

**SKRIPSI**  
**PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH**  
**PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN**  
**PENGELASAN LOGAM BAJA JIS G 3131 SPHC**  
**DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT**  
**MEKANIK**



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : MUKHAMAD NUR AJI**

**NIM : 15.11.058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH PENGELASAN  
SMAW PADA SAMBUNGAN PENGELASAN LOGAM BAJA  
JIS G 3131 SPHC DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT  
MEKANIK**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)  
jurusan Teknik Mesin

**DISUSUN OLEH:**

**Nama : Mukhamad Nur Aji**

**Nim : 1511055**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH PENGELASAN  
SMAW PADA SAMBUNGAN PENGELASAN LOGAM BAJA  
JIS G 3131 SPHC DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT  
MEKANIK**



**DISUSUN OLEH :**

**Nama : Mukhamad Nur Aji**

**Nim : 1511058**

Malang,....Juli 2019

Diperiksa / Disetujui

Dosen Pembimbing

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1

Sibut, ST., MT.  
NIP.Y.1030300379

Ir. Teguh Rahardjo, MT.  
NIP. 199570601 199202 1001



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

SNI (PERSERO) MALANG  
BANK NEAGA MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Mukhamad Nur Aji  
Nim : 15.11.058  
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin  
Program Studi : Strata Satu (S-1)  
Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN PENGELASAN LOGAM BAJA JIS G 3131 SPHC DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT MEKANIK**

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada:

Hari / Tanggal : Rabu, 24 Juli 2019

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 81,90 ( A )

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Ketua

**Sibut, ST, MT**

NIP. Y. 1030300379

Sekretaris

**Ir. Teguh Raharjo, MT**

NIP 19570601199202001

**ANGGOTA PENGUJI**

Penguji I

**Ir.Drs. Eko Edy Susanto,MT.**

NIP. 195703221982111001

Penguji II

**Ir. Basuki Widodo, MT.**

NIP. Y. 1018100037

iii



## PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama** : Mukhamad Nur Aji

**NIM** : 1511058

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

### Menyatakan

Bahwa Skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya sendiri dan bukan hasil dari karya orang, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian Surat Pernyataan keaslian saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang,...Juli 2019



Mukhamad Nur Aji

NIM. 1511058

## LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Mukhamad Nur Aji  
NIM : 1511058  
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1 / Material  
Judul Skripsi : **Pengaruh Variasi Jenis Kampuh Pengalasan SMAW Pada Sambungan Pengelasan Logam Baja JIS G 3131 SPHC Dengan Baja AISI SS 201 Terhadap Sifat Mekanik**

1.

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.

| No | Materi Bimbingan        | Waktu Bimbingan | Paraf Dosen Pembimbing  |
|----|-------------------------|-----------------|---|
| 1  | Pengajuan Judul Skripsi | 11 April 2019   |    |
| 2  | Konsultasi Bab I & II   | 14 Mei 2019     |    |
| 3  | Konsultasi Bab III      | 14 Mei 2019     |   |
| 4  | Konsultasi Bab IV       | 3 Juli 2019     |  |
| 5  | Konsultasi Bab V        | 3 Juli 2019     |  |
| 6  | Makalah Seminar         | 17 Juli 2019    |  |
| 7  | Acc Laporan Skripsi     | 21 juli 2019    |  |

Diperiksa / Disetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, MT.  
NIP. 199570601 199202 1001

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Mukhamad Nur Aji  
NIM : 1511058  
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1 / Material  
Judul Skripsi : **Pengaruh Variasi Jenis Kampuh Pengalasan SMAW Pada Sambungan Pengelasan Logam Baja JIS G 3131 SPHC Dengan Baja AISI SS 201 Terhadap Sifat Mekanik**

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 11 April 2019

Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 24 Juli 2019

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT.

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 90 (  $\Delta$  )

Diperiksa / Disetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Teguh Rahardjo, MT.  
NIP. 199570601 199202 1001

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridho-Nya kepada saya selaku penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi pada waktunya. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan skripsi pada jurusan Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian Skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi, dan do'a dari berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehubungan dengan itu, penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST. MT ., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak Sibut, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Rahardjo, MT, selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moral maupun serta doa beliau penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan ridho-Nya.
6. Keluarga penulis yang telah memberikan motivasi dan dukungan dalam penyelesaian laporan skripsi.
7. Seluruh Dosen Teknik Mesin S-1 ITN Malang, atas semua ilmu yang tak ternilai harganya.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun.

Penulis

Mukhamad nur aji

# **PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN PENGELASAN LOGAM BAJA JIS G 3131 SPHC DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT MEKANIK**

**Mukhamad Nur Aji**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional

Malang

Jl. Raya Karanglo km 2, Malang 65145

Email: Mukhammadnuraji@gmail.com

## **ABSTRAK**

Sambungan logam atau pengelasan yang tidak sejenis atau dissimilar welding merupakan salah satu kebutuhan yang penting bagi industri. Sambungan hasil pengelasan ini digunakan pada beberapa aplikasi yang memerlukan sifat sambungan khusus yang baik untuk menghemat biaya material. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan sambungan yang mempunyai kekuatan yang baik dengan variasi jenis kampuh las dan kuat arus yang digunakan. Pengelasan logam yang tak sejenis, Baja JISG 3131 SPHC dengan Stainlees Steel AISI SS 201 , dilakukan dengan Las Listrik SMAW dengan variasi kampuh dan elektroda menggunakan elektroda stainless steel NSN - 308 AWS A5.4 E308. Sambungan diuji dengan pengujian Tarik, pengujian Impak, pengujian kekerasan dan diamati dengan foto strukturmikro. Pengujian tarik sambungan logam tak sejenis diperoleh kekuatan tarik paling Berdasarkan kampuh V memiliki kekuatan Tarik sebesar 32,782 kgf/mm<sup>2</sup> . Pada pengelasan kampuh K memiliki kekuatan tarik Yang meningkat dengan nilai 33,492 kgf/mm<sup>2</sup>. Dan Kampuh I yang mempunyai nilai 34,514 kgf/mm<sup>2</sup>. Perbedaan laju pendinginan pada kampuh jenis V sehingga kemungkinan menyebabkan terbentuknya karbida pada hasil lasan dengan jenis kampuh V yang mana menurunkan kekuatan tariknya. Pengujian Impact spesimen kampuh V sebesar 7,976 N.m dan specimen Kampuh K sebesar 7,895 N.m dengan kampuh I sebesar nilai 7,393 N.m. nilai kekuatan sambungan kampuh I dan K lebih rendah dari kekuatan sambungan las dengan menggunakan kampuh V, hal ini disebabkan karena pada kampuh K Dan I mengalami dua kali sisi pengelasan yang menyebabkan siklus pemanasan didapat dikontrol sehingga retak panas terjadi pada sambungan las. Retak panas ini akan menjadi konsentrasi tegangan sehingga material tdak dapat menerima beban impak. Pengujian Kekerasan Untuk daerah las Kampuh V terdapat nilai tertinggi dengan nilai kekerasan 63,03 HRC. Pada kampuh K terdapat nilai terendah didaerah las dengan nilai kekerasan 61,198 HRC. Dan pada Kampuh I terdapat nilai kekerasan daerah las dengan nilai 59,13 HRC.

**Kata kunci** : arus listrik, las SMAW, JIS G 3131 SPHC, AISI SS 201, sifat mekanis.

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR PERSETUJUAN .....                                | ii   |
| BERITA ACARA .....                                      | iii  |
| PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN .....                   | iv   |
| LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....                  | v    |
| LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI .....                          | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                    | vii  |
| ABSTRAK .....   | viii |
| DAFTAR ISI .....  | ix   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                     | xi   |
| DAFTAR TABEL .....                                      | xiii |
| DAFTAR GRAFIK .....                                     | xiv  |
| BAB I .....   | 1    |
| PENDAHULUAN .....                                       | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....                        | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                               | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                               | 2    |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                             | 3    |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                            | 3    |
| 1.6 Metodologi Penelitian .....                         | 3    |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....                         | 4    |
| BAB II .....  | 6    |
| LANDASAN TEORI .....                                    | 6    |
| 2.1 Definisi Pengelasan .....                           | 6    |
| 2.2 Teori Pengelasan .....                              | 6    |
| 2.3 Siklus Termal Daerah Las .....                      | 7    |
| 2.3.1 Pembekuan Dan Struktur Logam Las .....            | 9    |
| 2.3.2 Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas (HAZ) .....  | 10   |
| 2.3.3 Ketangguhan Dan Penggetasan Pada Daerah HAZ ..... | 12   |
| 2.3.4 Ketangguhan Logam Las .....                       | 20   |
| 2.4 Retak Pada Daerah Las .....                         | 21   |
| 2.4.1 Jenis Retak Las .....                             | 21   |

□

|  |           |
|--|-----------|
| 2.4.2 Penyebab Retak Las Dan Cara Menanggulangi..... | 23        |
| 2.4.3. Heat Input.....                               | 33        |
| 2.5 SMAW (Las Shielded Metal Arc Welding).....       | 34        |
| 2.5.1 Pengertian.....                                | 34        |
| 2.6 Kumpuh Pengelasan.....                           | 36        |
| 2.7 Jenis Elektroda.....                             | 39        |
| 2.8 Baja JIS G 3131 SPHC.....                        | 43        |
| 2.9 Baja AISI SS 201.....                            | 43        |
| 2.10 Uji Tarik.....                                  | 44        |
| 2.10.1 Tegangan Dan Regangan Pada Baja.....          | 45        |
| 2.10.2 Kurva Tegangan Dan Regangan.....              | 46        |
| 2.11 Uji Impak.....                                  | 47        |
| 2.10.1 Perumusan Pada Uji Impact Charpy.....         | 50        |
| 2.9.2 Jenis Patahan.....                             | 52        |
| 2.12 Uji Kekerasan Rockwell.....                     | 53        |
| 2.13 Uji Mikro.....                                  | 57        |
| <b>BAB III.....</b>                                  | <b>58</b> |
| <b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                    | <b>58</b> |
| 3.1 Diagram Alir.....                                | 58        |
| 3.2 Bahan Yang Digunakan.....                        | 59        |
| 3.3 Alat Yang Digunakan.....                         | 60        |
| 3.4 Cara Pembuatan Specimen.....                     | 61        |
| 3.5 Dasar Pemilihan Sperimen.....                    | 62        |
| 3.6 Waktu Dan Tempat Pengujian.....                  | 64        |
| 3.7 Procedur Penelitian.....                         | 65        |
| 3.8 Pelaksanaan Pengujian.....                       | 66        |
| 3.8.1 Pelaksanaan Pengujian.....                     | 66        |
| 3.8.2 Hasil Pengujian.....                           | 69        |
| <b>BAB IV.....</b>                                   | <b>71</b> |
| <b>ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>              | <b>71</b> |
| 4.1. Pengolahan Data Pengujian Tarik.....            | 71        |
| 4.1.1 Data Hasil Penelitian Uji Tarik.....           | 71        |
| 4.1.2Analisa Dan Pembahasan Pengujian Tarik.....     | 72        |
| 4.2 Pengolahan Data Uji Impact.....                  | 73        |
| 4.2.1 Data Hasil Penelitian Uji Impact.....          | 73        |
| 4.2.2. Analisa Dan Pembahasan Pengujian Impact.....  | 75        |

□

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3 Pengolahan Data Pengujian Kekerasan .....                | 75        |
| 4.3.1. Data Hasil Penelitian Uji Kekerasan .....             | 75        |
| 4.3.2. Analisa Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan.....       | 77        |
| 4.4 Pengolahan Data Pengamatan Struktur Mikro.....           | 77        |
| 4.4.1 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro .....             | 77        |
| .....  | 80        |
| 4.4.2 Analisa Dan Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro ..... | 80        |
| 4.5 Hasil Foto Makro.....                                    | 81        |
| <b>BAB V .....</b>   | <b>84</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 84        |
| 5.2 Saran .....  | 85        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                  | <b>86</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>87</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Siklus Termal Dalam Las Busur Tangan .....   | 8  |
| Gambar 2.2 Siklus Thermal Las Pada Beberapa Jarak Dari Batas Las .....  | 9  |
| Gambar 2.3 Arah Pembekuan Dari Logam Las .....  | 10 |
| Gambar 2.4 Diagram CCT Pada Pengelasan Baja Kekuatan BJ55. ....   | 11 |
| Gambar 2.5 Diagram CCT Dan Hubungan Antara Waktu Pendingin Dengan Kerasan Dan Struktur .....                    | 13 |
| Gambar 2.6 Skema Struktur Mikro Daerah HAZ .....  | 15 |
| Gambar 2.7 Perubahan Temperatur Transisi Pada Lasan .....   | 16 |
| Gambar 2.8 Hubungan Antara Waktu Pendinginan, Struktur Mikro dan Kekuatan Tumbuk pada Daerah HAZ.....           | 16 |
| Gambar 2.9 Diagram CCT untuk Baja BJ60 (a) dan BJ80 (b) .....   | 17 |
| Gambar 2.10 Pengaruh Masukan Panas Pada Sifat Tumbuk.....   | 18 |
| Gambar 2.11 Hubungan Antara Sifat Tumbuk dan Kadar O <sub>2</sub> Dalam Logam Lasan .....                       | 21 |
| Gambar 2.12 Retak Dingin .....  | 22 |
| Gambar 2.13 Retak Panas .....   | 22 |
| Gambar 2.14 Skema Retak Bebas Tegang.....   | 23 |
| Gambar 2.15 Kelarutan Hidrogen Dalam Besi Pada Tekanan 1 atm.....   | 24 |
| Gambar 2.16 Pengaruh Udara Terhadap Kadar Hidrogen Difusi Dalam Logam Lasan .....                               | 25 |
| Gambar 2.17 Penyerapan Uap Oleh Elektroda Terbungkus .....  | 25 |
| Gambar 2.18 Retak Lamel Yang Dimulai Dari Retak Akar .....  | 27 |
| Gambar 2.19 Pengaruh Kadar Belerang Pada Kepakaan Retak Lamel .....   | 28 |
| Gambar 2.20 Hubungan Antara Retak Lamel dan Kepekaan P <sub>L</sub> .....                                       | 29 |
| Gambar 2.21 Hubungan Antara Kepekaan P <sub>L</sub> dan Tegangan Kritik Pada Arah Tebal.....                    | 29 |
| Gambar 2.22 Skema Dari Retak Lintang .....  | 30 |
| Gambar 2.23 Hubungan Antara Retak Bebas Tegang Dan Temperatur Waktu Pemanasan Dengan Pengujian Lengkung U ..... | 31 |
| Gambar 2.24 Retak Bebas Tegang Pada Pengujian Celah Y Dari Baja BJ 80 Yang Dibebaskan.....                      | 31 |
| Gambar 2.25 Diagram Schaeffler.....   | 32 |
| Gambar 2.26 Proses Pencairan Elektroda .....  | 34 |
| Gambar 2.27 Meja Kerja Las .....  | 35 |
| Gambar 2.28 Hasil Pengelasan .....  | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.29 Macam-macam Bentuk Kapuh Pada Butt Joint ..... | 37 |
| Gambar 2.30 Macam-macam Sambungan T (Fillet) joint .....   | 37 |
| Gambar 2.31 Sambungan Corner Joint .....                   | 38 |
| Gambar 2.32 Macam-Macam Sambungan Lap Joint.....           | 38 |
| Gambar 2.33 Mesin Uji Tarik .....                          | 45 |
| Gambar 2.34 Ukuran Batang Uji Tarik Menurut AWS .....      | 46 |
| Gambar 2.35 Kurva Tegang-Regang Teknik .....               | 47 |
| Gambar 2.36 Batas Elastik Dan Tegangan Luluh 0,2%.....     | 47 |
| Gambar 2.37 Alat Uji Impact.....                           | 48 |
| Gambar 2.38 Alat Uji Impact Charpy .....                   | 49 |
| Gambar 2.39 Jenis Takik.....                               | 53 |
| Gambar 2. 40 Alat Uji Kekerasan Rockwell.....              | 53 |
| Gambar 2. 41 Cara Kerja Mesin Rockwell .....               | 54 |
| Gambar 2. 42 indentor type Ball dan Diamond .....          | 55 |
| 3.1 DIAGRAM PENGELASAN BEDA LOGAM.....                     | 58 |
| 3.2 Gambar Komposisi Elektroda .....                       | 60 |
| Gambar 3.3 Bentuk Kapuh.....                               | 61 |
| Gambar 3.4 Variasi Kampuh Yang Digunakan .....             | 61 |
| Gambar 3.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik .....                | 62 |
| Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji Impak .....                | 63 |
| Gambar 3.7 Spesimen Uji Kekerasan .....                    | 63 |
| Gambar 3.8 Spesimen Uji Mikro .....                        | 64 |
| Gambar 3.9 Bahan Uji Tarik Tiap Variasi .....              | 65 |
| Gambar 3.10 Bahan Uji Impak Dan Kekerasan.....             | 66 |
| Gambar 3.11 Bahan Pengamatan Mikro Struktur .....          | 66 |
| Gambar 3.12 Rockweel Hardness Tester .....                 | 67 |
| Gambar 3.13 Charpy Impact Tester .....                     | 68 |
| Gambar 3.14 Pengamatan micro struktur.....                 | 69 |
| Gambar 3.15 Hasil Uji Tarik.....                           | 70 |
| Gambar 3.16 Hasil Uji Impak .....                          | 70 |
| Gambar 4.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....            | 79 |

## **DAFTAR TABEL**

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perkiraan Waktu Pendinginan Pada Beberapa Cara Las Busur..... | 9  |
| Tabel 2.2 Suhu Transisi Dan Kriteria Patahan.....                       | 14 |
| Tabel 2.3 Komposisi Elektroda.....                                      | 42 |
| Tabel 2.4 Kondisi Arus .....  | 43 |
| Tabel 2.5 Komposisi dan Kekuatan Sifat Mekanis .....                    | 43 |
| Tabel 2.6 Komposisi AISI SS 201 dengan % berat setiap unsur. ....       | 44 |
| Tabel 2.7 Kekuatan Mekanik .....  | 44 |
| Tabel 2.8 Energi Pada Setiap Sudut Ayun.....                            | 50 |
| Tabel 2. 9 Klasifikasi Indentor pada Uji Kekerasan Rockwell.....        | 56 |
| Tabel 3.1 Komposisi Elektroda.....                                      | 60 |
| Tabel 3.2 Ukuran Spesimen Uji Tarik .....                               | 62 |
| Tabel 3.3 Ukuran Spesimen Uji Impak.....                                | 63 |
| Tabel 3.4 Ukuran Spesimen Uji Kekerasan .....                           | 63 |
| Tabel 3.5 Ukuran Spesimen Uji Mikro .....                               | 64 |
| Tabel 4.1 Pengolahan Data Uji Tarik.....                                | 71 |
| Tabel 4.2 Pengolahan Data Uji Impact .....                              | 73 |
| Tabel 4.3 Pengolahan Data Kekerasan.....                                | 76 |
| Tabel 4.4 Rata-Rata Hasil Pengamatan Struktur Mikro.....                | 79 |

## **DAFTAR GRAFIK**

|   |           |
|---|-----------|
| Grafik 4.1 Hubungan Antara Variasi Kampuh Dengan Kekuatan Tarik .....   | <b>72</b> |
| Grafik 4.2 Hubungan Variasi Kampuh Terhadap Energi.....                 | <b>74</b> |
| Grafik 4.3 Hubungan Variasi Kampuh Dengan Hi.....                       | <b>74</b> |
| Grafik 4.4 Hubungan Antara Variasi Kampuh Terhadap Kekerasan .....      | <b>76</b> |
| Grafik 4.5 Hubungan Antara Variasi Kampuh Terhadap Struktur Mikro ..... | <b>80</b> |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang Masalah**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat sangat berpengaruh terhadap perindustrian di dalam negeri, salah satunya adalah industri yang menghasilkan atau memproduksi elemen-elemen mesin yang sebagian besar menggunakan logam sebagai bahan bakunya. Setiap logam mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat-sifat fisik, sifat mekanis dan sifat kimia, maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan.

Pengelasan logam berbeda adalah suatu proses pengelasan yang dilakukan pada dua jenis logam atau paduan logam yang berbeda. Pengelasan logam berbeda (dissimilar metal welding) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda. Pemilihan elektroda dan penggunaan jenis kampuh yang tepat serta pemilihan jenis sambungan menurut standar pengelasan sangat dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sempurna. Metalurgi pengelasan baja JIS G 3131 SPHC disambung dengan baja AISI 201 . Teknik Pengelasan digunakan secara intensif pada berbagai industri manufaktur, seperti: otomotif, truck yaitu dibagian chassis truck karena pada chassis truck sering menahan beban mengakibatkan mudah aus dan patah dan juga mengalami korosi mengakibatkan mudah keropos. Dengan kualitas las dimulai dari perencanaan las, persiapan pengelasan, dan prosedur saat pengelasan. Perencanaan las salah satunya adalah pengaturan variasi jenis kampuh pengelasan pada las listrik SMAW.

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun mampu keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti, dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan. Jumlah karbon dalam struktur baja dapat menentukan sifat mekanis dan unjuk kerja (performance) nya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap kekuatan Tarik pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201?
2. Bagaimana pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap kekuatan impact pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201 ?
3. Bagaimana pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap Kekerasan pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201 ?
4. Bagaimana pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap struktur mikro pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201?

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mencegah permasalahan dari pembahasan utama, maka diperlukan pembatasan masalah agar meneliti lebih spesifik. Batasan masalah yang diberikan sebagai berikut:

1. Material yang digunakan baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI 201
2. Mesin Las Listrik SMAW
3. Sambungan las dengan jenis sambungan butt joint dengan menggunakan kampuh V, kampuh K, kampuh I

4. Pengujian yang dilakukan yaitu :
  - Uji Tarik
  - Uji Kekerasan
  - Uji Impak
  - Uji Mikro

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana Pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap kekuatan Tarik pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201.
2. Bagaimana Pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap ketangguhan pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201
3. Bagaimana Pengaruh variasi jenis kampuh las listrik SMAW terhadap kekerasan pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201.
4. Bagaimana Pengaruh jenis kampuh las listrik SMAW terhadap struktur mikro pada pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI 201.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bermanfaat untuk dapat menghasilkan pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201. Pada pengelasan ini diharapkan memiliki sifat mekanik yang baik sehingga dapat dipakai di chasis truck. Selain itu penelitian ini bermanfaat untuk mendapatkan kampuh yang tepat dari pengelasan beda logam baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201 dengan sifat mekanik yang terbaik.

#### **1.6 Metodologi Penelitian**

a. Metode literature

Melakukan studi literature terkait jurnal – jurnal penelitian pengelasan beda logam dan penambahan komposisi bahan

## b. Metode eksperimental

Metode ini yaitu melakukan proses penelitian dan pengambilan data langsung dari hasil pengujian- standart pengujian material baja.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan akan diuraikan dalam beberapa bab yang kemudian di kembangkan lagi melalui sub bab sehingga semua materi pembahasan yang di maksud dapat tersaji secara sistematis dan terarah. Adapun sistematika penulisan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Didalam Bab ini penulis akan menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, metode penulisan serta sistematika penulisan.

## **BAB II LANDASAN TEORI**

Didalam bab ini membahas tentang teori yang berhubungan dengan penelitian pengaruh variasi jenis kampuh pengelasan beda logam terhadap sifat mekanik, dan rumus-rumus perhitungan yang digunakan.

## **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Didalam bab ini membahas mengenai metodologi penelitian, dimana bab ini akan dibahas tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, variable data, dan hasil penelitian serta diagram alir proses pengolahan data dari awal hingga akhir.

## **BAB IV DATA PEMBAHASAN**

Didalam bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan serta mengolah data-data Pengaruh variasi jenis kampuh pengelasan beda logam terhadap sifat mekanik yang di peroleh dari hasil penelitian tersebut.

## **BAB V PENUTUP**

Didalam bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, pengajian teori, observasi, Pengaruh variasi jenis kampuh pengelasan beda logam terhadap sifat mekanik . Serta saran-sarsifat n agar nantinya dapat digunakan dalam pengembangan berikutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan tentang literatur-literatur yang digunakan dalam rumusan data-data hasil penelitian.

## **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Definisi Pengelasan**

Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan dan memperlihatkan kesesuaian antara sifat las dengan kegunaan konstruksi serta kegunaan disekitarnya. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya didalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu didalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek, secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara-cara pengelasan. Cara ini pemeriksaan, bahan las, dan jenis las yang akan digunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang. Berdasarkan definisi dari DIN (Deutch Industrie Normen) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair.

Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah dipergunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom molekul dari logam yang disambungkan.

#### **2.2 Teori Pengelasan**

Chrome Pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan, atau dapat didefinisikan sebagai akibat dari metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Sebelum atom-atom tersebut membentuk ikatan,

permukaan yang akan menjadi satu perlu bebas dari gas yang terserap atau oksida-oksida.

Bila permukaan yang rata dan bersih ditekan, beberapa kristal akan tertekan dan bersinggungan. Bila tekanan diperbesar daerah singgungan ini bertambah luas. Lapisan oksida yang luas, rapuh, pecah logam mengalami deformasi plastis. Batas antara dua permukaan kristal dapat menjadi satu dan terjadilah sambungan yang disebut pengelasan dingin. Ada empat cara yang dapat ditempuh untuk memanaskan logam pada penyambungan, yaitu :

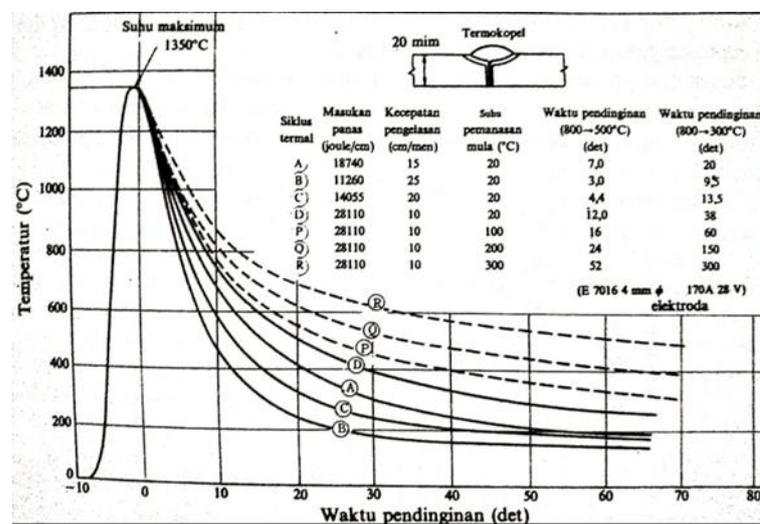
1. Pencelupan benda yang akan disambung dalam logam pengisi atau fluks cair. Bila dicelupkan dalam fluks cair dalam suhu yang cukup tinggi untuk mencairkan logam pengisi, benda-benda yang akan disambung harus dijepit dengan jig dan sela sudah terisi paduan patri.
2. Mematri dengan menggunakan dapur, disini benda dijepit dan dimasukkan dalam dapur dengan lingkungan yang terkendali pada suhu pencairan logam patri. Pemanasan dapur dapat dengan listrik atau gas, dapur satuan atau kontiniu.
3. Mematri dengan nyala, adalah sama dengan pengelasan oksiasitelin. Panas berasal dari nyala oksiasitelin atau oksihidrogen dan logam pengisi dalam bentuk kawat dicairkan pada celah sambungan. Fluks ditambahkan dengan cara mencelupkan kawatnya.
4. Pada patri listrik panas berasal dari tahanan induksi atau busur.

### **2.3 Siklus Termal Daerah Las**

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa inggrisnya adalah "Heat Affected Zone" dan disingkat menjadi daerah HAZ, dan logam induk yang tak terpengaruhi. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. daerah pengaruh panas atau daerah HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruhi adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih terdapat satu daerah khusus

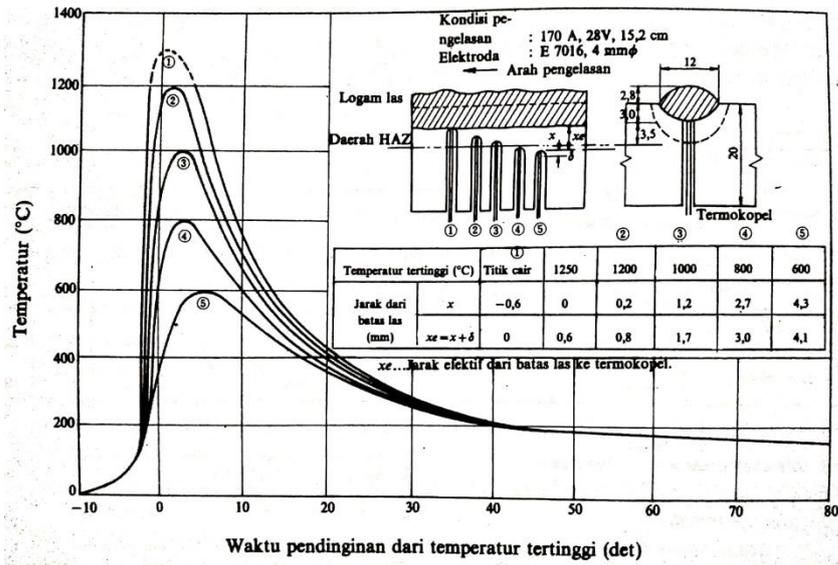
yang membatasi antara logam las dan daerah pengaruh panas, yang disebut batas las. Dalam membahas siklus termal daerah lasan hal-hal yang perlu dibahas meliputi proses pembekuan, reaksi yang terjadi dan struktur mikro yang terbentuk yang masing-masing yang dibahas tersendiri.

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan di daerah lasan. Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan. Karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan tersebut. Pendekatan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk rumus empiris. Struktur mikro dan sifat mekanik dari daerah HAZ sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 500°C. Sedangkan retak dingin, di mana hidrogen memegang peranan penting, terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 300°C atau 100°C.



Gambar 2.1 Siklus Termal Dalam Las Busur Tangan

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



Gambar 2.2 Siklus Thermal Las Pada Beberapa Jarak Dari Batas Las

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Tabel 2.1 Perkiraan Waktu Pendinginan Pada Beberapa Cara Las Busur

$$S = \frac{K \cdot J^n}{(\bar{T} - T_0)^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left( \frac{t - t_0}{\alpha} \right) \right\}}$$

| Cara pengelasan                      | Indeks masukan panas n   | Konstanta                             |                |     |     |                                       |                |     |     |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------|-----|-----|---------------------------------------|----------------|-----|-----|
|                                      |  | Waktu pendinginan dari 800°C ke 500°C |                |     |     | Waktu pendinginan dari 800°C ke 300°C |                |     |     |
|                                      |  | K                                     | t <sub>0</sub> | α   | T   | K                                     | t <sub>0</sub> | α   | T   |
| Las busur terbungkus                 | 1,5  | 1,35                                  | 14,6           | 6   | 600 | 2                                     | 14,6           | 4,5 | 400 |
| Las busur gas CO <sub>2</sub>        | 1,7  | 1/2,9                                 | 13             | 3,5 | 600 | 1/2,5                                 | 14             | 5   | 400 |
| Las busur dengan kawat berisi fluks. | 1,35   | —                                     | —              | —   | 600 | 11                                    | 14             | 5   | 400 |
| Las busur rendam                     | $\begin{cases} (t < 32) 2,5 - 0,05t \\ (t \geq 32) 0,95 \end{cases}$ | $9,5/10^5 - 0,22t$                    | —              | —   | 600 | $7,3/10^5 - 0,22t$                    | —              | —   | 400 |
|                                      |  | 950                                   | 12             | 3   | 600 | 730                                   | 20             | 7   | 400 |

J: Masukan panas =  $\frac{60EI}{V}$  (Joule/cm)  
 E: Tegangan busur (Volt)  
 I: Arus Las (Amper)

V: Laju las (cm/men)  
 T: Suhu daerah HAZ (°C)  
 T<sub>0</sub>: Suhu mula pelat (°C)  
 t: Tebal pelat (mm)

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

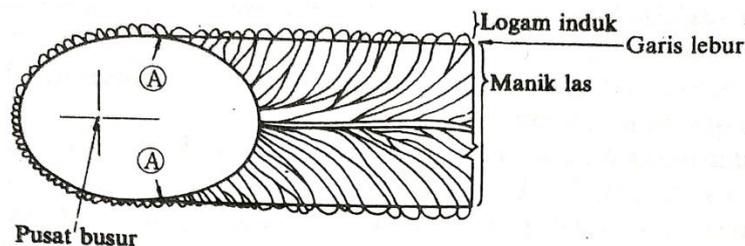
### 2.3.1 Pembekuan Dan Struktur Logam Las

Dalam pengelasan cair bermacam-macam cacat terbentuk dalam logam las, misalnya pemisahan atau segregasi, lubang halus dan retak. Banyaknya dan macam cacat yang terjadi tergantung dari pada kecepatan pembekuan. Semua kejadian selama proses pendinginan dalam pengelasan

hampir sama dengan pendinginan dalam pengecoran. Perbedaannya adalah :

- 1) Kecepatan pendinginan dalam las lebih tinggi.
- 2) Sumber panas dalam las bergerak terus.
- 3) Dalam proses pengelasan, pencairan dan pembekuan terjadi secara terus menerus.
- 4) Pembekuan logam las mulai dari dinding logam induk yang dapat dipersamakan dengan dinding cetakan pada pengecoran, hanya saja dalam pengelasan, logam las harus menjadi satu dengan logam induk, sedangkan dalam pengecoran yang terjadi harus sebaliknya.

Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las berbentuk pilar. Titik A dari gambar tersebut adalah titik mula dari struktur pilar yang selalu terletak dalam logam induk. Titik ini tumbuh menjadi garis lebur dengan arah yang sama dengan gerakan sumber panas. Pada garis lebur sebagian dari logam dasar turut mencair dan selama proses pembekuan logam las tumbuh butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama.



**Gambar 2.3 Arah Pembekuan Dari Logam Las**

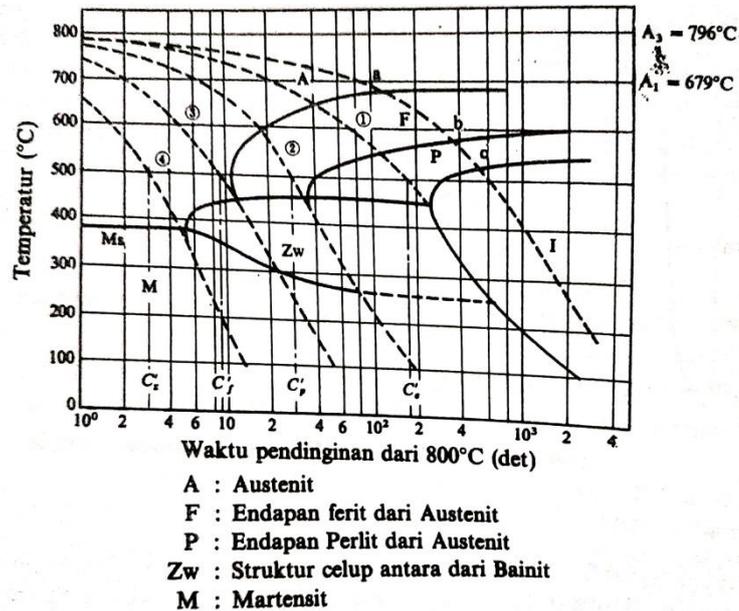
Sumber : Harsono Wirjosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

### **2.3.2 Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas (HAZ)**

Struktur, kekerasan dan berlangsungnya transformasi dari daerah HAZ dapat dibaca dengan segera pada diagram transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT. Diagram semacam ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur menentukan prosedur dan cara pengelasan.

Suatu contoh dari diagram CCT ditunjukkan dalam gambar 2.4 . Disini ditunjukkan hubungan antara suhu mula dan suhu akhir transformasi dengan lama pendinginan dari 800°C (garis tebal), untuk baja kuat 55

kg/mm<sup>2</sup> yang dipanaskan dengan cepat ke temperatur 1300°C dan kemudian didinginkan dengan bermacam-macam kecepatan pendinginan. Garis putus menunjukkan beberapa contoh siklus termal las, yang bila digabungkan dengan garis tebal dari diagram CCT dapat menunjukkan tahap-tahap transformasi selama pendinginan dan dapat dipakai untuk meramalkan struktur akhir yang akan terbentuk.



**Gambar 2.4 Diagram CCT Pada Pengelasan Baja Kekuatan BJ55.**

Sumber : Harsono Wirjosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Sebagai contoh misalnya dalam hal siklus termal las 1, bila baja telah mendingin sampai titik “a” ( $\pm 680^\circ\text{C}$ ), maka ferit mulai diendapkan dari austenit. Transformasi ini berjalan terus dan baru berakhir bila titik “b” ( $\pm 590^\circ\text{C}$ ) dicapai dan kemudian diganti dengan transformasi pengendapan perlit yang akan berakhir pada titik “c” ( $\pm 520^\circ\text{C}$ ). Dari pembahasan di atas dapat diramalkan bahwa setelah pendinginan struktur yang terbentuk adalah ferit dan perlit.

Dengan analisa yang sama, dapat diramalkan bahwa setelah pendinginan akan terbentuk struktur seperti berikut :

- 1) Dengan siklus termal las antara (1) dan (2) akan terbentuk ferit, struktur antara dan martensit.

- 2) Dengan siklus termal las antara (2) dan (3) akan terbentuk ferit struktur antara dan martensit.
- 3) Dengan siklus termal las antara (3) dan (4) akan terbentuk struktur antara dan martensit.
- 4) Dengan pendinginan lebih cepat dari (4) akan terbentuk martensit.

Karakteristik dari siklus termal las (1), (2), (3) dan (4) ini dalam bentuk lamanya waktu pendinginan dari temperatur 800°C ke 500°C masing-masing adalah 200 detik (ditunjukkan oleh  $C'e$  dalam diagram), 32 detik ( $C'p$ ), 9,6 detik ( $C'j$ ) dan 3 detik ( $C'g$ ).

Biasanya diagram transformasi pendinginan berlanjut menunjukkan juga kekerasan yang dimiliki oleh baja setelah mendingin mengikuti suatu siklus termal tertentu. Karena itu dengan mengukur waktu pendingin dari 800°C sampai 500°C dan menggabungkan dengan diagram CCT dari baja yang sama, maka struktur dan kekerasan baja pada daerah HAZ sudah dapat ditentukan.

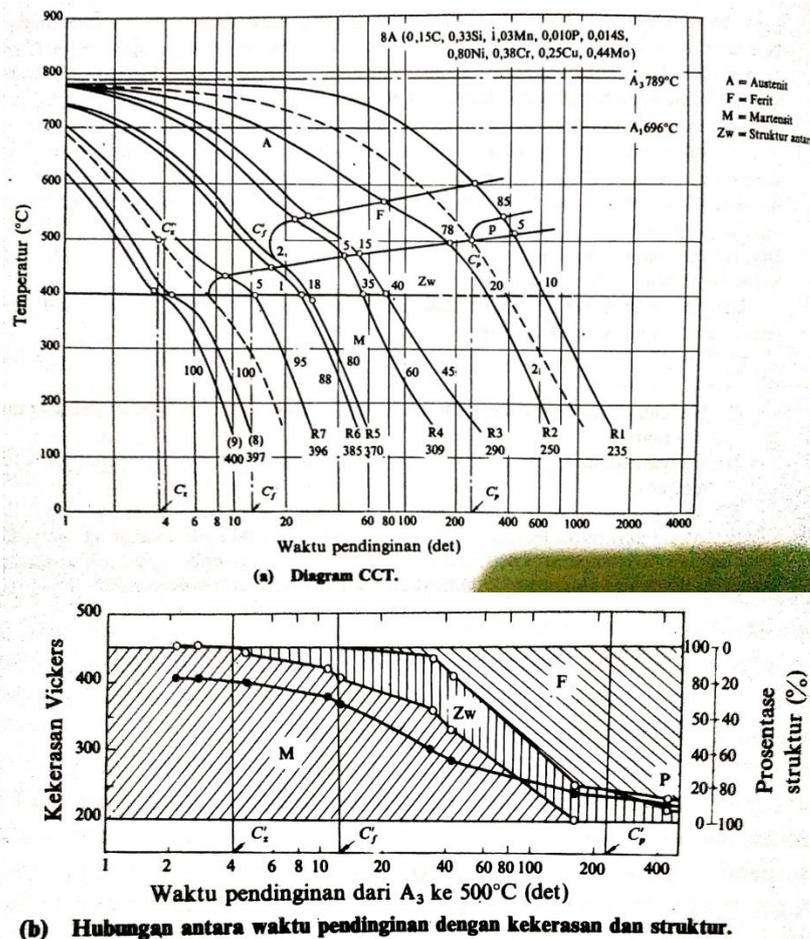
Diagram transformasi pendinginan berlanjut untuk baja kekuatan 80 kg/mm<sup>2</sup> ditunjukkan pada gambar 2.5 di dalam gambar (b) ditunjukkan hubungan antara prosentase struktur dan kekerasan baja yang dapat dengan melalui beberapa macam waktu pendinginan (dari 787°C sampai 500°C) seperti yang terlihat pada gambar (a). Diagram semacam ini memungkinkan untuk mengetahui kecepatan terbentuknya struktur, kekerasan dan lain sebagainya, yang terjadi karena pengelasan.

Diagram transformasi pendinginan berlanjut dapat berubah karena dapat berubah karena berubahnya temperatur maksimum yang terjadi. pada umumnya bila temperatur maksimum naik, kurva-kurva yang menunjukkan terjadinya struktur-struktur tertentu di dalam diagram bergerak ke kanan yang mengarah pada pemantapan pembentukan martensit. bila ini terjadi jelas bahwa hasil pengelasan menjadi lebih keras.

### **2.3.3 Ketangguhan Dan Penggetasan Pada Daerah HAZ**

Kepekaan terhadap patah getas adalah masalah besar pada baja. Bila patah getas ini terjadi pada baja dengan daya tahan rendah, patahan tersebut dapat merambat dengan kecepatan sampai 2000 m/detik, yang dapat

menyebabkan kerusakan dalam waktu yang sangat singkat sekali. Dalam hal sambungan las, patah getas ini menjadi lebih penting lagi karena adanya faktor-faktor yang membantu seperti : konsentrasi tegangan, struktur yang tidak sesuai dan adanya cacat dalam lasan. berhubungan dengan hal ini maka dalam usaha mempertinggi keamanan las, perlu adanya penilaian ketahanan daerah las terhadap patah getas.



**Gambar 2.5 Diagram CCT Dan Hubungan Antara Waktu Pendingin Dengan Kerasan Dan Struktur**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

### 1) Pengujian Ketangguhan Dari Daerah Las

Untuk menilai ketahanan daerah las terhadap patah getas perlu adanya pengujian yang juga mempertimbangkan faktor-faktor dinamis yang dapat mempengaruhi patah getas, seperti kecepatan regang, takik, tebal plat, tegangan sisa, konsentrasi tegangan dan regangan dan lain

sebagainya. Untuk menampung hal-hal dinamik ini perlu pengujian dengan skala besar, baik dalam jumlah maupun dalam dimensi. Tetapi dipandang dari sudut ekonomi hal ini tidak mungkin dilakukan, karena itu dibuat pengujian skala kecil yang distandarkan yang disebut pengujian takik. Temperatur transisi dan kriteria pengujian takik ditunjukkan dalam Tabel 2.2 sebagai berikut.

**Tabel 2.2 Suhu Transisi Dan Kriteria Patahan**

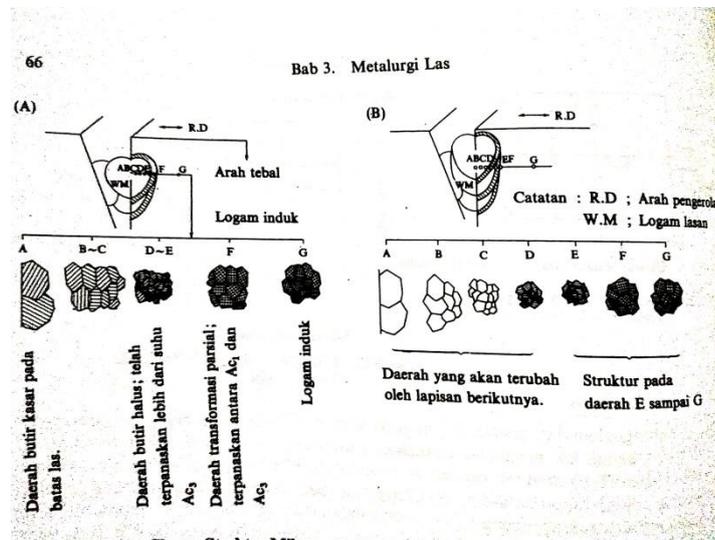
|                                       |                                 |  |
|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Perkiraan suhu transisi patahan getas | Berdasarkan energi yang diserap | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suhu di mana energi yang diserap sampai patah atau energi yang diserap setelah beban maksimum terlampaui mencapai <math>\frac{1}{2}</math> dari energi maksimum yang mungkin terserap atau sama dengan harga rata-rata dari energi terserap yang maksimum dan minimum.</li> <li>2) Suhu di mana terjadi gradien energi yang tertinggi.</li> </ol>  |
|                                       | Berdasarkan penampakan patahan  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suhu di mana luas patahan butir atau patahan getas mencapai <math>\frac{1}{2}</math> dari luas penampang semula.</li> <li>2) Suhu di mana ujung patahan serat atau patahan ulet mencapai <math>\frac{1}{2}</math> dari seluruh permukaan patah.</li> </ol>   |
| Perkiraan suhu transisi patahan ulet  | Berdasarkan energi yang diserap | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suhu di mana energi yang diserap sebelum beban maksimum terlampaui mencapai <math>\frac{1}{2}</math> dari energi maksimum yang mungkin terserap atau sama dengan harga rata-rata dari energi terserap yang maksimum dan yang minimum.</li> <li>2) Suhu di mana terjadi gradien energi yang tertinggi</li> <li>3) Suhu di mana energi yang terserap mencapai harga tertentu, misalnya dalam uji Charpy 10 ft-lb (<math>T_{r10}</math>) atau 15 ft-lb (<math>T_{r15}</math>).</li> </ol> |
|                                       | Berdasarkan ketangguhan         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suhu di mana sudut tekuk pada beban maksimum turun dengan mendadak.</li> <li>2) Suhu di mana laju kontraksi patahan pada dasar takik menurun atau mencapai harga prosentase tertentu, misalnya 2%.</li> </ol>  |
|                                       | Berdasarkan kekuatan            | Suhu di mana kekuatan luluh sama dengan kekuatan tertinggi   |
|                                       | Berdasarkan penampakan patahan  | Suhu di mana patahan serat atau patahan ulet mulai terjadi atau mencapai suatu prosentase tertentu (rendah) terhadap seluruh luas permukaan patahan.   |

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

## 2) Ketangguhan Dan Penggetasan Batas Las

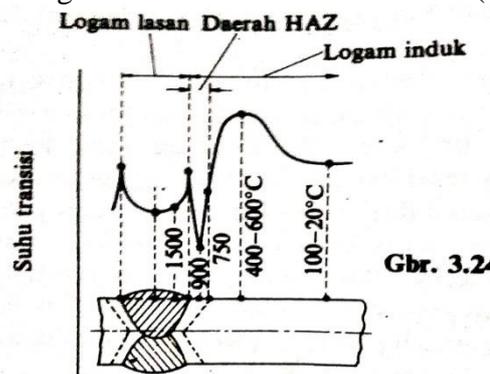
Struktur logam pada daerah pengaruh panas atau HAZ berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke struktur logam las, seperti yang terlihat dalam Gambar 2.6. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar. Daerah ini dinamakan batas las.

Di dalam daerah pengaruh panas, besar butir dan struktur berubah sesuai dengan siklus termal yang terjadi pada waktu pengelasan. Karena siklus termal yang terjadi sangat rumit maka dengan sendirinya perubahan ketangguhannya juga sangat rumit. Pada daerah batas las dimana buti-butir nya sangat kasar logam menjadi sangat getas dan disebut penggetasan batas las. Pada batas las ini terjadi konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh diskontinuitas pada kaki manik las, takik las, retak las dan lain sebagainya. Kegetasan dari batas las ini, disamping disebabkan oleh butir-butir yang kasar, mungkin juga karena cacat-cacat las atau titik-titik pusat konsentrasi tegangan pada batas las merupakan usaha yang sangat penting dalam menjamin ketangguhan sambungan las.



**Gambar 2.6 Skema Struktur Mikro Daerah HAZ**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



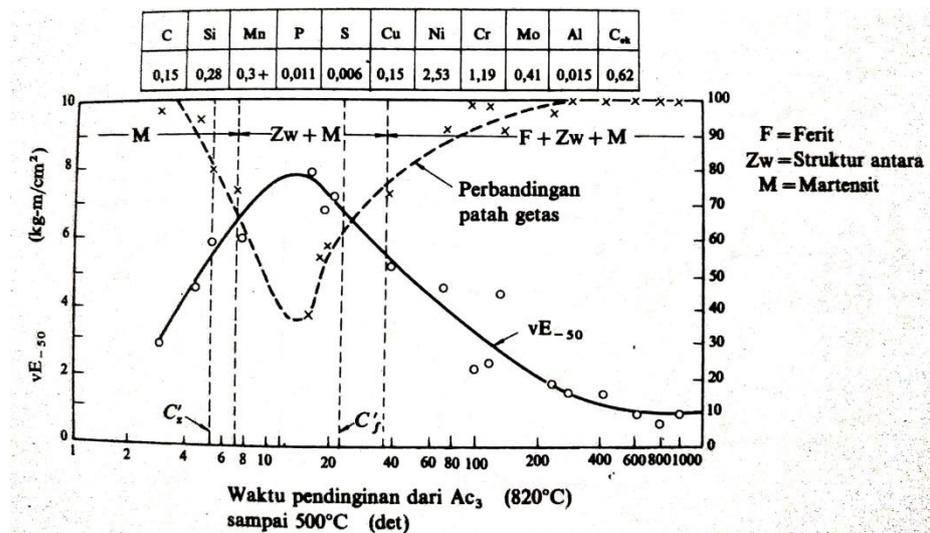
### Gambar 2.7 Perubahan Temperatur Transisi Pada Lasan

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Ketangguhan yang terjadi tergantung pada suhu pemanasan maksimum dan kecepatan pendinginan dari 800°C sampai 500°C. Berdasarkan pada kecepatan pendinginan, perubahan struktur yang terjadi sebagai berikut :

Martensit → bainit bawaan → bainit atas → ferit + perlit

Bila didingin-cepatkan atau dicelup bainit bawah dan bainit atas akan membentuk struktur antara ( $Z_w$ ).



Gambar 2.8 Hubungan Antara Waktu Pendinginan, Struktur Mikro dan Kekuatan Tumbuk pada Daerah HAZ

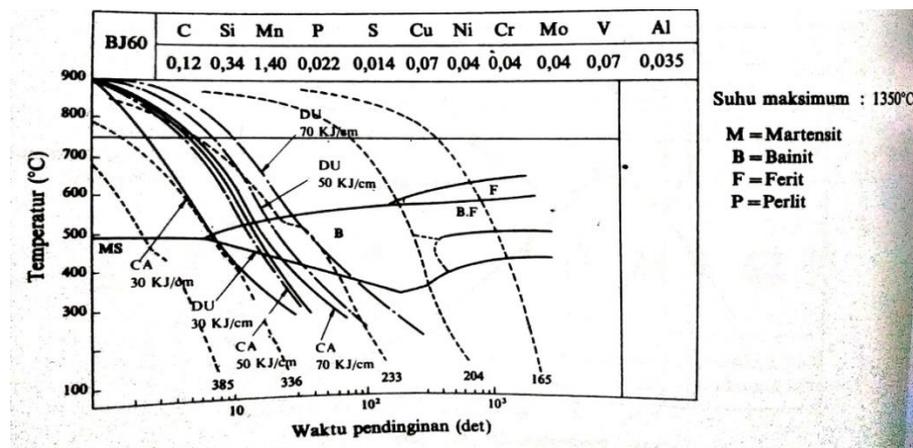
Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Ketangguhan yang paling baik didapat bila terbentuk struktur ganda dari martensit dan bainit bawah. Sedangkan bila terjadi bainit atas dan ferit kasar ketangguhan baja menjadi sangat rendah. Perubahan struktur diatas disebabkan oleh perbedaan sifat mampu keras baja yang disebabkan karena adanya perbedaan komposisi kimia dan perbedaan kecepatan pendinginan karena panas pengelasan, pemanasan mula, tebal pelat dan lain sebagainya. Semua faktor tersebut merubah besarnya penggetasan batas las secara rumit sekali. Untuk menjelaskan terjadinya perubahan struktur ini biasanya digunakan diagram CCT.

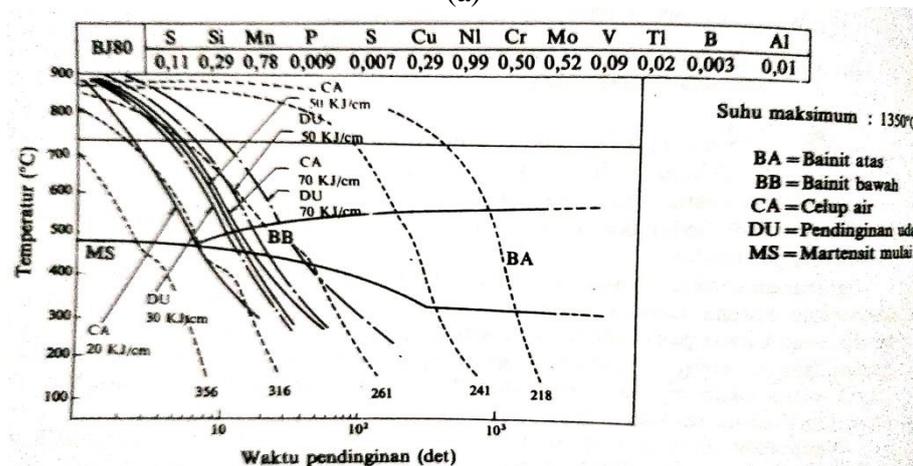
Disamping hal di atas juga dikembangkan usaha pembuatan pelat baja yang mempunyai penggetasan batas las sekecil-kecilnya dengan mengatur komposisi kimia.

3) Pengaruh Komposisi Kimia Dan Masukan Panas Las Terhadap Penggetasan Batas Las.

Penggetasan batas las disebabkan oleh tumbuhnya kristal menjadi butir-butir kasar atau karena terbentuknya struktur bainit atas. Karena itu dalam hal ini sangat penting untuk menjalankan hubungan antara ketangguhan batas las, komposisi kimia logam induk dan kecepatan pendinginan.



(a)



(b)

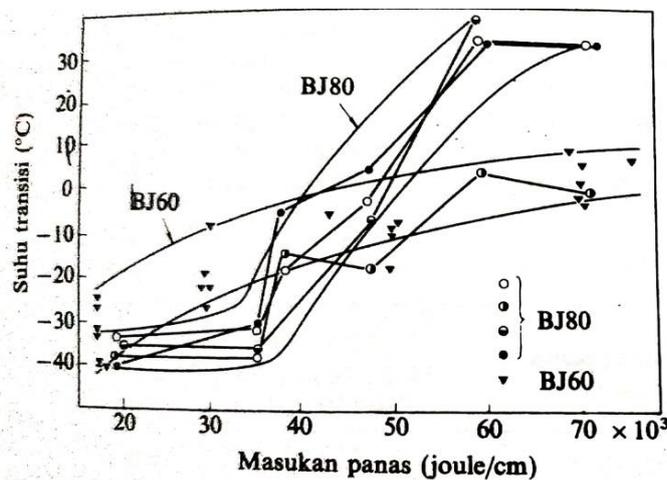
Gambar 2.9 Diagram CCT untuk Baja BJ60 (a) dan BJ80 (b)

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Pada baja kekuatan 80 kg/mm<sup>2</sup>, tingkat kegetasan yang terjadi karena perubahan masukan panas lebih besar bila dibandingkan dengan

baja kekuatan 60 kg/mm<sup>2</sup>. Dalam hal baja kekuatan 80 kg/mm<sup>2</sup>, karena banyaknya macam dan tingginya kadar unsur paduan, maka pada pendinginan cepat, baja akan menjadi keras tetapi tangguh karena terbentuknya struktur martensit dan bainit bawah pada batas las. Sebaliknya pada kecepatan pendinginan rendah akan terbentuk struktur bainit atas yang akan mengurangi ketangguhan dari batas las.

Bila terbentuk struktur bainit atas, maka akan terbentuk butir-butir martensit karbon tinggi yang sangat getas di antara bainit atas. Kalau hal ini terjadi ketangguhan batas las akan lebih rendah lagi bila dibandingkan terbentuknya struktur ferit-perlit. Dalam hal baja kekuatan 80 kg/mm<sup>2</sup>, karena mengandung banyak unsur paduan dengan kadar yang tinggi, maka kemungkinan terbentuknya bainit atas sangat besar, sehingga dengan kecepatan pendinginan yang rendah tingkat kegetasannya lebih tinggi dari pada baja dengan kadar unsur paduan yang rendah



**Gambar 2.10 Pengaruh Masukan Panas Pada Sifat Tumbuk**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Dari uraian ini, jelas bahwa pengaruh komposisi kimia logam induk terhadap ketangguhan bata las dapat berubah secara rumit sekali, tidak hanya karena banyaknya macam dan besarnya kadar tiap-tiap unsur, tetapi juga karena kecepatan pendinginan yang terjadi selama pengelasan. Sehingga jelas lah bahwa penggetasan batas las sebagian besar tergantung pada komposisi kimia dari logam induk dan kecepatan

pendinginan dari daerah las serta masukan panas. Karenaitu diperlukan pengawasan yang ketat terhadap syarat-syarat pengelasan, sehingga untuk pengawasan ini diperlukan diagram transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT dan nomografi dari bermacam-macam pelat baja.

#### 4) Cara Untuk Menurunkan Penggetasan Batas Las

##### a) Penggunaan baja yang kurang peka terhadap penggetasan batas las.

Cara yang banyak digunakan adalah mengurangi kadar paduan dan karbon dalam baja dan mempertinggi kadar nikel. Penurunan kadar unsur paduan dan karbon tidak hanya efektif untuk mengurangi penggetasan batas las tetapi juga sangat baik untuk menghindari terjadinya retak las. Cara ini banyak sekali digunakan untuk memproduksi baja kekuatan 60 kg/mm<sup>2</sup> atau yang lebih kuat.

##### b) Pembatasan masukan panas.

Pembatasan masukan panas digunakan juga sebagai suatu cara untuk mengurangi penggetasan batas las misalnya dalam pengelasan baja kekuatan 70 kg/mm<sup>2</sup> dan 80 kg/mm<sup>2</sup>, biasanya diusahakan agar masukan panas yang kurang dari 50 atau 40 KJ/Cm. dengan masukan panas yang rendah ini dapat dicapai temperatur transisi uji takik Charpy dari batas las, dibawah 0°C. Dalam hal ini jelas bahwa pemanasan mula yang berlebihan, dengan tujuan untuk memperlambat pendinginan, tidak dikehendaki karena ini akan menambah besarnya masukan panas. karena itu pemanasan mula harus diusahakan serendah mungkin asal cukup untuk menghindari terjadinya retak las.

##### c) Penurunan Penggetasan Melalui Cara Pengelasan

Cara lain untuk untuk menurunkan penggetasan batas las adalah memperbaiki struktur mikro yang terjadi dengan cara pemanasan kembali melalui panas las. Jadi di dalam pengelasan lapis banyak sebenarnya secara tidak langsung telah dilakukan usaha penurunan penggetasan. Dalam hal ini lapisan las yang ada

di bawah dipanaskan oleh lapisan di atasnya sehingga dicapai temperatur di atas titik transformasi  $Ac_3$  yang menyebabkan terbentuknya butir-butir kristal yang halus.

#### **2.3.4 Ketangguhan Logam Las**

Tidak perlu dijelaskan lagi bahwa ketangguhan logam las juga tergantung dari strukturnya seperti halnya pada logam induk dan pada batas las. Hanya saja logam las adalah logam yang dalam proses pengelasan mencair dan kemudian membeku, sehingga logam las ini banyak sekali mengandung oksigen dan gas-gas lain.

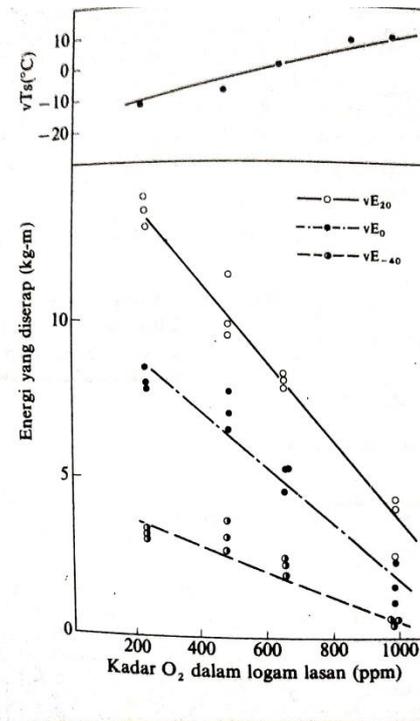
Komposisi logam las sudah barang tentu tergantung dari proses pengelasan yang digunakan, tetapi dapat diperkirakan bahwa komposisinya akan terdiri dari komponen logam induk dan komponen bahan las yang digunakan. Karena itu dalam menganalisa ketangguhan logam las harus diperhatikan pengaruh unsur lain yang terserap selama proses pengelasan, terutama oksigen, dan pengaruh dari strukturnya sendiri.

##### **1) Pengaruh Oksigen**

Pada waktu logam las masih cair, oksigen dihalangi oleh terak dan gas pelindung yang terbentuk oleh bahan pembungkus elektroda. Tetapi walaupun demikian penyerapan oksigen oleh logam las cair tidak dapat dihalangi sepenuhnya, sehingga logam las mengandung lebih banyak oksigen bila dibanding dengan logam induk, sehingga terjadi perbedaan keuletan antara keduanya. Pada umumnya oksigen akan membentuk butiran oksida dalam logam las dan menurunkan kekuatan tumbuk Charpy. Sama halnya seperti oksigen, nitrogen diperkirakan juga banyak terserap ke dalam logam las dan ini pun menyebabkan berkurangnya ketangguhan.

Pada umumnya, dalam las busur gas, banyaknya oksigen yang diserap tergantung dari macam gas pelindungnya. Dalam las dengan pelindung gas argon, kadar oksigen yang terserap sangat rendah, sedangkan dalam pelindung  $CO_2$ , oksigen yang terserap lebih tinggi. Dalam pengelasan manual dan pengelasan busur rendam, kandungan

oksigen dalam logam las sangat tergantung dari bahan selubung dan kebiasaan dari fluks.



**Gambar 2.11 Hubungan Antara Sifat Tumbuk dan Kadar O<sub>2</sub> Dalam Logam Lasan**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

## 2) Pengaruh Struktur

Pengaruh struktur logam las terhadap ketangguhan pada dasarnya sama saja seperti pada batas las. Tetapi karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair dan kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen. Jadi jelas bahwa kecuali terjadinya pemisahan, pengaruh struktur terhadap batas las yaitu struktur bainit atas dan ferit kasar menurunkan ketangguhan dan struktur bainit bawah dan martensit mempertinggi ketangguhan.

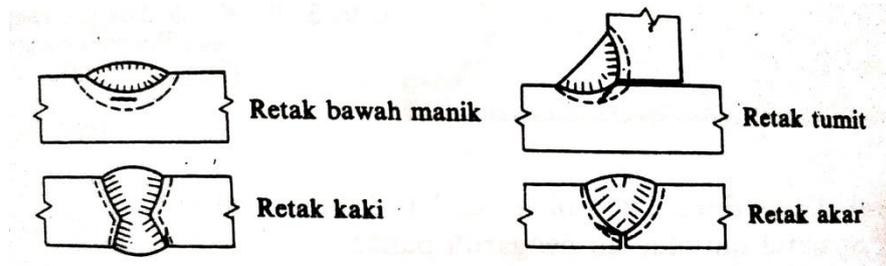
## 2.4 Retak Pada Daerah Las

### 2.4.1 Jenis Retak Las

Retak las dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu kelompok retak dingin dan kelompok retak panas. Retak dingin adalah retak yang terjadi di daerah las pada suhu di bawah suhu transformasi martensit(M<sub>s</sub>) yang

tingginya kira-kira 300°C, sedangkan retak panas adalah retak yang terjadi pada suhu di atas 550°C.

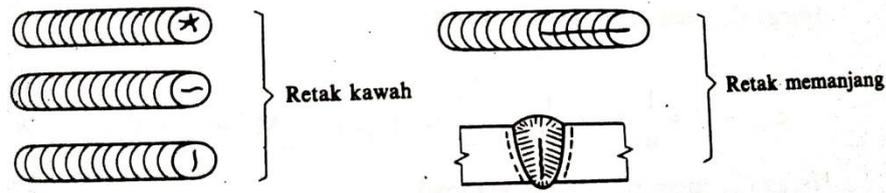
Retak dingin dapat terjadi tidak hanya pada daerah HAZ, tetapi juga pada logam las. Retak dingin daerah pengaruh panas yang sering terjadi dapat dilihat dalam gambar 2.12. Retak dingin utama pada daerah ini adalah retak bawah manik las, retak akar dan retak kaki. Sedangkan retak dingin pada logam las biasanya adalah retak memanjang dan retak melintang.



**Gambar 2.12 Retak Dingin**

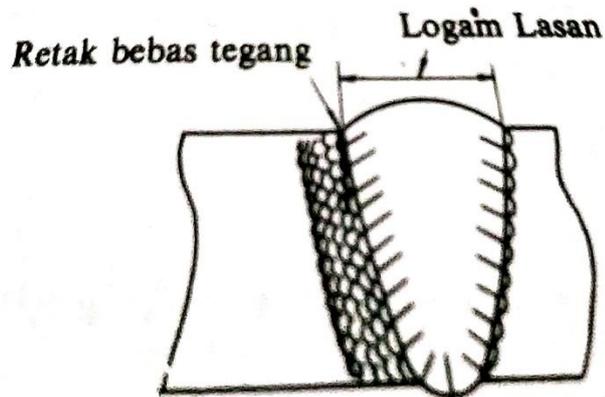
Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Retak panas dibagi menjadi dalam dua kelas yaitu retak karena pembebanan tegangan pada daerah pengaruh panas yang terjadi pada suhu antara 550°C-700°C dan retak yang terjadi pada suhu di atas 900°C yang terjadi pada peristiwa pembekuan logam las. Retak panas yang sering terjadi pada logam las karena pembekuan biasanya berbentuk retak kawah, dan retak memanjang. Pada pengelasan baja tahan karat austenit, biasanya terjadi retak panas di daerah HAZ dan logam las. Retak panas karena pembebasan tegangan pada umumnya terjadi pada daerah kaki di dalam daerah pengaruh panas.



**Gambar 2.13 Retak Panas**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



**Gambar 2.14 Skema Retak Bebas Tegang**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

#### **2.4.2 Penyebab Retak Las Dan Cara Menanggulangi**

##### 1) Retak dingin di daerah pengaruh panas (HAZ)

Retak dingin di daerah pengaruh panas atau HAZ biasanya terjadi antara beberapa menit sampai 48 jam sesudah pengelasan. Karena itu retak ini disebut juga retak lambat. Retak dingin disebabkan oleh tiga hal berikut :

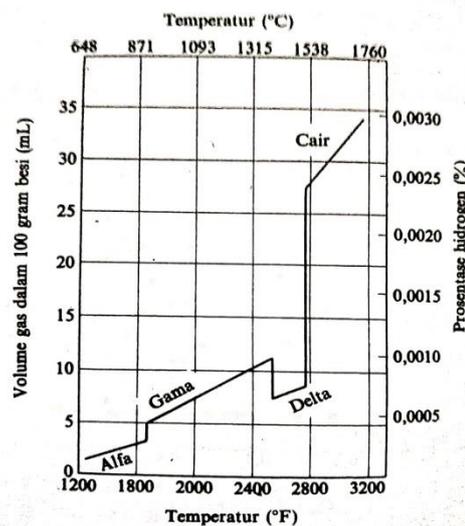
##### a) Struktur daerah pengaruh panas (HAZ).

Struktur dari daerah pengaruh panas ditentukan oleh komposisi kimia dari logam induk dan kecepatan pendinginan dari daerah las. Retak dingin di daerah HAZ dalam pengelasan baja biasanya terjadi pada daerah martensit. Karena itu kadar dari unsur paduan yang mempertinggi sifat mampu keras baja harus diusahakan serendah mungkin. Pengaruh dari unsur paduan terhadap kepekaan retak dingin dari daerah HAZ biasanya dapat dilihat dari harga ekuivalen karbon dari unsur-unsur yang dikandung ( $C_{ek}$ ) dan harga parameter retak ( $P_{CM}$ ). Dalam hal ini jika nilai dari  $C_{ek}$  dan  $P_{CM}$  turun, maka kepekaan terhadap retak dingin dari daerah pengaruh panas juga turun. Kekuatan baja yang turun karena turunnya  $C_{ek}$  dan  $P_{CM}$  dapat diperbaiki dengan mengatur jenis dan banyaknya unsur yang dicampurkan pada waktu pembuatan baja. Selain itu dapat juga diperbaiki dengan memilih kondisi pengerolan, misal dilakukan

pada suhu rendah atau memilih dan mengatur proses perlakuan panas yang digunakan.

b) Hidrogen difusi dalam daerah las.

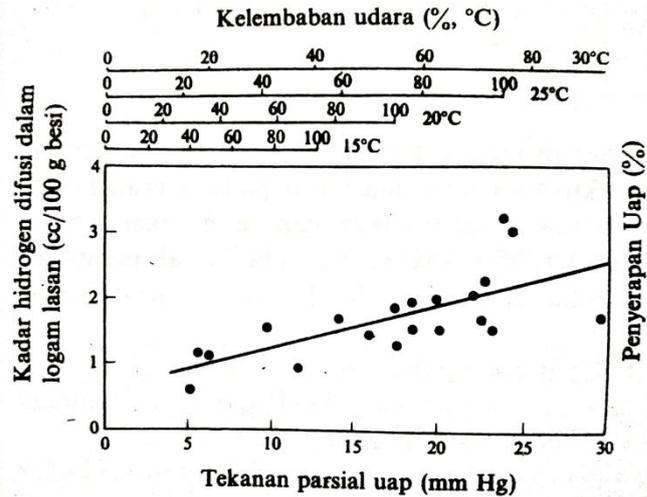
Retak las juga dipengaruhi oleh adanya difusi hidrogen dari logam las ke dalam daerah pengaruh panas. Pada waktu logam las mencair, logam ini menyerap hidrogen dengan jumlah besar yang dilepaskan dengan cara difusi pada suhu rendah karena pada suhu tersebut kelarutan hidrogen menurun. Hidrogen yang didifusikan ini menyebabkan terjadinya retak di daerah pengaruh panas.



**Gambar 2.15 Kelarutan Hidrogen Dalam Besi Pada Tekanan 1 atm**

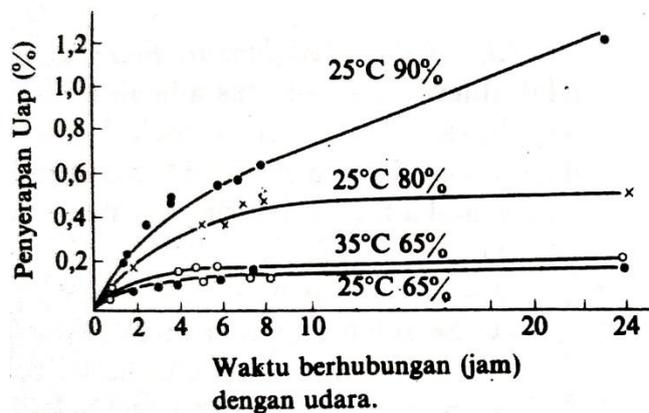
Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Sumber dari hidrogen yang diserap adalah air dan zat organik yang terkandung di dalam fluks atau kelmebaban udara atmosfer. Di samping itu minyak, zat organik dan air yang melekat pada rongga-rongga dan permukaan pelat atau kawat las juga merupakan sumber hidrogen. Hubungan antara tekanan parsial uap air dalam atmosfer dan hidrogen difusi dalam logam las serta hubungan antara lamanya elektroda di atmosfer dan kadar uap dalam fluks ditunjukkan pada gambar 2.16 dan 2.17. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa bila elektroda terlalu lama diletakkan di luar, fluksnya akan mengisap uap air dan akibatnya logam yang dilas dengan elektroda ini kepekaannya terhadap retak las akan naik.



**Gambar 2.16 Pengaruh Udara Terhadap Kadar Hidrogen Difusi Dalam Logam Lasan**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



**Gambar 2.17 Penyerapan Uap Oleh Elektroda Terbungkus**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Usaha untuk menghindari retak las dapat dilakukan dengan menghilangkan sumber hidrogen dan melepaskan hidrogen yang telah diserap. Untuk hal ini dilakukan penurunan kecepatan pendinginan dengan memberikan pemanasan mula pada temperatur antara 50 sampai 200°C atau memberikan pemanasan kemudian pada temperatur antara 200°C sampai 300°C.

Dalam usaha mengurangi hidrogen difusi ini dapat juga digunakan fluks yang mengandung banyak karbonat. Dengan fluks ini akan dihasilkan gas karbon dioksida yang dapat menurunkan

tekanan parsial hidrogen di dalam busur listrik yang dengan sendirinya akan mengurangi hidrogen difusi.

c) Tegangan.

Tegangan yang dapat mempengaruhi terjadinya retak las adalah tegangan sisa dan tegangan termal. Tegangan sisa banyak sekali tergantung pada rancangan las, proses pengelasan yang digunakan dan pengawasannya. Kenaikan dari tebal plat akan mempertinggi besarnya tegangan sisa dan akan menyebabkan terjadinya retak las. Untuk menghindari retak las dalam las sudut pada pengelasan baja dengan kepekaan retak las yang tinggi dapat digunakan elektroda terbungkus yang mempunyai logam las dengan kekuatan rendah dan keuletan tinggi.

d) Cara menghindari retak las.

Sebab utama dari terjadinya retak las seperti telah diterangkan diatas adalah terbentuknya struktur martensit pada daerah HAZ. Terjadinya hidrogen difusi pada logam las dan besarnya tegangan yang bekerja pada daerah las. Karena itu dalam menghindari terjadinya retak las pada daerah pengaruh panas, maka faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya hal-hal di atas harus diusahakan serendah-rendahnya. Usaha penanggulangan retak las dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sejauh mungkin menggunakan baja dengan harga  $C_{ek}$  dan  $P_{CM}$  rendah, sehingga terbentuknya struktur martensit pada daerah HAZ dapat dihindari.
2. Sedapat mungkin menggunakan elektroda dengan fluks yang mempunyai kadar hidrogen rendah.
3. Menghilangkan kristal air yang terkandung dalam fluks basa yang sering digunakan dalam las busur rendam.
4. Elektroda yang akan digunakan harus dipanggang lebih dahulu dan penyimpanannya harus sedemikian rupa sehingga elektroda yang sudah dipanggang tersebut tidak menyerap uap air.

5. Sebelum mengelas, pada daerah sekitar kampuh harus dibersihkan dari air, karat, debu, minyak dan zat organik yang dapat menjadi sumber hidrogen.
6. Penggunaan CO<sub>2</sub>, sebagai gas pelindung akan sangat mengurangi terjadinya difusi hidrogen.
7. Untuk melepaskan kadar hidrogen difusi dapat digunakan las dengan masukan panas tinggi, atau dilakukan pemanasan mula dan penahanan suhu lapisan las yang dapat memperlambat pendinginan.
8. Penurunan kadar hidrogen difusi dapat juga dilakukan dengan perlakuan panas kemudian.
9. Menghindari pengelasan pada waktu hujan atau di tempat di mana daerah las dapat kebasahan.
10. Tegangan yang terjadi pada daerah las harus diusahakan serendah mungkin dengan pemilihan dan pengawasan rancangan dan cara pengelasannya yang tepat.

## 2) Retak lamel

Pada konstruksi kerangka yang besar seperti bangunan laut, biasanya digunakan plat tebal, sehingga pada daerah las terjadi tegangan yang besar pula. Karena tegangan ini kadang-kadang terjadi retak berumpak yang menjalar sepanjang butiran bukan logam yang ada di dalam baja. Butiran dengan bentuk kubus seperti MnS atau Mn Si O<sub>3</sub> biasanya lebih peka terhadap retak lamel dari pada butiran berbentuk bulat. Karena hal tersebut, maka pada baja tahan retak biasanya kadar

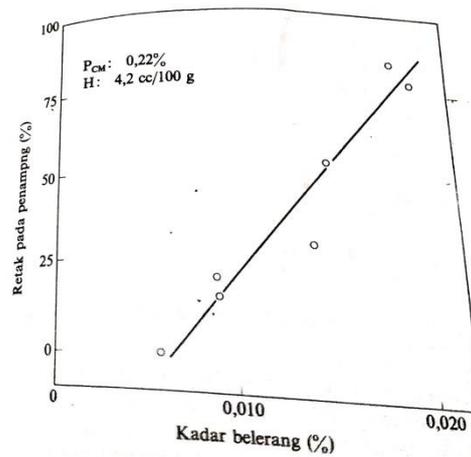


**Gambar 2.18 Retak Lamel Yang Dimulai Dari Retak Akar**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008.

Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

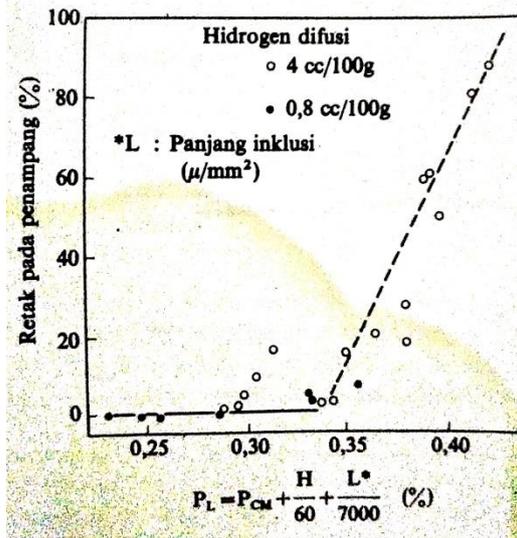
belerang diusahakan serendah-rendahnya. Penambahan unsur Ce atau Ca pada baja dapat membentuk butiran bukan logam yang berbentuk bulat, sehingga pengurangan kepekaan baja terhadap retak lamel di samping pengurangan kadar S, dapat juga dilakukan dengan penambahan Ce dan Ca. Sifatnya yang khusus, retak lamel juga mempunyai sifat seperti retak las pada umumnya. Karena itu retak lamel di samping sangat dipengaruhi oleh bentuk butir bukan logam, juga dipengaruhi oleh harga  $C_{ek}$  atau  $P_{CM}$  kadar hidrogen difusi dan tegangan sisa.



**Gambar 2.19 Pengaruh Kadar Belerang Pada Kepakaan Retak Lamel**

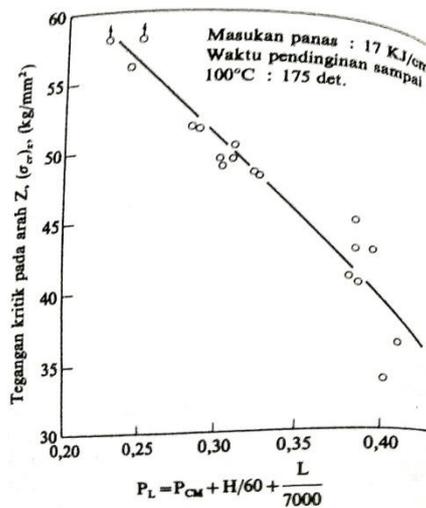
Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Hubungan antara kepekaan retak lamel dengan indeks kepekaan  $P_L$ , yang mencakup komposisi kimia, kadar hidrogen difusi dan butiran bukan logam ditunjukkan dalam gambar 2.20. Hubungan antara  $P_L$  dan tegangan kritik pada uji tarik dengan bebas tarik searah dengan tebal plat dapat dilihat pada gambar 2.21



Gambar 2.20 Hubungan Antara Retak Lamel dan Kepekaan  $P_L$

Sumber : Harsono Wirjosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



Gambar 2.21 Hubungan Antara Kepekaan  $P_L$  dan Tegangan Kritis Pada Arah Tebal

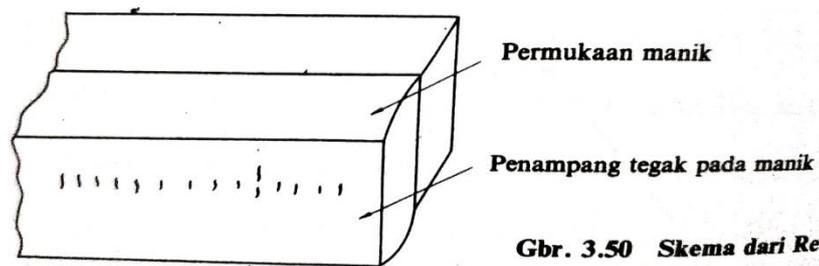
Sumber : Harsono Wirjosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

3) Retak lintang pada logam las

Retak dingin di samping terjadi pada daerah HAZ juga dapat terjadi pada logam las. Retak ini biasanya terjadi dengan arah tegak lurus atau melintang terhadap garis las seperti yang ditunjukkan pada skema dalam gambar 2.22, dan disebut retak lintang.

Retak lintang dapat terjadi pada pengelasan busur rendam atau pada las busur listrik dengan elektroda terbungkus dan juga pada

pengelasan yang menggunakan logam las dengan kekuatan lebih dari 75 kg/mm<sup>2</sup>.



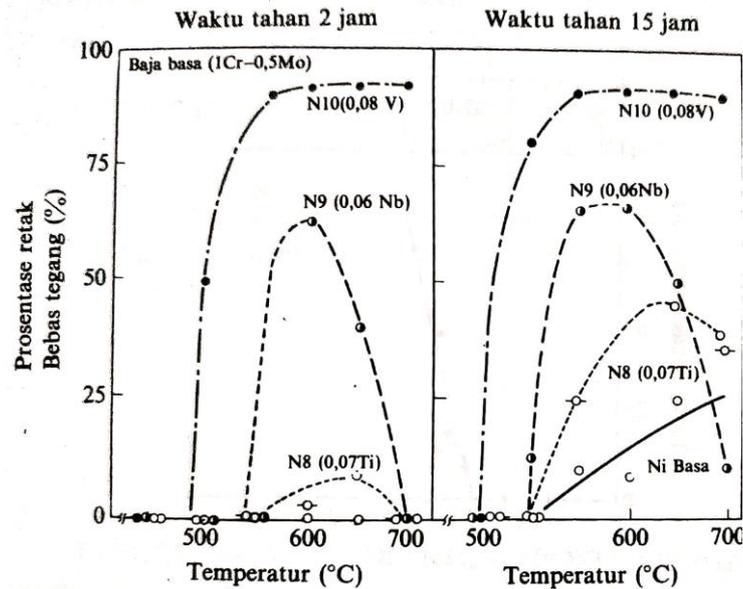
**Gambar 2.22 Skema Dari Retak Lintang**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Retak lintang sama halnya dengan retak dingin, terjadi karena adanya hidrogen difusi yang keluar dari fluks atau pembungkus elektroda. Pada permukaan manik las, hidrogen difusi yang dikandung dapat dilepaskan dengan mudah bila dibandingkan dengan hidrogen yang ada bagian dalam. Karena itu lintang biasanya terdapat pada tengah-tengah tebal lasan tanpa menembus permukaan. Dengan penjelasan tersebut, jelaslah bahwa cara menghindari retak lintang adalah menurunkan kadar hidrogen difusi. Di samping pengeringan dan penyimpanan yang baik dari bahan-bahan las terhadap uap air, pemanasan mula dan pemanasan kemudian sangat membanut sekali dalam melepaskan hidrogen difusi.

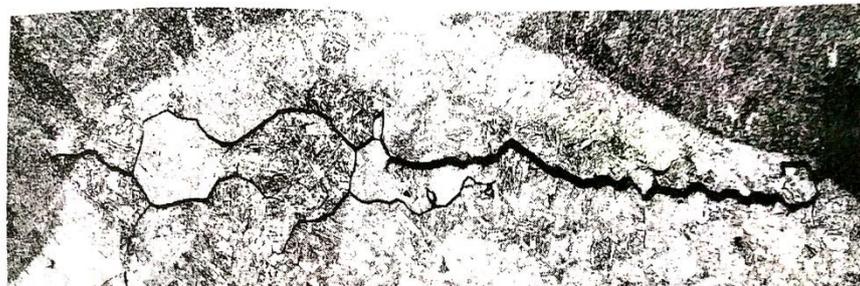
4) Retak pada daerah las karena proses pembebasan tegangan

Retak yang terjadi karena perlakuan panas sesudah pengelasan adalah retak karena anil pembebasan tegangan, yang dilakukan pada suhu 500°C sampai 700°C. Tempat terjadinya retak anil ini adalah pada batas butir, terutama butir kasar pada daerah pengaruh panas.



**Gambar 2.23 Hubungan Antara Retak Bebas Tegang Dan Temperatur Waktu Pemanasan Dengan Pengujian Lengkung U**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



Pembesaran 100 x

**Gambar 2.24 Retak Bebas Tegang Pada Pengujian Celah Y Dari Baja BJ 80 Yang Dibebeaskan**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

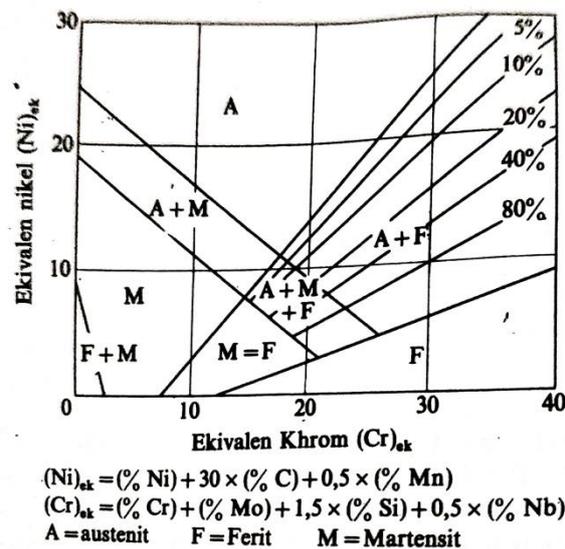
Bila dilihat dari bahan, baja kekuatan 80 kg/mm<sup>2</sup> dan baja paduan rendah Cr-Mo-V adalah baja yang sangat peka terhadap retak karena pembebasan tegangan. Pengaruh komposisi kimia pada kepekaan retak tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut. Menurut Nakamura, Achiki dan Okabayashi :

$$\Delta G = (\text{Cr}) + 3,3 (\text{Mo}) + 8,1 (\text{V}) - 2$$

Menurut Ito dan Nakanashi :

$$P_{\text{SR}} = (\text{Cr}) + (\text{Cu}) + 2(\text{Mo}) + 10(\text{V}) + 7(\text{Ne}) + 5(\text{Ti})$$

Dari kedua rumus tersebut bila  $\Delta G$  atau  $P_{SR}$  mempunyai harga positif maka terjadi keretakan. Bila baja mengandung karbon kurang dari 0,1% atau krom lebih dari 1,5% , kepekaannya terhadap retak karena pembebasan tegangan menjadi rendah sehingga persamaan  $P_{SR}$  tidak berlaku. Di samping unsur-unsur diatas ternyata bahwa unsur : P, S, B, As dan Sb juga mempertinggi kepekaan baja terhadap retak karena pembebasan tegangan.



**Gambar 2.25 Diagram Schaeffler**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

Untuk menghindari keretakan ini, harus diusahakan untuk menggunakan baja dengan harga  $\Delta G$  dan  $P_{SR}$  rendah. Karena retak ini juga terjadi oleh adanya konsentrasi tegangan seperti pada bagian kaki dari lasan, maka bagian ini harus diselesaikan sehalus mungkin sehingga tidak ada takikan. Di samping itu juga harus dihindari adanya garis las yang menyilang atau terlalu dekat satu sama lain.

#### 5) Retak Panas

Retak panas biasanya terjadi pada waktu logam las mendingin setelah pembekuan selesai. Retak ini terjadi karena adanya tegangan yang timbul yang disebabkan oleh penyusutan dan sifat baja yang ketangguhannya turun pada suhu sedikit dibawah suhu pembekuan. Dengan demikian maka retak ini akan terjadi pada batas butir, karena

pada tempat tersebut biasanya terbentuk senyawa dengan titik cair rendah. Karena itu unsur seperti Si, Ni, S, dan P akan mempertinggi kepekaan baja terhadap retak jenis ini.

Usaha menghindari retak panas adalah menurunkan kadar Si dan Ni serendah mungkin dan menghilangkan kandungan S dan P sejauh mungkin. Dalam hal baja tahan karat austenit menghindarinya adalah mengusahakan agar 5 sampai 10% dari ferit  $\delta$  terdapat dalam struktur austenit. Dalam memperkirakan jumlah ferit yang ada dalam austenit biasanya digunakan diagram Schaeffler seperti terlihat dalam gambar 2.25.

### 2.4.3. Heat Input

Heat Input merupakan parameter penting karena seperti halnya pemanasan awal dan temperatur interpass, heat input juga mempengaruhi laju pendinginan yang akan berpengaruh pada mechanical properties dan struktur metalurgi dari HAZ. Rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya heat input yaitu :

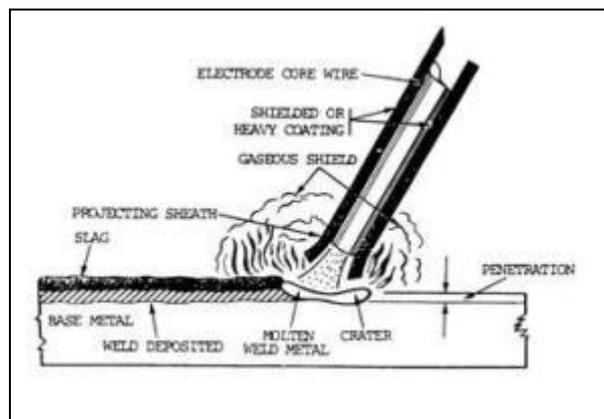
$$\text{Heat Input (Kj/mm)} = \text{Arus} \times \text{Tegangan} \times 60$$

$\text{Travel Speed (TS)} \times 1000$  Apabila heat input dari suatu pengelasan terlalu tinggi maka daerah HAZ akan menjadi lebar sehingga mudah terjadi cacat seperti undercut. Akan tetapi apabila heat input terlalu kecil maka juga akan menimbulkan cacat las seperti inclusion. Efek dari heat input terhadap laju pendinginan hampir sama dengan temperatur pemanasan awal. Apabila heat input atau temperatur pemanasan awal dinaikkan maka laju pendinginan akan turun yang biasanya digunakan untuk base metal yang tebal. B Heat input akan mempengaruhi material properties pada pengelasan. Pada pengelasan multiple-pass, bagian dari pengelasan pas sebelumnya akan dihaluskan oleh pas selanjutnya, sehingga ketangguhan material akan meningkat. Hal ini disebabkan karena panas dari suatu pass akan mengeraskan weld metal yang sebelumnya.

## 2.5 SMAW (Las Shilded Metal Arc Welding)

### 2.5.1 Pengertian

Proses pengelasan (welding) merupakan salah satu proses penyambungan material (material joining). Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang mengacu pada AWS (American Welding Society), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi.



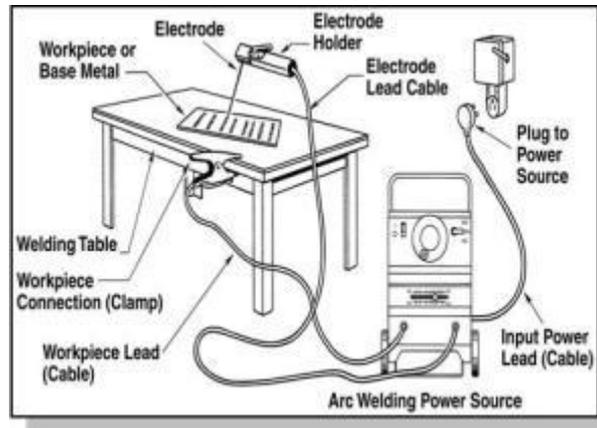
**Gambar 2.26 Proses Pencairan Elektroda**

Sumber : <https://eduengineering.wordpress.com/2015/01/10/proses-welding-smaw-shielded-metal-arc-welding/>

Meskipun dalam metode proses pengelasan tidak hanya berupa proses penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan brazing. Proses pengelasan dibedakan menjadi beberapa jenis, dan SMAW merupakan salah satu proses pengelasan yang umum digunakan, utamanya pada pengelasan singkat dalam produksi, pemeliharaan dan perbaikan, dan untuk bidang konstruksi.

SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik antara penutup metal (elektroda). SMAW merupakan pekerjaan manual dengan peralatan meliputi power source, kabel elektroda (electrode cable), kabel kerja (work cable), electrode holder, work clamp, dan elektroda. Elektroda dan system kerja adalah bagian dari rangkaian listrik. Rangkaian dimulai dengan sumber daya listrik dan kabel termasuk pengelasan,

pemegang elektroda, sambungan benda kerja, benda kerja (Weldment), dan elektroda las. Salah satu dari dua kabel dari sumber listrik terpasang ke bekerja, selebihnya melekat pada pemegang elektroda, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



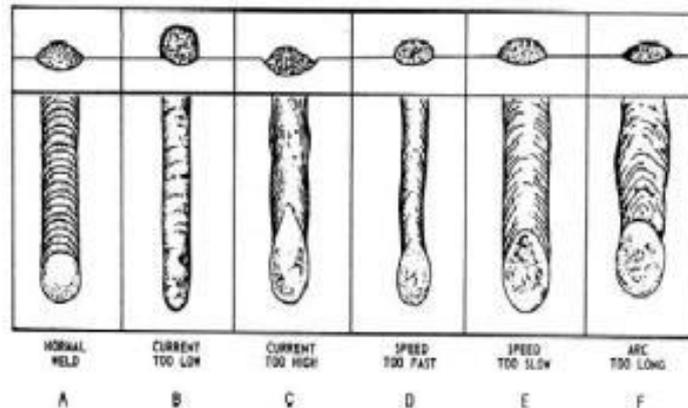
**Gambar 2.27 Meja Kerja Las**

Sumber : <https://eduengineering.wordpress.com/2015/01/10/proses-welding-smaw-shielded-metal-arc-welding/>

Sebagaimana dalam AWS (American Welding Society), prinsip dari SMAW adalah menggunakan panas dari busur untuk mencairkan logam dasar dan ujung sebuah consumable elektroda tertutup dengan tegangan listrik yang dipakai 23-45 Volt, dan untuk pencairan digunakan arus listrik hingga 500 ampere yang umum digunakan berkisar antara 80–200 ampere. Dimana dalam proses SMAW dapat terjadi oksidasi, hal ini perlu dicegah karena oksidasi metal merupakan senyawa yang tidak mempunyai kekuatan mekanis. Adapun untuk mencegah hal tersebut maka bahan penambah las dilindungi dengan selapis zat pelindung yang disebut flux atau slag yang ikut mencair ketika pengelasan. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan metal yang dicairkan, cairan flux akan mengapung diatas cairan metal, sekaligus mengisolasi metal tersebut sehingga tidak beroksidasi dengan udara luar. Sewaktu membeku, flux akan ikut membeku dan tetap melindungi metal dari reaksi oksidasi.

Hal – hal yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah, sudut elektroda, panjang busur, kecepatan memindahkan busur, tinggi rendah arus yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini dimana

perbedaan hasil pada pengelasan normal (A), pada arus yang terlalu rendah (B), terlalu tinggi (C), kecepatan memindahkan busur yang terlalu cepat (D), terlalu lambat (E), dan dengan arc yang terlalu panjang (F) :



**Gambar 2.28 Hasil Pengelasan**

Sumber : <https://eduengineering.wordpress.com/2015/01/10/proses-welding-smaw-shielded-metal-arc-welding/>

## 2.6 Kampuh Pengelasan

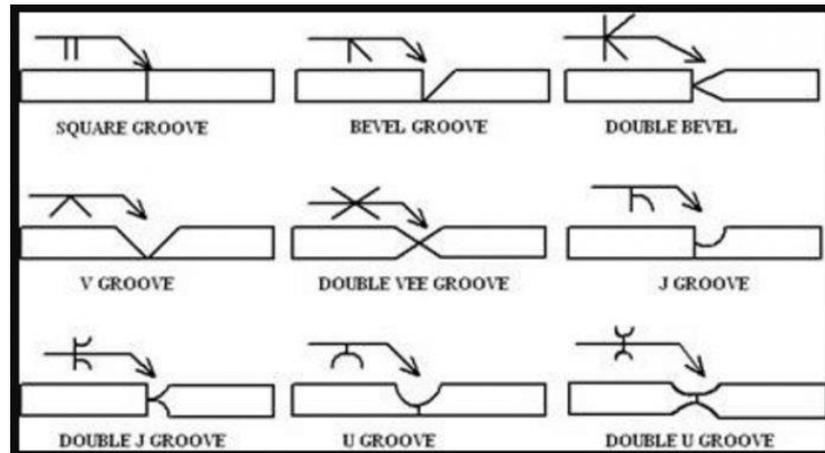
Kampuh las merupakan bagian dari logam induk yang akan diisi oleh logam las, kampuh las awalnya adalah berupa kubungan las yang kemudian diisi dengan logam las. Sambungan las dengan menggunakan alur kampuh dikategorikan kedalam sambungan las tumpul. Sambungan las tumpul adalah jenis sambungan paling efisien.

### Jenis Sambungan Pengelasan

Jenis Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu Butt Joint, Fillet (T) Joint, Corner Joint, Lap Joint dan Edge Joint.

#### a. Butt Joint

Sambungan butt joint adalah jenis sambungan tumpul, dalam aplikasinya jenis sambungan ini terdapat berbagai macam jenis kampuh atau groove yaitu V groove (kampuh V), single bevel, J groove, U Groove, Square Groove untuk melihat *macam macam kampuh las* lebih detail silahkan lihat gambar berikut ini.

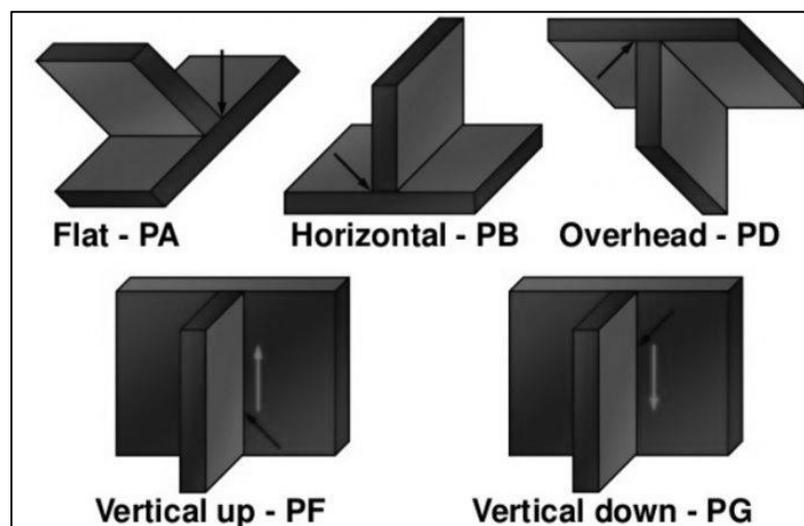


**Gambar 2.29** Macam-macam Bentuk Kapuh Pada Butt Joint

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las/>

b. T (Fillet) Joint

T Joint adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T, tipe sambungan ini banyak diaplikasikan untuk pembutan kontruksi atap, konveyor dan jenis konstruksi lainnya. Untuk tipe groove juga terkadang digunakan untuk sambungan fillet adalah double bevel, namun hal tersebut sangat jarang kecuali pelat atau materialnya sangat tebal. Berikut ini gambar sambungan T pada pengelasan.

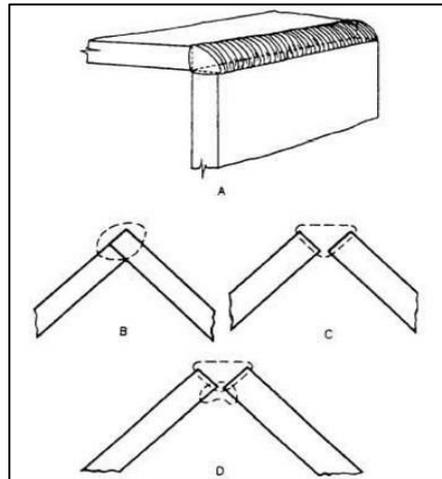


**Gambar 2.30** Macam-macam Sambungan T (Fillet) joint

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las/>

c. Corner Joint

Corner Joint mempunyai desain sambungan yang hampir sama dengan T Joint, namun yang membedakannya adalah letak dari materialnya. Pada sambungan ini materialnya yang disambung adalah bagian ujung dengan ujung. Ada dua jenis corner joint, yaitu close dan open. Untuk detailnya silahkan lihat pada gambar di bawah ini.

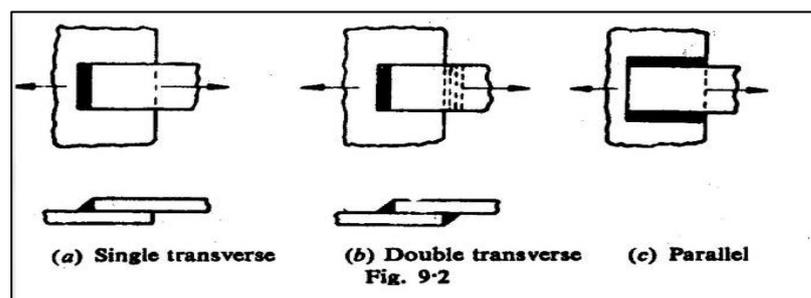


**Gambar 2.31 Sambungan Corner Joint**

Sumber : <https://www.pengelasan.net/sambungan-las/>

d. Lap Joint

Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau seam. Karena materialnya ini ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk plat plat tipis. Jika menggunakan proses las SMAW, GMAW atau FCAW pengelasannya sama dengan sambungan fillet.



**Gambar 2.32 Macam-Macam Sambungan Lap Joint**

Sumber : <https://slideplayer.info/slide/12369808/>

## 2.7 Jenis Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang dilalui arus listrik dari satu media ke yang lain, biasanya dari sumber listrik ke perangkat atau bahan. Elektroda dapat mengambil beberapa bentuk yang berbeda, termasuk kawat, piring, atau tongkat, dan yang paling sering terbuat dari logam, seperti tembaga, perak, timah, atau seng, tetapi juga dapat dibuat dari bahan konduktor listrik nonlogam, seperti grafit. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan, listrik, baterai, obat-obatan, dan industri untuk proses yang melibatkan elektrolisis. Berikut adalah macam-macam dari elektroda :

### 1) Elektroda Berselaput

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat ( $\text{Ca CO}_3$ ), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung  $\text{O}_2$  dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

### 2) Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (American Welding Society) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

➤ E : menyatakan elektroda busur listrik

- XX (dua angka) : sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan Ib/in<sup>2</sup> lihat table.
- X (angka ketiga) : menyatakan posisi pengelasan.
- angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan
- X (angka keempat) : menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan lihat table.

Contoh : E 6013 Artinya :

- Kekuatan tarik minimum dan deposit las adalah 60.000 Ib/in<sup>2</sup> atau 42 kg/mm<sup>2</sup>.
- Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi.
- Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC + atau DC –

### 3) Elektroda Baja Lunak

Dan bermacam-macam jenis elektroda baja lunak perbedaannya hanyalah pada jenis selaputnya. Sedangkan kawat intinya sama, berikut macam-macam elektroda baja lunak :

#### a) E 6010 dan E 6011

Elektroda ini adalah jenis elektroda selaput selulosa yang dapat dipakai untuk pengelesan dengan penembusan yang dalam. Pengelasan dapat pada segala posisi dan terak yang tipis dapat dengan mudah dibersihkan.

#### b) E 6012 dan E 6013

Kedua elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Keduanya dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E 6013 sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah.

#### c) E 6020

Elektroda jenis ini dapat menghasilkan penembusan las sedang dan teraknya mudah dilepas dari lapisan las. Selaput elektroda terutama mengandung oksida besi dan mangan.

d) Elektroda dengan Selaput Serbuk Besi Selaput

Elektroda jenis E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi.

e) Elektroda Hydrogen Rendah Selaput

Elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Jenis-jenis elektroda hydrogen rendah misalnya E 7015, E 7016 dan E 7018.

4) Elektroda Stainless Steel

Elektroda dapat digunakan untuk membuat stainless steel, jenis yang paling umum dari bahan habis pakai ini, yang dimaksudkan untuk mengelas stainless steel adalah OZL-6, TsL-11, NZ-13. Elektroda untuk stainless steel harus mudah menyala dan terbakar terus saat busur pengelasan, meleleh secara merata dan menutupi jahitan produk dan dapat dengan mudah dilepaskan setelah dimasak.

➤ TsL-11

Elektroda las TsL-11 digunakan dalam pekerjaan pengelasan pada baja nikel krom yang tahan terhadap korosi, dengan nilai berikut: 08X18H12Б, 08X18H12T, 12, 18H9T, 12X18H10T. Yaitu, TsL-11 digunakan dalam kasus ketika persyaratan yang lebih ketat untuk ketahanan terhadap korosi intergranular dikenakan pada lasan. Sambungan oleh elektroda TsL-11 diperbolehkan di setiap posisi jahitan, kecuali vertikal dengan aplikasi arus searah. Elektroda TsL-11 prednaznachenny untuk pengelasan manual pada suhu hingga 450 ° C. Mereka memiliki lapisan khusus di mana karbonat dan fluorida hadir. Keuntungan dari elektroda-elektroda ini meliputi: ketahanan terhadap jahitan

terhadap korosi antar kristal, daktilitas dan kekuatan dampak tinggi dari lapisan, menghilangkan retak panas, hujan rintik-rintik logam rendah, rapi, bahkan jahitan.

➤ OZL-6

OZL-6 elektroda las digunakan pada suhu tinggi untuk bekerja pada peralatan pengecoran di lingkungan pengoksidasi. Elektroda las OZL-6 diizinkan untuk posisi jahitan apa pun, kecuali vertikal. Lapisan yang terbentuk akibat penyatuan dengan bahan OZL-6 dapat menahan beban suhu hingga 1000 °C. Didesain untuk manual pengelasan busur baja stainless tahan panas menggunakan DC. Lapisan mereka juga mengandung karbonat dan senyawa fluorida. Keuntungan OZL-6 meliputi: peningkatan ketahanan panas dari logam las, ketahanan logam terhadap korosi intergranular, daktilitas dan ketangguhan tinggi dari las, percikan minimal logam, percikan yang rapi.

➤ NZ-13

Jenis elektroda ini direkomendasikan untuk melakukan pengelasan busur manual dari stainless steel makanan menggunakan arus konstan. Mereka juga dapat digunakan dalam kasus penggunaan baja stainless modern, dengan adanya paduan kromium-nikel-molibdenum atau kromium-nikel.

Untuk pengujian ini menggunakan elektroda stainless steel NSN-308 AWS A5.4 E308. Dengan komposisi dan kondisi arus sebagai berikut :

**Tabel 2.3 Komposisi Elektroda**

| Elemen | C      | Mn        | Si     | Cr          | Ni         | Mo     | Cu     | S      | P      |
|--------|--------|-----------|--------|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| Persen | ≤ 0.08 | 0,5 - 2,5 | ≤ 1,00 | 18.0 - 21.0 | 9.0 - 11.0 | ≤ 0.75 | ≤ 0.75 | ≤ 0.03 | ≤ 0.04 |

Sumber : <http://m.id.zhiyoumarin.com/news/stainless-steel-electrode-aws-a5-4-e308-16-to--5554713.html>

**Tabel 2.4 Kondisi Arus**

|                             |           |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ukuran                      |           | 2,0<br>×<br>300 | 2,5<br>×<br>300 | 3,2<br>×<br>350 | 4.0<br>×<br>350 | 5.0<br>×<br>350 |
| Arus<br>pengelasan<br>(Amp) | Down Hand | 30-50           | 60-85           | 85-120          | 115-160         | 160-200         |
|                             | Overhead  | 30-50           | 50-70           | 75-105          | 95-130          | -               |

Sumber : <http://m.id.zhiyoumarin.com/news/stainless-steel-electrode-aws-a5-4-e308-16-to--5554713.html>

## 2.8 Baja JIS G 3131 SPHC

Baja JIS G 3131 SPHC adalah termasuk pada plat hitam etser dimana untuk penggunaannya biasa digunakan dalam pasaran bahan konstruksi. Plat etser sendiri pun memiliki beragam jenis mulai dari Baja JIS G 3131 SPHC, JIS G 3101 SS 400, dan ASTM A36. Kemudian untuk ukuran ketebalan yang dapat ditemukan baik yang berasal lokal ataupun import berkisar 1,2 mm sampai dengan 200 mm. Terdapat karakteristik yang menonjol dengan plat hitam, yakni menggunakan baja sebagai bahan dasar material. Dengan demikian plat hitam memiliki beberapa karakteristik yaitu mempunyai ketanagguhan dan lebih tahan terhadap korosi. Untuk spesifikasi dan kekuatan mekanik dari Baja JIS G 3131 SPHC sebagai berikut :

**Tabel 2.5 Komposisi dan Kekuatan Sifat Mekanis**

| CHEMICAL COMPOSITION x 100 % |     |      |     |     |     | Ceq  | TENSILE TEST            |                         |         |
|------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|-------------------------|-------------------------|---------|
| C                            | Si  | Mn   | P   | S   | Al  |      | YS<br>N/mm <sup>2</sup> | TS<br>N/mm <sup>2</sup> | EL<br>% |
| 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                     | 381                     | 48      |

Sumber : Katalog PT Krakatau Stell

## 2.9 Baja AISI SS 201

Baja AISI SS 201 termasuk dalam kategori stainless stell Austenitic, yang mana tersusun dari bahan berikut yaitu 16% kromium, 7% nikel, dan nitrogen. Sifat SS austenitic yaitu: memiliki kekuatan dan ketahanan pada suhu (baik suhu tinggi maupun suhu rendah), serta memiliki ketahanan terhadap korosi lebih baik daripada jenis ferritik dan martensitik. Tipe seri SS yang masuk dalam kategori austenitic, yaitu seri SS 300 dan seri SS 200. Perbedaan seri ini dipengaruhi oleh perbedaan komposisi metalurginya, yang akhirnya

karakteristiknya pun ikut berbeda pula. Seri SS 300 lebih tahan karat jika dibandingkan seri SS 200. Namun, seri SS 200 memiliki harga yang lebih murah saat dibandingkan dengan tipe SS 300. Berikut adalah komposisi dan kekuatan mekanik pada Baja AISI SS 201 :

**Tabel 2.6 Komposisi AISI SS 201 dengan % berat setiap unsur.**

| C      | Cr      | Ni        | Si     | Mn        | P      | S      | N      |
|--------|---------|-----------|--------|-----------|--------|--------|--------|
| ≤ 0,15 | 16 - 18 | 3,5 - 5,5 | ≤ 0,75 | 5,5 - 7,5 | ≤ 0,06 | ≤ 0,03 | ≤ 0,25 |

Sumber : Jurnal Sains Materi Indonesia Vol.19, No.3, April2018, hal.120-124

**Tabel 2.7 Kekuatan Mekanik**

| T.S (MPa) min | Y.S (MPa) min | Elongation (%) min | Hardness Brinel (HB) min |
|---------------|---------------|--------------------|--------------------------|
| <b>655</b>    | <b>292</b>    | <b>40</b>          | <b>194</b>               |

Sumber : <http://beyond-steel.blogspot.com/2016/04/perbedaan-304-vs-316-mana-pilihan-terbaik.html>

## 2.10 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini terus berlanjut sampai bahan sampai titik propotionality limit. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami yield (luluh). Keadaan ini hanya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (local necking) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar necking tersebut. Pada batang getas tidak terjadi necking dan batang akan putus pada saat beban maksimum.



***Gambar 2.33 Mesin Uji Tarik***

### **2.10.1 Tegangan Dan Regangan Pada Baja**

Konsep paling dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Konsep ini dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar dengan meninjau sebuah batang prismatis yang mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan di seluruh panjangnya, dan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen, sehingga mengakibatkan terjadinya tarik atau tekan pada batang.

Dalam sambungan las sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat-sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan. Dua batang uji tarik untuk sambungan las ditunjukkan pada Gambar 2.33 yang satu dengan arah tarikan melintang garis las dan yang lain dengan arah tarikan sejajar garis las. Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Kemudian sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan berikut.

Tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

di mana :  $F$  = beban (kg)

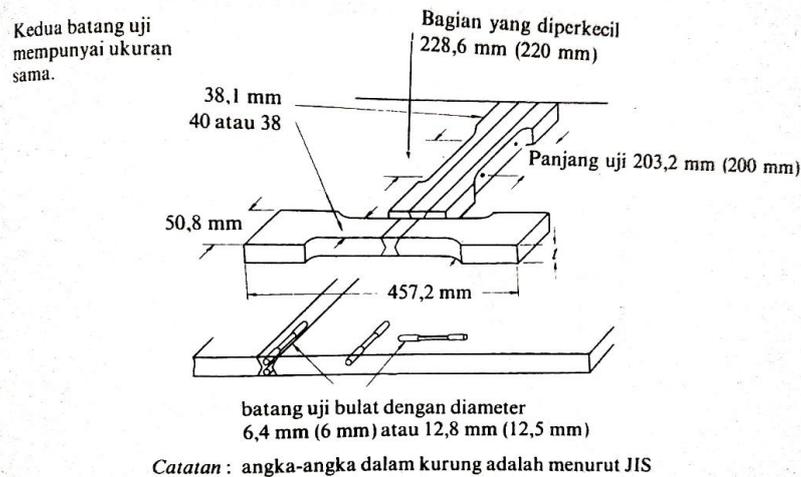
$A_0$  = luas mula dari penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

Regangan :

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

di mana :  $L_0$  = panjang mula dari batang uji

$L$  = panjang batang uji yang dibebani



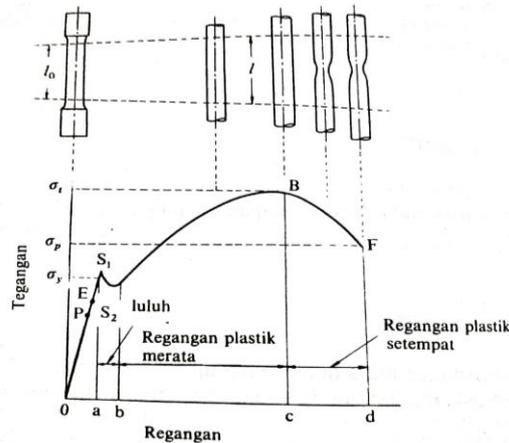
**Gambar 2.34 Ukuran Batang Uji Tarik Menurut AWS**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

### 2.10.2 Kurva Tegangan Dan Regangan

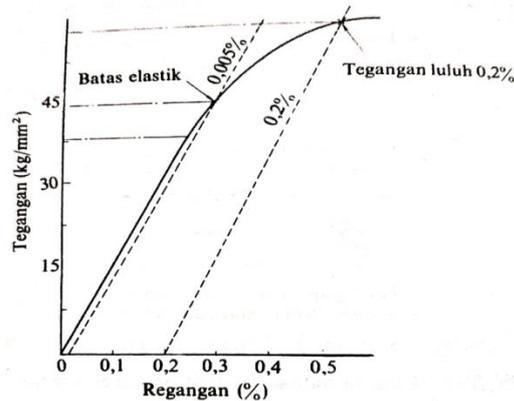
Hasil-hasil pengujian biasanya tergantung pada benda uji. Karena sangat kecil kemungkinannya kita menggunakan struktur yang ukurannya sama dengan ukuran benda uji, maka kita perlu menyatakan hasil pengujian dalam bentuk yang dapat diterapkan pada elemen struktur yang berukuran berapapun. Cara sederhana untuk mencapai tujuan ini adalah dengan mengkonversikan hasil pengujian tersebut ke tegangan dan regangan. Setelah melakukan uji tarik atau tekan dan menentukan tegangan dan regangan pada berbagai taraf beban, kita dapat memplot diagram tegangan dan regangan. Diagram tegangan-regangan merupakan karakteristik dari

bahan yang diuji dan memberikan informasi penting tentang besar mekanis dan jenis perilaku. Bahan baja struktural, yang dikenal dengan baja lunak atau baja karbon rendah. Baja struktural adalah salah satu bahan metal yang paling banyak digunakan untuk gedung, jembatan, menara, dan jenis struktur lain. Diagram tegangan-regangan untuk baja struktural tipikal yang mengalami tarik diperlihatkan pada gambar berikut .



**Gambar 2.35 Kurva Tegang-Regang Teknik**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)



**Gambar 2.36 Batas Elastik Dan Tegangan Luluh 0,2%**

Sumber : Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura. 2008. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : PT Balai Pustaka (Persero)

## 2.11 Uji Impak

Uji impact adalah jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material tersebut. Ada 2 metode uji impact yang biasa dilakukan dalam dunia industry, yaitu uji impact charpy dan uji impact izod. Cara kerja alat uji impact adalah dengan memukul benda yang akan diuji

kekuatannya dengan pendulum yang berayun. Pendulum tersebut ditarik hingga ketinggian tertentu lalu dilepas, sehingga pendulum tersebut memukul benda uji hingga patah. Berikut adalah bagian dari alat uji impact charpy :

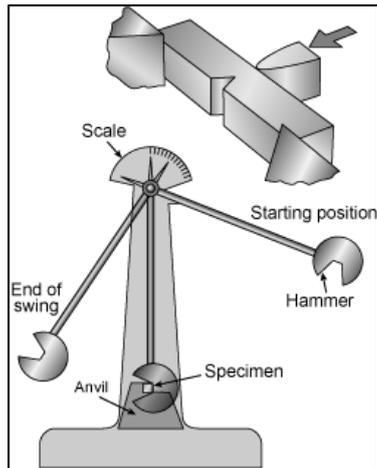


**Gambar 2.37 Alat Uji Impact**

Sumber : Dokumen Pribadi

#### 1. Badan Alat Uji Impact

Badan alat uji impact terbuat dari baja profil U 70 mm × 40 mm dengan tebal baja 5mm. Sedangkan dimensi dari badan alat uji impact ini adalah 750 mm × 400mm × 1000 mm. Proses pengerjaan yang dilakukan dalam pembuatan badan alat uji impact ini adalah proses penyambungan atau proses pengelasan. Badan alat uji impact berfungsi sebagai tempat dudukan dari bearing dan tempat benda uji.



**Gambar 2.38 Alat Uji Impact Charpy**

Sumber : <https://mirfandaniputra.wordpress.com/2017/01/07/uji-impact-charpy/>

## 2. Pendulum

Pendulum berfungsi sebagai beban yang akan diayunkan ke benda uji dan juga terdapat pisau pemukul untuk mematahkan benda uji. Pendulum terbuat dari baja pelat silinder dengan berat 8 kg. Pada bagian atas pendulum dihubungkan ke bagian lengan pengayun dengan cara dilas.

## 3. Lengan Pengayun

Lengan pengayun berfungsi untuk menentukan gerakan ayunan dari poros ke pendulum. Lengan pengayun ini terbuat dari baja silinder  $\text{Ø } 20 \times 600$  mm dan pada bagian atasnya dihubungkan ke poros dengan dilas, serta pada bagian bawahnya dihubungkan ke pendulum dengan cara dilas.

## 4. Poros Pengayun

Poros pengayun berfungsi sebagai penerus ayunan dari bearing kelengan pengayun dan pendulum. Poros pengayun terbuat dari baja silinder. Pada bagian ujung kanan dan kirinya dihubungkan ke bearing dan pada bagian tengahnya dihubungkan ke lengan pengayun dengan cara dilas.

## 5. Bearing

Bearing berfungsi sebagai pengayun poros dan bearing yang digunakan adalah bearing dengan ukuran diameter dalam atau diameter poros 25 mm. Bearing ditempatkan pada bagian kanan atas dan kiri atas pada badan alat uji impact dengan cara dibaut.

## 6. Tempat Benda Uji

Tempat benda uji berfungsi sebagai tempat diletakkannya benda uji yang akan dilakukan pengujian. Tempat benda uji ini terbuat dari baja profil. Tempat benda uji dilas menyatu dengan badan alat uji impact.

## 7. Busur Derajat dan Jarum Penunjuk

Busur derajat berfungsi sebagai alat pengukur atau alat baca dari hasil pengujian. Jarum penunjuk berfungsi untuk menunjukkan angka pada busur derajat yang merupakan hasil dari pengujian. Jarum penunjuk dihubungkan ke poros pengayun dengan dibaut sehingga arah ayunannya sesuai dengan arah ayunan poros pengayun.

## 8. Pisau Pemukul

Pisau pemukul berfungsi untuk memukul benda uji yang telah dibuat takikan. Posisi pisau pada saat akan memukul adalah di belakang takikan benda uji. Bahan pisau pemukul ini harus lebih keras dari benda yang akan diuji dan sudut pisau pemukul adalah  $30^\circ$ . Besar energi ( $W_1$ ) pada setiap sudut ayun dapat diketahui dari data pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.8 Energi Pada Setiap Sudut Ayun**

| Besar Sudut ( $\alpha$ ) | Energi ( $W_1$ ) (kg m) | Energi ( $W_1$ ) (Joule) |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| $10^\circ$               | 0,0768                  | 0,768                    |
| $20^\circ$               | 0,292                   | 2,92                     |
| $30^\circ$               | 0,6432                  | 6,432                    |
| $40^\circ$               | 1,1232                  | 11,232                   |
| $50^\circ$               | 1,7184                  | 17,184                   |
| $60^\circ$               | 2,4                     | 24                       |
| $70^\circ$               | 3,1584                  | 31,584                   |
| $80^\circ$               | 3,9667                  | 39,667                   |
| $90^\circ$               | 4,8                     | 48                       |
| $100^\circ$              | 5,6332                  | 56,332                   |
| $110^\circ$              | 6,4416                  | 64,416                   |
| $120^\circ$              | 7,2                     | 72                       |
| $130^\circ$              | 7,8816                  | 78,816                   |
| $140^\circ$              | 8,4768                  | 84,768                   |

Sumber : <https://mirfandaniputra.wordpress.com/2017/01/07/uji-impact-charpy/>

### 2.10.1 Perumusan Pada Uji Impact Charpy

- Usaha yang dilakukan pendulum waktu memukul benda uji atau usaha yang diserap benda uji sampai patah dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut:

$$W1 = G \times h1 \text{ (kg m)}$$

Atau dapat juga diselesaikan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$W1 = G \times \lambda(1 - \cos \alpha) \text{ (kg m)}$$

dimana :

W1 = usaha yang dilakukan (kg m)

G = berat pendulum (kg)

h1 = jarak awal antara pendulum dengan benda uji (m)

$\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \lambda$  = sudut posisi awal pendulum

- b) Sedangkan sisa usaha setelah mematahkan benda uji dapat diketahui melalui rumu sebagai berikut :

$$W2 = G \times h2 \text{ (kg m)}$$

Sehingga dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$W2 = G \times \lambda(1 - \cos \beta) \text{ (kg m)}$$

dimana :

W2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

h2 = jarak akhir antara pendulum dengan benda uji (m)

$\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)

$\cos \beta$  = sudut posisi akhir pendulum

- c) Besarnya usaha yang diperlukan untuk memukul patah benda uji dapat diketahui melalui rumus sebagai berikut :

$$W = W1 - W2 \text{ (kg m)}$$

Sehingga persamaan yang diperoleh dari rumus di atas adalah sebagai berikut :

$$W = G \times \lambda(\cos \beta - \cos \lambda) \text{ (kg m)}$$

dimana :

W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)

W1 = usaha yang dilakukan (kg m)

W2 = sisa usaha setelah mematahkan benda uji (kg m)

G = berat pendulum (kg)

- $\lambda$  = jarak lengan pengayun (m)
- $\cos \lambda$  = sudut posisi awal pendulum
- $\cos \beta$  = sudut posisi akhir pendulum

d) Dan besarnya harga impact dapat diketahui dari rumus berikut ini :

$$K = \frac{W}{A_0}$$

dimana :

- K = nilai impact (kg m/mm<sup>2</sup>)
- W = usaha yang diperlukan untuk mematahkan benda uji (kg m)
- A<sub>0</sub> = luas penampang di bawah takikan (mm<sup>2</sup>)

### 2.9.2 Jenis Patahan

Takik (notch) dalam benda uji standar ditunjukkan sebagai suatu konsentrasi tegangan sehingga diharapkan terjadi di bagian tersebut. Selain bentuk V dengan sudut, takik dapat pula berbentuk lubang kunci (key hole). secara umum perpatahan dibagi tiga yaitu :

a) Perpatahan berserat (fibrous fracture)

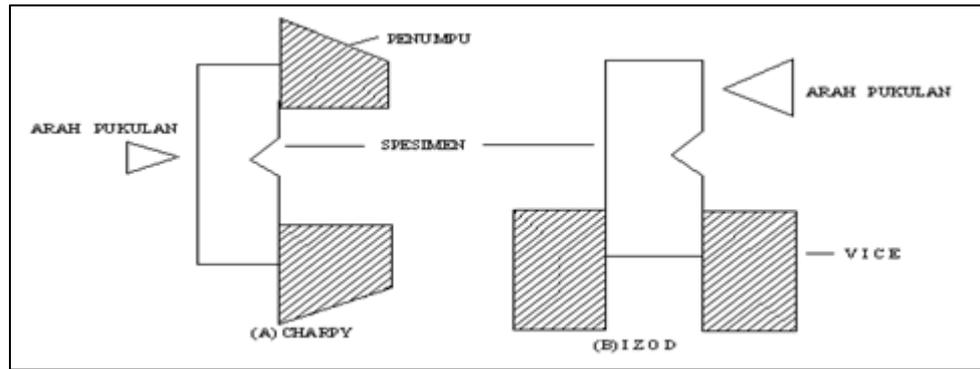
Melibatkan mekanisme pergeseran bidangbidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (ductile). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.

b) Perpatahan granular/kristalin

Dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (cleavage) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (brittle). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

c) Perpatahan campuran (berserat dan granular).

Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.



**Gambar 2.39 Jenis Takik**

Sumber : <http://hima-tl.ppns.ac.id/impact-test-pengujian-takik/>

## 2.12 Uji Kekerasan Rockwell

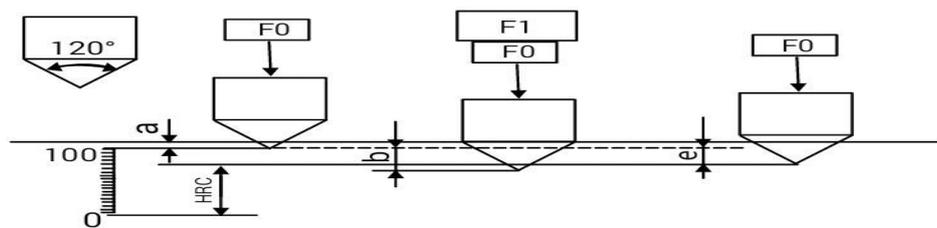


**Gambar 2. 40 Alat Uji Kekerasan Rockwell**

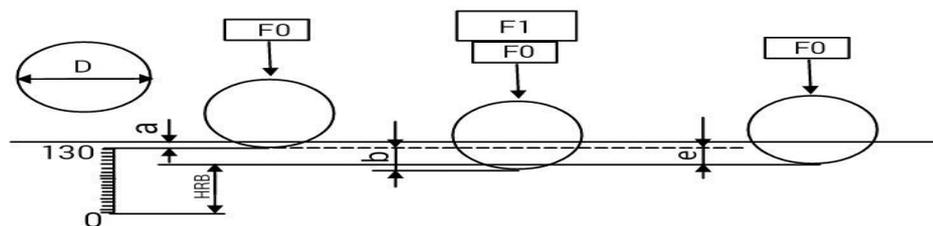
(Sumber : <https://alatlab.unand.ac.id>)

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang : sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan. (Michael Elkan, 2017).

Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 140 kgf. Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga menciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin.



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter kerucut intan



Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter bola

**Gambar 2. 41 Cara Kerja Mesin Rockwell**

(Sumber : <http://pusat-lingkar.blogspot.com>)

Keterangan :

F0 = beban pendahuluan (beban minor)

F1 = beban utama (beban mayor)

a = kedalaman penetrasi oleh beban minor

b = kedalaman penetrasi oleh beban total (F0 + F1)

e = kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan

Pengujian rockwell yang umumnya biasa dipakai ada tiga jenis yaitu HRA, HRB, dan HRC. HR itu sendiri merupakan suatu singkatan dari kekerasan rockwell atau rockwell hardness number dan kadang-kadang disingkat dengan huruf R saja. Pengujian kekerasan dengan metode rockwell ini diatur berdasarkan standar DIN

50103. Tingkat skala kekerasan menurut metode rockwell adalah berdasarkan pada jenis indentor yang digunakan pada masing-masing skala.

Dalam metode rockwell ini terdapat dua macam indentor yang digunakan pada pengujian kekerasan yaitu intan berbentuk kerucut yang memiliki sudut puncak  $120^\circ$  di mana bagian ujungnya sedikit dibulatkan dengan jari-jari 0,2 mm dan indentor bola yang terbuat dari baja yang dikeraskan atau dari tungsten karbida yang memiliki diameter 1/16", 1/8", 1/4", dan diameter 1/2". Indentor kerucut intan sering disebut juga sebagai 'Brale'.



**Gambar 2. 42 indentor type Ball dan Diamond**  
(Sumber :[www.indiamart.com](http://www.indiamart.com))

Pada pengujian kekerasan material dengan metode Rockwell dikenal ada beberapa skala, misalnya skala B yang biasanya diaplikasikan pada material yang lunak, seperti paduan-paduan tembaga, paduan aluminium dan baja lunak, dengan menggunakan indentor bola baja berdiameter 1/16" dan beban total sebesar 100 kgf. Sedangkan skala C diaplikasikan untuk material-material yang lebih keras, seperti besi tuang, dan banyak paduan-paduan baja yang memakai kerucut intan sebagai indentornya dengan beban total sampai 150 kgf.

Selain skala B dan skala C yang sering disebut sebagai skala umum, ada beberapa skala lainnya seperti skala A, D, E, F, G dan lain-lain. Tabel di bawah ini memperlihatkan berbagai skala pada pengujian kekerasan Rockwell.

**Tabel 2. 9 Klasifikasi Indentor pada Uji Kekerasan Rockwell**

| Skala | Indentor        | Beban minor F0 (kgf) | Beban mayor F1 (kgf) | Beban total F (kgf) |
|-------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| A     | Kerucut intan   | 10                   | 50                   | 60                  |
| B     | Bola baja 1/16" | 10                   | 90                   | 100                 |
| C     | Kerucut intan   | 10                   | 140                  | 150                 |
| D     | Kerucut intan   | 10                   | 90                   | 100                 |
| E     | Bola baja 1/8"  | 10                   | 90                   | 100                 |
| F     | Bola baja 1/16" | 10                   | 50                   | 60                  |
| G     | Bola baja 1/16" | 10                   | 140                  | 150                 |
| H     | Bola baja 1/8"  | 10                   | 50                   | 60                  |
| K     | Bola baja 1/8"  | 10                   | 140                  | 150                 |
| L     | Bola baja 1/4"  | 10                   | 50                   | 60                  |
| M     | Bola baja 1/4"  | 10                   | 90                   | 100                 |
| P     | Bola baja 1/4"  | 10                   | 140                  | 150                 |
| R     | Bola baja 1/2"  | 10                   | 50                   | 60                  |
| S     | Bola baja 1/2"  | 10                   | 90                   | 100                 |
| V     | Bola baja 1/2"  | 10                   | 140                  | 150                 |

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan Vickers yang mengukur luas dari jejak, pada pengujian kekerasan Rockwell yang diukur adalah kedalaman jejak hasil penetrasi indentor. Dalam hal ini, seberapa jauh indentor bergerak turun secara vertikal ketika melakukan penetrasi.

### 2.13 Uji Mikro

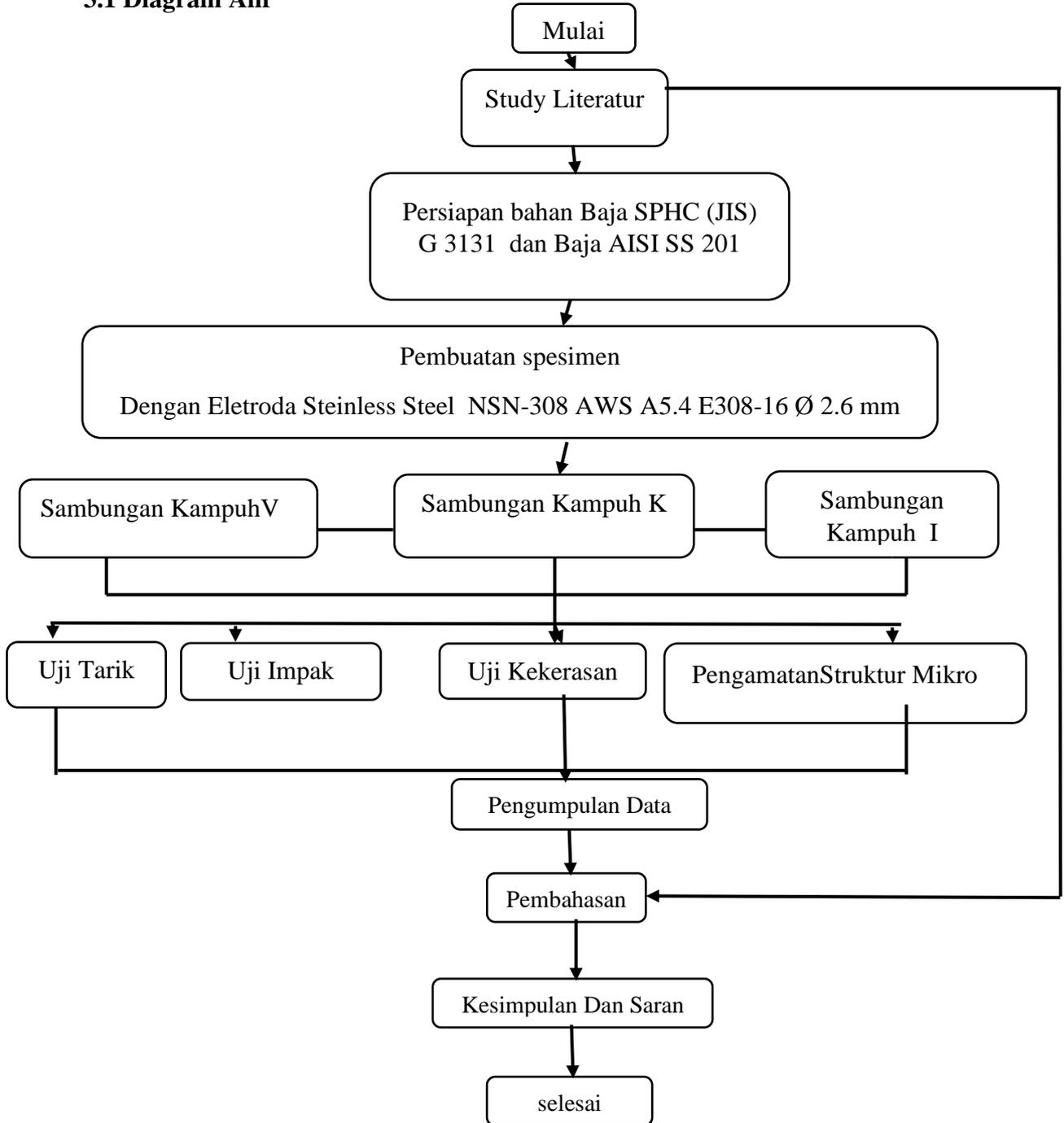
Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikro struktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Ada beberapa metode yang dipakai yaitu: mikroskop (optik maupun elektron), difraksi ( sinar-X, elektron dan neutron), analisis (Xrayfluoresence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi. Dimana bertujuan untuk mengetahui struktur pada logam ( ferlit, perlit, bainit dan mertensit) sehingga dapat melihat sifat yang ada pada logam tersebut.

pengujian mikro (mikroscope test) ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat demikian halusanya, sehingga pengujiannya menggunakan suatu alat yaitu mikroskop optis bahkan mikroskop elektron yang memiliki kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir



#### 3.1 DIAGRAM PENGELASAN BEDA LOGAM

Sumber : Dokumen Pribadi

#### Keterangan diagram alir

- Mulai : Melakukan bimbingan awal pengajuan
- Study literatur : Mencari refrensi atau jurnal untuk dasar Pengambilan judul
- Bahan :
  - a. Baja JIS G 31131 SPHC adalah jenis plain carbon steel atau juga disebut baja karbon rendah
  - b. Baja AISI SS 201 adalah baja stainlees steel atau baja tahan karat
- Proses Pengelasan : Proses pengelasan dilakukan di BLK (Balai Latihan Kerja ) Singosari
- Uji Tarik : Pengujian Tarik dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang
- Uji Impact : Pengujian impact dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang
- Uji Kekerasan : Pengujian Kekerasan dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang
- Uji Struktur Mikro : Pengujian Struktur Mikro dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

### 3.2 Bahan Yang Digunakan

#### 1. Baja JIS G 3131 SPHC

Dalam kasus ini menggunakan baja karbon rendah yang digunakan untuk perkapalan. Dengan komposisi C = 7,2%; Si = 1.1%; Mn =29,4%; P = 0,9%; S = 0,2%; Al = 3,0%.

#### 2. Baja AISI SS 201

Dalam kasus ini menggunakan baja tainless stell sebagai bahan untuk memperbaiki kerusakan pada lambung kapal. Dengan komposisi sebagai berikut : C = 0,15%; Cr = 16%; Ni = 3,5%; Si = 0,75%; Mn = 5,5%; P = 0,06%; S = 0,03%; N = 0,25%.

### 3. Elektroda

Dalam analisa ini filler atau elektroda yang digunakan adalah elektroda khusus stainless steel NSN-308 AWS A5.4 E308-16 dengan Diametr Ø 2.6 mm dengan arus 65A, 75A dan 85A. Dimana penggunaan elektroda jenis ini untuk menambah kekuatan dari hasil sambungan pengelasan logam berbeda logam.

**Tabel 3.1 Komposisi Elektroda**

| Elemen | C      | Mn        | Si     | Cr          | Ni         | Mo     | Cu     | S      | P      |
|--------|--------|-----------|--------|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|
| Persen | ≤ 0.08 | 0,5 - 2,5 | ≤ 1,00 | 18.0 - 21.0 | 9.0 - 11.0 | ≤ 0.75 | ≤ 0.75 | ≤ 0.03 | ≤ 0.04 |

Sumber : <http://m.id.zhiyoumarin.com/news/stainless-steel-electrode-aws-a5-4-e308-16-to--5554713.html>



**3.2 Gambar Komposisi Elektroda**

### 3.3 Alat Yang Digunakan

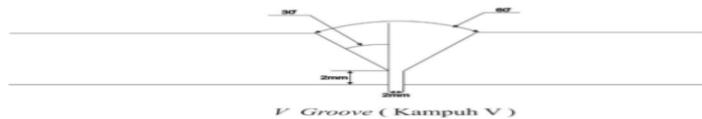
- a) Alat Pembuatan Spesimen :
  - Gerinda
  - Perlengkapan Mesin Las (Inverter)
  - Ragum
  - Penggaris
  - Jangka Sorong / Vernier Caliper
  - Sarung Tangan
- b) Alat Penelitian :
  - Mesin uji tarik
  - Mesin uji kekerasan

- Mesin uji impact
- Mesin uji struktur mikro
- Alat tulis untuk mencatat data hasil pengujian

### 3.4 Cara Pembuatan Spesimen

#### 1. Pemotongan bahan

- Persiapan alat dan bahan
- Potong logam baja JIS G 3131 SPHC dan AISI SS 201 dengan ukuran awal proses las 5 mm x 150 mm x 210 mm (tiap variasi)
- Bentuk sudut kampuh menggunakan mesin bubut dan frais dengan sudut yang sudah ditentukan pada sisi panjang logam

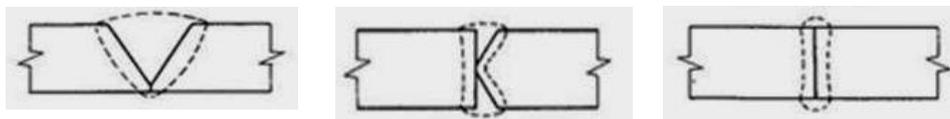


**Gambar 3.3 Bentuk Kampuh**

Sumber : Dokumen Pribadi

#### 2. Pengelasan logam

- Persiapan alat dan bahan
- Persiapkan mesin las dan mengelas sesuai prosedur pengelasan
- Proses pengerjaan penyambungan logam berbeda harus diperhatikan karena perbedaan jenis dan kadar dari logam yang berbeda



a). Kampuh V                      b). Kampuh K                      c). Kampuh I

**Gambar 3.4 Variasi Kampuh Yang Digunakan**

Sumber : Dokumen Pribadi

- Bersihkan terak hasil pengelasan SMAW sebelum pembentukan spesimen

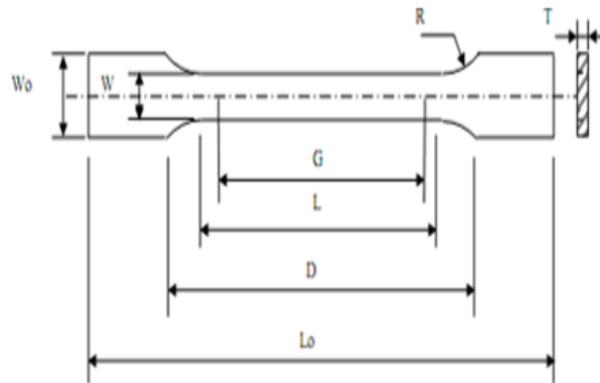
#### 3. Pembentukan spesimen uji

- Persiapan alat dan bahan
- Pastikan logam hasil las bersih dari terak hasil pengelasan
- Persiapkan mesin bubut dan frais
- Tempatkan logam hasil proses pengelasan pada mesin bubut atau frais dan bentuk sesuai ukuran spesimen uji tarik, uji impak, uji kekerasan dan uji struktur mikro yang sudah ditentukan

### 3.5 Dasar Pemilihan Spesimen

#### 1. Spesimen uji tarik

Untuk spesimen yang dipilih dalam pengujian tarik ini menggunakan spesimen dengan dimensi pada tabel ASTM E8 yang berbentuk persegi panjang.



**Gambar 3.5 Dimensi Spesimen Uji Tarik**

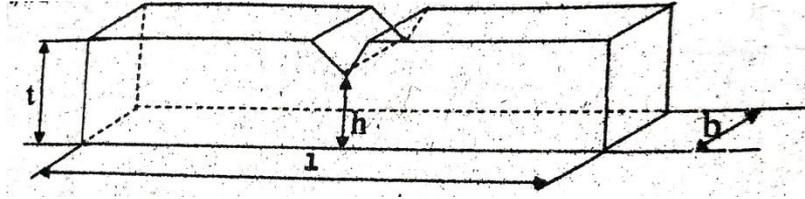
Sumber : Dokumen Pribadi

**Tabel 3.2 Ukuran Spesimen Uji Tarik**

| Dimensi     | W    | G  |  | D  |  | LO  | R  | WO | L  | T |
|-------------|------|----|--|----|--|-----|----|----|----|---|
| Ukuran (mm) | 12,5 | 50 |  | 70 |  | 250 | 10 | 20 | 60 | 5 |

Sumber : Dokumen Pribadi

2. Spesimen uji impact



*Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji Impact*

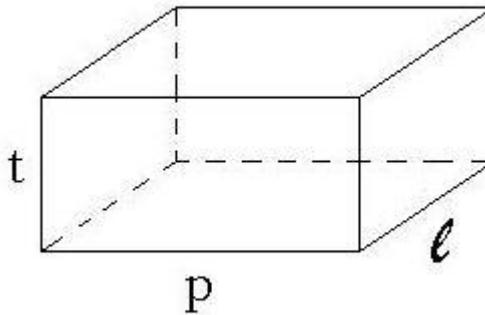
Sumber : Laporan Praktikum Karakteristik Dan Pengujian Bahan

**Tabel 3.3 Ukuran Spesimen Uji Impact**

| Dimensi     | l  | b  | t | h |
|-------------|----|----|---|---|
| Ukuran (mm) | 55 | 10 | 5 | 3 |

Sumber : Dokumen Pribadi

3. Spesimen uji kekerasan



*Gambar 3.7 Spesimen Uji Kekerasan*

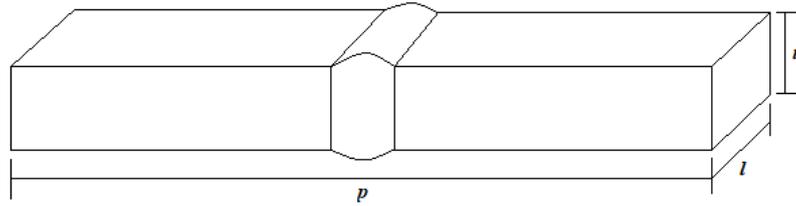
Sumber : Dokumen Pribadi

**Tabel 3.4 Ukuran Spesimen Uji Kekerasan**

| Dimensi     | p  | l  | t |
|-------------|----|----|---|
| Ukuran (mm) | 55 | 10 | 5 |

Sumber : Dokumen Pribadi

#### 4. Spesimen uji mikro



**Gambar 3.8 Spesimen Uji Mikro**

Sumber : Dokumen Pribadi

**Tabel 3.5 Ukuran Spesimen Uji Mikro**

| <b>Dimensi</b>         | <b>p</b>  | <b>l</b>  | <b>t</b> |
|------------------------|-----------|-----------|----------|
| <b>Ukuran<br/>(mm)</b> | <b>55</b> | <b>10</b> | <b>5</b> |

Sumber : Dokumen Pribadi

### 3.6 Waktu Dan Tempat Pengujian

#### 1. Pengujian kekerasan

Uji kekerasan dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 25 Juni 2019.

#### 2. Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 26 Juni 2019.

#### 3. Pengujian impak

Uji impak dilakukan Pengujian kekerasan dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 26 Juni 2019

#### 4. Pengujian struktur mikro

Uji struktur mikro dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang pada tanggal 4 Juli 2019.

### 3.7 Prosedur Penelitian

Di awali dengan langkah langkah pemrosesan spesimen.

- a) Langkah – langkah pemrosesan spesimen :
  - Siapkan baja yang digunakan untuk penelitian yaitu baja JIS G 3131 SPHC dan AISI SS 201.
  - Lakukan pembentukan kapuh pengalasan.
  - Lakukan proses pengelasan pada baja sesuai welding prosedur.
  - Lakukan pembersihan terak pada hasil lasan.
  - Lakukan pemotongan pada baja yang telah di las dengan gergaji.
- b) Langkah – langkah pembuatan specimen :
  - Persiapkan baja yang telah dipotong.
  - Marker / tandai spesimen sesuai ukuran standar ASTM E8
  - Mulai pembentukan spesimen menggunakan mesin bubut dan frais.



(a) Kampuh I



(b) Kampuh V



(c) Kampuh K

**Gambar 3.9 Bahan Uji Tarik Tiap Variasi**

Sumber : Dokumen Pribadi



(a) Kampuh I



(b) Kampuh K



(c) Kampuh V

**Gambar 3.10 Bahan Uji Impak Dan Kekerasan**

Sumber : Dokumen Pribadi



**Gambar 3.11 Bahan Pengamatan Mikro Struktur**

Dokumentasi Pribadi

### 3.8 Pelaksanaan Pengujian

#### 3.8.1 Pelaksanaan Pengujian

##### a) Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Lab. Mesin ITN Malang. Langkah-langkah pengujian kekerasan sebagai berikut :

- Mempersiapkan bahan yang akan diuji.
- Peletakan bahan yang akan diuji pada alat uji.
- Kalibrasi alat uji kekerasan (Rockweel Hardness Tester).

- Lakukan pengukuran kekerasan.
- Baca dan catat hasil pengujian bahan.
- Pelepasan spesimen bahan.



***Gambar 3.12 Rockweel Hardness Tester***

Sumber : Dokumen Pribadi

b) Pengujian impact

Pengujian impact dilakukan di Lab. Mesin ITN Malang. Langkah-langkah pengujian impact sebagai berikut :

- Mempersiapkan spesimen bahan uji.
- Pasang spesimen bahan uji ke anvil.
- Atur alfa pada sudut yang sudah ditentukan.
- Lepas kunci pada hammer dari strating potition.
- Catat hasil beta pada scale pada alat uji.



**Gambar 3.13 Charpy Impact Tester**

Sumber : Dokumen Pribadi

c) Pengujian tarik

Pengujian tarik dilakukan di Lab. Mesin ITN Malang. Dengan standart pengujian menggunakan ASTM E8.

Langkah – langkah pengujian tarik sebagai berikut :

- Mempersiapkan bahan uji.
- Kalibrasi alat uji tarik.
- Pasang spesimen bahan uji pada chuck alat uji tarik.
- Atur kecepatan grafik dan kecepatan penarikan.
- Jalankan mesin tarik
- Setelah terjadi patahan pada spesimen catat hasil pengujian.
- Print out hasil grafik yang diperoleh saat pengujian.

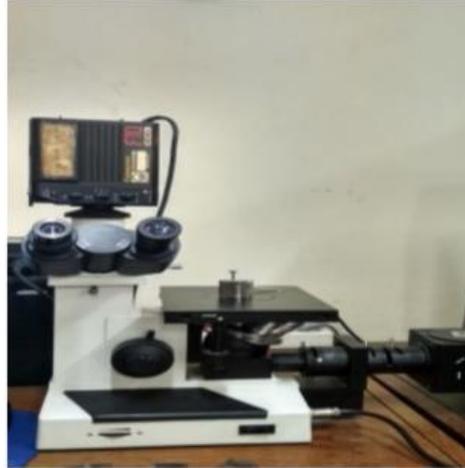
d) Pengamatan mikro struktur

Pengujian mikro dilakukan di Lab. Mesin Universitas Muhammadiyah Malang. Langkah-langkah pengujian mikro sebagai berikut :

- Mempersiapkan bahan.
- Pembentukan resin untuk spesimen bahan.
- Frinding dan polishing.
- Etching.

→ Melakukan pengamatan dimikroskop dan pengambilan foto metalografi.

→ Print out hasil pengujian mikro.



**Gambar 3.14 Pengamatan micro struktur**

Sumber : Dokumen Pribadi

### 3.8.2 Hasil Pengujian

Adapun hasil pengujian atau kerusakan yang diakibatkan oleh pengujian yang dilakukan pada spesimen benda uji yakni sebagai berikut :

#### 1. Pengujian tarik



(a) Kampuh K



(b) Kampuh I



(c) 90Amp

### Gambar 3.15 Hasil Uji Tarik

Sumber : Dokumen Pribadi

#### 2. Pengujian impak



(a) Kampuh K

(b) Kampuh I



(c) Kampuh I

### Gambar 3.16 Hasil Uji Impak

Sumber : Dokumen Pribadi

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengolahan Data Pengujian Tarik

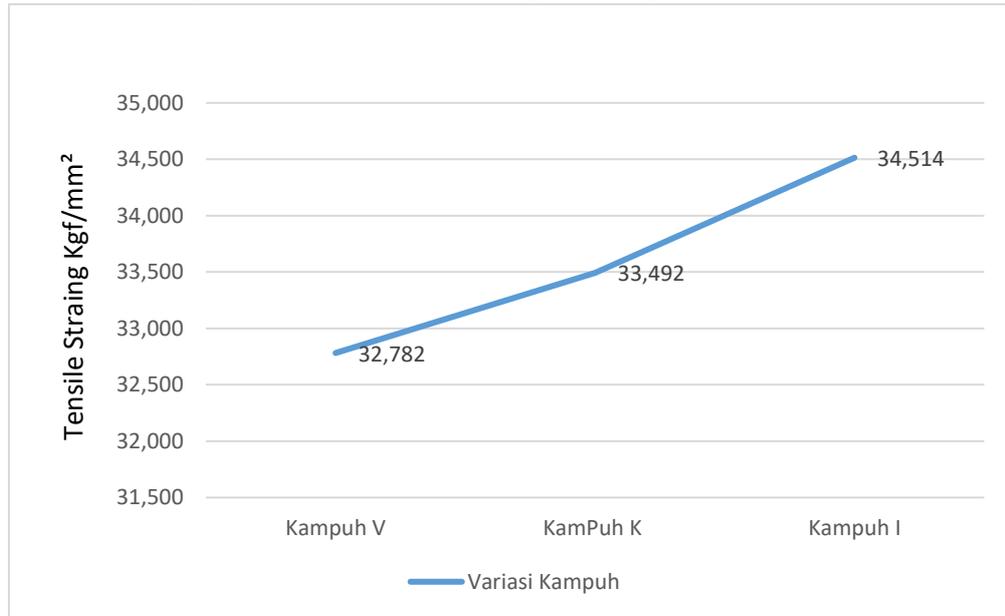
##### 4.1.1 Data Hasil Penelitian Uji Tarik

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan tiga variasi Kampuh (Kampuh V, Kampuh K dan Kampuh I), serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji tarik.

**Tabel 4.1 Pengolahan Data Uji Tarik**

| No | Variasi Kampuh Pengelasan | Jumlah Specimen | Area Mm <sup>2</sup> | Max Force Kgf | 0,2 % Y.S Kgf/mm <sup>2</sup> | Tensile Straing Kgf/mm <sup>2</sup> | Elongition % |
|----|---------------------------|-----------------|----------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1  | Kampuh v                  | A               | 62,5                 | 2176          | 15,46                         | 34,81                               | 34           |
|    |                           | B               | 62,5                 | 1961          | 26,07                         | 31,37                               | 35           |
|    |                           | C               | 62,5                 | 1901          | 11,76                         | 30,41                               | 15           |
|    |                           | D               | 62,5                 | 2129          | 29,54                         | 34,07                               | 21           |
|    |                           | E               | 62,5                 | 2084          | 27,45                         | 33,25                               | 26           |
|    | Rata - Rata               |                 |                      | 2050,2        | 22.056                        | 32.782                              | 26,2         |
| 2  | Kampuh K                  | A               | 62,5                 | 2081          | 26,59                         | 33,30                               | 22           |
|    |                           | B               | 62,5                 | 2094          | 29,48                         | 33,51                               | 25           |
|    |                           | C               | 62,5                 | 2078          | 27,88                         | 33,25                               | 35           |
|    |                           | D               | 62,5                 | 2097          | 28,81                         | 33,55                               | 25           |
|    |                           | E               | 62,5                 | 2116          | 26,75                         | 33,85                               | 24           |
|    | Rata- Rata                |                 |                      | 2093,2        | 27,902                        | 33.492                              | 26,2         |
| 3  | Kampuh I                  | A               | 62,5                 | 21,86         | 31,64                         | 34,97                               | 21           |
|    |                           | B               | 62,5                 | 21,38         | 27,22                         | 33,88                               | 25,5         |
|    |                           | C               | 62,5                 | 21,34         | 27,00                         | 34,14                               | 24           |
|    |                           | D               | 62,5                 | 2181          | 27,21                         | 34,89                               | 25,5         |
|    |                           | E               | 62,5                 | 2168          | 28,39                         | 34,69                               | 24           |
|    | Rata - Rata               |                 |                      | 2174,5        | 28,292                        | 34.514                              | 23           |

**Grafik 4.1 Hubungan Antara Variasi Kampuh Dengan Kekuatan Tarik**



#### **4.1.2 Analisa Dan Pembahasan Pengujian Tarik**

Berdasarkan grafik 4.1 hubungan dengan variasi kampuh diatas menunjukkan bahwa pengujian tarik dimana kampuh V memiliki kekuatan Tarik sebesar 32,782 kgf/mm<sup>2</sup> . Pada pengelasan kampuh K memiliki kekuatan tarik Yang meningkat dengan nilai 33,492 kgf/mm<sup>2</sup>. Dan Kampuh I yang mempunyai nilai 34,514 kgf/mm<sup>2</sup>.Dibandingkan Kampuh V dan K kecenderungan memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah. Daripada kampuh I yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi.

Menurut ( Guo,Yin,liang dan Ma.2016). Bertambahnya jarak kampuh berarti bertambah banyaknya filler yang harus masuk untuk mengisi kampuh yang berarti terjadi peningkatan jumlah panasn ( Heat Input) yang menyertai filler. Peningkatan panas ini juga mengakibatkan peningkatan residual strees yang membuat sudut distorsi semakin membesar. Sehingga pada variasi kampuh I memiliki sudut distorsi yang kecil dibandingkan dengan kampuh V maupun kampuh K. Sebab inilah yang membuat variasi kampuh I memiliki kekuatan Tarik terbesar diantara kedua kampuh lainnya.

## 4.2 Pengolahan Data Uji Impact

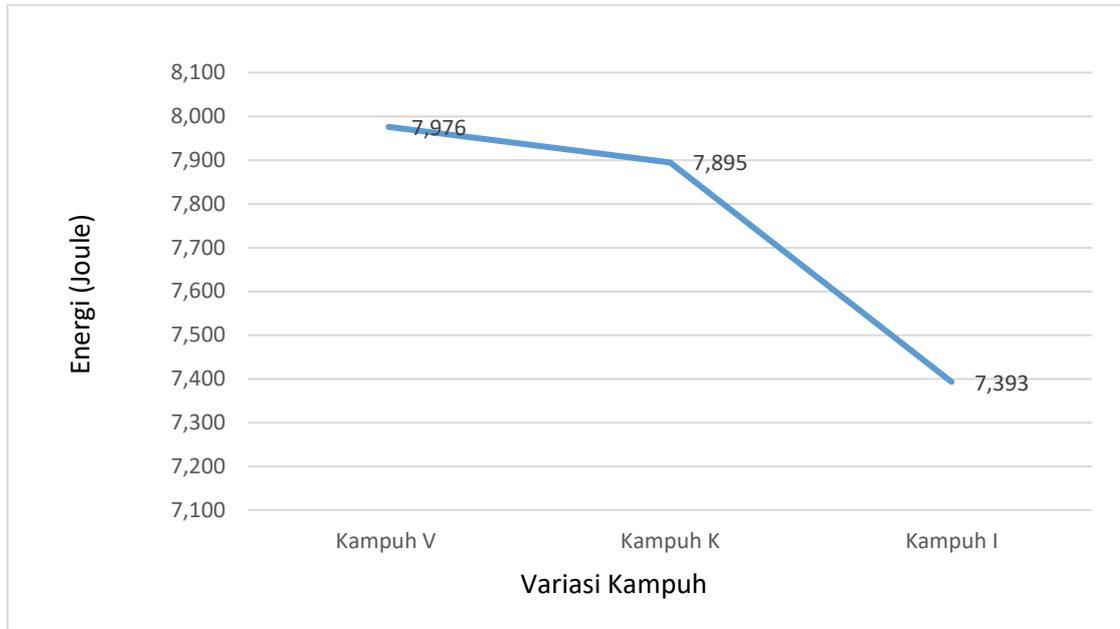
### 4.2.1 Data Hasil Penelitian Uji Impact

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan tiga variasi Kampuh (Kampuh V, Kampuh K dan Kampuh I), serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji Impact.

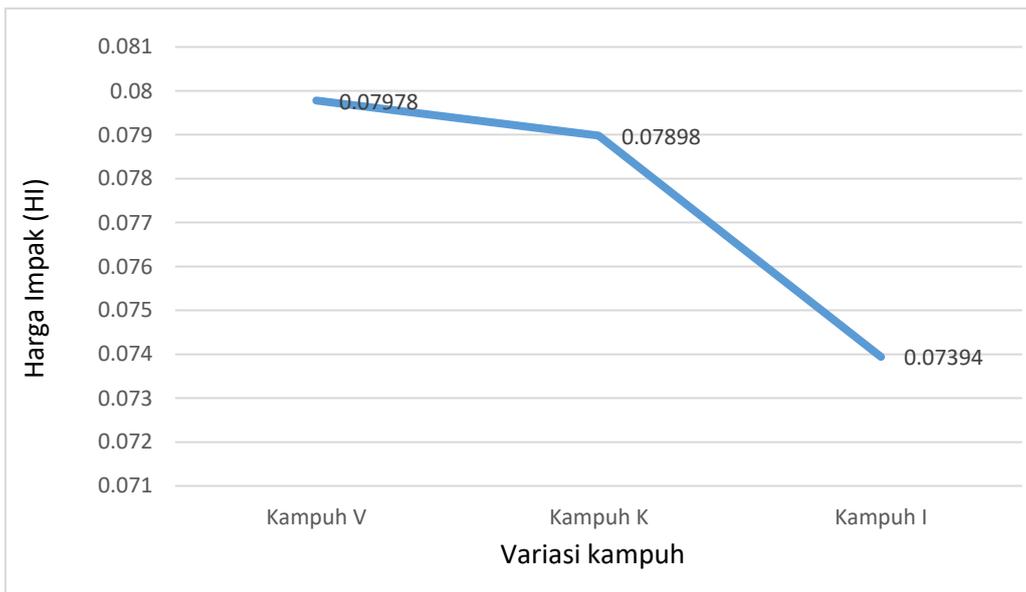
**Tabel 4.2 Pengolahan Data Uji Impact**

| Variasi Kampuh Pengelasan | Jumlah Sample | l (m) | b (mm) | t (m) | h (m) | $\alpha$ (°) | $\beta$ (°) | Energi (Joule) | HI (Joule/m) |
|---------------------------|---------------|-------|--------|-------|-------|--------------|-------------|----------------|--------------|
| Kampuh V                  | 1             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 62          | 79,947         | 0,0799       |
|                           | 2             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 66          | 6,9263         | 0,0693       |
|                           | 3             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 63          | 77,310         | 0,0773       |
|                           | 4             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 55          | 9,7675         | 0,0977       |
|                           | 5             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 64          | 74,650         | 0,0747       |
| Rata -Rata                |               |       |        |       |       |              | 62          | 79,769         | 0,07978      |
| Kampuh K                  | 1             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 64          | 7,4650         | 0,747        |
|                           | 2             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 80          | 2,9571         | 0,0296       |
|                           | 3             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 55          | 9,7675         | 0,0977       |
|                           | 4             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 55          | 9,7675         | 0,0977       |
|                           | 5             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 56          | 9,5225         | 0,0952       |
| Rata- Rata                |               |       |        |       |       |              | 62          | 789,592        | 0,07898      |
| Kampuh I                  | 1             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 69          | 6,1027         | 0,0610       |
|                           | 2             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 65          | 7,1968         | 0,0720       |
|                           | 3             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 65          | 7,1968         | 0,0720       |
|                           | 4             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 65          | 7,1968         | 0,0720       |
|                           | 5             | 55    | 10     | 10    | 10    | 90           | 57          | 9,2747         | 0,0927       |
| Rata -Rata                |               |       |        |       |       |              | 64.2        | 739,356        | 0,07394      |

**Grafik 4.2 Hubungan Variasi Kampuh Terhadap Energi**



**Grafik 4.3 Hubungan Variasi Kampuh Dengan H**



#### **4.2.2. Analisa Dan Pembahasan Pengujian Impact**

Pada analisa grafik 4.2 hubungan variasi Kampuh pengelasan terhadap nilai impact Energi (joule). Dari hasil pengujian patah takik (impact) dapat dilihat bahwa adanya perbedaan energi yang diserap oleh spesimen ketika terjadi patahan. Energi rata-rata yang diserap oleh spesimen yang dilaksanakan pengelasan dengan Kampuh V lebih besar dibandingkan dengan pengelasan Menggunakan kampuh K dan Kampuh I. Nilai energi rata-rata yang diserap untuk spesimen kampuh V sebesar 7,976 N.m dan specimen Kampuh K sebesar 7,895 N.m dengan kampuh I sebesar nilai 7,393 N.m.

Berdasarkan grafik 4.3 menunjukkan bahwa hubungan variasi kampuh terhadap HI ( joule/mm<sup>2</sup>). pengujian impak dimana Kampuh V memiliki Harga Impak (HI) sebesar 0,07978 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada pengelasan Kampuh K memiliki Harga Impak (HI) sebesar 0,07898 Joule/mm<sup>2</sup>. Dari kampuh I memiliki Harga Impak (HI) terkecil diantara kedua varian yakni 0,07394 Joule/mm<sup>2</sup>.

Pada grafik 4.2 dan garfik 4.3 menunjukkan bahwa kampuh V lebih baik. Dibandingkan kampuh K dan kampuh I. Dapat dikatakan bahwa energi impak pada spesimen pengelasan kampuh V lebih kuat menerima energi impak. Dibandingkan dengan spesimen pengelasan menggunakan kampuh K dan kampuh I. Hal ini disebabkan karena pada kampuh K dan I mengalami dua kali sisi pengelasan yang menyebabkan siklus pemanasan didapat dikontrol sehingga retak panas pada sambungan las. Retak panas ini akan menjadi kosentrasi tegangan sehingga material tidak dapat menerima beban impak.

#### **4.3 Pengolahan Data Pengujian Kekerasan**

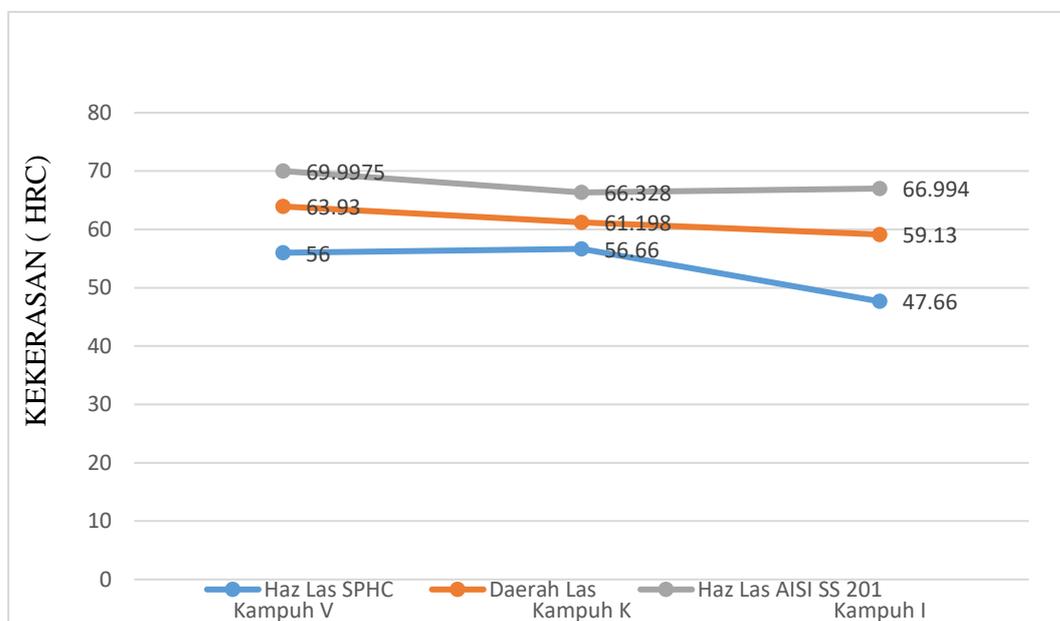
##### **4.3.1. Data Hasil Penelitian Uji Kekerasan**

Dari hasil pengujian sampel uji dibuat dengan tiga variasi Kampuh (Kampuh V, Kampuh K dan Kampuh I), serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga sebagai pembanding. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan pada tabel hasil uji kekerasan dibawah ini.

**Tabel 4.3 Pengolahan Data Kekerasan**

| No | SPHC Dan AISI 201 | Jumlah Specimen | Daerah Haz (HRC) | Logam Induk SPHC (HRC) | Daerah Las (HRC) | Daerah Haz (HRC) | Logam Induk AISI 201 (HRC) |
|----|-------------------|-----------------|------------------|------------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| 1  | Jenis Kampuh V    | 1               | 58,33            | 42                     | 62               | 75               | 66                         |
|    |                   | 2               | 59,66            | 39                     | 76,66            | 74,33            | 63                         |
|    |                   | 3               | 56               | 37                     | 62,66            | 66,33            | 66                         |
|    |                   | 4               | 51,66            | 38                     | 54,33            | 64,33            | 68                         |
|    |                   | 5               | 63,66            | 43                     | 64               | 65,66            | 64                         |
|    | Rata - Rata       |                 | 56               | 39.8                   | 63.93            | 69.9975          | 65.4                       |
| 2  | Jenis Kampuh K    | 1               | 54,66            | 39                     | 52               | 66,33            | 66                         |
|    |                   | 2               | 59,66            | 35                     | 66,66            | 70,66            | 58                         |
|    |                   | 3               | 55,66            | 39                     | 61               | 59,33            | 67                         |
|    |                   | 4               | 52,66            | 39                     | 61               | 66,66            | 65                         |
|    |                   | 5               | 60,66            | 38                     | 65,33            | 68,33            | 62                         |
|    | Rata -Rata        |                 | 56.66            | 38                     | 61.198           | 66.328           | 63.6                       |
| 3  | Jenis Kampuh I    | 1               | 42               | 44                     | 44               | 70,66            | 67                         |
|    |                   | 2               | 61               | 42                     | 64,33            | 68,33            | 66                         |
|    |                   | 3               | 44               | 39                     | 63,66            | 69,33            | 66                         |
|    |                   | 4               | 40               | 42                     | 62,33            | 62,66            | 66                         |
|    |                   | 5               | 51,33            | 38                     | 61,66            | 63,66            | 53                         |
|    | Rata -Rata        |                 | 47.66            | 41                     | 59.13            | 66.994           | 63.6                       |

**Grafik 4.4 Hubungan Antara Variasi Kampuh Terhadap Kekerasan**



#### **4.3.2. Analisa Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan**

Pada analisa grafik 4.4 hubungan variasi Kampuh pengelasan dan daerah titik terhadap nilai kekerasan (HRC). Didapat nilai rata-rata terbesar pada Kampuh V didaerah HAZ stainless steel dengan nilai rata-rata kekerasan 69,9975 HRC, dan diKampuh K terdapat nilai HAZ stainless stell dengan nilai 66,328 HRC. Nilai kekerasan terendah daerah HAZ stainless steel terdapat pada Kampuh I dengan nilai kekerasan 66,994 HRC. Untuk daerah las Kampuh V terdapat nilai tertinggi dengan nilai kekerasan 63,03 HRC. Pada kampuh K terdapat nilai terendah didaerah las dengan nilai kekerasan 61,198 HRC. Dan pada Kampuh I terdapat nilai kekerasan daerah las dengan nilai 59,13 HRC. Untuk daerah kekerasan HAZ baja pada Kampuh V terdapat nilai tertinggi dengan nilai 56 HRC. Pada Kampuh K terdapat nilai kekerasan daerah HAZ baja dengan nilai 56,66HRC, dan mengalami penurunan daerah HAZ baja dengan nilai terendah yaitu Kampuh I dengan nilai 47,66 HRC.

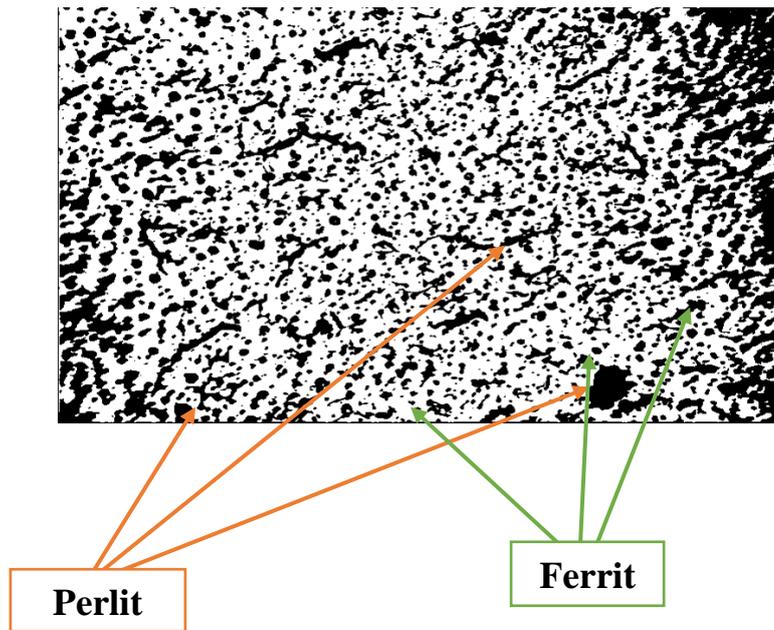
Dikarenakan kampuh V hanya mengalami satu kali sisi pengelasan sehingga pendinginan pada kampuh V ini pendinginan lebih cepat. Dibandingkan kampuh K dan I yang mengalami dua kali sisi pengelasan yang mengakibatkan proses pendinginan lebih lama. Hal yang mengakibatkan variasi kampuh V lebih keras dibandingkan dua variasi lainnya

#### **4.4 Pengolahan Data Pengamatan Struktur Mikro**

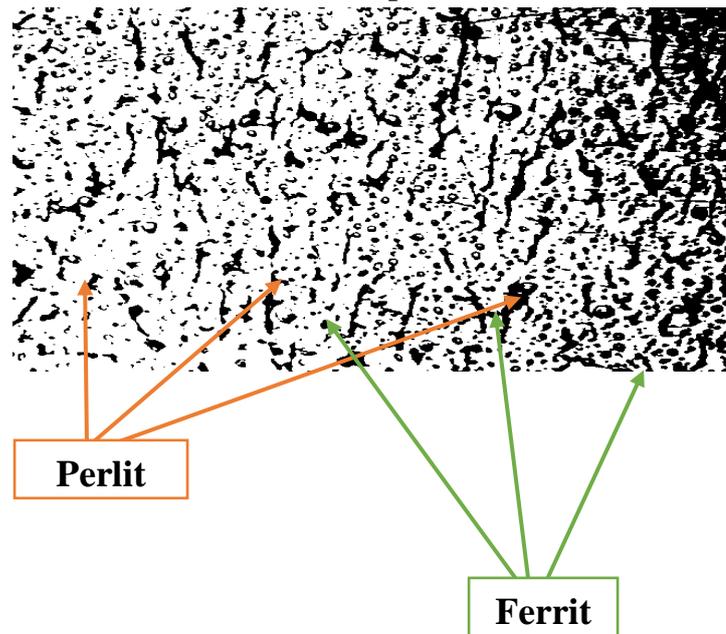
##### **4.4.1 Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro**

Dari hasil pengujian sampel pengamatan dibuat dengan tiga variasi kampuh (kampuh V, Kampuh K dan kampuh I ), serta pengamatan tiap variasi pada daerah lasan. Sampel uji yang telah diuji dicantumkan dengan gambar dibawah ini :

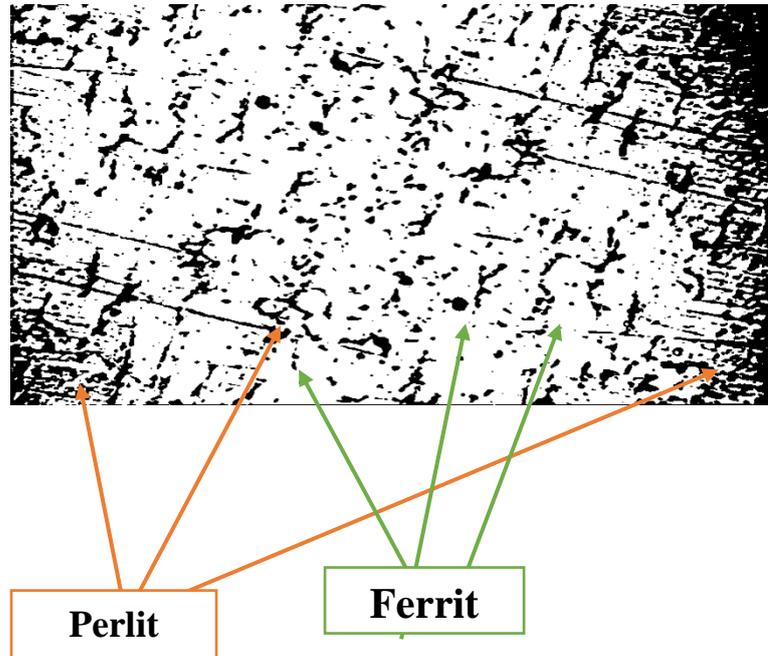
a) Kampuh V



b) Kampuh K



c). Kampuh I



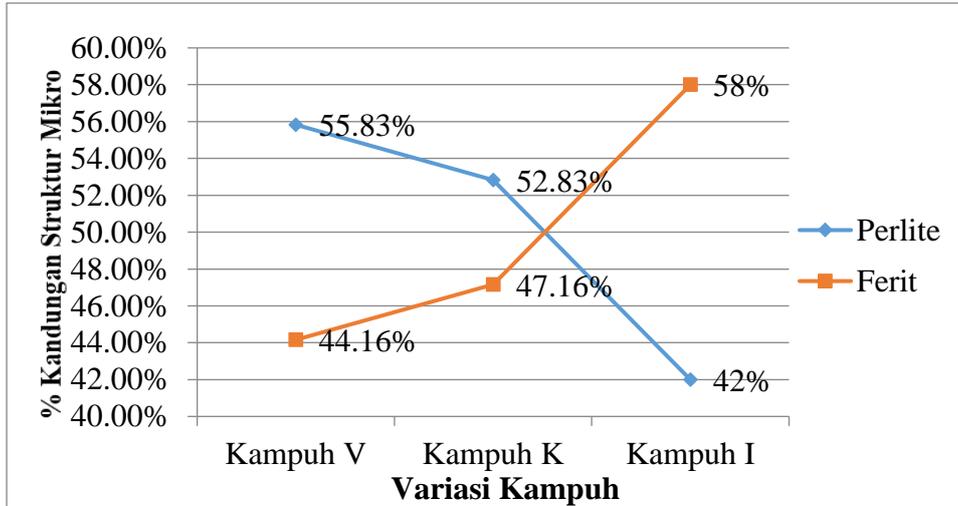
*Gambar 4.1 Hasil Pengamatan Struktur Mikro*

Sumber : Dokumen Pribadi

**Tabel 4.4 Rata-Rata Hasil Pengamatan Struktur Mikro**

| No. | Variasi Kampuh | Perlite | Ferit   |
|-----|----------------|---------|---------|
| 1   | Kampuh V       | 55,83 % | 44,16 % |
| 2   | Kampuh K       | 52,83 % | 47,16 % |
| 3   | Kampuh I       | 42 %    | 58%     |

**Grafik 4.5 Hubungan Antara Variasi Kampuh Terhadap Struktur Mikro**



#### **4.4.2 Analisa Dan Pembahasan Pengamatan Struktur Mikro**

Setelah proses pengelasan yang dilanjutkan dengan pendinginan udara secara perlahan-lahan, maka selanjutnya dilakukan pengetsaan terhadap spesimen untuk dilakukan pengamatan struktur mikro. Struktur perlit ditampilkan dengan warna gelap dengan sifat lebih kuat, keras dan sedikit getas, sedangkan struktur ferit yang ditampilkan dengan warna terang dengan sifat lunak dan ulet.

Setelah dilakukan proses pengelasan SMAW tampak adanya perubahan jumlah perlit dan ferit setelah pengamatan struktur mikro. Dijelaskan hasil struktur perlit pada daerah las (Kampuh V 55,83% Kampuh K 52,83% dan Kampuh I 42%), struktur mikro ferit pada daerah las (Kampuh V 44,16%, Kampuh K 47,16% dan Kampuh I 58 %).

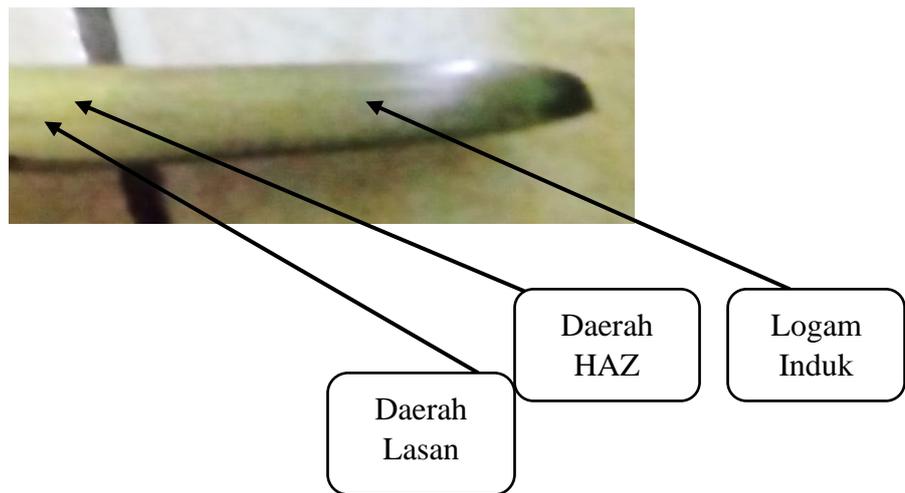
Jumlah presentase kandungan struktur perlit lebih sedikit dibandingkan dengan presentase ferit yang lebih banyak disebabkan oleh unsur karbon yang terperangkap oleh daerah lasan pada waktu didinginkan dengan udara.

Pada semua hasil foto struktur mikro dapat dilihat bertambahnya butiran perlit pada pengelasan baja JIS G 3131 SPHC dengan baja AISI SS 201 . Hal ini disebabkan akibat suhu pengelasan beda logam dapat merubah butiran perlit dan ferit. Semakin sedikit jumlah presentase butiran perlit,

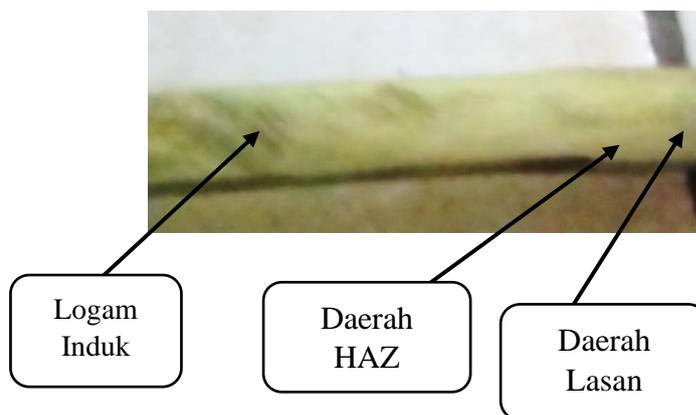
semakin menurun pula kekuatan dari material tersebut. Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentase struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.

#### 4.5 Hasil Foto Makro

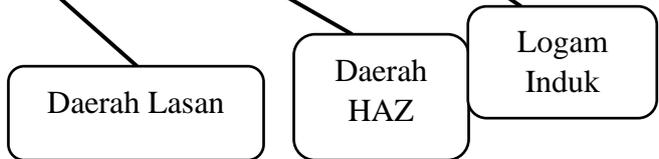
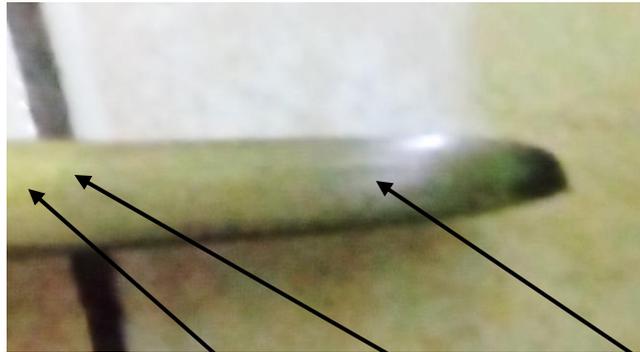
**Baja SPHC ( Kampuh V )**



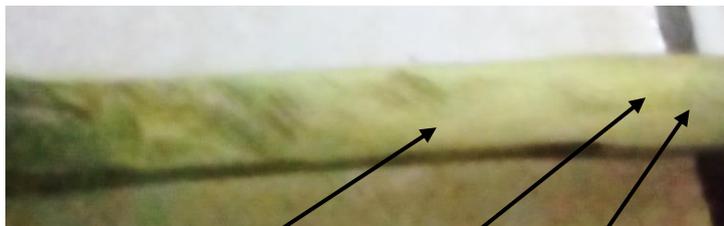
**Baja AISI SS 201 ( Kampuh V )**



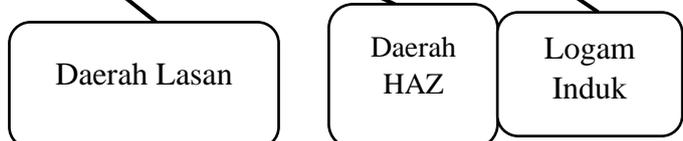
**Baja SPHC ( Kampuh K)**



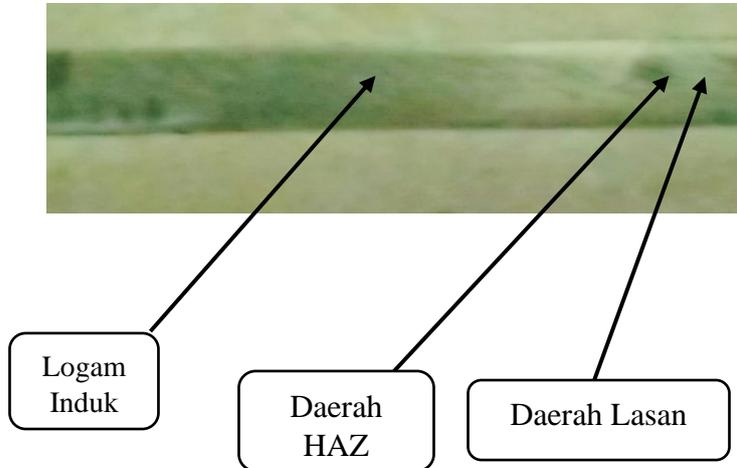
**Baja AISI SS 201( Kampuh K)**



**Baja SPHC ( Kampuh I)**



**Baja AISI SS 201 ( Kampuh I )**



**Gambar 4.2 Hasil Foto Makro**

Sumber : Dokumen Pribadi

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa jenis kampuh sambungan mempunyai pengaruh yang penting terhadap hasil lasan. Pengaruh yang terjadi dapat disimpulkan :

1. Bahwa dari variasi kampuh yang memiliki nilai kekuatan Tarik tertinggi yaitu kampuh I daripada kampuh V dan kampuh K . Dikarenakan pada variasi kampuh I memiliki sudut distorsi yang kecil dibandingkan dengan kampuh V maupun kampuh K.
2. Variasi kampuh yang mempunyai nilai ketangguhan lebih tinggi yaitu kampuh V dibandingkan kampuh K dan kampuh I. Dikarenakan pada kampuh K dan I mengalami dua kali sisi pengelasan yang menyebabkan siklus pemanasan didapat dikontrol sehingga retak panas pada sambungan las
3. Dimana nilai kekerasan yang tertinggi yaitu kampuh V daripada kampuh K dan Kampuh I yang nilainya lebih rendah. Dikarenakan kampuh V mengalami satu kali pengelasan .karena masukan panas dan waktu pendinginan lebih cepat dari kampuh yang lain.
4. Dari pengamatan struktur mikro nilai kampuh V lebih besar dari kampuh K dan Kmapuh I . Karena sifat butiran perlit yang lebih kuat, keras dan sedikit getas. Sedangkan jumlah presentanse struktur ferit yang ditampilkan semakin banyak dengan sifatnya lunak dan ulet yang membuat kekuatan material lebih kuat dari pada yang lebih banyak butiran perlitnya.
5. Hasil pengelasan listrik yang optimal tergantung pada teknik peroses pengelasannya

## **5.2 Saran**

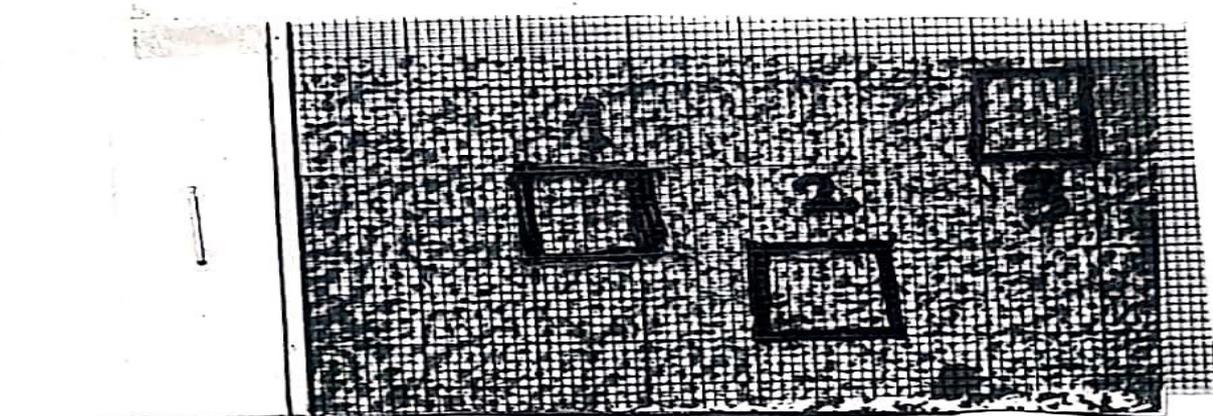
Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini bisa mengkaji ulang factor – factor yang mempengaruhi pengelasan terhadap sifat mekanis.
2. Untuk penelitian yang berikutnya, diharapkan bisa dikembangkan dengan variasi yang berbeda, agar terciptanya penelitian yang baru.

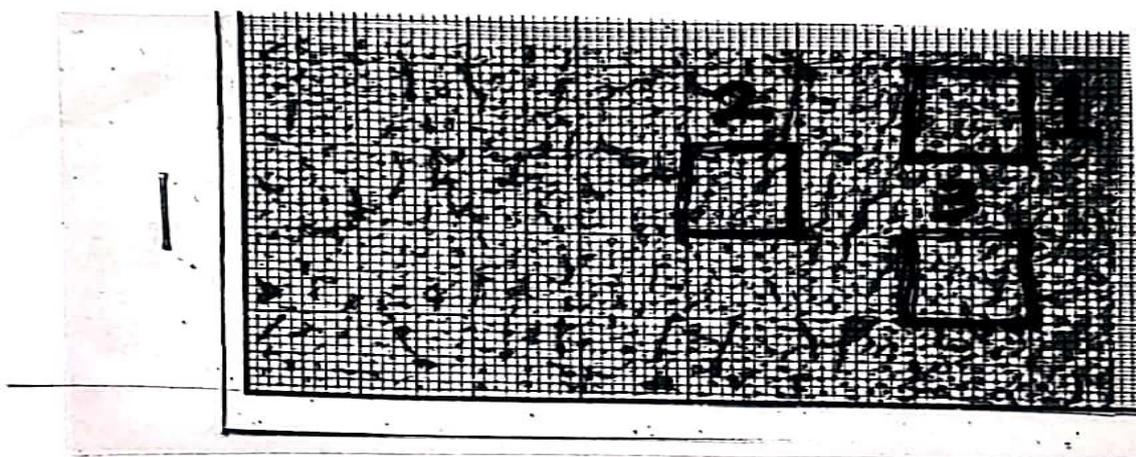
## DAFTAR PUSTAKA

- Bondan T. Sofyan. (2010). Pengantar Material Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
- Eriek Wahyu Restu Widodo<sup>1</sup>, Vuri Ayu Setyowati<sup>2</sup>, Suheni<sup>3</sup>, dan Ilham Qiromi<sup>4</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Adhi  
Tama Surabaya<sup>1,2,3,4</sup> Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117
- Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, 2008, Teknologi Pengelasan Logam, PT  
Balai Pustaka (Persero), Jakarta.
- Supardi, E., 1996, Pengujian Logam, Angkasa, Bandung.
- Widharto, S. Teknologi dan Proses Pengelasan. Balai Besar Bahan dan Barang  
Teknik, Bandung..
- W Kenyon, Ir. Dines Ginting, Dasar – Dasar Pengelasan
- Smallman. RE. Metalurgi Fisik Modern. Gramedia 1991

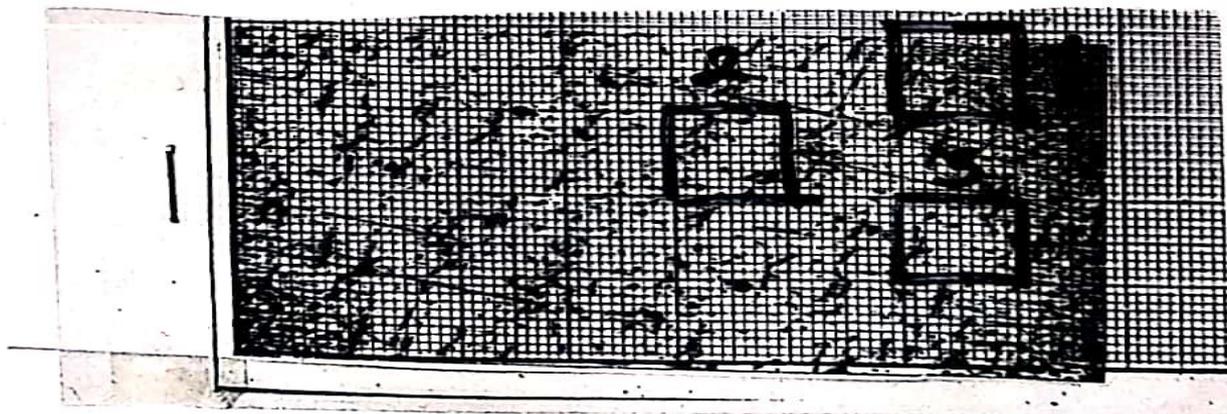
## LAMPIRAN



KAMPUH V



KAMPUH K



KAMPUH I

### Perhitungan Variasi Kampuh V

.Perhitungan persentase Ferit dan Perlit pada pengamatan struktur mikro pada variasi Kampuh V .Kotak 1

- Jumlah Fasa Ferit : 24
- Jumlah Fasa Perlit : 27
- Jumlah Fasa Gabungan : 49

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{24 + \left(\frac{49}{2}\right)}{100} \times 100\% = 48,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{27 + \left(\frac{49}{2}\right)}{100} \times 100\% = 51,5\%$

### Kotak 2

- Jumlah Fasa Ferit : 18
- Jumlah Fasa Perlit : 25
- Jumlah Fasa Gabungan : 57

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{18 + \left(\frac{57}{2}\right)}{100} \times 100\% = 46,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{25 + \left(\frac{57}{2}\right)}{100} \times 100\% = 53,5\%$

### Kotak 3

- Jumlah Fasa Ferit : 15
- Jumlah Fasa Perlit : 40
- Jumlah Fasa Gabungan : 45

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{15 + \left(\frac{45}{2}\right)}{100} \times 100\% = 37,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{40 + \left(\frac{45}{2}\right)}{100} \times 100\% = 62,5\%$

### Rata – rata Persentase Fasa Ferit dan Perlit

➤ Nilai Rata-rata Fasa Ferit :  $\frac{(48,5 + 46,5 + 37,5)}{3} = 44,16\%$

➤ Nilai Rata-rata Fasa Perlit :  $\frac{(51,5 + 53,5 + 62,5)}{3} = 55,83\%$

### Perhitungan Variasi Kampuh K

.Perhitungan persentase Ferit dan Perlit pada pengamatan struktur mikro pada variasi Kampuh K .Kotak 1

- Jumlah Fasa Ferit : 24
- Jumlah Fasa Perlit : 19
- Jumlah Fasa Gabungan : 57

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{24 + \left(\frac{57}{2}\right)}{100} \times 100\% = 52,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{19 + \left(\frac{57}{2}\right)}{100} \times 100\% = 47,5\%$

### Kotak 2

- Jumlah Fasa Ferit : 15
- Jumlah Fasa Perlit : 29
- Jumlah Fasa Gabungan : 56

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{15 + \left(\frac{56}{2}\right)}{100} \times 100\% = 43\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{29 + \left(\frac{56}{2}\right)}{100} \times 100\% = 57\%$

### Kotak 3

- Jumlah Fasa Ferit : 16
- Jumlah Fasa Perlit : 24
- Jumlah Fasa Gabungan : 60

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{16 + \left(\frac{60}{2}\right)}{100} \times 100\% = 46\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{24 + \left(\frac{60}{2}\right)}{100} \times 100\% = 54\%$

### Rata – rata Persentase Fasa Ferit dan Perlit

➤ Nilai Rata-rata Fasa Ferit :  $\frac{(52,5 + 43 + 46)}{3} = 47,16\%$

➤ Nilai Rata-rata Fasa Perlit :  $\frac{(47,5 + 57 + 54)}{3} = 52,83\%$

### Perhitungan Variasi Kampuh I

.Perhitungan persentase Ferit dan Perlit pada pengamatan struktur mikro pada variasi Kampuh I .Kotak 1

- Jumlah Fasa Ferit : 35
- Jumlah Fasa Perlit : 17
- Jumlah Fasa Gabungan : 48

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{35 + \left(\frac{48}{2}\right)}{100} \times 100\% = 59\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{17 + \left(\frac{48}{2}\right)}{100} \times 100\% = 41\%$

Kotak 2

- Jumlah Fasa Ferit : 18
- Jumlah Fasa Perlit : 21
- Jumlah Fasa Gabungan : 61

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{18 + \left(\frac{61}{2}\right)}{100} \times 100\% = 48,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{21 + \left(\frac{61}{2}\right)}{100} \times 100\% = 51,5\%$

Kotak 3

- Jumlah Fasa Ferit : 44
- Jumlah Fasa Perlit : 11
- Jumlah Fasa Gabungan : 45

➤ Persentase Fasa Ferit :  $\frac{44 + \left(\frac{45}{2}\right)}{100} \times 100\% = 66,5\%$

➤ Persentase Fasa Perlit :  $\frac{11 + \left(\frac{45}{2}\right)}{100} \times 100\% = 33,5\%$

Rata – rata Persentase Fasa Ferit dan Perlit

➤ Nilai Rata-rata Fasa Ferit :  $\frac{(59+48,5+66,5)}{3} = 58\%$

➤ Nilai Rata-rata Fasa Perlit :  $\frac{(41+51,5+33,5)}{3} = 42\%$



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK MESIN  
LABORATORIUM TEKNIK MESIN

Jln. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) , 463513 – 19 Fax. (0341) 460782 Malang 65144

SURAT KETERANGAN

Nomor : E.6.b/ 28 /LTM/FT-UMM/ VII /2019

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : **Mukhamad Nur Aji**  
No. Induk : **1511058**  
Fak / Jurusan : **Teknik / Teknik Mesin**  
**Institut Teknologi Nasional**

Telah Melaksanakan :

Penelitian : **Pengujian Material**  
Materi Penelitian : **Uji Mikrostruktur**  
Tanggal Pelaksanaan : **13 - 16 Juli 2019**  
Data : **Terlampir**

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 17 Juli 2019  
Kepala Laboratorium  
  
Ir. Herry Suprianto, MT





PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

**PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting); Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang , 05 Maret 2019

Nomor : ITN-280 /I.TA/2019  
Lampiran : .....  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth Sdr. Ir. Teguh Rahardjo, MT  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
di MALANG

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Skripsi untuk saudara mahasiswa :

Nama : Mukhamad Nur Aji  
Nim : 1511058  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program studi : Teknik Mesin (S1)

Maka dengan ini pembimbingan Skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara selama 6 (enam) bulan terhitung mulai tanggal :

**Maret 2019 S/d Agustus 2019**

Adapun tugas tersebut untuk menempuh Ujian Akhir Program Sarjana S1. Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

  
Jurusan Teknik Mesin S-I  
Ketua Jurusan  
Sibut, ST, MT  
NIP : Y. 1030300379

**Tembusan Kepada Yth :**

1. Bapak Dekan FTI ITN Malang
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip





PT KRAKATAU STEEL (PERSEJO) Tbk.

KRAKATAU STEEL

MILL CERTIFICATE

PURCHASER : SPIRITUMGA JAYAMARE, PT.  
 PLERAN JAYAKARTA 131-AM2  
 RT.007 RW.007 MANGGA DIA SELATAN  
 SAWAH BESAR JAKARTA PUSAT  
 COMMODITY : PRIME NEM, Y PRODUCED HOT ROLLED  
 STEEL IN SHEET MILL EDGE  
 SPECIFICATION : JIS G 3113 SPHC

LC NO : 0191L006836  
 CERTIFICATE NO : B00004583MCPK/1/19  
 DATE : FEBRUARY 25, 2019  
 LOT NO :  
 SHIPPING INSTRUCTION :  
 SALES ORDER / ITEM : 6000053371 / 000030

| HEAT NO. | COIL AND PACKING NO | TEST-NO | DIMENSION (mm)     | QTY (N) | WEIGHT (KG) | CHEMICAL COMPOSITION x 100 % |     |      |     |     |     |      | TENSILE TEST         |                      |      | BEND TEST | IMPACT TEST |    |
|----------|---------------------|---------|--------------------|---------|-------------|------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|------|----------------------|----------------------|------|-----------|-------------|----|
|          |                     |         |                    |         |             | C                            | Si  | Mn   | P   | S   | M   | Ceq  | YS N/mm <sup>2</sup> | TS N/mm <sup>2</sup> | EL % |           | AVG         | °C |
| K43475   | AEJ22301 ✓          | AEJ223  | 5.65 x 1500 x 6000 | 10      | 4.000       | 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                  | 381                  | 46   | GOOD      |             |    |
| K43475   | AEJ22302 ✓          | AEJ223  | 5.65 x 1500 x 6000 | 10      | 3.980       | 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                  | 381                  | 46   | GOOD      |             |    |
| K43475   | AEJ22303 ✓          | AEJ223  | 5.65 x 1500 x 6000 | 10      | 3.980       | 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                  | 381                  | 46   | GOOD      |             |    |
| K43475   | AEJ22304 ✓          | AEJ223  | 5.65 x 1500 x 6000 | 10      | 3.980       | 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                  | 381                  | 46   | GOOD      |             |    |
| K43475   | AEJ22305 ✓          | AEJ223  | 5.65 x 1500 x 6000 | 10      | 4.000       | 7.2                          | 1.1 | 29.4 | 0.9 | 0.2 | 3.0 | 0.12 | 291                  | 381                  | 46   | GOOD      |             |    |

RSQP05062, ISSUE NO : 01

DIVISION OF QUALITY CONTROL



WE HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED ABOVE HAS BEEN TESTED AND COMPLIES WITH THE TERMS OF THE ORDER CONTRACT  
 PT. KRAKATAU STEEL (PERSEJO) Tbk. Jl. Industri No 5 Cigugur, Banten, 42435, Indonesia Phone: (+62 254) 371015 Fax: (+62 254) 372608

SUPERINTENDENT  
 PHONE: (0254) 371015



## UJI TARIK

Nama : Mukhamad Nur Aji  
NIM/ : 1511058  
Perguruan Tinggi : ITN Malang  
Jurusan : Teknik Mesin S1  
Hari / Tanggal : Selasa / 26 Juni 2019  
Specimen : Pengelasan Baja JIS G 3131 SPHC DAN AISI SS 201

| No | Variasi Kampuh Pengelasan | Jumlah Specimen | Area Mm <sup>2</sup> | Max Force Kgf | 0.2% Y. S Kgf/mm <sup>2</sup> | Tensile Straing Kgf/mm <sup>2</sup> | Elongition % |
|----|---------------------------|-----------------|----------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| 1  | Kampuh V                  | A               | 62.50                | 2176          | 15,46                         | 34,81                               | 34           |
|    |                           | B               | 62.50                | 1961          | 26,07                         | 31,37                               | 35           |
|    |                           | C               | 62.50                | 1901          | 11,76                         | 30,41                               | 15           |
|    |                           | D               | 62.50                | 2129          | 29,54                         | 34,07                               | 21           |
|    |                           | E               | 62.50                | 2084          | 27,45                         | 33,25                               | 26           |
| 2  | Kampuh K                  | A               | 62.50                | 2081          | 26,59                         | 33,30                               | 22           |
|    |                           | B               | 62.50                | 2094          | 29,48                         | 33,51                               | 25           |
|    |                           | C               | 62.50                | 2078          | 27,88                         | 33,25                               | 35           |
|    |                           | D               | 62.50                | 2097          | 28,81                         | 33,55                               | 25           |
|    |                           | E               | 62.50                | 2116          | 26,75                         | 33,85                               | 24           |
| 3  | Kampuh I                  | A               | 62.50                | 21,86         | 31,62                         | 34,97                               | 21           |
|    |                           | B               | 62.50                | 21,38         | 27,22                         | 33,88                               | 25,5         |
|    |                           | C               | 62.50                | 21,34         | 27,00                         | 34,14                               | 24           |
|    |                           | D               | 62.50                | 2181          | 27,21                         | 34,89                               | 25,5         |
|    |                           | E               | 62.50                | 2168          | 28,39                         | 34,69                               | 24           |

Malang, 26 Juni 2019  
Kepala Laboratorium Uji Material  
  
Dr. Teguh Rahardjo, MT  
NIP. 195706011992021001



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

**DATA PENGUJIAN IMPAK**

Nama : **Muhkhamad Nuraji**  
NIM/ : **1511058**  
Perguruan Tinggi : **ITN Malang**  
Jurusan : **Teknik Mesin S1**  
Hari / Tanggal : **Selasa / 26 Juni 2019**  
Specimen : **Pengelasan Baja JIS G 3131 SPHC DAN AISI SS 201**

| Variasi Kampuh Pengelasan | Juml Smpl | l (mm) | b (mm) | t (mm) | h (mm) | $\alpha$ ( $^{\circ}$ ) | $\beta$ ( $^{\circ}$ ) | Energi (Joule) | HI (Joule/mm) |
|---------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|------------------------|----------------|---------------|
| <b>Kampuh V</b>           | 1         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 62                     | 7,9947         | 0,0799        |
|                           | 2         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 66                     | 6,9263         | 0,0693        |
|                           | 3         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 63                     | 7,7310         | 0,0773        |
|                           | 4         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 55                     | 9,7675         | 0,0977        |
|                           | 5         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 64                     | 7,4650         | 0,0747        |
| <b>Kampuh K</b>           | 1         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 64                     | 7,4650         | 0,0747        |
|                           | 2         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 80                     | 2,9571         | 0,0296        |
|                           | 3         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 55                     | 9,7675         | 0,0977        |
|                           | 4         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 55                     | 9,7675         | 0,0977        |
|                           | 5         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 56                     | 9,5225         | 0,0952        |
| <b>Kampuh I</b>           | 1         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 69                     | 6,1027         | 0,0610        |
|                           | 2         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 65                     | 7,1968         | 0,0720        |
|                           | 3         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 65                     | 7,1968         | 0,0720        |
|                           | 4         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 65                     | 7,1968         | 0,0720        |
|                           | 5         | 55     | 10     | 10     | 10     | 90                      | 57                     | 9,2747         | 0,0927        |

Malang, 26 Juni 2019  
Kepala Laboratorium Uji Material  
  
Ir. Teguh Rahardjo, MT  
NIP. 195706011992021001



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
 Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

**DATA HASIL PENGUJIAN KEKERASAN**

Nama : **Mukhamad Nur Aji**  
 NIM/Jurusan : **1511058 / Teknik Mesin S1**  
 Hari/ Tanggal : **Selasa / 25 Juni 2019**  
 Alat Uji : **Rockweel Hardness Tester**  
 Merk : **Brevetti AFFRI, Misuratori Di Durezza Hardnes Testers (ITALY)**  
 Serial No : **348901**  
 Model : **206 RT**  
**Hardness Scale : HRB**  
 Load : **100 Kgf**  
 Penetrator : **Ball Ø 1/16 "**  
 Specimen : **Pengelasan Baja JIS G 3131 SPHC DAN AISI SS 201**

| No | SPHC           | Jumlah Specimen | Dacrah Haz 1 | Dacrah Haz 2 | Dacrah Haz 3 | Dacrah Las 1 | Dacrah Las 2 | Dacrah Las 3 | Logam Induk |
|----|----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1  | Jenis Kampuh V | 1               | 58           | 59           | 58           | 60           | 66           | 60           | 42          |
|    |                | 2               | 62           | 57           | 60           | 73           | 83           | 74           | 39          |
|    |                | 3               | 50           | 60           | 58           | 70           | 59           | 59           | 37          |
|    |                | 4               | 54           | 52           | 49           | 50           | 57           | 56           | 38          |
|    |                | 5               | 60           | 65           | 66           | 64           | 65           | 63           | 43          |
| 2  | Jenis Kampuh K | 1               | 51           | 58           | 55           | 47           | 50           | 59           | 39          |
|    |                | 2               | 59           | 61           | 59           | 68           | 65           | 67           | 35          |
|    |                | 3               | 54           | 52           | 61           | 62           | 63           | 58           | 39          |
|    |                | 4               | 52           | 55           | 51           | 61           | 63           | 59           | 39          |
|    |                | 5               | 60           | 60           | 62           | 60           | 64           | 72           | 38          |
| 3  | Jenis Kampuh I | 1               | 43           | 43           | 40           | 41           | 46           | 45           | 44          |
|    |                | 2               | 61           | 61           | 61           | 63           | 64           | 66           | 42          |
|    |                | 3               | 42           | 45           | 45           | 64           | 62           | 65           | 39          |
|    |                | 4               | 38           | 42           | 40           | 65           | 62           | 60           | 42          |
|    |                | 5               | 48           | 54           | 52           | 62           | 61           | 62           | 38          |

Malang, 25 Juni 2019  
 Kepala Laboratorium Pengujian Material  
  
**Ir. Teguh Bahardjo, MT**  
 NIP. 195706011992021001



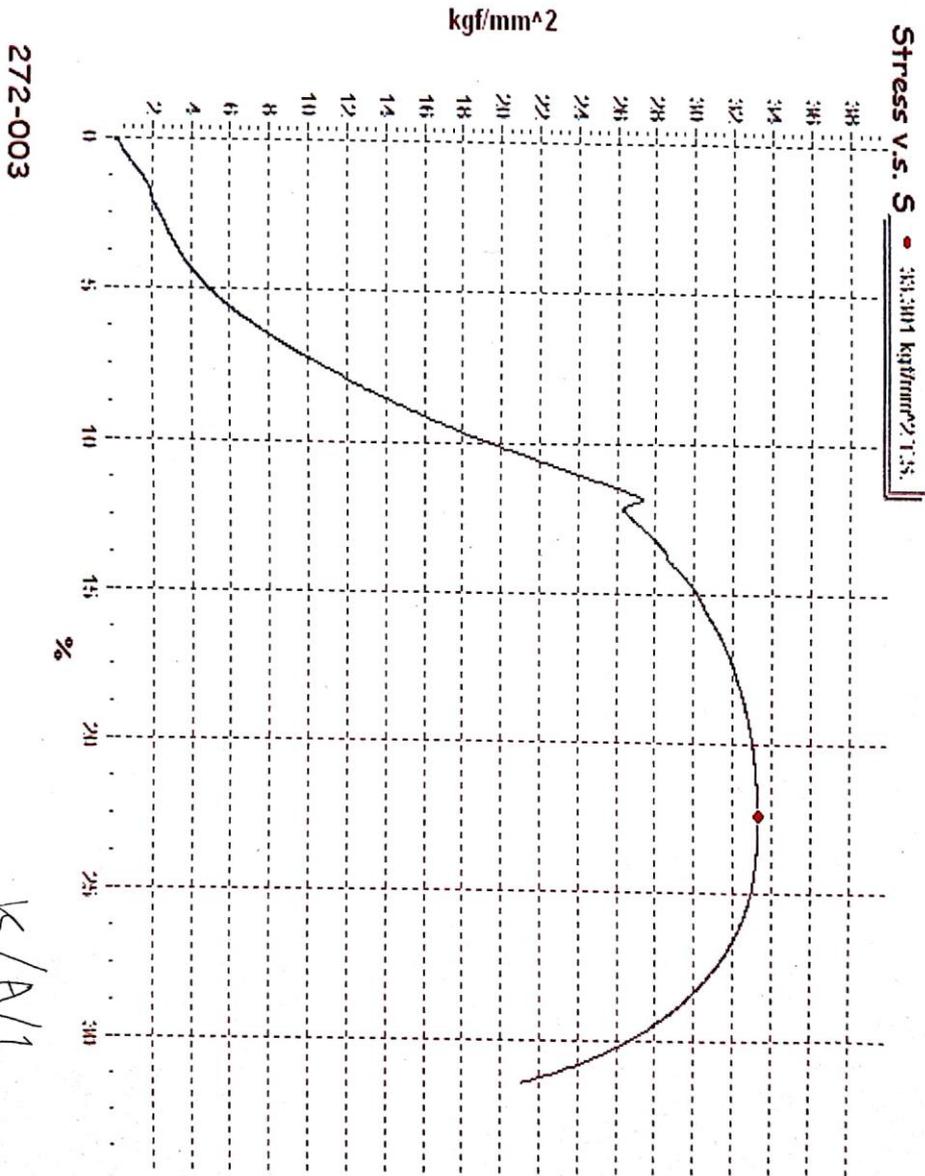
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK MESIN  
**LABORATORIUM PENGUJIAN MATERIAL**  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Ext. 511 Malang

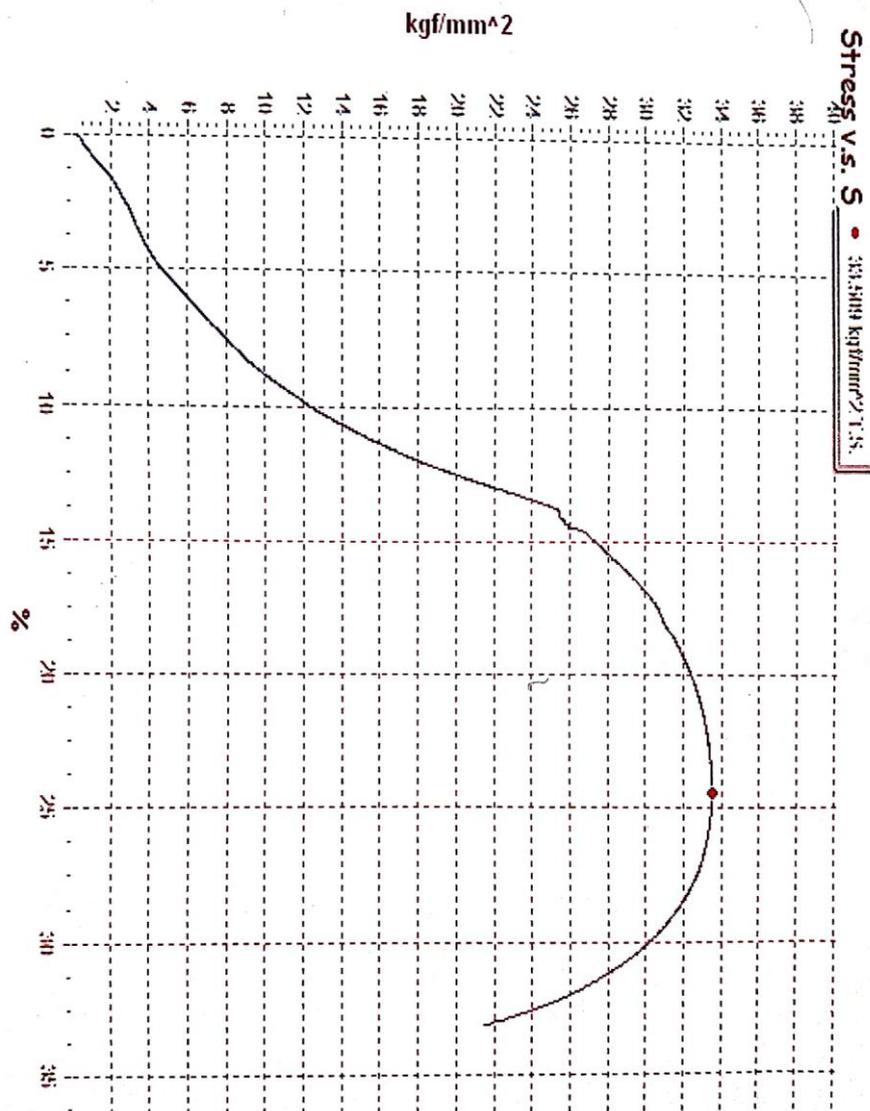
**DATA HASIL PENGUJIAN KEKERASAN**

Nama : Mukhamad Nur Aji  
NIM/Jurusan : 1511058 / Teknik Mesin S1  
Hari/ Tanggal : Selasa / 25 Juni 2019  
Alat Uji : Rockweel Hardness Tester  
Merk : Brevetti AFFRI, Misuratori Di Durezza Hardnes Testers (ITALY)  
Serial No : 348901  
Model : 206 RT  
Hardness Scale : HRB  
Load : 100 Kgf  
Penetrator : Ball Ø 1/16 “  
Specimen : Pengelasan Baja JIS G 3131 SPHC DAN AISI SS 201

| No | AISI 201       | Jumlah Specimen | Daerah Haz 1 | Daerah Haz 2 | Daerah Haz 3 | Logam Induk |
|----|----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1  | Jenis Kampuh V | 1               | 78           | 74           | 73           | 66          |
|    |                | 2               | 66           | 75           | 82           | 63          |
|    |                | 3               | 71           | 63           | 65           | 66          |
|    |                | 4               | 62           | 66           | 65           | 68          |
|    |                | 5               | 64           | 65           | 68           | 64          |
| 2  | Jenis Kampuh K | 1               | 67           | 66           | 66           | 66          |
|    |                | 2               | 67           | 78           | 67           | 58          |
|    |                | 3               | 61           | 59           | 58           | 67          |
|    |                | 4               | 67           | 67           | 66           | 65          |
|    |                | 5               | 70           | 63           | 72           | 62          |
| 3  | Jenis Kampuh I | 1               | 71           | 73           | 68           | 67          |
|    |                | 2               | 68           | 69           | 69           | 66          |
|    |                | 3               | 68           | 69           | 71           | 66          |
|    |                | 4               | 62           | 63           | 63           | 66          |
|    |                | 5               | 62           | 64           | 65           | 53          |

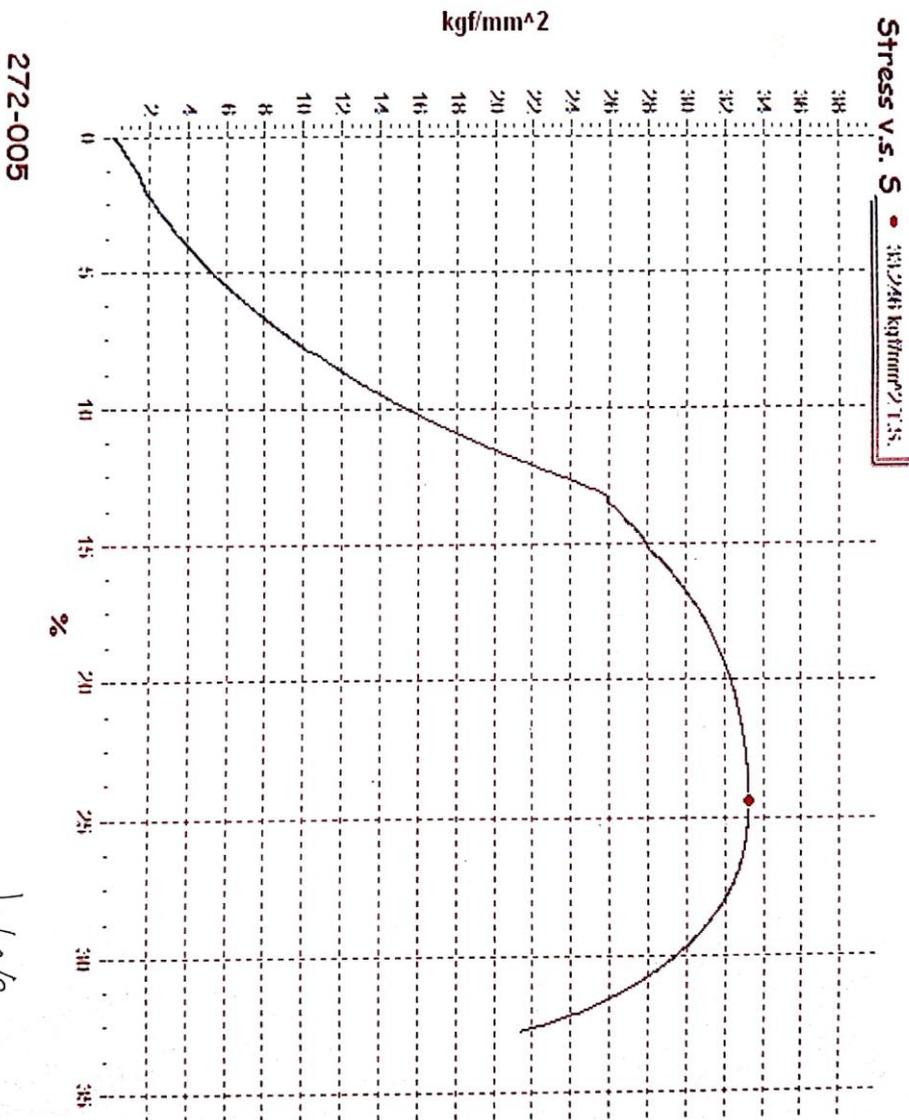
Malang, 25 Juni 2019  
Kepala Laboratorium Pengujian Material  
  
Ir. Teguh Rahardjo, MT  
NIP. 195706011992021001



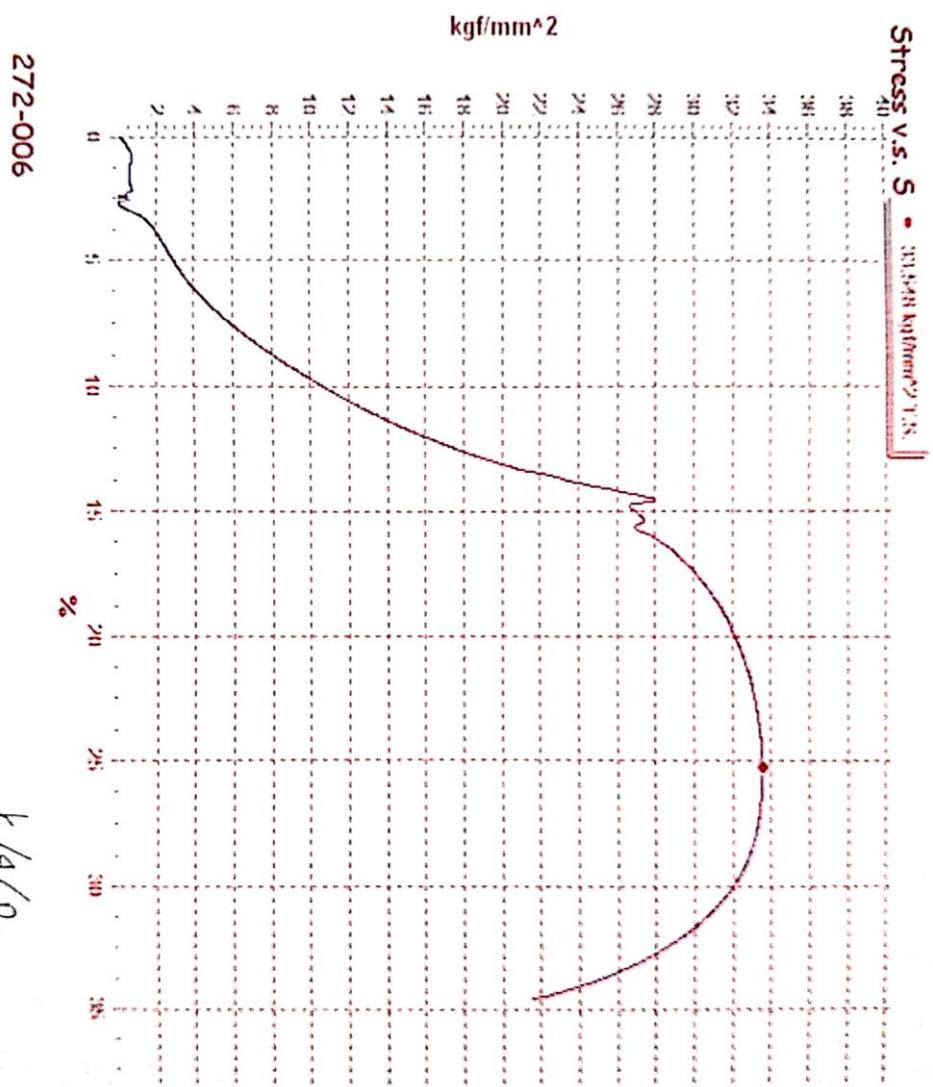


272-004

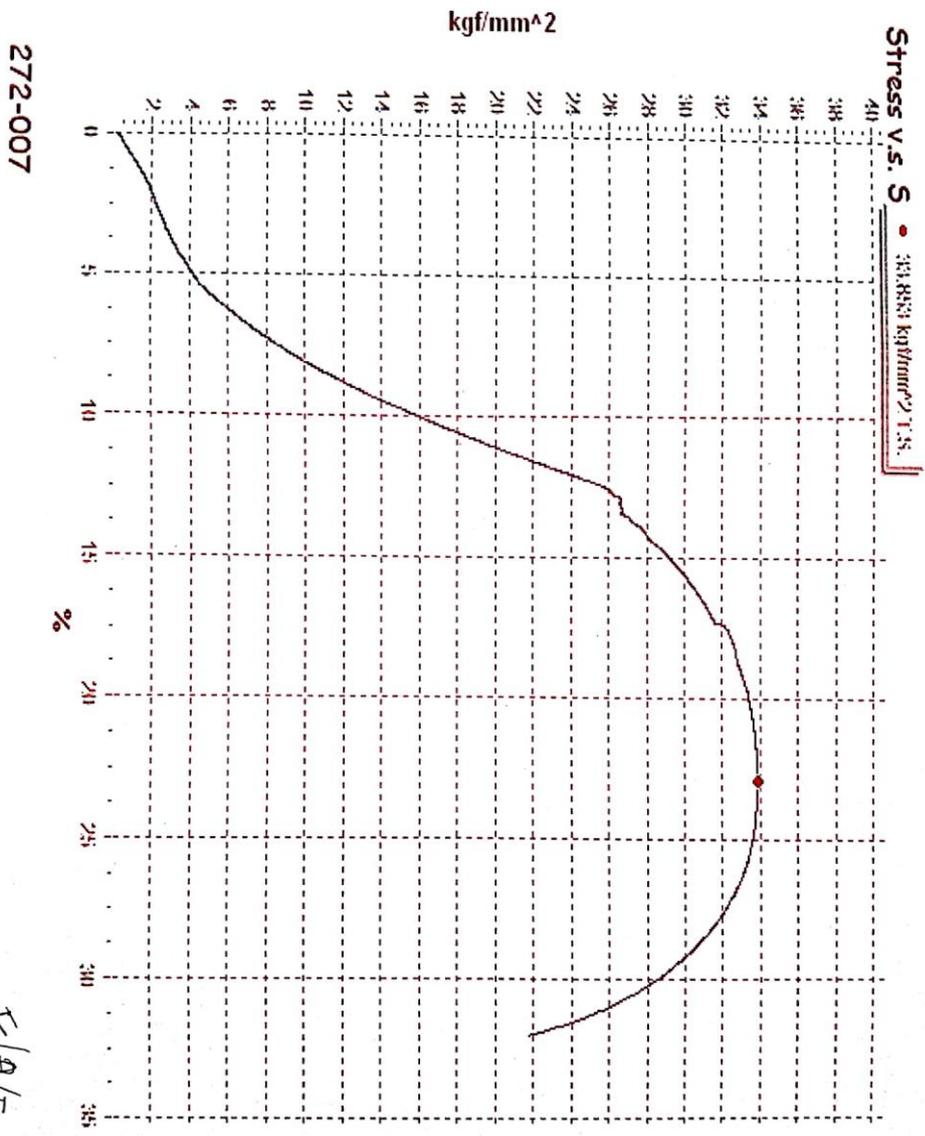
K/B/2



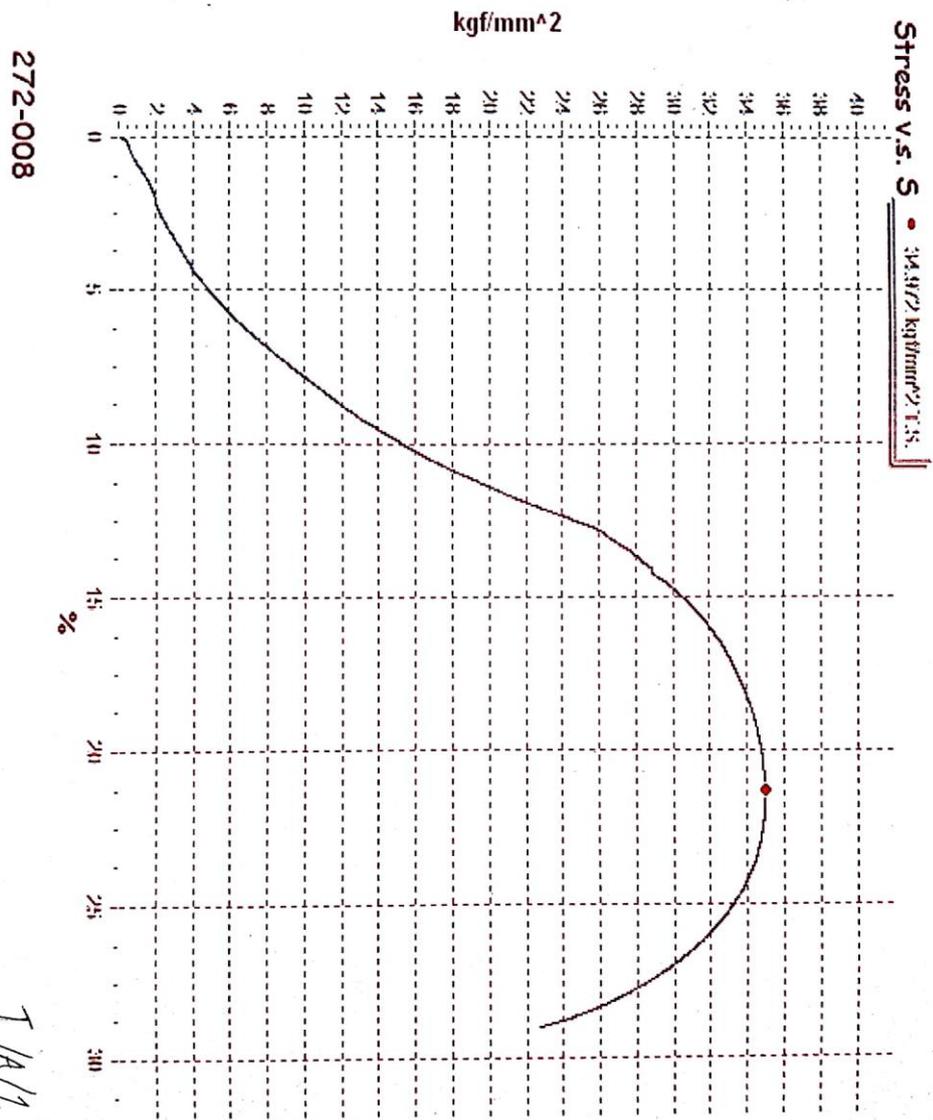
K/c/3



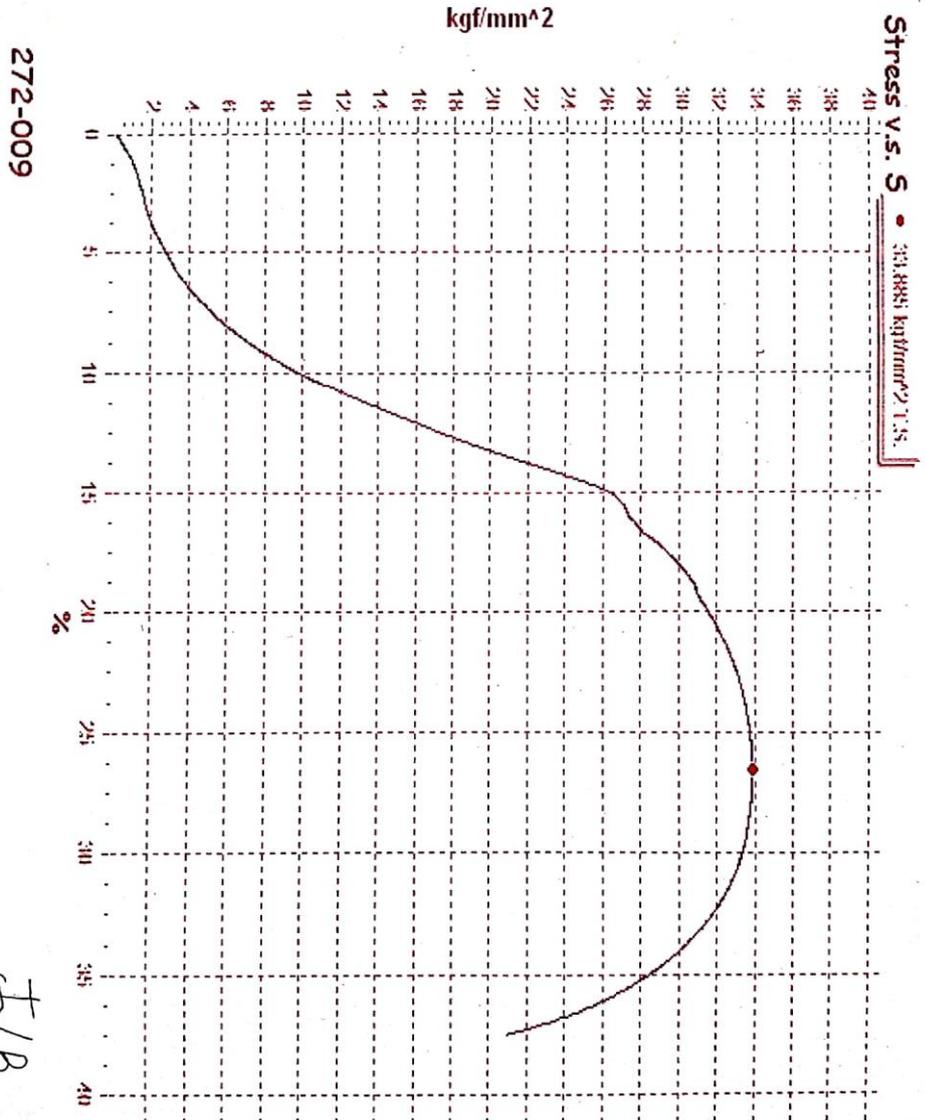
K/4/0.



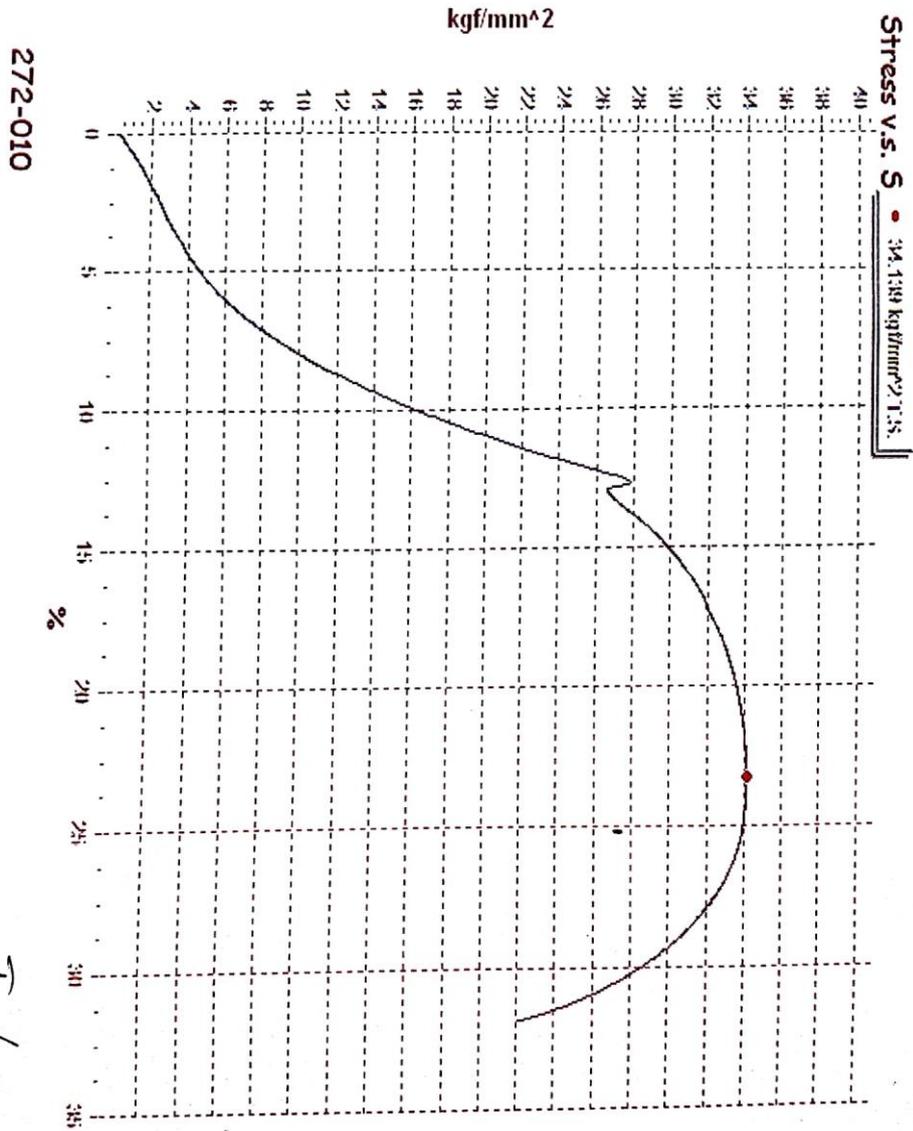
K/0/5



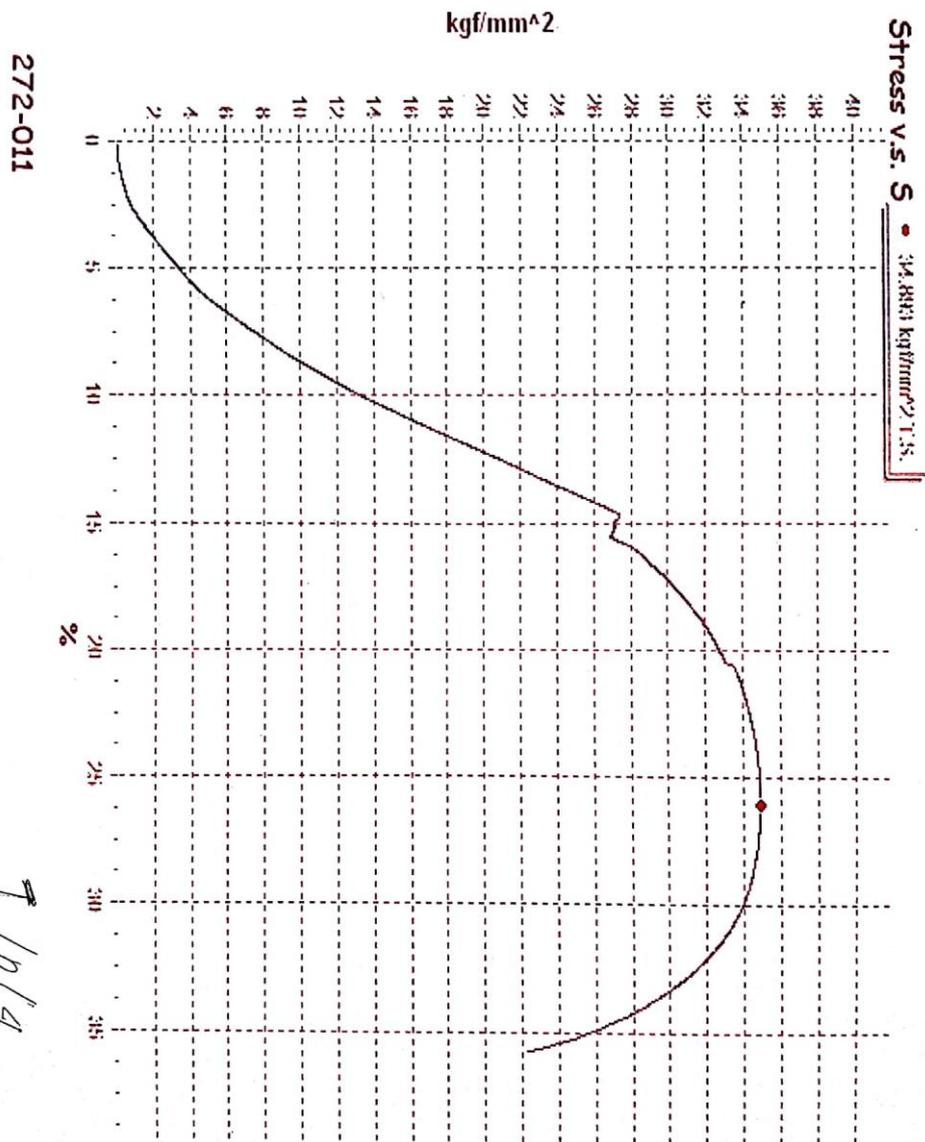
I/A/2



T/B.

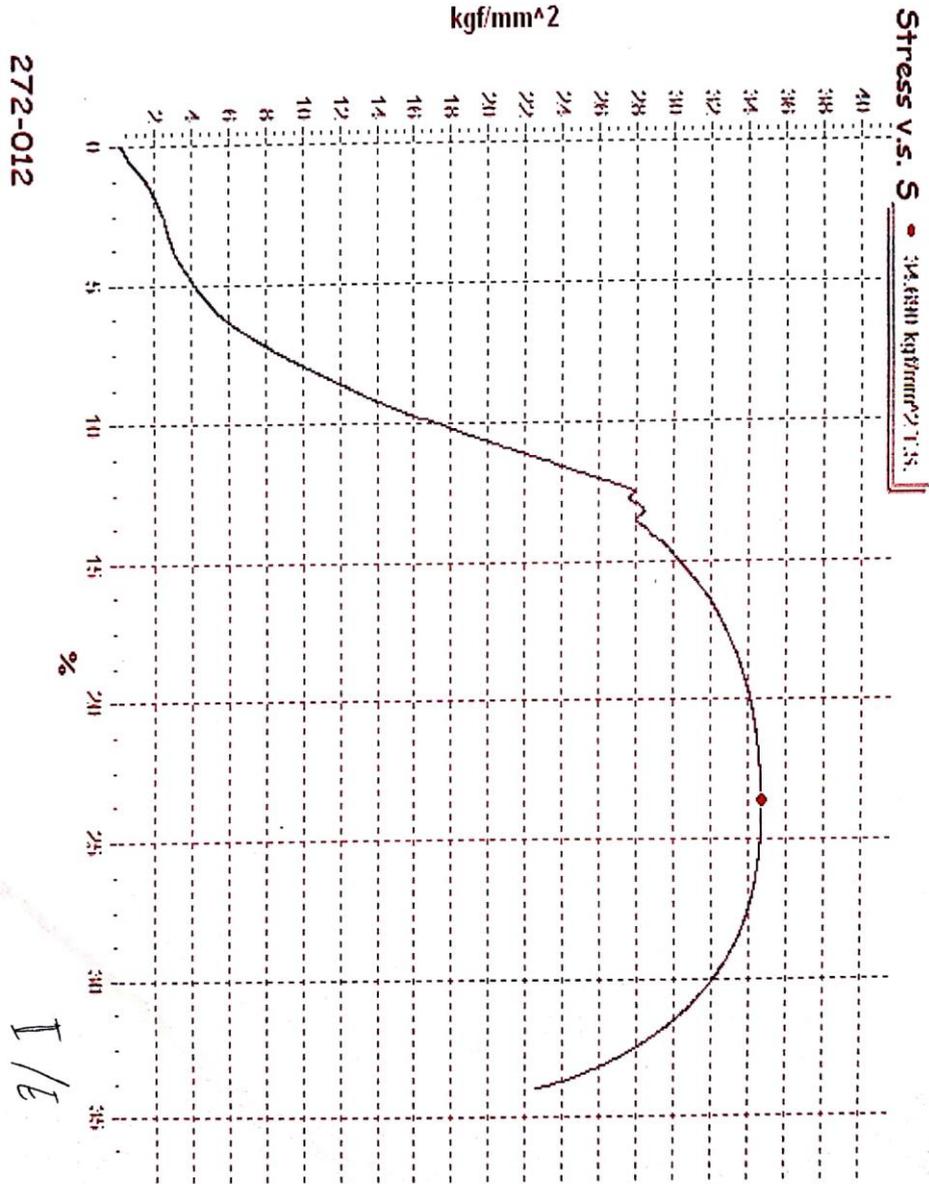


I /  C



272-011

7/10/19





DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI  
DIREKTORAT JENDERAL MINYAK DAN GAS BUMI

**SERTIFIKAT JURU LAS**

No : 0249 /DMT/Migas/19 98

Direktur Teknik Pertambangan Minyak dan Gas Bumi menyatakan bahwa

Nama : P R A N O T O  
Nomor Register : 0298.0204/680660.001  
Tempat dan tanggal lahir : Magetan, 28 Juni 1960  
Alamat : Perum BLK Singosari RT 001/06 Malang  
Pekerjaan : Juru Las BLK Condet

telah memenuhi syarat sebagai JURU LAS dengan Kualifikasi sebagai berikut

1. Standar yang digunakan : ASME Sec. IX
2. Proses pengelasan : GTAW / SMAW
3. Sifat listrik : DCSP & DCRP
4. Posisi/arrah pengelasan : 6 (Enam) G / Naik
5. Kelompok bahan dasar : P No.1 s/d P No.11 dan P No.4X
  - Disain sambungan : Single "V" Groove
  - Diameter (mm) : Minimum 73 mm
  - Tebal (mm) : Maximum 14,2 mm
  - Spesifikasi yang diujikan : SA 106 Gr. B
6. Kelompok bahan pengisi : F No.6 & F No.4
7. Gas pelindung : Argon

Sertifikat ini berlaku sampai dengan tanggal 28 Juni 2001 dan hanya berlaku untuk pekerjaan di lingkungan usaha pertambangan minyak dan gas bumi.

Bila dalam waktu 3 (tiga) bulan secara terus menerus Pemegang sertifikat ini tidak bekerja sebagai JURU LAS maka Sertifikat ini dianggap tidak berlaku lagi.



Tanda Tangan



Dikeluarkan di : Jakarta,

Pada tanggal : 17 FEB 1998

DIREKTUR TEKNIK PERTAMBANGAN  
MINYAK DAN GAS BUMI

WIDARTOMO WIRJATMODJO

NIP/100001263

## SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Pranoto,SPd  
No.Register : 02980204/680660,001  
Jabatan : Instruktur Bengkel LAS BLK Singosari, Malang  
Alamat : Perum BLKI No 46 Singosari, Malang

Dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa yang beridentitas :

Nama : Mukhamad Nur Aji  
Nim : 15.11.058  
Jurusan : Teknik Mesin S-1  
Fakultas : Teknologi Industri  
Universitas : Institut Teknologi Nasional Malang

Telah selesai melakukan persiapan dan pengelasan benda kerja di bengkel UPT Pelatihan Kerja ( BLK Singosari, Malang ) Pada tanggal 10 Mei 2019 yang bertujuan untuk memperoleh data dalam penyusunan SKRIPSI yang berjudul '**PENGARUH VARIASI JENIS KAMPUH PENGELASAN SMAW PADA SAMBUNGAN PENGELASAN LOGAM BERBEDA BAJA JIS G 3131 SPHC DENGAN BAJA AISI 201 TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA APLIKASI CHASSIS TRUCK**'.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenar – benarnya dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk digunakan seperlunya.

Malang 10 Mei 2019

BLK ( Balai Latihan Kerja Industri)

  
PRANOTO. SPd