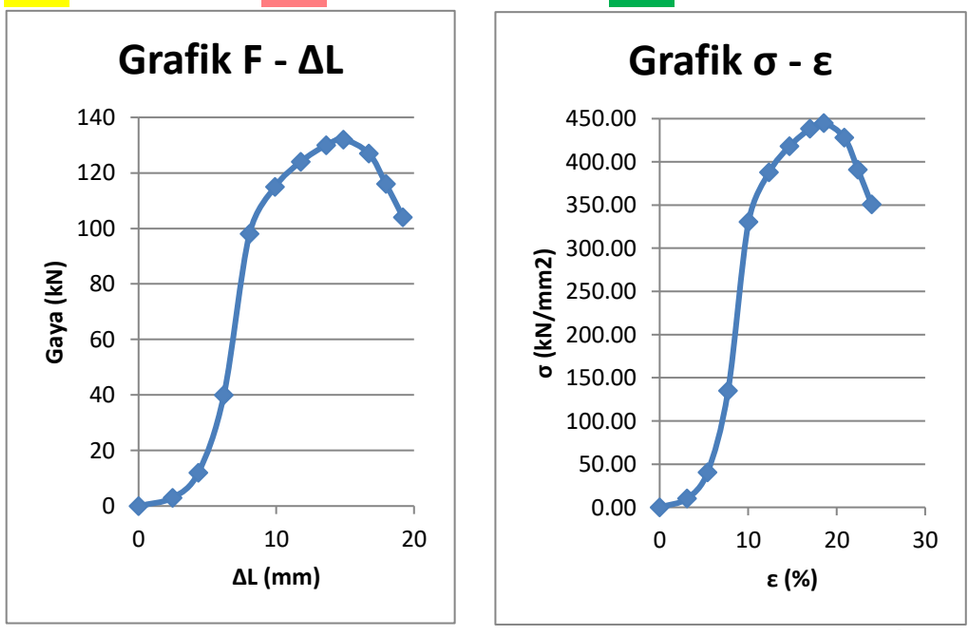
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 132 kN
132 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 12. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.18	296.65	0.00	0.00
2	4	3	0.6	1	2.5	3	80.18	296.65	10.11	3.09
3	7	12	0.6	1	4.3	12	80.18	296.65	40.45	5.41
4	10	40	0.6	1	6.2	40	80.18	296.65	134.84	7.72
5	13	98	0.6	1	8.1	98	80.18	296.65	**330.36**	10.04
6	16	115	0.6	1	9.9	115	80.18	296.65	387.66	12.36
7	19	124	0.6	1	12	124	80.18	296.65	418.00	14.68
8	22	130	0.6	1	14	130	80.18	296.65	438.23	16.99
9	24	132	0.6	1	15	132	80.18	296.65	**444.97**	18.54
10	27	127	0.6	1	17	127	80.18	296.65	428.11	20.86
11	29	116	0.6	1	18	116	80.18	296.65	391.03	22.40
12	31	104	0.6	1	19	104	80.18	296.65	350.58	23.95

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 12. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 25˚C (2)

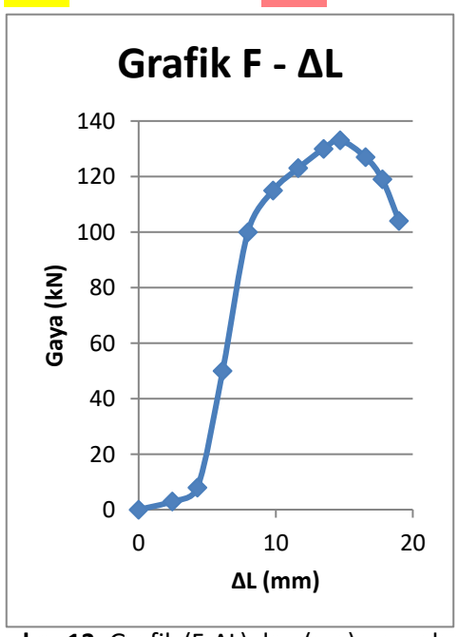
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

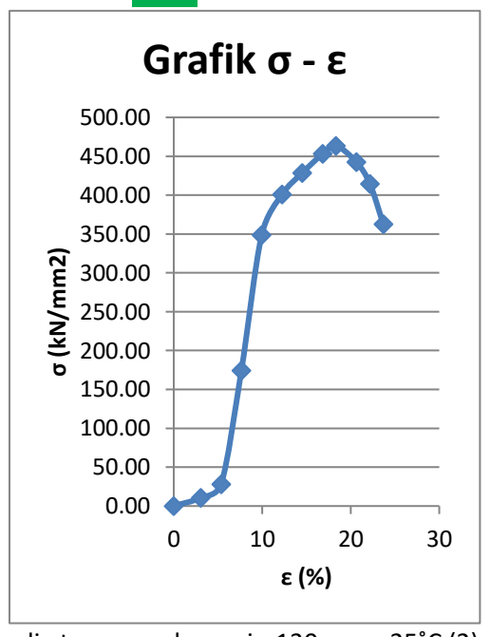
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 133 kN
133 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 13. Perhitungan tensile pengelasandi atas permukaan air 130 mm - 25˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.21	287.02	0.00	0.00
2	4	3	0.6	1	2.5	3	80.21	287.02	10.45	3.06
3	7	8	0.6	1	4.3	8	80.21	287.02	27.87	5.35
4	10	50	0.6	1	6.1	50	80.21	287.02	174.20	7.64
5	13	100	0.6	1	8	100	80.21	287.02	**348.41**	9.93
6	16	115	0.6	1	9.8	115	80.21	287.02	400.67	12.23
7	19	123	0.6	1	12	123	80.21	287.02	428.54	14.52
8	22	130	0.6	1	13	130	80.21	287.02	452.93	16.81
9	24	133	0.6	1	15	133	80.21	287.02	**463.38**	18.34
10	27	127	0.6	1	17	127	80.21	287.02	442.48	20.63
11	29	119	0.6	1	18	119	80.21	287.02	414.61	22.16
12	31	104	0.6	1	19	104	80.21	287.02	362.34	23.69

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 13. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 25˚C (3)

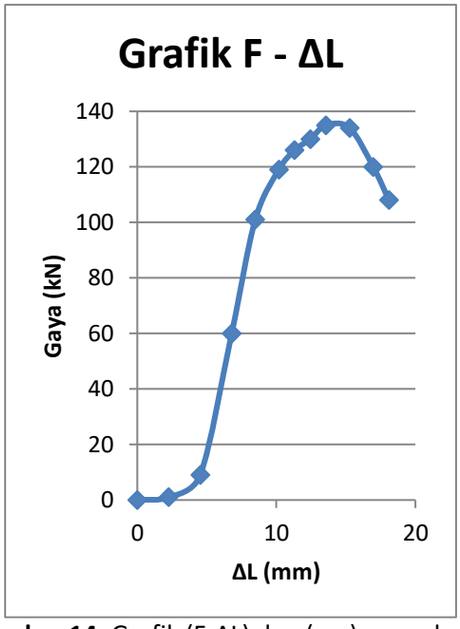
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.1 mm
32 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

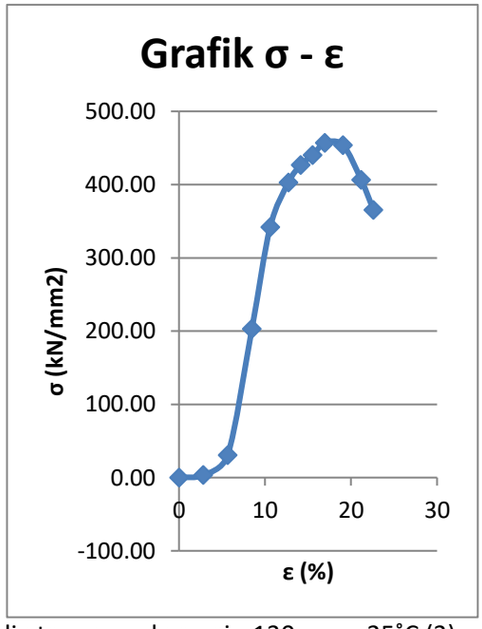
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 135 kN
135 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 14. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.07	295.41	0.00	0.00
2	4	1	0.6	1	2.3	1	80.07	295.41	3.39	2.83
3	8	9	0.6	1	4.5	9	80.07	295.41	30.47	5.65
4	12	60	0.6	1	6.8	60	80.07	295.41	203.11	8.48
5	15	101	0.6	1	8.5	101	80.07	295.41	**341.90**	10.60
6	18	119	0.6	1	10	119	80.07	295.41	402.83	12.72
7	20	126	0.6	1	11	126	80.07	295.41	426.53	14.13
8	22	130	0.6	1	12	130	80.07	295.41	440.07	15.54
9	24	135	0.6	1	14	135	80.07	295.41	**456.99**	16.95
10	27	134	0.6	1	15	134	80.07	295.41	453.61	19.07
11	30	120	0.6	1	17	120	80.07	295.41	406.22	21.19
12	32	108	0.6	1	18	108	80.07	295.41	365.59	22.61

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 14. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 25˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 28˚C (1)

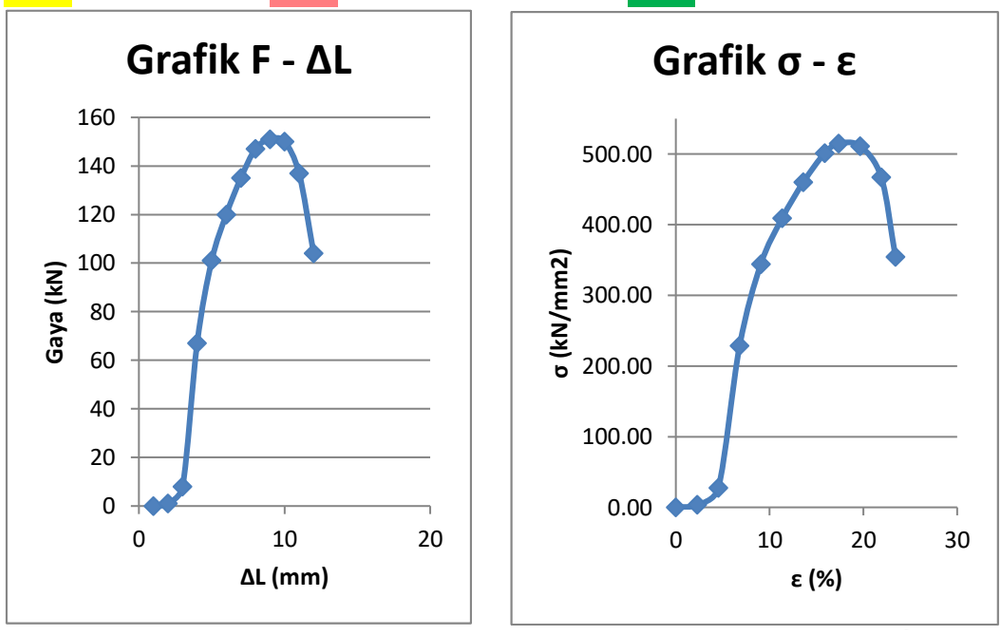
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.8 mm
31 mm
= 0.61 mm ⟶ 1 mm = 0.61 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 151 kN
151 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 15. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.61	1	0	0	80.27	293.44	0.00	0.00
2	3	1	0.61	1	1.82	1	80.27	293.44	3.41	2.27
3	6	8	0.61	1	3.64	8	80.27	293.44	27.26	4.53
4	9	67	0.61	1	5.46	67	80.27	293.44	228.33	6.80
5	12	101	0.61	1	7.28	101	80.27	293.44	**344.19**	9.07
6	15	120	0.61	1	9.1	120	80.27	293.44	408.94	11.33
7	18	135	0.61	1	10.9	135	80.27	293.44	460.06	13.60
8	21	147	0.61	1	12.7	147	80.27	293.44	500.95	15.87
9	23	151	0.61	1	13.9	151	80.27	293.44	**514.59**	17.38
10	26	150	0.61	1	15.8	150	80.27	293.44	511.18	19.64
11	29	137	0.61	1	17.6	137	80.27	293.44	466.88	21.91
12	31	104	0.61	1	18.8	104	80.27	293.44	354.42	23.42

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 15. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 28˚C (2)

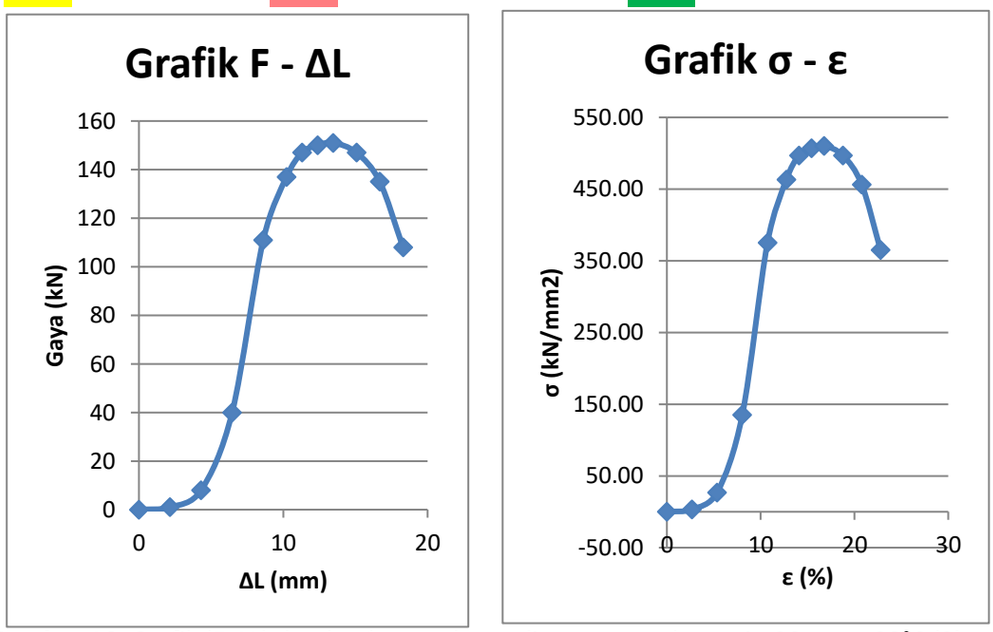
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.3 mm
34 mm
= 0.54 mm ⟶ 1 mm = 0.54 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 151 kN
151 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 16. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.54	1	0	0	80.32	295.83	0.00	0.00
2	4	1	0.54	1	2.15	1	80.32	295.83	3.38	2.68
3	8	8	0.54	1	4.31	8	80.32	295.83	27.04	5.36
4	12	40	0.54	1	6.46	40	80.32	295.83	135.21	8.04
5	16	111	0.54	1	8.61	111	80.32	295.83	**375.22**	10.72
6	19	137	0.54	1	10.2	137	80.32	295.83	463.10	12.73
7	21	147	0.54	1	11.3	147	80.32	295.83	496.91	14.07
8	23	150	0.54	1	12.4	150	80.32	295.83	507.05	15.41
9	25	151	0.54	1	13.5	151	80.32	295.83	**510.43**	16.75
10	28	147	0.54	1	15.1	147	80.32	295.83	496.91	18.76
11	31	135	0.54	1	16.7	135	80.32	295.83	456.34	20.77
12	34	108	0.54	1	18.3	108	80.32	295.83	365.07	22.78

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 16. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 28˚C (3)

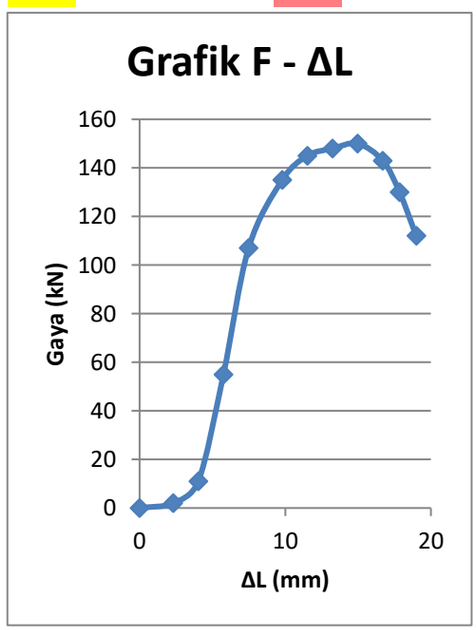
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
33 mm
= 0.58 mm ⟶ 1 mm = 0.58 mm

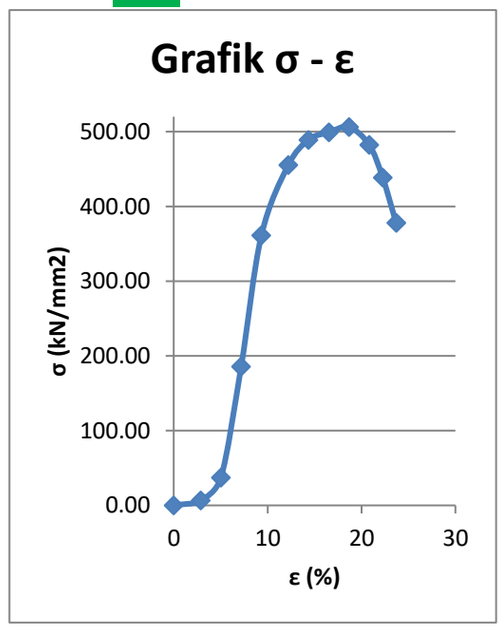
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 150 kN
150 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 17. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.58	1	0	0	80.19	296.47	0.00	0.00
2	4	2	0.58	1	2.3	2	80.19	296.47	6.75	2.87
3	7	11	0.58	1	4.03	11	80.19	296.47	37.10	5.03
4	10	55	0.58	1	5.76	55	80.19	296.47	185.52	7.18
5	13	107	0.58	1	7.48	107	80.19	296.47	**360.91**	9.33
6	17	135	0.58	1	9.79	135	80.19	296.47	455.36	12.21
7	20	145	0.58	1	11.5	145	80.19	296.47	489.09	14.36
8	23	148	0.58	1	13.2	148	80.19	296.47	499.21	16.51
9	26	150	0.58	1	15	150	80.19	296.47	**505.95**	18.67
10	29	143	0.58	1	16.7	143	80.19	296.47	482.34	20.82
11	31	130	0.58	1	17.8	130	80.19	296.47	438.49	22.26
12	33	112	0.58	1	19	112	80.19	296.47	377.78	23.69

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 17. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 28˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 28˚C (1)

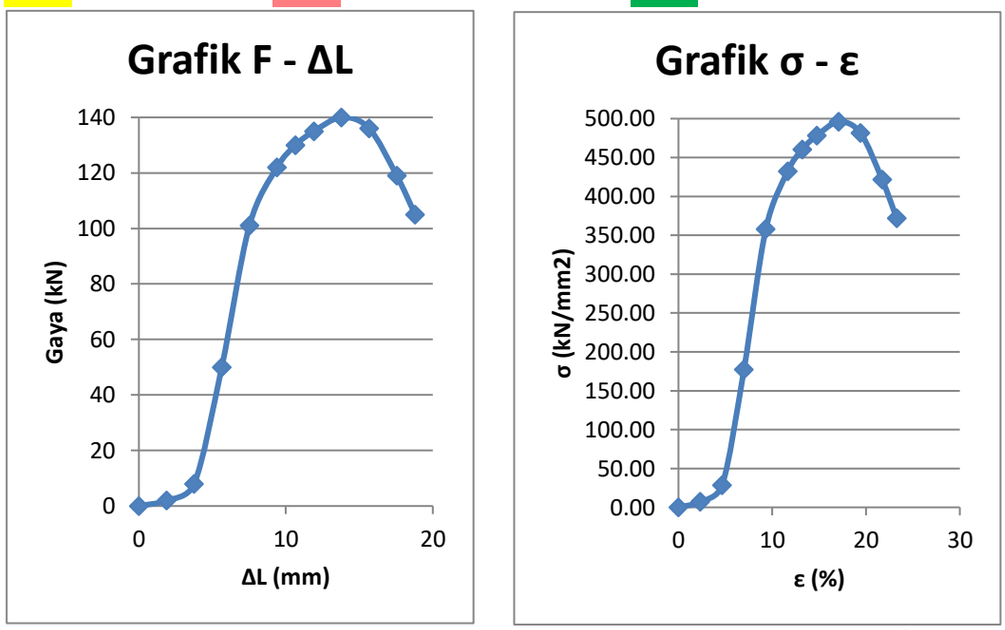
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.8 mm
30 mm
= 0.63 mm ⟶ 1 mm = 0.63 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 140 kN
140 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 18. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.63	1	0	0	80.78	282.36	0.00	0.00
2	3	2	0.63	1	1.88	2	80.78	282.36	7.08	2.33
3	6	8	0.63	1	3.76	8	80.78	282.36	28.33	4.65
4	9	50	0.63	1	5.64	50	80.78	282.36	177.08	6.98
5	12	101	0.63	1	7.52	101	80.78	282.36	**357.70**	9.31
6	15	122	0.63	1	9.4	122	80.78	282.36	432.07	11.64
7	17	130	0.63	1	10.7	130	80.78	282.36	460.41	13.19
8	19	135	0.63	1	11.9	135	80.78	282.36	478.11	14.74
9	22	140	0.63	1	13.8	140	80.78	282.36	**495.82**	17.07
10	25	136	0.63	1	15.7	136	80.78	282.36	481.65	19.39
11	28	119	0.63	1	17.5	119	80.78	282.36	421.45	21.72
12	30	105	0.63	1	18.8	105	80.78	282.36	371.87	23.27

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 18. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 28˚C (2)

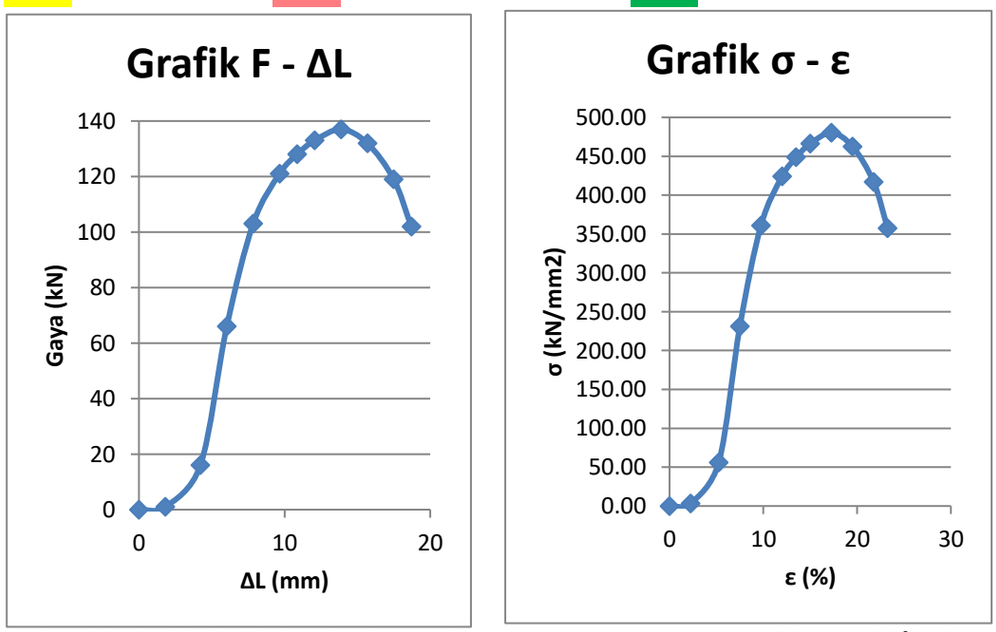
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 137 kN
137 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 19. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.42	285.31	0.00	0.00
2	3	1	0.6	1	1.81	1	80.42	285.31	3.50	2.25
3	7	16	0.6	1	4.22	16	80.42	285.31	56.08	5.25
4	10	66	0.6	1	6.03	66	80.42	285.31	231.33	7.50
5	13	103	0.6	1	7.84	103	80.42	285.31	**361.01**	9.75
6	16	121	0.6	1	9.65	121	80.42	285.31	424.10	12.00
7	18	128	0.6	1	10.9	128	80.42	285.31	448.63	13.50
8	20	133	0.6	1	12.1	133	80.42	285.31	466.16	15.00
9	23	137	0.6	1	13.9	137	80.42	285.31	**480.18**	17.25
10	26	132	0.6	1	15.7	132	80.42	285.31	462.65	19.50
11	29	119	0.6	1	17.5	119	80.42	285.31	417.09	21.75
12	31	102	0.6	1	18.7	102	80.42	285.31	357.51	23.25

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 19. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 28˚C (3)

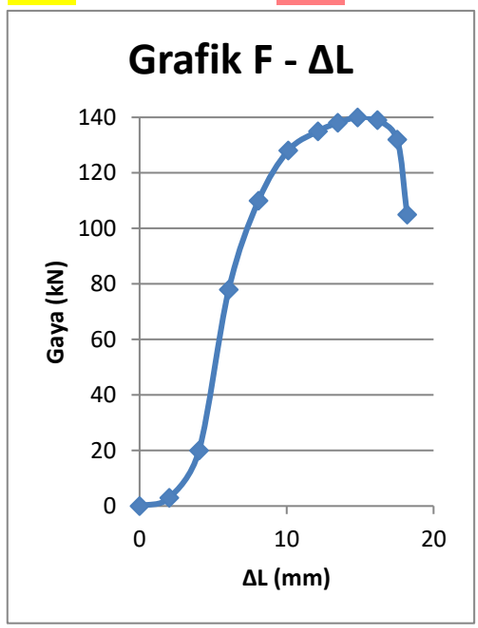
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.2 mm
27 mm
= 0.67 mm ⟶ 1 mm = 0.67 mm

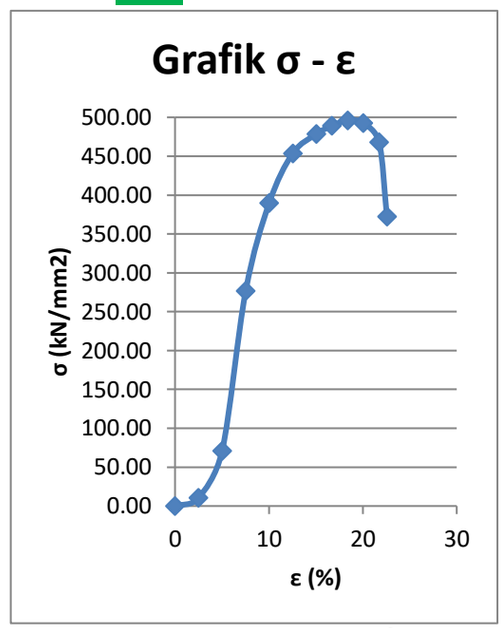
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 140 kN
140 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 20. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.67	1	0	0	80.64	282.15	0.00	0.00
2	3	3	0.67	1	2.02	3	80.64	282.15	10.63	2.51
3	6	20	0.67	1	4.04	20	80.64	282.15	70.88	5.02
4	9	78	0.67	1	6.07	78	80.64	282.15	276.45	7.52
5	12	110	0.67	1	8.09	110	80.64	282.15	**389.86**	10.03
6	15	128	0.67	1	10.1	128	80.64	282.15	453.66	12.54
7	18	135	0.67	1	12.1	135	80.64	282.15	478.47	15.05
8	20	138	0.67	1	13.5	138	80.64	282.15	489.10	16.72
9	22	140	0.67	1	14.8	140	80.64	282.15	**496.19**	18.39
10	24	139	0.67	1	16.2	139	80.64	282.15	492.65	20.06
11	26	132	0.67	1	17.5	132	80.64	282.15	467.84	21.73
12	27	105	0.67	1	18.2	105	80.64	282.15	372.14	22.57

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 20. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 28˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 28˚C (1)

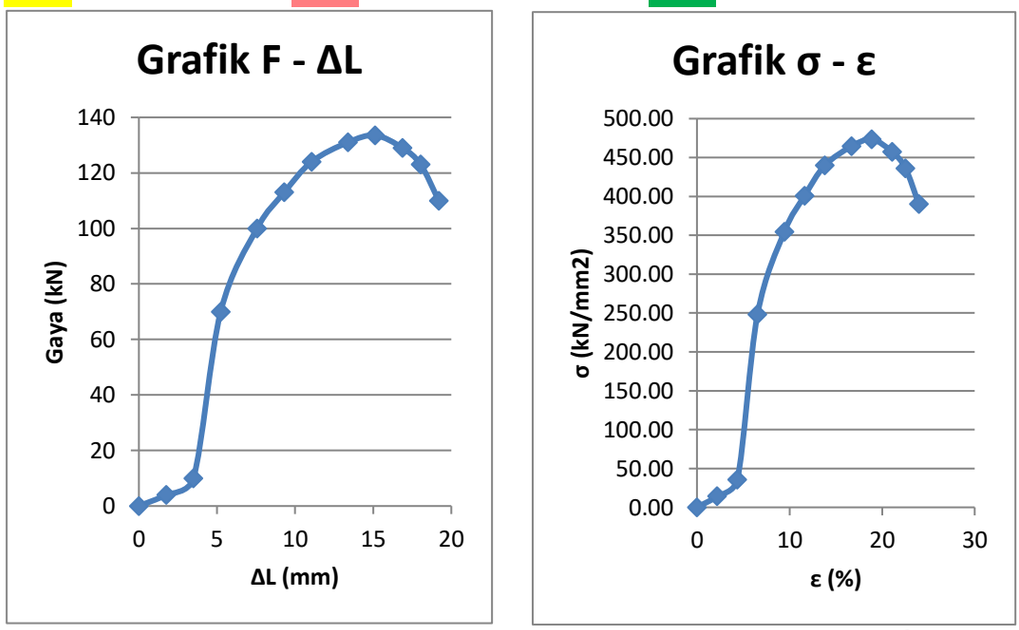
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
33 mm
= 0.58 mm ⟶ 1 mm = 0.58 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 133.5 kN
133.5 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 21. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.58	1	0	0	80.09	282.02	0.00	0.00
2	3	4	0.58	1	1.75	4	80.09	282.02	14.18	2.18
3	6	10	0.58	1	3.49	10	80.09	282.02	35.46	4.36
4	9	70	0.58	1	5.24	70	80.09	282.02	248.21	6.54
5	13	100	0.58	1	7.56	100	80.09	282.02	**354.58**	9.44
6	16	113	0.58	1	9.31	113	80.09	282.02	400.68	11.62
7	19	124	0.58	1	11.1	124	80.09	282.02	439.69	13.80
8	23	131	0.58	1	13.4	131	80.09	282.02	464.51	16.71
9	26	133.5	0.58	1	15.1	134	80.09	282.02	**473.37**	18.89
10	29	129	0.58	1	16.9	129	80.09	282.02	457.41	21.07
11	31	123	0.58	1	18	123	80.09	282.02	436.14	22.52
12	33	110	0.58	1	19.2	110	80.09	282.02	390.04	23.97

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 21. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 28˚C (2)

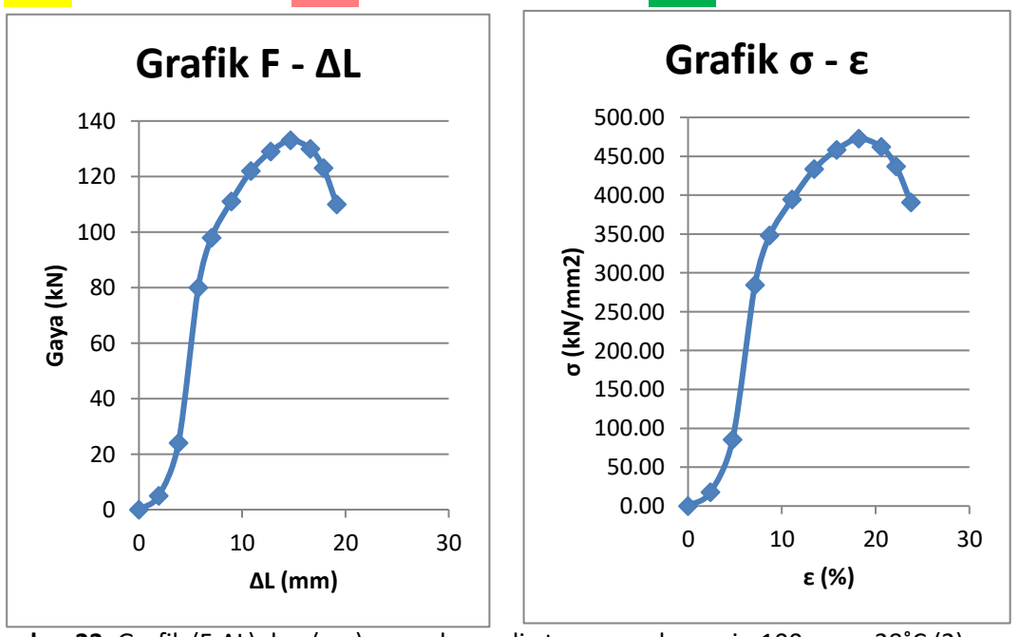
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
30 mm
= 0.64 mm ⟶ 1 mm = 0.64 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 139 kN
139 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 22. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.64	1	0	0	80.61	281.47	0.00	0.00
2	3	5	0.64	1	1.92	5	80.61	281.47	17.76	2.38
3	6	24	0.64	1	3.83	24	80.61	281.47	85.27	4.75
4	9	80	0.64	1	5.75	80	80.61	281.47	284.22	7.13
5	11	98	0.64	1	7.02	98	80.61	281.47	**348.17**	8.71
6	14	111	0.64	1	8.94	111	80.61	281.47	394.36	11.09
7	17	122	0.64	1	10.9	122	80.61	281.47	433.44	13.46
8	20	129	0.64	1	12.8	129	80.61	281.47	458.31	15.84
9	23	133	0.64	1	14.7	133	80.61	281.47	**472.52**	18.21
10	26	130	0.64	1	16.6	130	80.61	281.47	461.86	20.59
11	28	123	0.64	1	17.9	123	80.61	281.47	436.99	22.17
12	30	110	0.64	1	19.2	110	80.61	281.47	390.81	23.76

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 23. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 28˚C (3)

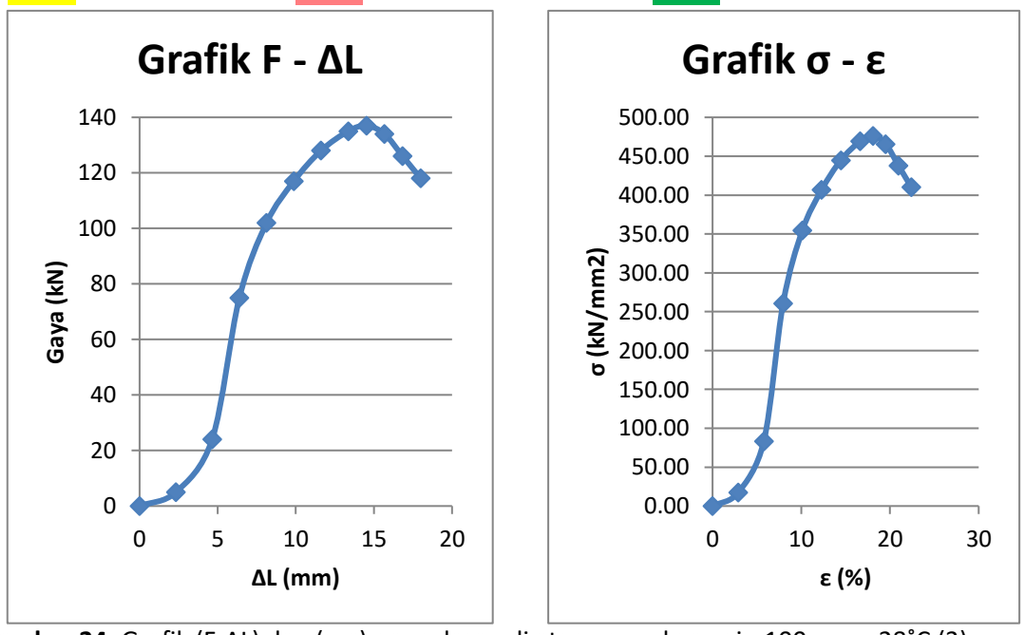
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.0 mm
31 mm
= 0.58 mm ⟶ 1 mm = 0.58 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 137 kN
137 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 24. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.58	1	0	0	80.31	287.8	0.00	0.00
2	4	5	0.58	1	2.32	5	80.31	287.8	17.37	2.89
3	8	24	0.58	1	4.65	24	80.31	287.8	83.39	5.78
4	11	75	0.58	1	6.39	75	80.31	287.8	260.60	7.95
5	14	102	0.58	1	8.13	102	80.31	287.8	**354.41**	10.12
6	17	117	0.58	1	9.87	117	80.31	287.8	406.53	12.29
7	20	128	0.58	1	11.6	128	80.31	287.8	444.75	14.46
8	23	135	0.58	1	13.4	135	80.31	287.8	469.08	16.63
9	25	137	0.58	1	14.5	137	80.31	287.8	**476.03**	18.08
10	27	134	0.58	1	15.7	134	80.31	287.8	465.60	19.52
11	29	126	0.58	1	16.8	126	80.31	287.8	437.80	20.97
12	31	118	0.58	1	18	118	80.31	287.8	410.01	22.41

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 24. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 28˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 28˚C (1)

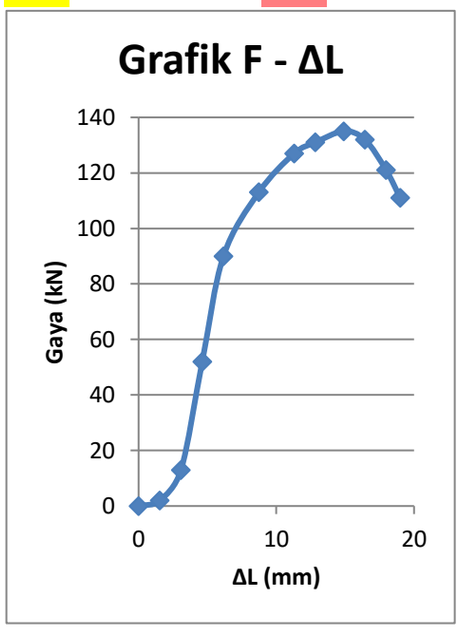
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
37 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

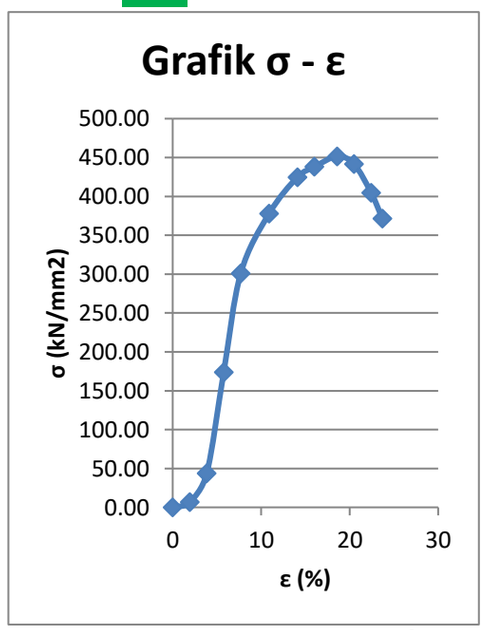
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 135 kN
135 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 25. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.14	299.02	0.00	0.00
2	3	2	0.5	1	1.5	2	80.14	299.02	6.69	1.92
3	6	13	0.5	1	3.1	13	80.14	299.02	43.48	3.84
4	9	52	0.5	1	4.6	52	80.14	299.02	173.90	5.77
5	12	90	0.5	1	6.2	90	80.14	299.02	**300.98**	7.69
6	17	113	0.5	1	8.7	113	80.14	299.02	377.90	10.89
7	22	127	0.5	1	11	127	80.14	299.02	424.72	14.10
8	25	131	0.5	1	13	131	80.14	299.02	438.10	16.02
9	29	135	0.5	1	15	135	80.14	299.02	**451.47**	18.58
10	32	132	0.5	1	16	132	80.14	299.02	441.44	20.50
11	35	121	0.5	1	18	121	80.14	299.02	404.66	22.43
12	37	111	0.5	1	19	111	80.14	299.02	371.21	23.71

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 25. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 28˚C (2)

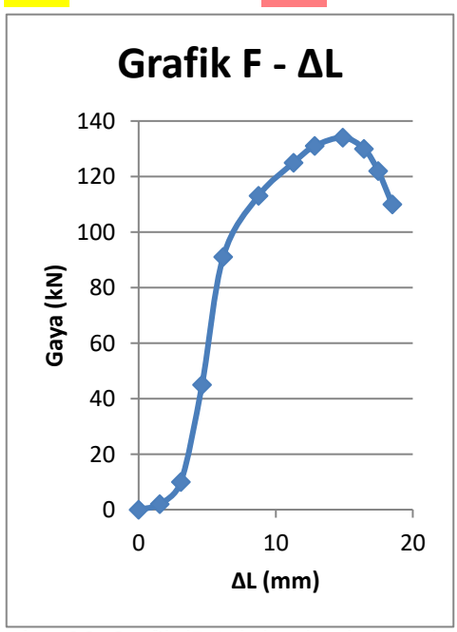
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
36 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

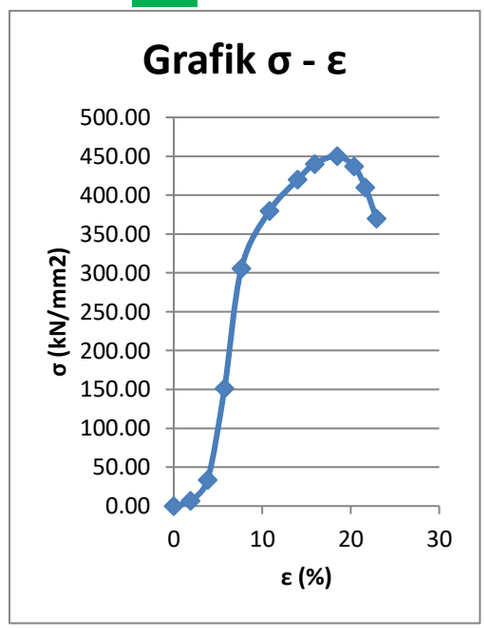
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 134 kN
134 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 26. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.72	297.65	0.00	0.00
2	3	2	0.5	1	1.5	2	80.72	297.65	6.72	1.91
3	6	10	0.5	1	3.1	10	80.72	297.65	33.60	3.82
4	9	45	0.5	1	4.6	45	80.72	297.65	151.18	5.73
5	12	91	0.5	1	6.2	91	80.72	297.65	**305.73**	7.64
6	17	113	0.5	1	8.7	113	80.72	297.65	379.64	10.82
7	22	125	0.5	1	11	125	80.72	297.65	419.96	14.01
8	25	131	0.5	1	13	131	80.72	297.65	440.11	15.92
9	29	134	0.5	1	15	134	80.72	297.65	**450.19**	18.46
10	32	130	0.5	1	16	130	80.72	297.65	436.75	20.37
11	34	122	0.5	1	17	122	80.72	297.65	409.88	21.65
12	36	110	0.5	1	19	110	80.72	297.65	369.56	22.92

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 26. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 28˚C (3)

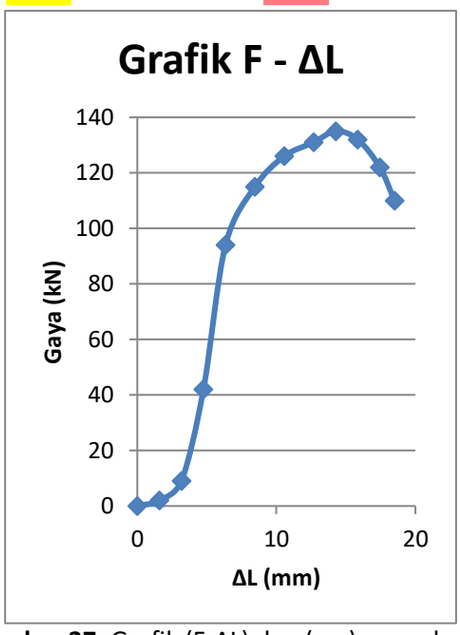
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
35 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

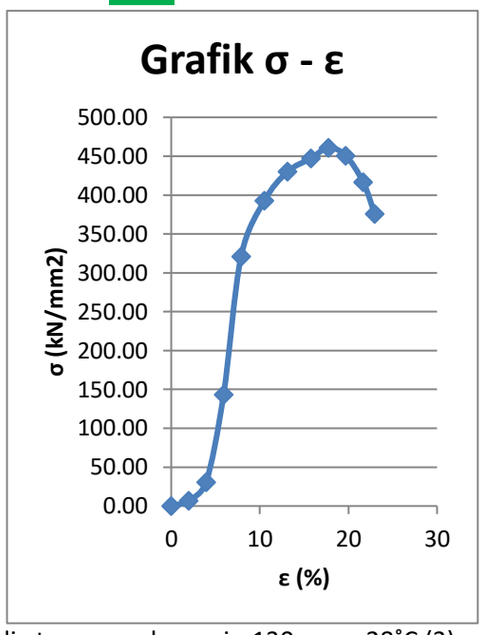
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 135 kN
135 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 27. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.51	292.93	0.00	0.00
2	3	2	0.5	1	1.6	2	80.51	292.93	6.83	1.97
3	6	9	0.5	1	3.2	9	80.51	292.93	30.72	3.94
4	9	42	0.5	1	4.8	42	80.51	292.93	143.38	5.91
5	12	94	0.5	1	6.3	94	80.51	292.93	**320.90**	7.88
6	16	115	0.5	1	8.5	115	80.51	292.93	392.59	10.50
7	20	126	0.5	1	11	126	80.51	292.93	430.14	13.13
8	24	131	0.5	1	13	131	80.51	292.93	447.21	15.76
9	27	135	0.5	1	14	135	80.51	292.93	**460.86**	17.73
10	30	132	0.5	1	16	132	80.51	292.93	450.62	19.70
11	33	122	0.5	1	17	122	80.51	292.93	416.48	21.67
12	35	110	0.5	1	19	110	80.51	292.93	375.52	22.98

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 27. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 28˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 30˚C (1)

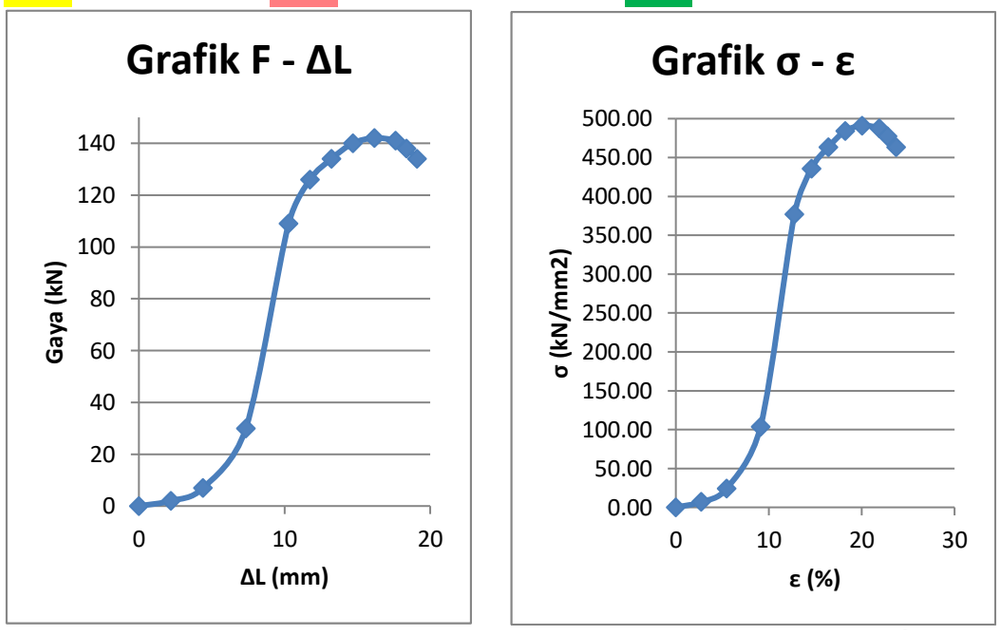
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.1 mm
26 mm
= 0.73 mm ⟶ 1 mm = 0.73 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 142 kN
142 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 28. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.73	1	0	0	80.55	289.22	0.00	0.00
2	3	2	0.73	1	2.2	2	80.55	289.22	6.92	2.74
3	6	7	0.73	1	4.41	7	80.55	289.22	24.20	5.47
4	10	30	0.73	1	7.35	30	80.55	289.22	103.73	9.12
5	14	109	0.73	1	10.3	109	80.55	289.22	**376.88**	12.77
6	16	126	0.73	1	11.8	126	80.55	289.22	435.65	14.59
7	18	134	0.73	1	13.2	134	80.55	289.22	463.32	16.42
8	20	140	0.73	1	14.7	140	80.55	289.22	484.06	18.24
9	22	142	0.73	1	16.2	142	80.55	289.22	**490.98**	20.06
10	24	141	0.73	1	17.6	141	80.55	289.22	487.52	21.89
11	25	138	0.73	1	18.4	138	80.55	289.22	477.15	22.80
12	26	134	0.73	1	19.1	134	80.55	289.22	463.32	23.71

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 28. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 30˚C (2)

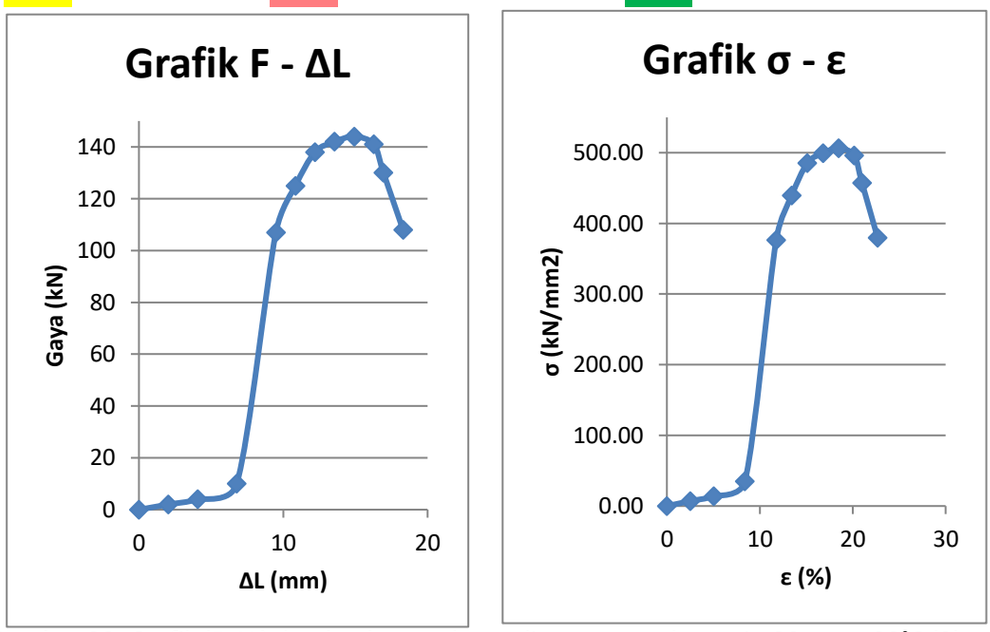
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.3 mm
27 mm
= 0.68 mm ⟶ 1 mm = 0.68 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 144 kN
144 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 29. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.68	1	0	0	80.68	284.36	0.00	0.00
2	3	2	0.68	1	2.03	2	80.68	284.36	7.03	2.52
3	6	4	0.68	1	4.07	4	80.68	284.36	14.07	5.04
4	10	10	0.68	1	6.78	10	80.68	284.36	35.17	8.40
5	14	107	0.68	1	9.49	107	80.68	284.36	**376.28**	11.76
6	16	125	0.68	1	10.8	125	80.68	284.36	439.58	13.44
7	18	138	0.68	1	12.2	138	80.68	284.36	485.30	15.12
8	20	142	0.68	1	13.6	142	80.68	284.36	499.37	16.80
9	22	144	0.68	1	14.9	144	80.68	284.36	**506.40**	18.48
10	24	141	0.68	1	16.3	141	80.68	284.36	495.85	20.16
11	25	130	0.68	1	16.9	130	80.68	284.36	457.17	21.00
12	27	108	0.68	1	18.3	108	80.68	284.36	379.80	22.68

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 29. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 30˚C (3)

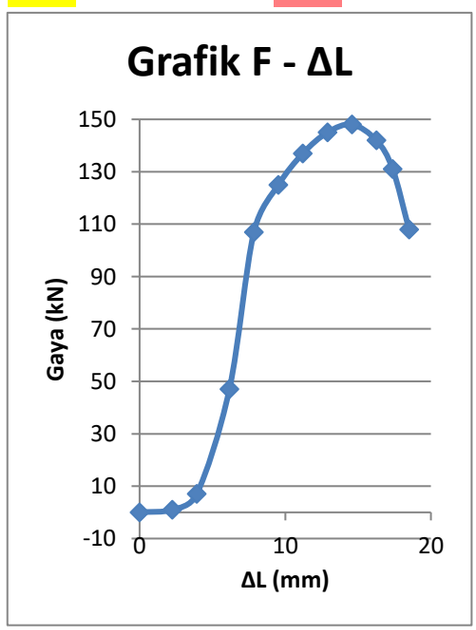
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
33 mm
= 0.56 mm ⟶ 1 mm = 0.56 mm

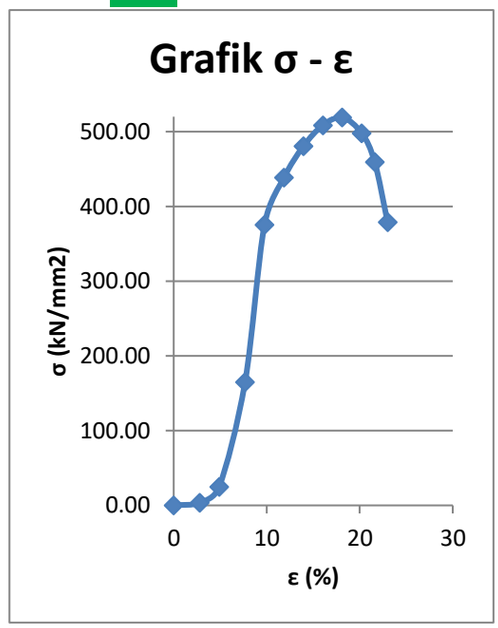
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 148 kN
148 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 30. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.56	1	0	0	80.43	285.18	0.00	0.00
2	4	1	0.56	1	2.24	1	80.43	285.18	3.51	2.79
3	7	7	0.56	1	3.92	7	80.43	285.18	24.55	4.88
4	11	47	0.56	1	6.17	47	80.43	285.18	164.81	7.67
5	14	107	0.56	1	7.85	107	80.43	285.18	**375.20**	9.76
6	17	125	0.56	1	9.53	125	80.43	285.18	438.32	11.85
7	20	137	0.56	1	11.2	137	80.43	285.18	480.40	13.94
8	23	145	0.56	1	12.9	145	80.43	285.18	508.45	16.03
9	26	148	0.56	1	14.6	148	80.43	285.18	**518.97**	18.12
10	29	142	0.56	1	16.3	142	80.43	285.18	497.93	20.21
11	31	131	0.56	1	17.4	131	80.43	285.18	459.36	21.61
12	33	108	0.56	1	18.5	108	80.43	285.18	378.71	23.00

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 30. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 30˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 30˚C (1)

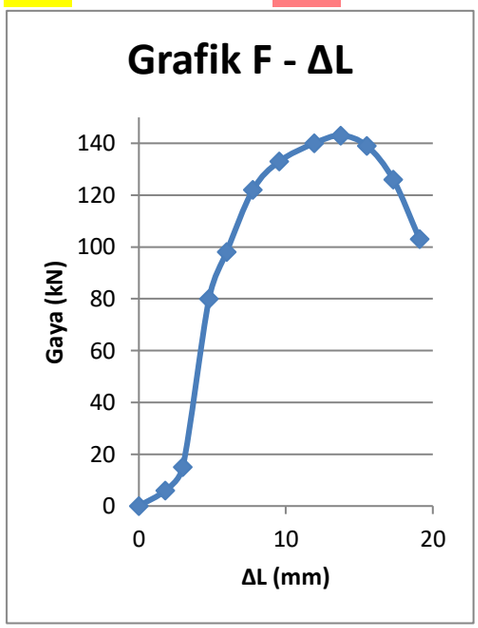
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.1 mm
32 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

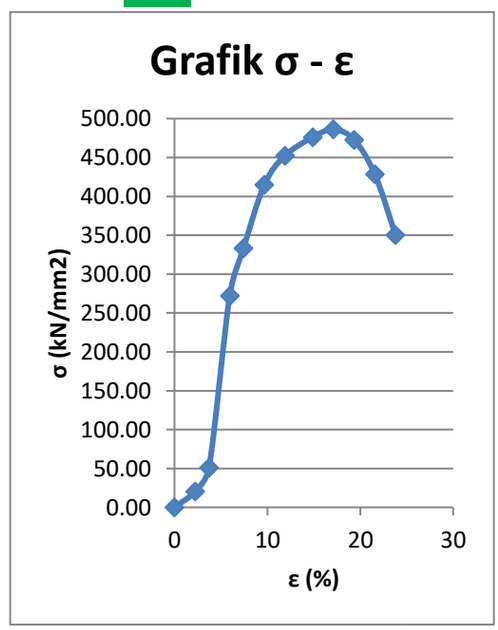
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 143 kN
143 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 31. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.25	294.04	0.00	0.00
2	3	6	0.6	1	1.79	6	80.25	294.04	20.41	2.23
3	5	15	0.6	1	2.98	15	80.25	294.04	51.01	3.72
4	8	80	0.6	1	4.78	80	80.25	294.04	272.07	5.95
5	10	98	0.6	1	5.97	98	80.25	294.04	**333.29**	7.44
6	13	122	0.6	1	7.76	122	80.25	294.04	414.91	9.67
7	16	133	0.6	1	9.55	133	80.25	294.04	452.32	11.90
8	20	140	0.6	1	11.9	140	80.25	294.04	476.13	14.88
9	23	143	0.6	1	13.7	143	80.25	294.04	**486.33**	17.11
10	26	139	0.6	1	15.5	139	80.25	294.04	472.72	19.34
11	29	126	0.6	1	17.3	126	80.25	294.04	428.51	21.57
12	32	103	0.6	1	19.1	103	80.25	294.04	350.29	23.80

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 31. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 30˚C (2)

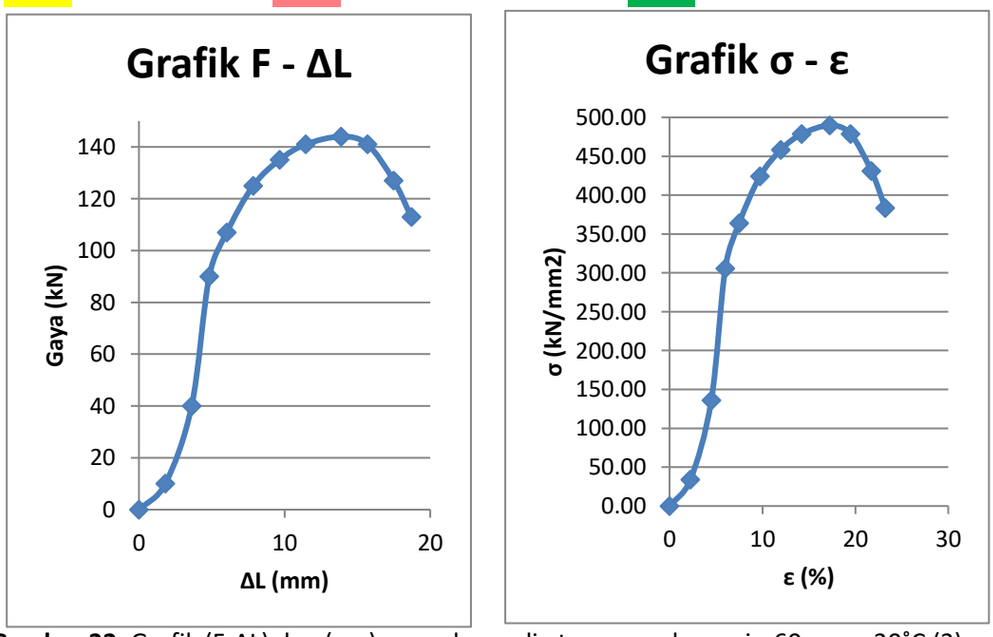
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 144 kN
144 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 32. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.52	294.6	0.00	0.00
2	3	10	0.6	1	1.81	10	80.52	294.6	33.94	2.25
3	6	40	0.6	1	3.62	40	80.52	294.6	135.78	4.49
4	8	90	0.6	1	4.83	90	80.52	294.6	305.50	5.99
5	10	107	0.6	1	6.03	107	80.52	294.6	**363.87**	7.49
6	13	125	0.6	1	7.84	125	80.52	294.6	424.30	9.74
7	16	135	0.6	1	9.65	135	80.52	294.6	458.25	11.99
8	19	141	0.6	1	11.5	141	80.52	294.6	478.62	14.23
9	23	144	0.6	1	13.9	144	80.52	294.6	**489.70**	17.23
10	26	141	0.6	1	15.7	141	80.52	294.6	478.62	19.48
11	29	127	0.6	1	17.5	127	80.52	294.6	431.09	21.73
12	31	113	0.6	1	18.7	113	80.52	294.6	383.57	23.22

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 32. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 30˚C (3)

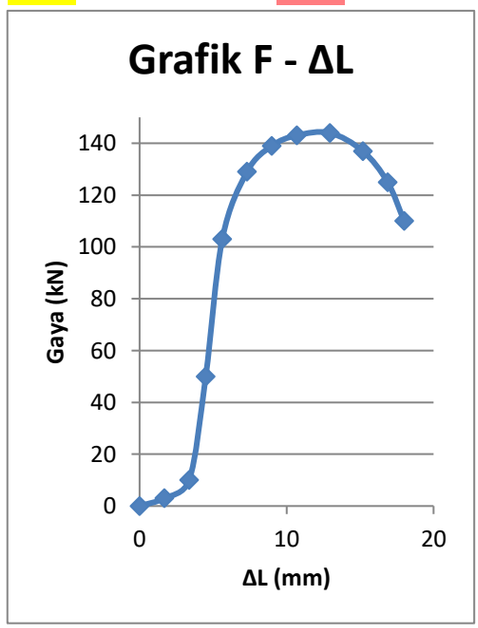
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.0 mm
32 mm
= 0.56 mm ⟶ 1 mm = 0.56 mm

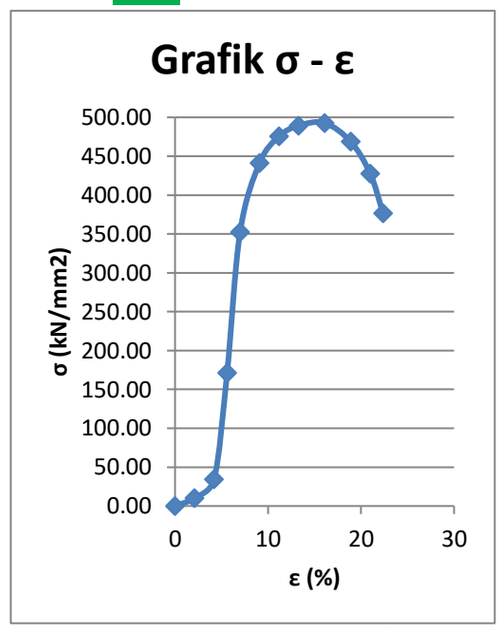
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 144 kN
144 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 33. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.56	1	0	0	80.43	292.27	0.00	0.00
2	3	3	0.56	1	1.69	3	80.43	292.27	10.26	2.10
3	6	10	0.56	1	3.38	10	80.43	292.27	34.21	4.20
4	8	50	0.56	1	4.5	50	80.43	292.27	171.07	5.59
5	10	103	0.56	1	5.63	103	80.43	292.27	**352.41**	6.99
6	13	129	0.56	1	7.31	129	80.43	292.27	441.37	9.09
7	16	139	0.56	1	9	139	80.43	292.27	475.59	11.19
8	19	143	0.56	1	10.7	143	80.43	292.27	489.27	13.29
9	23	144	0.56	1	12.9	144	80.43	292.27	**492.70**	16.09
10	27	137	0.56	1	15.2	137	80.43	292.27	468.74	18.88
11	30	125	0.56	1	16.9	125	80.43	292.27	427.69	20.98
12	32	110	0.56	1	18	110	80.43	292.27	376.36	22.38

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 33. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 30˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 30˚C (1)

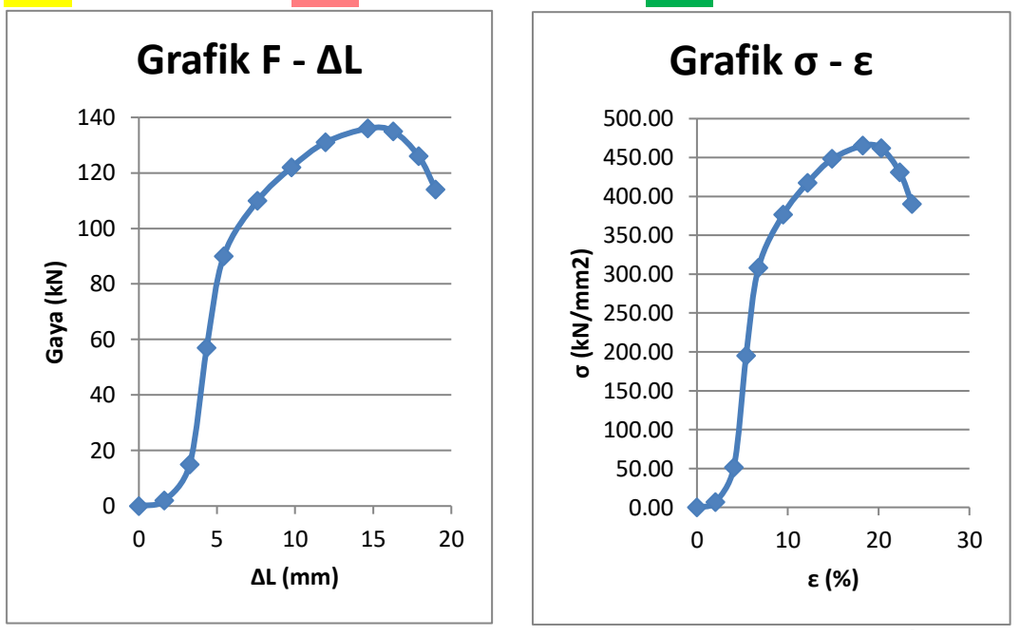
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
35 mm
= 0.54 mm ⟶ 1 mm = 0.54 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 136.0 kN
136.0 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 34. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.54	1	0	0	80.21	292.31	0.00	0.00
2	3	2	0.54	1	1.63	2	80.21	292.31	6.84	2.03
3	6	15	0.54	1	3.26	15	80.21	292.31	51.32	4.06
4	8	57	0.54	1	4.34	57	80.21	292.31	195.00	5.41
5	10	90	0.54	1	5.43	90	80.21	292.31	**307.89**	6.77
6	14	110	0.54	1	7.6	110	80.21	292.31	376.31	9.48
7	18	122	0.54	1	9.77	122	80.21	292.31	417.37	12.18
8	22	131	0.54	1	11.9	131	80.21	292.31	448.15	14.89
9	27	136.0	0.54	1	14.7	136	80.21	292.31	**465.26**	18.27
10	30	135	0.54	1	16.3	135	80.21	292.31	461.84	20.30
11	33	126	0.54	1	17.9	126	80.21	292.31	431.05	22.33
12	35	114	0.54	1	19	114	80.21	292.31	390.00	23.69

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 34. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 30˚C (2)

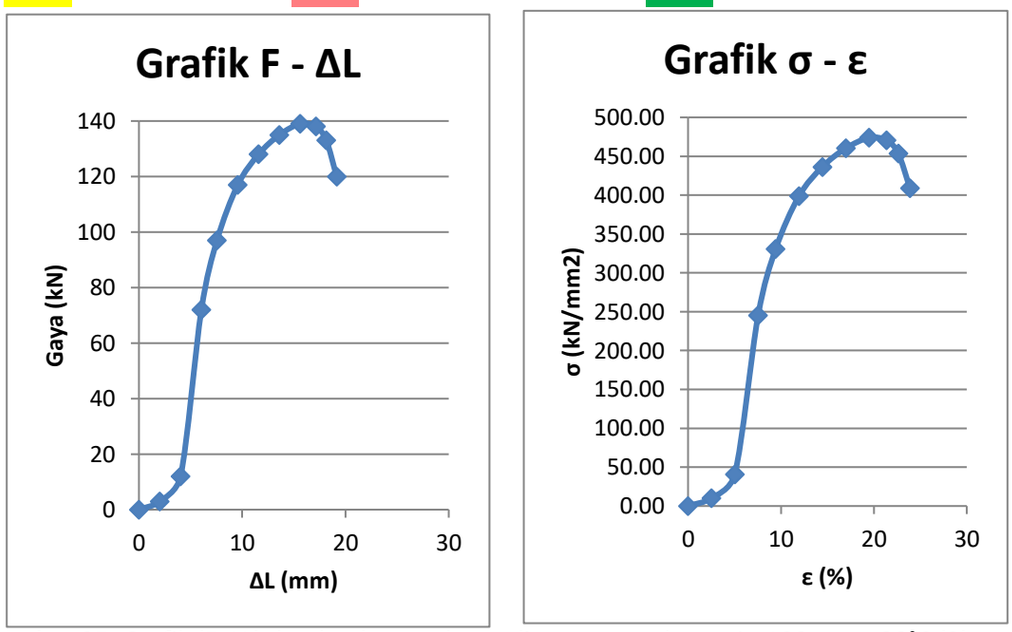
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.2 mm
38 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 139 kN
139 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 35. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.16	293.39	0.00	0.00
2	4	3	0.5	1	2.02	3	80.16	293.39	10.23	2.51
3	8	12	0.5	1	4.03	12	80.16	293.39	40.90	5.03
4	12	72	0.5	1	6.05	72	80.16	293.39	245.41	7.54
5	15	97	0.5	1	7.56	97	80.16	293.39	**330.62**	9.43
6	19	117	0.5	1	9.58	117	80.16	293.39	398.79	11.94
7	23	128	0.5	1	11.6	128	80.16	293.39	436.28	14.46
8	27	135	0.5	1	13.6	135	80.16	293.39	460.14	16.97
9	31	139	0.5	1	15.6	139	80.16	293.39	**473.77**	19.49
10	34	138	0.5	1	17.1	138	80.16	293.39	470.36	21.38
11	36	133	0.5	1	18.1	133	80.16	293.39	453.32	22.63
12	38	120	0.5	1	19.2	120	80.16	293.39	409.01	23.89

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 35. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 30˚C (3)

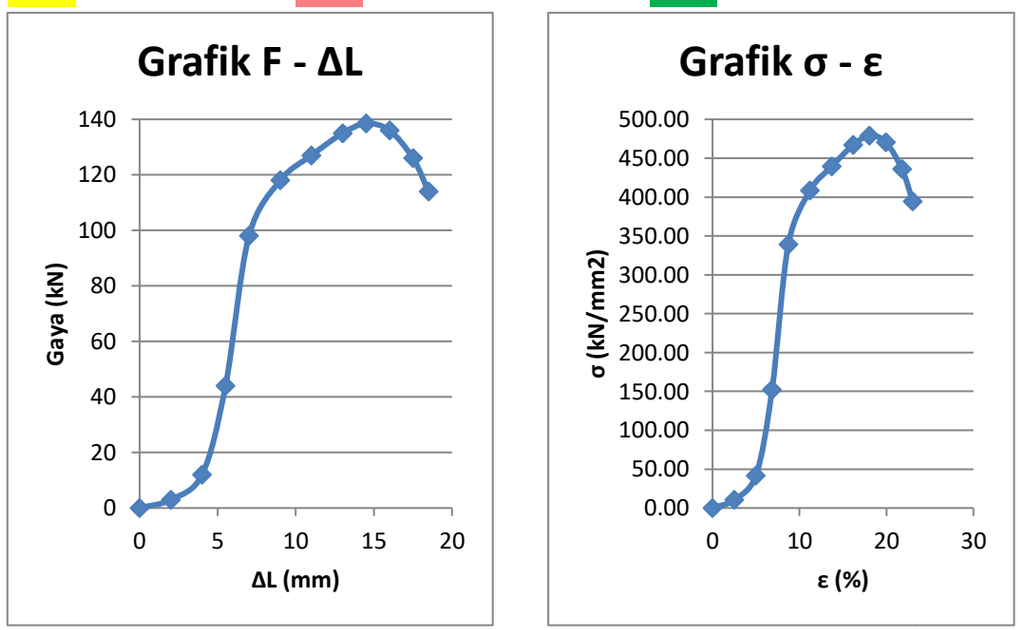
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
37 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 138.5 kN
138.5 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 36. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.32	289.05	0.00	0.00
2	4	3	0.5	1	2	3	80.32	289.05	10.38	2.49
3	8	12	0.5	1	4	12	80.32	289.05	41.52	4.98
4	11	44	0.5	1	5.5	44	80.32	289.05	152.22	6.85
5	14	98	0.5	1	7	98	80.32	289.05	**339.04**	8.72
6	18	118	0.5	1	9	118	80.32	289.05	408.23	11.21
7	22	127	0.5	1	11	127	80.32	289.05	439.37	13.70
8	26	135	0.5	1	13	135	80.32	289.05	467.05	16.19
9	29	138.5	0.5	1	14.5	139	80.32	289.05	**479.16**	18.05
10	32	136	0.5	1	16	136	80.32	289.05	470.51	19.92
11	35	126	0.5	1	17.5	126	80.32	289.05	435.91	21.79
12	37	114	0.5	1	18.5	114	80.32	289.05	394.40	23.03

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 36. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 30˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 30˚C (1)

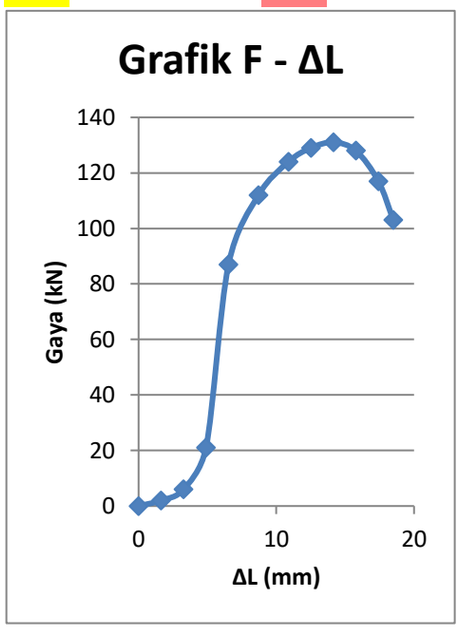
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
34 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

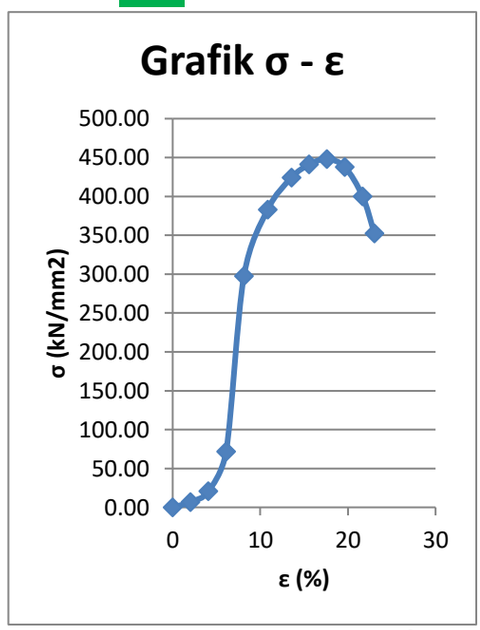
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 131 kN
131 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 37. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.32	292.46	0.00	0.00
2	3	2	0.5	1	1.6	2	80.32	292.46	6.84	2.03
3	6	6	0.5	1	3.3	6	80.32	292.46	20.52	4.06
4	9	21	0.5	1	4.9	21	80.32	292.46	71.80	6.10
5	12	87	0.5	1	6.5	87	80.32	292.46	**297.48**	8.13
6	16	112	0.5	1	8.7	112	80.32	292.46	382.96	10.84
7	20	124	0.5	1	11	124	80.32	292.46	423.99	13.55
8	23	129	0.5	1	13	129	80.32	292.46	441.09	15.58
9	26	131	0.5	1	14	131	80.32	292.46	**447.92**	17.61
10	29	128	0.5	1	16	128	80.32	292.46	437.67	19.65
11	32	117	0.5	1	17	117	80.32	292.46	400.05	21.68
12	34	103	0.5	1	19	103	80.32	292.46	352.18	23.03

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 37. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 30˚C (2)

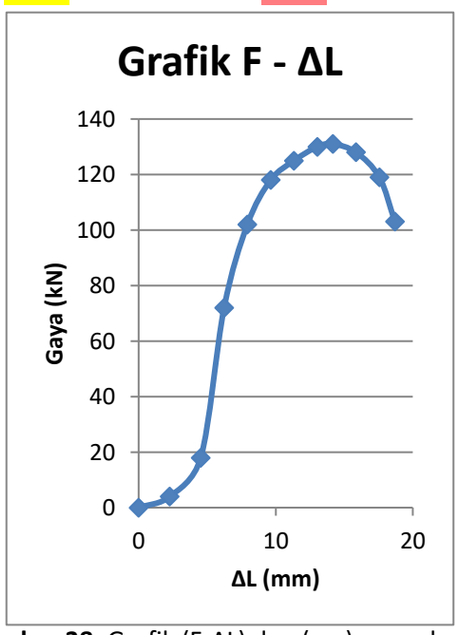
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
33 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

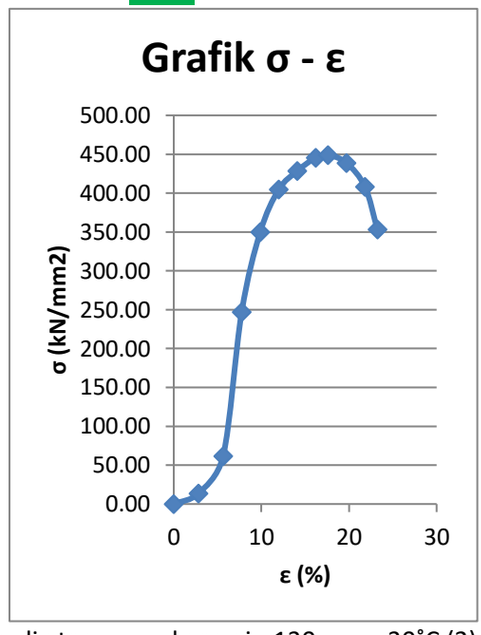
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 131 kN
131 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 38. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.44	291.76	0.00	0.00
2	4	4	0.6	1	2.3	4	80.44	291.76	13.71	2.82
3	8	18	0.6	1	4.5	18	80.44	291.76	61.69	5.64
4	11	72	0.6	1	6.2	72	80.44	291.76	246.78	7.75
5	14	102	0.6	1	7.9	102	80.44	291.76	**349.60**	9.86
6	17	118	0.6	1	9.6	118	80.44	291.76	404.44	11.98
7	20	125	0.6	1	11	125	80.44	291.76	428.43	14.09
8	23	130	0.6	1	13	130	80.44	291.76	445.57	16.20
9	25	131	0.6	1	14	131	80.44	291.76	**449.00**	17.61
10	28	128	0.6	1	16	128	80.44	291.76	438.72	19.72
11	31	119	0.6	1	18	119	80.44	291.76	407.87	21.84
12	33	103	0.6	1	19	103	80.44	291.76	353.03	23.25

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 38. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 30˚C (3)

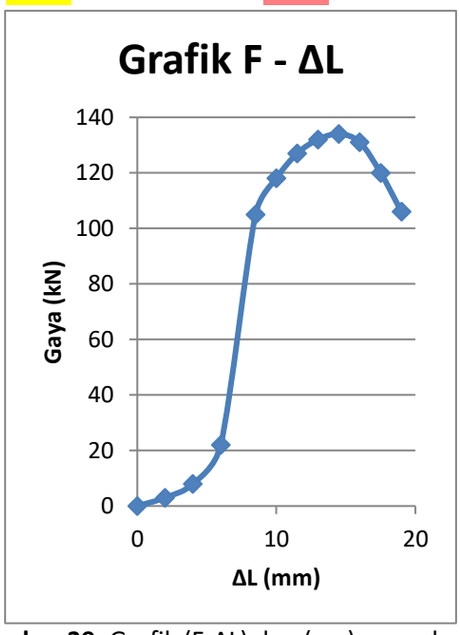
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
38 mm
= 0.5 mm ⟶ 1 mm = 0.5 mm

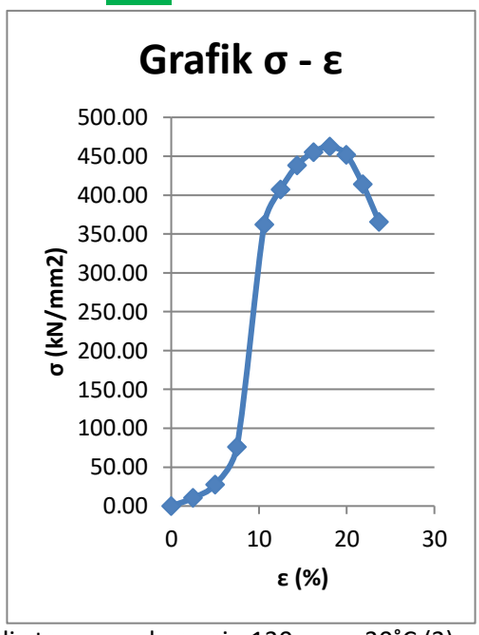
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 134 kN
134 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 39. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.5	1	0	0	80.21	289.88	0.00	0.00
2	4	3	0.5	1	2	3	80.21	289.88	10.35	2.49
3	8	8	0.5	1	4	8	80.21	289.88	27.60	4.99
4	12	22	0.5	1	6	22	80.21	289.88	75.89	7.48
5	17	105	0.5	1	8.5	105	80.21	289.88	**362.22**	10.60
6	20	118	0.5	1	10	118	80.21	289.88	407.06	12.47
7	23	127	0.5	1	12	127	80.21	289.88	438.11	14.34
8	26	132	0.5	1	13	132	80.21	289.88	455.36	16.21
9	29	134	0.5	1	15	134	80.21	289.88	**462.26**	18.08
10	32	131	0.5	1	16	131	80.21	289.88	451.91	19.95
11	35	120	0.5	1	18	120	80.21	289.88	413.96	21.82
12	38	106	0.5	1	19	106	80.21	289.88	365.67	23.69

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 39. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 30˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 32˚C (1)

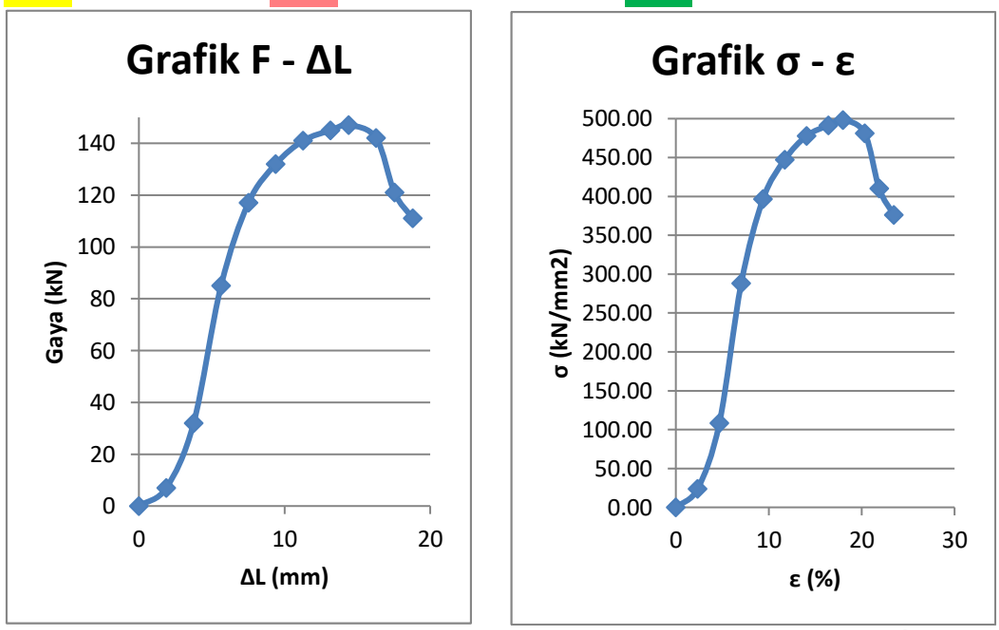
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.8 mm
30 mm
= 0.63 mm ⟶ 1 mm = 0.63 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 147 kN
147 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 40. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.63	1	0	0	80.14	295.13	0.00	0.00
2	3	7	0.63	1	1.88	7	80.14	295.13	23.72	2.35
3	6	32	0.63	1	3.76	32	80.14	295.13	108.43	4.69
4	9	85	0.63	1	5.64	85	80.14	295.13	288.01	7.04
5	12	117	0.63	1	7.52	117	80.14	295.13	**396.44**	9.38
6	15	132	0.63	1	9.4	132	80.14	295.13	447.26	11.73
7	18	141	0.63	1	11.3	141	80.14	295.13	477.76	14.08
8	21	145	0.63	1	13.2	145	80.14	295.13	491.31	16.42
9	23	147	0.63	1	14.4	147	80.14	295.13	**498.09**	17.99
10	26	142	0.63	1	16.3	142	80.14	295.13	481.14	20.33
11	28	121	0.63	1	17.5	121	80.14	295.13	409.99	21.90
12	30	111	0.63	1	18.8	111	80.14	295.13	376.11	23.46

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 40. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 32˚C (2)

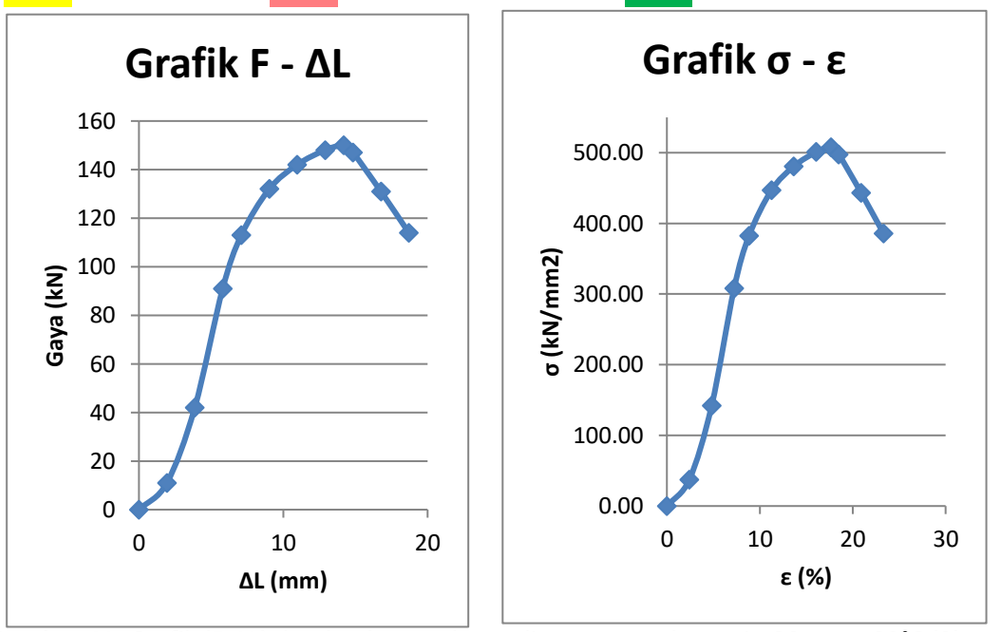
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
29 mm
= 0.64 mm ⟶ 1 mm = 0.64 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 150 kN
150 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 41. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.64	1	0	0	80.22	295.41	0.00	0.00
2	3	11	0.64	1	1.93	11	80.22	295.41	37.24	2.41
3	6	42	0.64	1	3.87	42	80.22	295.41	142.18	4.82
4	9	91	0.64	1	5.8	91	80.22	295.41	308.05	7.23
5	11	113	0.64	1	7.09	113	80.22	295.41	**382.52**	8.84
6	14	132	0.64	1	9.03	132	80.22	295.41	446.84	11.25
7	17	142	0.64	1	11	142	80.22	295.41	480.69	13.67
8	20	148	0.64	1	12.9	148	80.22	295.41	501.00	16.08
9	22	150	0.64	1	14.2	150	80.22	295.41	**507.77**	17.68
10	23	147	0.64	1	14.8	147	80.22	295.41	497.61	18.49
11	26	131	0.64	1	16.8	131	80.22	295.41	443.45	20.90
12	29	114	0.64	1	18.7	114	80.22	295.41	385.90	23.31

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 41. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 30 mm - 32˚C (3)

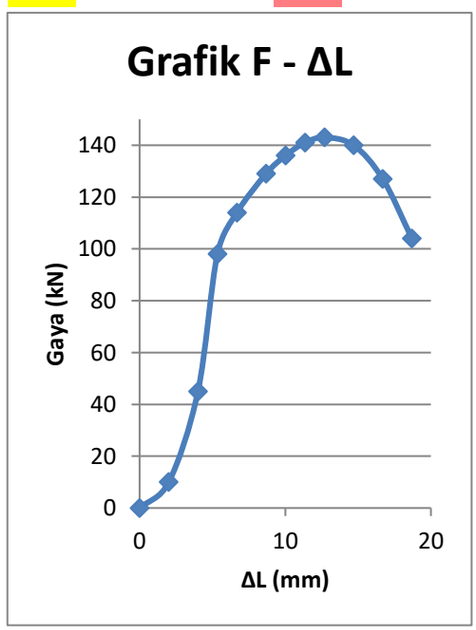
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.7 mm
28 mm
= 0.67 mm ⟶ 1 mm = 0.67 mm

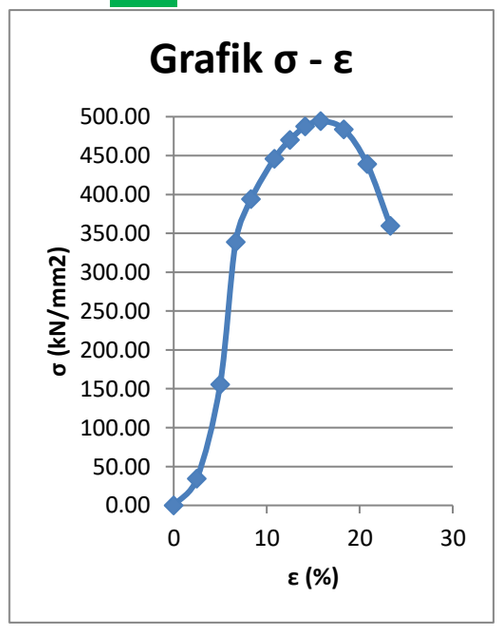
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 143 kN
143 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 42. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.67	1	0	0	80.28	289.34	0.00	0.00
2	3	10	0.67	1	2	10	80.28	289.34	34.56	2.50
3	6	45	0.67	1	4.01	45	80.28	289.34	155.53	4.99
4	8	98	0.67	1	5.34	98	80.28	289.34	338.70	6.66
5	10	114	0.67	1	6.68	114	80.28	289.34	**394.00**	8.32
6	13	129	0.67	1	8.68	129	80.28	289.34	445.84	10.81
7	15	136	0.67	1	10	136	80.28	289.34	470.04	12.48
8	17	141	0.67	1	11.4	141	80.28	289.34	487.32	14.14
9	19	143	0.67	1	12.7	143	80.28	289.34	**494.23**	15.81
10	22	140	0.67	1	14.7	140	80.28	289.34	483.86	18.30
11	25	127	0.67	1	16.7	127	80.28	289.34	438.93	20.80
12	28	104	0.67	1	18.7	104	80.28	289.34	359.44	23.29

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 42. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 30 mm - 32˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 32˚C (1)

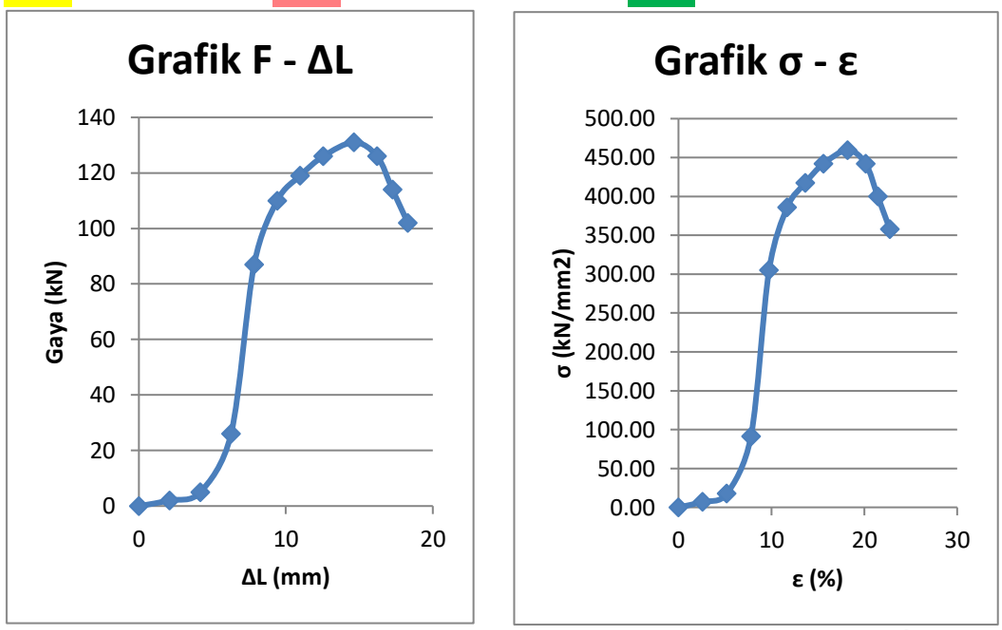
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.3 mm
35 mm
= 0.52 mm ⟶ 1 mm = 0.52 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 131 kN
131 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 43. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.52	1	0	0	80.42	285.1	0.00	0.00
2	4	2	0.52	1	2.09	2	80.42	285.1	7.02	2.60
3	8	5	0.52	1	4.18	5	80.42	285.1	17.54	5.20
4	12	26	0.52	1	6.27	26	80.42	285.1	91.20	7.80
5	15	87	0.52	1	7.84	87	80.42	285.1	**305.16**	9.75
6	18	110	0.52	1	9.41	110	80.42	285.1	385.83	11.70
7	21	119	0.52	1	11	119	80.42	285.1	417.40	13.65
8	24	126	0.52	1	12.5	126	80.42	285.1	441.95	15.60
9	28	131	0.52	1	14.6	131	80.42	285.1	**459.49**	18.20
10	31	126	0.52	1	16.2	126	80.42	285.1	441.95	20.15
11	33	114	0.52	1	17.3	114	80.42	285.1	399.86	21.46
12	35	102	0.52	1	18.3	102	80.42	285.1	357.77	22.76

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 43. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 32˚C (2)

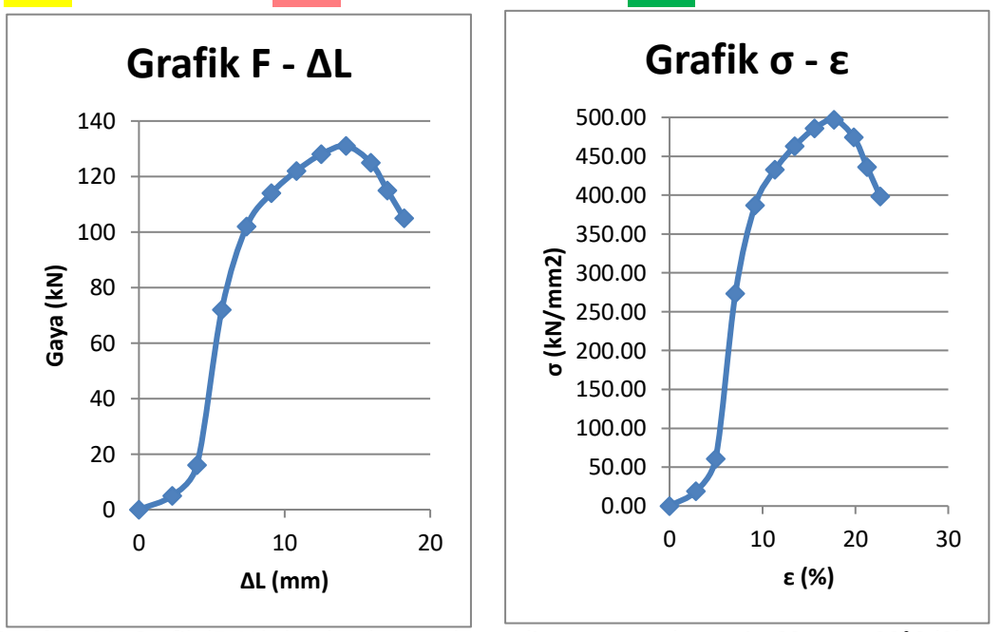
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.2 mm
32 mm
= 0.57 mm ⟶ 1 mm = 0.57 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 131 kN
131 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 44. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.57	1	0	0	80.26	263.58	0.00	0.00
2	4	5	0.57	1	2.28	5	80.26	263.58	18.97	2.83
3	7	16	0.57	1	3.98	16	80.26	263.58	60.70	4.96
4	10	72	0.57	1	5.69	72	80.26	263.58	273.16	7.09
5	13	102	0.57	1	7.39	102	80.26	263.58	**386.98**	9.21
6	16	114	0.57	1	9.1	114	80.26	263.58	432.51	11.34
7	19	122	0.57	1	10.8	122	80.26	263.58	462.86	13.46
8	22	128	0.57	1	12.5	128	80.26	263.58	485.62	15.59
9	25	131	0.57	1	14.2	131	80.26	263.58	**497.00**	17.72
10	28	125	0.57	1	15.9	125	80.26	263.58	474.24	19.84
11	30	115	0.57	1	17.1	115	80.26	263.58	436.30	21.26
12	32	105	0.57	1	18.2	105	80.26	263.58	398.36	22.68

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 44. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 60 mm - 32˚C (3)

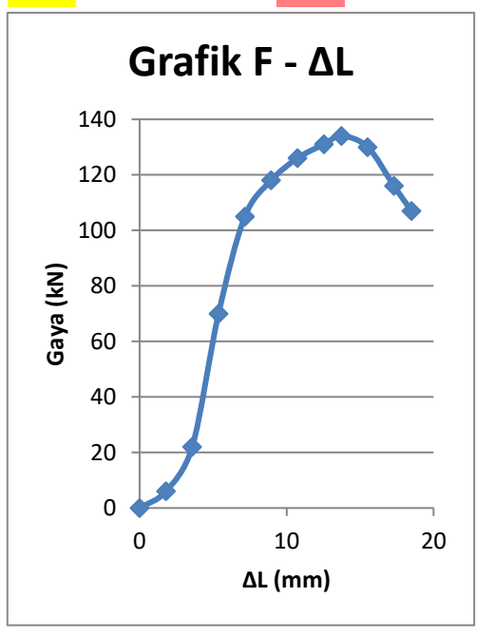
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
31 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

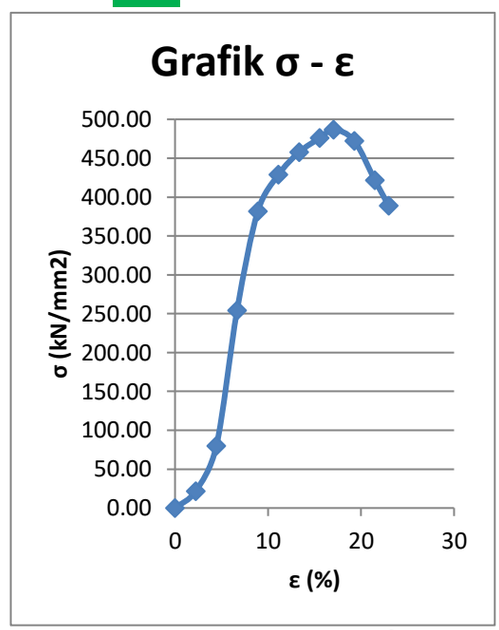
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 134 kN
134 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 45. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.51	275.24	0.00	0.00
2	3	6	0.6	1	1.79	6	80.51	275.24	21.80	2.22
3	6	22	0.6	1	3.58	22	80.51	275.24	79.93	4.45
4	9	70	0.6	1	5.37	70	80.51	275.24	254.32	6.67
5	12	105	0.6	1	7.16	105	80.51	275.24	**381.49**	8.89
6	15	118	0.6	1	8.95	118	80.51	275.24	428.72	11.12
7	18	126	0.6	1	10.7	126	80.51	275.24	457.78	13.34
8	21	131	0.6	1	12.5	131	80.51	275.24	475.95	15.57
9	23	134	0.6	1	13.7	134	80.51	275.24	**486.85**	17.05
10	26	130	0.6	1	15.5	130	80.51	275.24	472.32	19.27
11	29	116	0.6	1	17.3	116	80.51	275.24	421.45	21.50
12	31	107	0.6	1	18.5	107	80.51	275.24	388.75	22.98

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 45. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 60 mm - 32˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 32˚C (1)

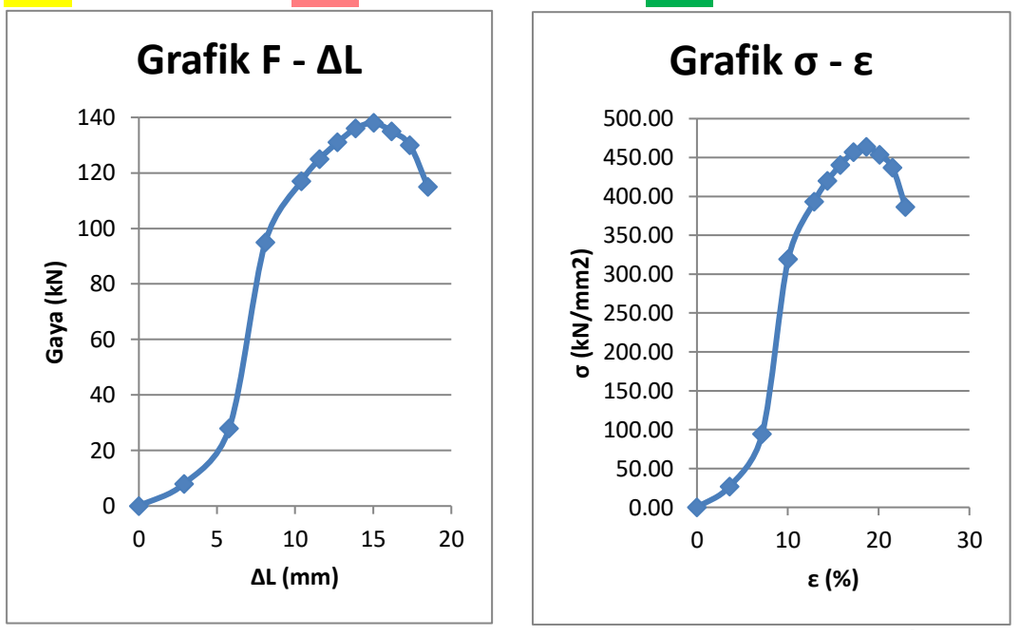
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
32 mm
= 0.58 mm ⟶ 1 mm = 0.58 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 138.0 kN
138.0 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 46. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.58	1	0	0	80.55	297.58	0.00	0.00
2	5	8	0.58	1	2.89	8	80.55	297.58	26.88	3.59
3	10	28	0.58	1	5.78	28	80.55	297.58	94.09	7.18
4	14	95	0.58	1	8.09	95	80.55	297.58	319.24	10.05
5	18	117	0.58	1	10.4	117	80.55	297.58	**393.17**	12.92
6	20	125	0.58	1	11.6	125	80.55	297.58	420.06	14.35
7	22	131	0.58	1	12.7	131	80.55	297.58	440.22	15.79
8	24	136	0.58	1	13.9	136	80.55	297.58	457.02	17.23
9	26	138.0	0.58	1	15	138	80.55	297.58	**463.74**	18.66
10	28	135	0.58	1	16.2	135	80.55	297.58	453.66	20.10
11	30	130	0.58	1	17.3	130	80.55	297.58	436.86	21.53
12	32	115	0.58	1	18.5	115	80.55	297.58	386.45	22.97

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 46. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 32˚C (2)

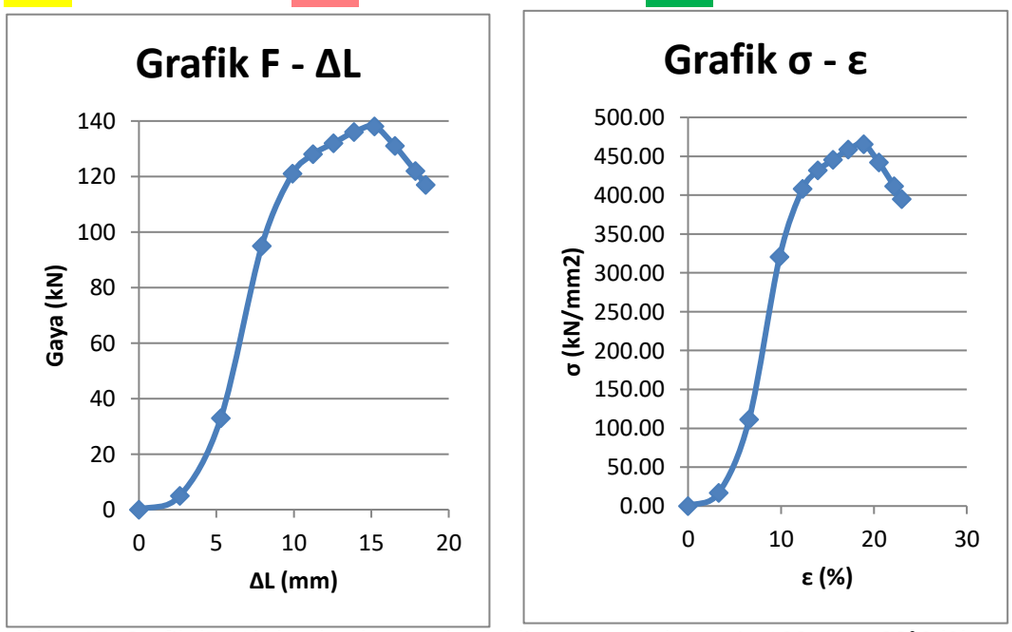
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
28 mm
= 0.66 mm ⟶ 1 mm = 0.66 mm

b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 138 kN
138 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 47. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.66	1	0	0	80.42	296.47	0.00	0.00
2	4	5	0.66	1	2.64	5	80.42	296.47	16.87	3.29
3	8	33	0.66	1	5.29	33	80.42	296.47	111.31	6.57
4	12	95	0.66	1	7.93	95	80.42	296.47	320.44	9.86
5	15	121	0.66	1	9.91	121	80.42	296.47	**408.14**	12.32
6	17	128	0.66	1	11.2	128	80.42	296.47	431.75	13.97
7	19	132	0.66	1	12.6	132	80.42	296.47	445.24	15.61
8	21	136	0.66	1	13.9	136	80.42	296.47	458.73	17.25
9	23	138	0.66	1	15.2	138	80.42	296.47	**465.48**	18.90
10	25	131	0.66	1	16.5	131	80.42	296.47	441.87	20.54
11	27	122	0.66	1	17.8	122	80.42	296.47	411.51	22.18
12	28	117	0.66	1	18.5	117	80.42	296.47	394.64	23.00

Yield Point Ultimate Point Fracture Point



Gambar 47. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 100 mm - 32˚C (3)

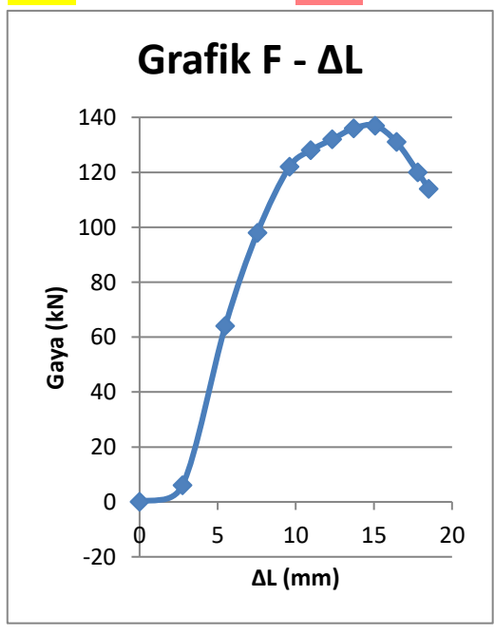
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.5 mm
27 mm
= 0.69 mm ⟶ 1 mm = 0.69 mm

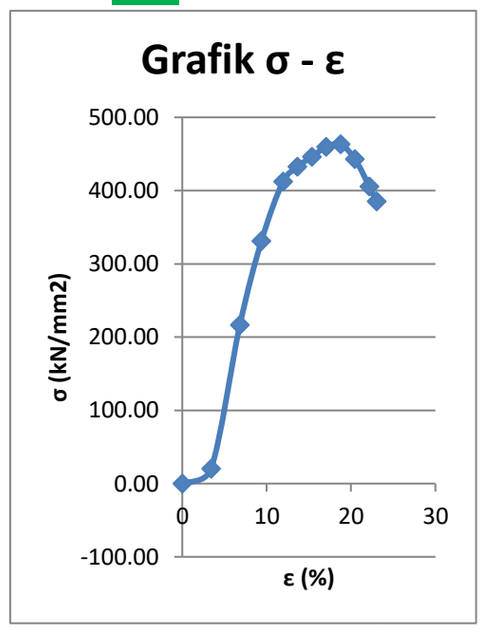
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 137.0 kN
137.0 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 48. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.69	1	0	0	80.34	295.84	0.00	0.00
2	4	6	0.69	1	2.74	6	80.34	295.84	20.28	3.41
3	8	64	0.69	1	5.48	64	80.34	295.84	216.33	6.82
4	11	98	0.69	1	7.54	98	80.34	295.84	331.26	9.38
5	14	122	0.69	1	9.59	122	80.34	295.84	**412.39**	11.94
6	16	128	0.69	1	11	128	80.34	295.84	432.67	13.65
7	18	132	0.69	1	12.3	132	80.34	295.84	446.19	15.35
8	20	136	0.69	1	13.7	136	80.34	295.84	459.71	17.06
9	22	137.0	0.69	1	15.1	137	80.34	295.84	**463.09**	18.76
10	24	131	0.69	1	16.4	131	80.34	295.84	442.81	20.47
11	26	120	0.69	1	17.8	120	80.34	295.84	405.62	22.17
12	27	114	0.69	1	18.5	114	80.34	295.84	385.34	23.03

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 48. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 100 mm - 32˚C (3)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 32˚C (1)

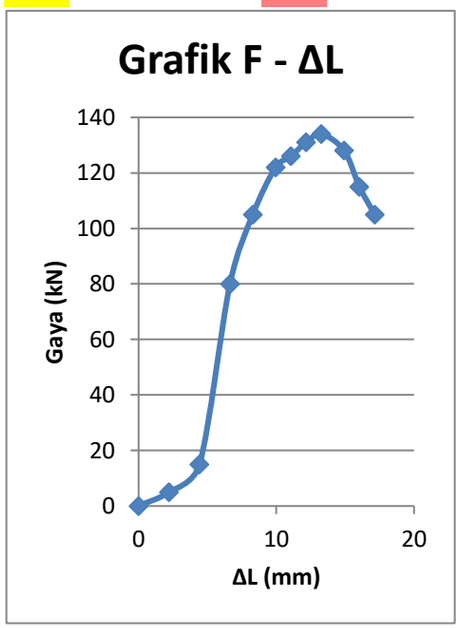
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.8 mm
34 mm
= 0.6 mm ⟶ 1 mm = 0.6 mm

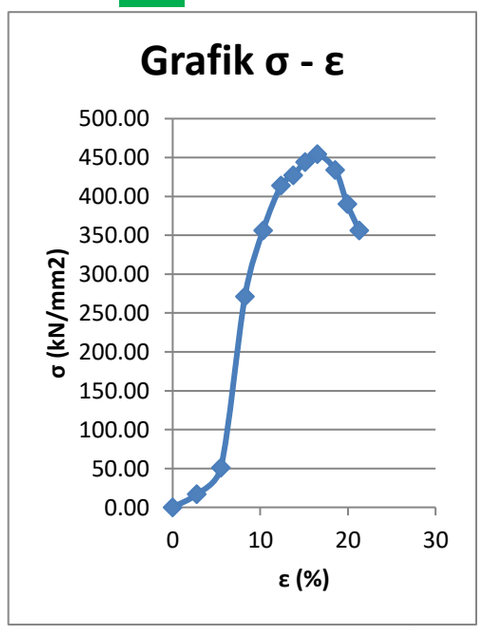
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 134 kN
134 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 49. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (1)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.6	1	0	0	80.47	294.88	0.00	0.00
2	4	5	0.6	1	2.2	5	80.47	294.88	16.96	2.75
3	8	15	0.6	1	4.4	15	80.47	294.88	50.87	5.50
4	12	80	0.6	1	6.6	80	80.47	294.88	271.30	8.25
5	15	105	0.6	1	8.3	105	80.47	294.88	**356.08**	10.31
6	18	122	0.6	1	10	122	80.47	294.88	413.73	12.37
7	20	126	0.6	1	11	126	80.47	294.88	427.29	13.74
8	22	131	0.6	1	12	131	80.47	294.88	444.25	15.12
9	24	134	0.6	1	13	134	80.47	294.88	**454.42**	16.49
10	27	128	0.6	1	15	128	80.47	294.88	434.07	18.55
11	29	115	0.6	1	16	115	80.47	294.88	389.99	19.93
12	31	105	0.6	1	17	105	80.47	294.88	356.08	21.30

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 49. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (1)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 32˚C (2)

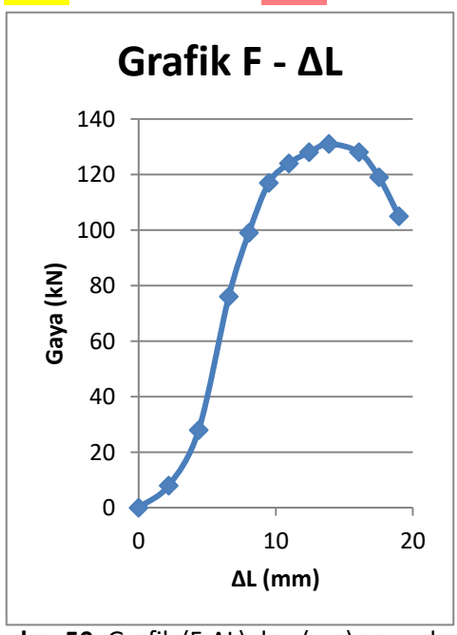
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 19.0 mm
26 mm
= 0.7 mm ⟶ 1 mm = 0.7 mm

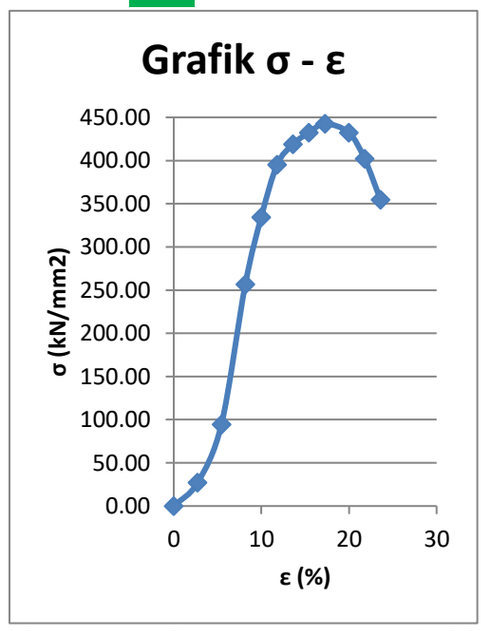
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 131 kN
131 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 50. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (2)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.7	1	0	0	80.52	295.99	0.00	0.00
2	3	8	0.7	1	2.2	8	80.52	295.99	27.03	2.72
3	6	28	0.7	1	4.4	28	80.52	295.99	94.60	5.45
4	9	76	0.7	1	6.6	76	80.52	295.99	256.77	8.17
5	11	99	0.7	1	8	99	80.52	295.99	**334.47**	9.98
6	13	117	0.7	1	9.5	117	80.52	295.99	395.28	11.80
7	15	124	0.7	1	11	124	80.52	295.99	418.93	13.61
8	17	128	0.7	1	12	128	80.52	295.99	432.45	15.43
9	19	131	0.7	1	14	131	80.52	295.99	**442.58**	17.24
10	22	128	0.7	1	16	128	80.52	295.99	432.45	19.97
11	24	119	0.7	1	18	119	80.52	295.99	402.04	21.78
12	26	105	0.7	1	19	105	80.52	295.99	354.74	23.60

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 50. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (2)

Perhitungan Grafik Tensile - Pengelasan di atas Permukaan Air 130 mm - 32˚C (3)

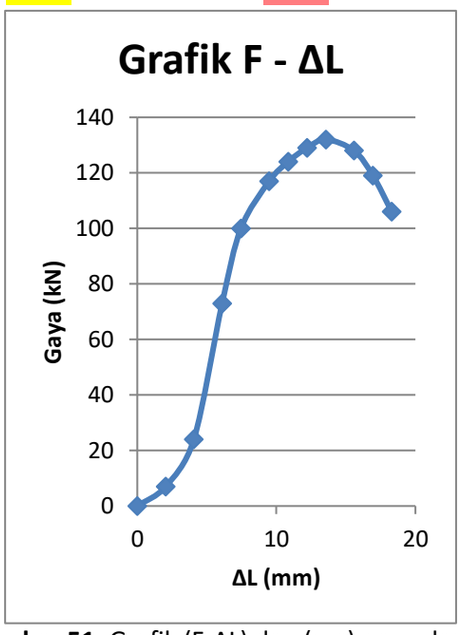
a. Skala ΔL (x) = Selisih panjang specimen sebelum dan setelah patah (ΔL)
Pertambahan panjang total pada kurva
= 18.3 mm
27 mm
= 0.7 mm ⟶ 1 mm = 0.7 mm

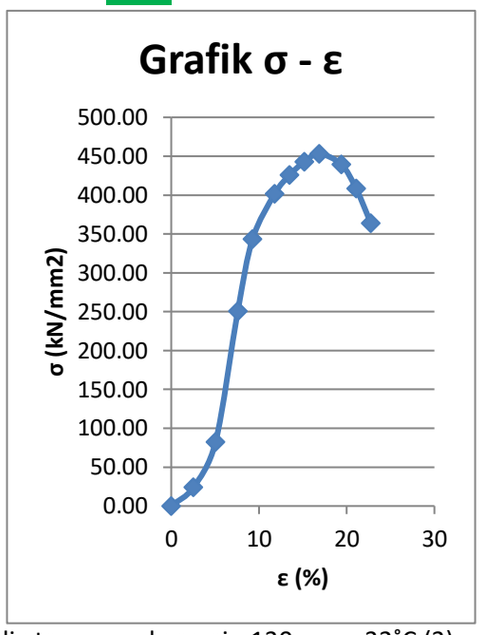
b. Skala beban (y) = Beban max dari mesin uji tarik (F ultimate)
Tinggi kurva max
= 132 kN
132 mm
= 1 kN/mm ⟶ 1 mm = 1 kN

Tabel 51. Perhitungan tensile pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (3)

No	x	y	Skala x	Skala y	ΔL (mm)	F (kN)	Lo (mm)	Ao (mm^2)	σ (MPa)	ε (%)
1	0	0	0.7	1	0	0	80.43	291.28	0.00	0.00
2	3	7	0.7	1	2	7	80.43	291.28	24.03	2.53
3	6	24	0.7	1	4.1	24	80.43	291.28	82.39	5.06
4	9	73	0.7	1	6.1	73	80.43	291.28	250.62	7.58
5	11	100	0.7	1	7.5	100	80.43	291.28	**343.31**	9.27
6	14	117	0.7	1	9.5	117	80.43	291.28	401.68	11.80
7	16	124	0.7	1	11	124	80.43	291.28	425.71	13.48
8	18	129	0.7	1	12	129	80.43	291.28	442.87	15.17
9	20	132	0.7	1	14	132	80.43	291.28	**453.17**	16.85
10	23	128	0.7	1	16	128	80.43	291.28	439.44	19.38
11	25	119	0.7	1	17	119	80.43	291.28	408.54	21.07
12	27	106	0.7	1	18	106	80.43	291.28	363.91	22.75

Yield Point Ultimate Point Fracture Point





Gambar 51. Grafik (F-ΔL) dan (σ-ε) pengelasan di atas permukaan air 130 mm - 32˚C (3)

LAMPIRAN E

DATA PENGUJIAN KEKERASAN

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE : 16 Juni 2020
ORDER FROM : PT. Andri Djumantri
TEST STANDARD : Biro Klasi Rules for Welding 2009 Edition
WPS NUMBER :
MATERIAL CODE : S → W-D
MATERIAL SPEC. : BKI Grade A

THICKNESS : 12 mm
WELDING PROCESS : SMAW
JOINT DESIGN : Butt Joint
WELDING POSITION : 2G
WELDER NAME : Sunarno

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	154,5	163,2	164,1	168,7
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	131,4	153,2	161,3	162,4
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	150,1	137,6	158,6	166,9
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT Kelautan ITS

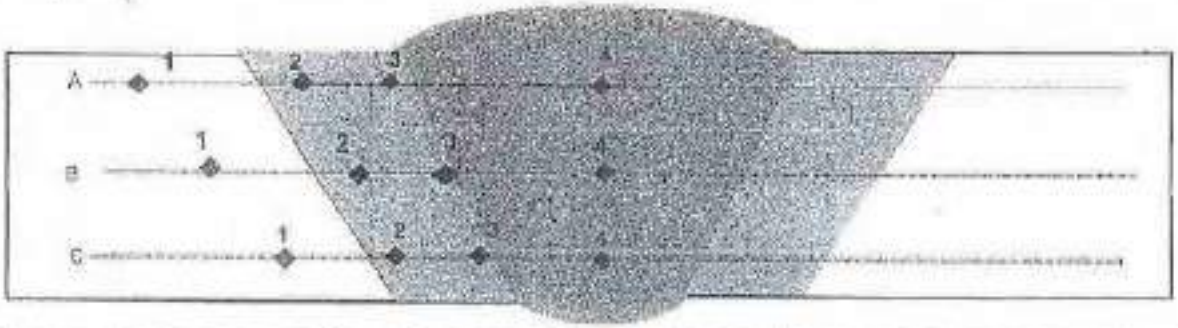
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 3 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andeli Djemanti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol 03 Rules for Welding 2018 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: 4 → W 3 35	WELDER NAME	: Cuarmo
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	164,1	179,4	177,8	209,3
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	165,1	187,3	188,4	220,3
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	167,6	180,4	183,1	225,8
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

Tester

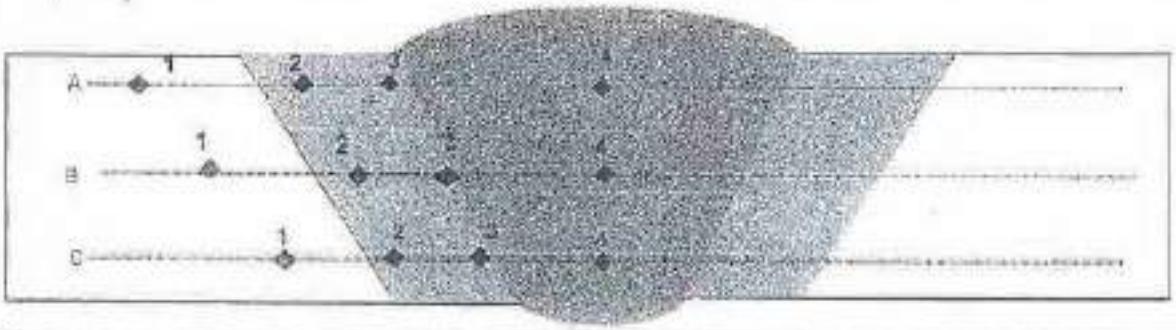
LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp /Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.1/PM.05.02/2020

DATE : 17 April 2020
ORDER FROM : Dr. Ardeshir Djamaluddin
TEST STANDARD : BKI Vol II Rules for Welding 2006 Edition
WPS NUMBER :
MATERIAL CODE : B → W 6.25
MATERIAL SPEC. : BKI Grade A

THICKNESS : 12 mm
WELDING PROCESS : SMAW
JOINT DESIGN : Butt Joint
WELDING POSITION : 2G
WELDER NAME : Suwarno

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	169,6	172,5	175,3	215,3
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	168,6	180,8	165,3	198,9
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	166,7	186,9	203,4	217,6
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

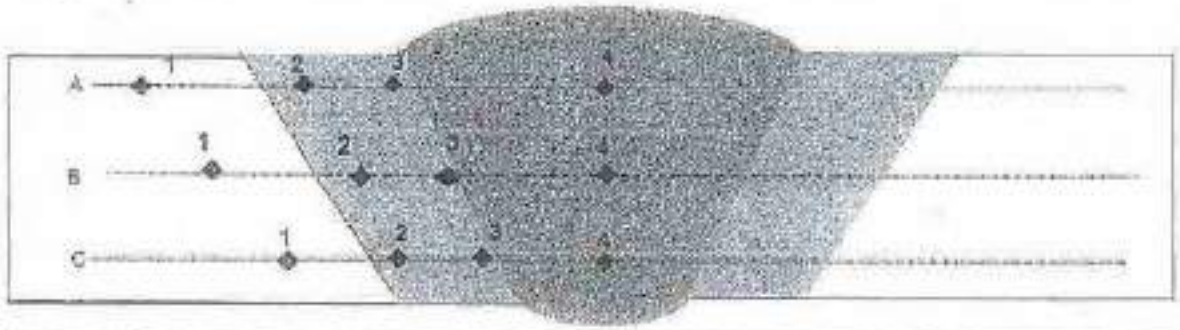
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonkp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 3 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djumanti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: Bkl BKI Rules for Welding 2019 Edition	JOINT DESIGN	: Butt joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: 7 → W 10.25	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	167,4	178,9	214,4	198,1
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	160,7	174,6	177,8	204,2
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	165,1	178,5	180,3	218,2
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

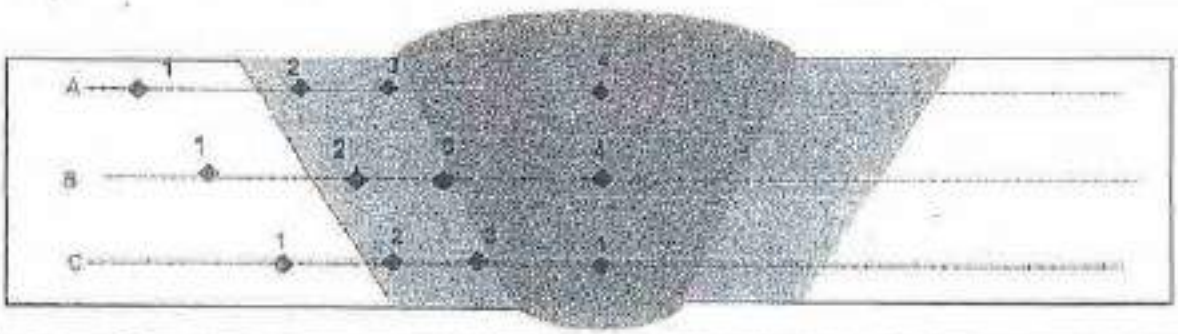
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sokolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4993, Email: labkonstruksi@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 16 Juni 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: Bpk. Andri Djumantri	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: Bkt Volt Rules for welding 2016 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: C → W 13-25	WELDER NAME	: Rusmono
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	163,2	173,4	182,9	198,2
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	166,2	179,2	169,8	200,4
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	163,0	173,3	179,7	202,1
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
F.T.Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp /Fax. 031 599 4953, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.1.1/PM.05.02/2020

DATE	: 3 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djumadi	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: Bkt Vol VI Rules for welding 2018	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: 9 → WS-28	WELDER NAME	: Ardi
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H.A.Z	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	167,9	184,8	182,7	216,8
Average				
Location	**Vickers Hardness Number (HV. 1)**			
	Base Metal	H.A.Z	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	167,4	180,0	191,6	215,6
Average				
Location	**Vickers Hardness Number (HV. 1)**			
	Base Metal	H.A.Z	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	160,9	198,5	182,5	234,5
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
F.T. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonstp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 17 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djumenti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules processing 2016 Edition	JOINT DESIGN	: Butt joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: B → WG-28	WELDER NAME	: Fardi
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	164,0	169,9	183	198,7
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	162,8	182,8	188,8	204,2
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	166,8	184,8	170,9	222,2
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

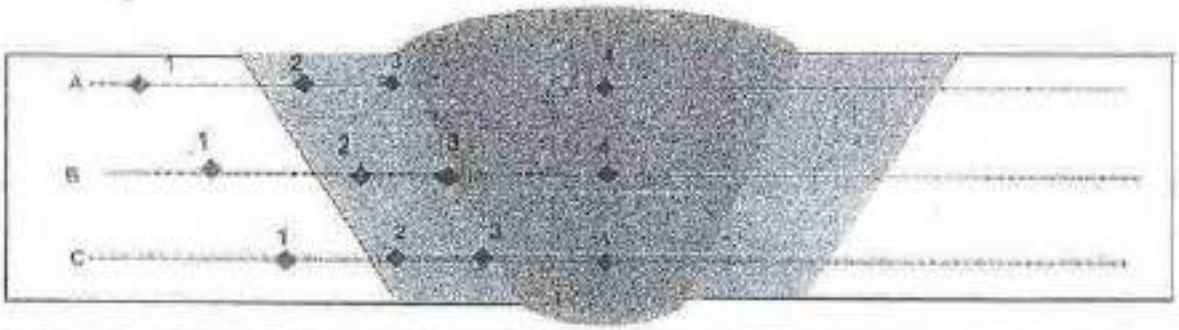
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 17 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djumanti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol II Rules for welding 2018 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: A → DJ to 28	WELDER NAME	: Pardi
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	160,7	166,8	188,3	205,2
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	168,8	182,1	172,1	196,1
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	163,2	179,4	174,5	211,5
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4833, Email: labkonstp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.1.1/PM.05.02/2020

DATE	: 16 Juni 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Avetri Djumiarti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for Welding 2019 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: 1 → W 13.28	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	164,2	177,7	174,9	194,2
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	165,6	178,9	179,7	200,5
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	161,8	166,1	174,2	201,1
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
F.T.Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonitp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.1/PM.05.02/2020

DATE	: 17 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Dumonti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol II Rules for Welding 2018	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: E - W 3.30	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	168,6	172,7	189,4	201,6
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	160,2	188,8	175,9	231,9
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	167,1	178,3	181,2	210,1
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 3 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djaniarti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for Welding 2019 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: 2 → BJ 6.30	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	164,7	171,1	170,5	196,5
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	165,2	179,5	169,5	220,6
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	164,1	183,2	200,5	201,5
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 17 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djamiati	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for Welding 2016	JOINT DESIGN	: Butt joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
Material Code	: F → W-10 30	WELDER NAME	: Suworno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	166,5	173,4	175,7	190,1
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	158,8	178,4	177,8	200,5
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	H A Z	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	166,7	172,7	179,4	213,6
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

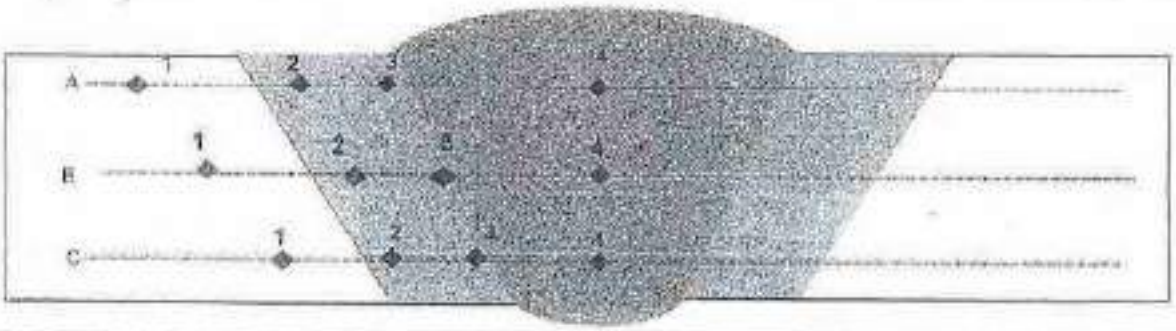
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4833, Email: labkonits@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 16 Juni 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Anglit Djumanti	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: Bki Vol II Rules for welding 2016 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: D → W 13-30	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	162,8	173,4	174,8	198,2
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	164,9	172,6	173,5	196,4
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	163,3	173,3	178,4	196,6
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT Kelautan ITS

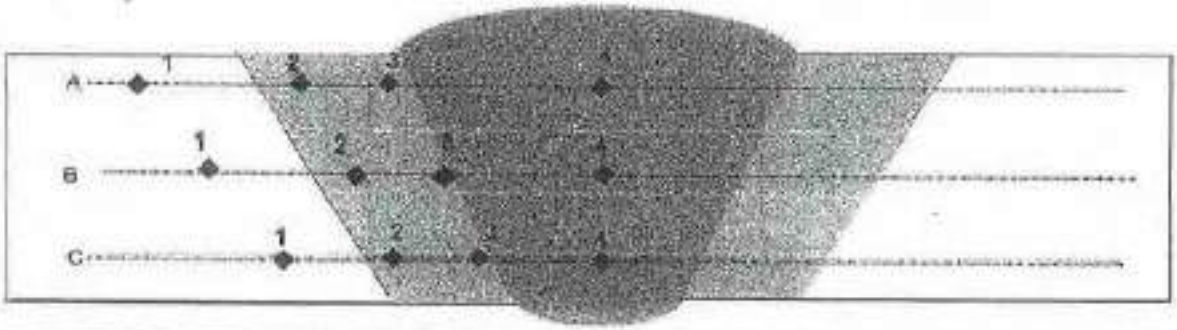
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 3 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djaya Mati	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for Welding - 2019 Edition	JOINT DESIGN	: Butt joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: E → W3-32	WELDER NAME	: Suwarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	168,3	177,6	176,8	209,6
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	161,1	183,8	189,1	227,1
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	165,9	175,7	179,3	214,7
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

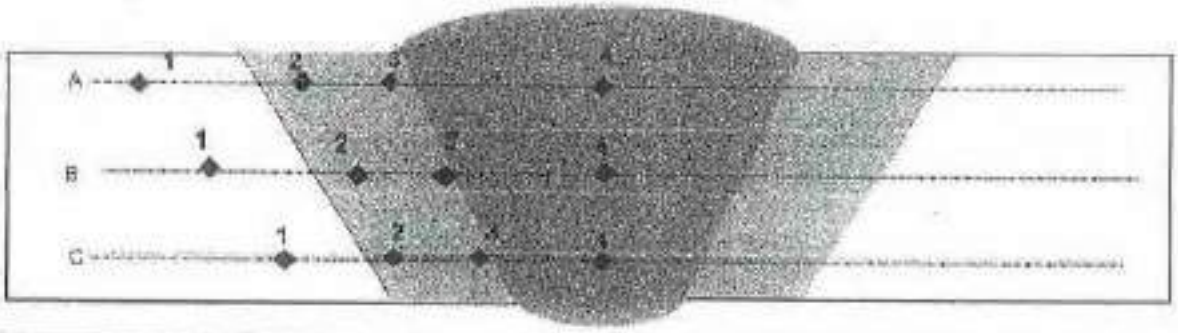
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonltp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 2 April 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: BPT. Andri Djunaedi	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for welding - 2019 edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
Material Code	: 6 → W 6.32	WELDER NAME	: Pardi
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	161,6	182,3	185,5	207,0
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	169,6	176,7	177,8	209,7
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	162,2	171,2	176,3	195,1
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 16 juni 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: PT. Andri Djaniati	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol VI Rules for welding	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	:	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: H → BJ 16.32	WELDER NAME	: Sunarno
MATERIAL SPEC.	: BKI Grade A		

4. HARDNESS TEST

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	163,2	171,3	178,6	200,7
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	166,0	171,4	176,5	201,8
Average				

Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	161,3	176,8	178,7	201,3
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT Kelautan ITS

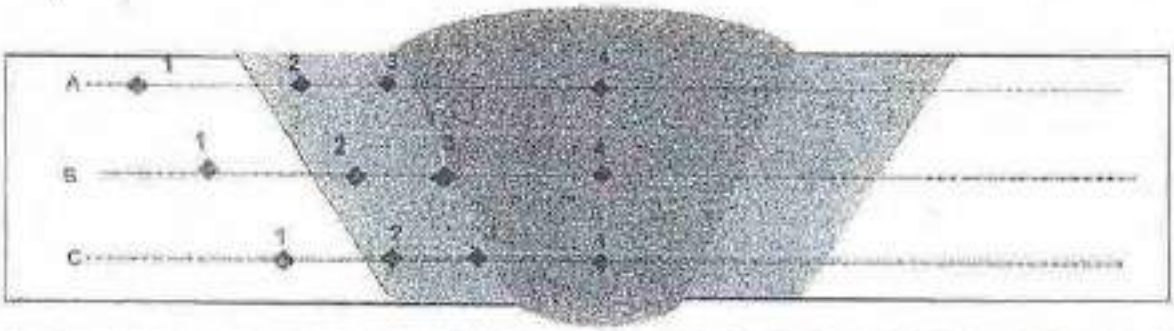
Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonstp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/2020

DATE	: 16 Juni 2020	THICKNESS	: 12 mm
ORDER FROM	: ST. Andri Djunaedi	WELDING PROCESS	: SMAW
TEST STANDARD	: BKI Vol II Rules for Welding 2016 Edition	JOINT DESIGN	: Butt Joint
WPS NUMBER	: 3 → W B.32	WELDING POSITION	: 2G
MATERIAL CODE	: BKI Grade A	WELDER NAME	: Sunarno
MATERIAL SPEC.			

4. HARDNESS TEST



Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
A	1	2	3	4
Hardness Value	168,7	173,1	173,2	200,8
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
B	1	2	3	4
Hardness Value	163,2	172,6	177,1	194,2
Average				
Location	Vickers Hardness Number (HV. 1)			
	Base Metal	HAZ	Fusion Line	Weld Metal
C	1	2	3	4
Hardness Value	161,2	168,6	175,1	152,1
Average				

Equipment: Micro Vickers Hardness Tester, Model: TH 712, Time Group INC, China

NOTES : This report is valid only for the specimen tested on the Laboratory of Ships Strength and Construction

Witnessed by :

The laboratory of Ships Strength and Construction
FT.Kelautan ITS

Tester

LAMPIRAN F

DATA PENGUJIAN IMPAK

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 juni 2020
ORDER FROM : Andri Djumadi - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 5 → W-D
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	5H-1	56,64	10,04	8,04	165,5	29,5		
2	5H-2	55,58	10,03	8,03	173	29,5		
3	5H-3	57,65	10,02	8,02	172	29,5		
4	5F-1	56,23	10,06	8,06	149,5	29,5		
5	5F-2	57,32	10,07	8,07	153	29,5		
6	5F-3	55,21	10,03	8,03	148	29,5		
7	5W-1	54,116	10,04	8,04	135	29,5		
8	5W-2	55,12	10,00	8,00	140,5	29,5		
9	5-W-3	55,23	10,02	8,02	134	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 2 April 2020
ORDER FROM : Andri Djumriah - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 9 → W 8.25
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	9H-1	55,85	10,02	8,02	131,5	29,5		
2	9H-2	54,55	10,01	8,01	128,5	29,5		
3	9H-3	54,52	10,07	8,07	115	29,5		
4	9F-1	56,18	10,00	8,00	112	29,5		
5	9F-2	57,16	10,02	8,02	129	29,5		
6	9F-3	58,77	10,01	8,01	116	29,5		
7	9W-1	55,34	10,00	8,00	133	29,5		
8	9W-2	55,73	10,02	8,02	95	29,5		
9	9W-3	55,19	9,96	7,96	121,5	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Djumiati - 04111850045001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 1 → W 6.25
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	1H-1	57,05	10,03	8,03	132	29,5		
2	1H-2	56,21	10,13	8,13	136,5	29,5		
3	1H-3	56,40	10,15	8,15	130,5	29,5		
4	1F-1	54,93	10,08	8,08	138,5	29,5		
5	1F-2	55,37	10,05	8,05	121	29,5		
6	1F-3	55,29	10,04	8,04	125	29,5		
7	1W-1	55,33	10,09	8,09	138,5	29,5		
8	1W-2	56,39	10,09	8,09	90	29,5		
9	1W-3	54,67	10,05	8,05	108,5	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Djumiarti - 04118500.3.0001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 3 → W 10 25
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	3H-1	56,37	10,05	8,05	141,5	29,5		
2	3H-2	56,43	10,08	8,08	132	29,5		
3	3H-3	56,27	10,06	8,06	142	29,5		
4	3F-1	54,79	10,06	8,06	95	29,5		
5	3F-2	57,08	9,98	7,98	142	29,5		
6	3F-3	56,85	10,06	8,06	130,5	29,5		
7	3W-1	57,12	10,03	8,03	100	29,5		
8	3W-2	56,20	10,08	8,08	111,5	29,5		
9	3W-3	55,88	10,11	8,11	138	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonstp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djumiati - 04111 8200 20001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : E → W.B.25
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	EH - 1	53,54	10,05	8,05	143	29,5		
2	EH -2	53,12	10,07	8,07	141	29,5		
3	EH -3	54,38	10,02	8,02	138	29,5		
4	EF -1	54,89	10,05	8,05	130	29,5		
5	EF -2	53,36	10,03	8,03	125	29,5		
6	EF -3	54,64	10,03	8,03	128	29,5		
7	EW-1	54,87	10,08	8,08	118	29,5		
8	EW-2	54,68	10,09	8,09	120	29,5		
9	EW-3	55,13	10,08	8,08	120	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 2 April 2020
ORDER FROM : Andre Djamluddin - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : G → W.8.28
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	6H-1	54,50	9,88	7,88	105	29,5		
2	6H-2	55,67	10,15	8,15	126	29,5		
3	6H-3	54,92	10,01	8,01	139,5	29,5		
4	6F-1	55,34	9,95	7,95	108,5	29,5		
5	6F-2	54,06	10,00	8,00	141	29,5		
6	6F-3	54,41	10,02	8,02	116,5	29,5		
7	6W-1	55,98	10,07	8,07	116,5	29,5		
8	6W-2	54,29	10,03	8,03	131	29,5		
9	6W-3	56,29	10,00	8,00	82	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Djamiati - 04111850020001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2016 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : B → W. L. 28
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	BH-1	55,93	10,12	8,12	143,5	29,5		
2	BH-2	56,47	10,14	8,14	142,5	29,5		
3	BH-3	55,34	10,07	8,07	132	29,5		
4	BF-1	55,30	10,20	8,20	87	29,5		
5	BF-2	56,48	9,92	7,92	128	29,5		
6	BF-3	55,78	10,00	8,00	122,5	29,5		
7	BW-1	56,54	10,12	8,12	122	29,5		
8	BW-2	55,87	10,09	8,09	125,5	29,5		
9	BW-3	56,37	10,08	8,08	95,5	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: lebkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Djuniati - 04 1118500300001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 2 → W.10.28
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	2H -1	56,14	10,06	8,06	140,5	29,5		
2	2H -2	54,45	10,07	8,07	137,5	29,5		
3	2H -3	55,70	10,08	8,08	142,5	29,5		
4	2F - 1	56,07	10,12	8,12	141	29,5		
5	2F -2	56,38	10,02	8,02	125	29,5		
6	2F -3	55,52	10,00	8,00	116	29,5		
7	2W -1	55,37	10,05	8,05	101	29,5		
8	2W -2	55,42	10,10	8,10	137,5	29,5		
9	2W -3	56,28	10,09	8,09	114	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djunaedi - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : D → W 13.28
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	DH-1	54,43	10,09	8,09	143,5	29,5		
2	DH-2	56,32	10,02	8,02	142	29,5		
3	DH-3	55,74	10,11	8,11	141,5	29,5		
4	DF-1	55,64	10,10	8,10	134	29,5		
5	DF-2	54,58	10,03	8,03	132	29,5		
6	DF-3	54,78	10,12	8,12	126	29,5		
7	DW-1	57,18	10,09	8,09	118	29,5		
8	DW-2	57,51	10,07	8,07	121	29,5		
9	DW-3	56,14	10,11	8,11	122,5	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 26 Maret 2020
ORDER FROM : Andri Djumbati - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : 4 → M.3.30
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	4 H - 1	57,41	10,07	8,07	132	29,5		
2	4 H - 2	56,96	10,00	8,00	147	29,5		
3	4 H - 3	57,29	10,03	8,03	121,5	29,5		
4	4 F - 1	55,11	10,03	8,03	117,5	29,5		
5	4 F - 2	55,50	10,09	8,09	131	29,5		
6	4 F - 3	55,34	10,07	8,07	136,5	29,5		
7	4 W - 1	56,40	10,01	8,01	100	29,5		
8	4 W - 2	55,10	9,97	7,97	94	29,5		
9	4 W - 3	57,36	10,11	8,11	139	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Djamiati - 04118500300001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : A → W.6.30
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	AH - 1	57,37	10,04	8,04	134,5	29,5		
2	AH - 2	57.39	10,10	8,10	138,5	29,5		
3	AH - 3	56.55	10,10	8,10	143,5	29,5		
4	AF - 1	56,62	10,16	8,16	88	29,5		
5	AF - 2	57,39	10,00	8,00	120	29,5		
6	AF - 3	57,36	10,10	8,10	140,5	29,5		
7	AW - 1	56,68	10,10	8,10	93,5	29,5		
8	AW - 2	58,21	10,11	8,11	118	29,5		
9	AW - 3	56,65	10,11	8,11	137	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 16 April 2020
ORDER FROM : Andri Djumadi - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : G → W.10.30
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	G H -1	54,78	10,02	8,02	138	29,5		
2	G H -2	55,05	10,19	8,19	143	29,5		
3	G H-3	55,85	10,06	8,06	144	29,5		
4	G F -1	55,74	10,08	8,08	120	29,5		
5	G F -2	57,48	10,12	8,12	142	29,5		
6	G F-3	57,06	10,16	8,16	139	29,5		
7	G W. 1	55,55	10,15	8,15	140,5	29,5		
8	G W-2	56,02	10,09	8,09	111	29,5		
9	G W-3	55,12	10,07	8,07	106	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djumanti - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : H → W. B.30
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	H H-1	53,63	10,06	8,06	143,5	29,5		
2	H H-2	56,28	10,08	8,08	143	29,5		
3	H H-3	55,71	10,09	8,09	144,5	29,5		
4	H F-1	53,43	10,10	8,10	141	29,5		
5	H F-2	55,16	10,10	8,10	136	29,5		
6	H F-3	53,59	10,12	8,12	136,5	29,5		
7	H W-1	55,12	10,03	8,03	120	29,5		
8	H W-2	55,76	10,10	8,10	121	29,5		
9	H W-3	55,32	10,12	8,12	125	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 2 April 2020
ORDER FROM : Andri Djumiati - 04111850030001
TEST STANDARD : Bki Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : Bki Grade A
MATERIAL CODE : 7 - W.3.32
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	7H-1	58,56	10,02	8,02	147,5	29,5		
2	7H-2	57,84	10,03	8,03	142	29,5		
3	7H-3	57,53	10,03	8,03	119,5	29,5		
4	7F-1	57,81	10,05	8,05	123	29,5		
5	7F-2	57,08	10,01	8,01	129	29,5		
6	7F-3	57,54	10,02	8,02	140,5	29,5		
7	7W-1	58,11	10,04	8,04	104,5	29,5		
8	7W-2	55,43	10,04	8,04	122,5	29,5		
9	7W-3	54,68	10,02	8,02	114,5	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjts@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 2 April 2020
ORDER FROM : Andri Djunaidi - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : B - WG.32
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	B H - 1	57.81	10,03	8,03	140,5	29,5		
2	B H - 2	57.77	10,01	8,01	138,5	29,5		
3	B H - 3	57,31	10,03	8,03	141,5	29,5		
4	B F - 1	57,41	10,02	8,02	141,3	29,5		
5	B F - 2	58,36	10,07	8,07	118	29,5		
6	B F - 3	57,90	10,00	8,00	140,5	29,5		
7	B W - 1	57,43	10,10	8,10	110	29,5		
8	B W - 2	57,54	10,08	8,08	104	29,5		
9	B W - 3	55,18	10,01	8,01	140	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djamiati - 04111850030001
TEST STANDARD : Bki Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : Bki Grade A
MATERIAL CODE : C - W.10.32
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	CH - 1	55,64	10,09	8,09	141	29,5		
2	CH - 2	56,21	10,07	8,07	142	29,5		
3	CH - 3	55,26	10,02	8,02	145	29,5		
4	CF - 1	56,19	10,04	8,04	138	29,5		
5	CF - 2	55,71	10,09	8,09	130	29,5		
6	CF - 3	55,69	10,01	8,01	138	29,5		
7	CW - 1	56,15	10,04	8,04	122	29,5		
8	CW - 2	56,22	10,06	8,06	123	29,5		
9	CW - 3	56,78	10,05	8,05	118	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

LABORATORIUM KONSTRUKSI DAN KEKUATAN KAPAL
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Gedung W – Lantai 1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp./Fax. 031 599 4933, Email: labkonjtp@gmail.com

REPORT ON TEST RESULT NO. : /IT2.4.I.1/PM.05.02/20

DATE : 17 Juni 2020
ORDER FROM : Andri Djumiati - 04111850030001
TEST STANDARD : BKI Volume VI Rules for Welding - 2019 Edition
MATERIAL SPECS. : BKI Grade A
MATERIAL CODE : F - W.13.32
PROJECT : Thesis

IMPACT TEST

NO	IDENTIFICATION	LENGTH (mm)	WIDTH (mm)	THICK. (mm)	IMPACT ENERGI (JOULE)	TEMPERATUR (°C)	Wd 1 (mm)	LATERAL EXPANTION
1	FH - 1	54,12	10,04	8,04	144	29,5		
2	FH - 2	54,19	10,07	8,07	147	29,5		
3	FH - 3	54,21	10,07	8,07	145,5	29,5		
4	FF - 1	54,14	10,06	8,06	134	29,5		
5	FF - 2	55,19	10,09	8,09	139	29,5		
6	FF - 3	55,32	10,08	8,08	140	29,5		
7	FW - 1	55,71	10,06	8,06	121	29,5		
8	FW - 2	55,10	10,04	8,04	125	29,5		
9	FW - 3	56,17	10,03	8,03	123	29,5		

Witnessed by :

1.
2.
3.
4.
5.

The Laboratory Of Ships Strength And Construction
FT. Kelautan ITS

Tester

BIODATA PENULIS

Penulis, **ANDRI DJUMIATI** dilahirkan di Surabaya, 06 Desember 1991. Merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri Sidotopo III Surabaya, SMP Negeri 15 Surabaya, dan SMA Negeri 19 Surabaya.

Setelah lulus dari SMA pada tahun 2009, penulis diterima di Program Studi Diploma III Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, jurusan Teknik Bangunan Kapal. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi S1 nya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknologi Kelautan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Setelah itu pada Agustus 2018 penulis menimba ilmu pada S2 Teknik Produksi dan Material Kelautan, Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga selesai studi pada Agustus tahun 2020.

Email: andridjumiati@gmail.com