

**“PENGARUH JENIS ELEKTRODA DAN ARUS LAS PADA
PENGELASAN *HARDFACING* BAJA JIS 3101 SS 400”**



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh gelar Diploma Empat (D-4)
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Oleh :

AGUNG SETIA BELA 443 13 061

M. SYUKUR IMAM 443 13 067

**PROGRAM STUDI TEKNIK MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2015**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Las Pada Pengelasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS 400** oleh Agung Setia Bela, 443 13 061 dan M. Syukur Imam, 443 13 067 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma IV pada program studi Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 04 November 2015

Pembimbing I,



Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T.
NIP. 196801051994031001

Pembimbing II,



Tri Agus Susanto, S.T., M.T.
NIP. 196408111993031001

Mengetahui,
a.n. **Direktur,**

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T.
NIP. 196704101995031003

PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Rabu Tanggal 04 November 2015 Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa: Agung Setia Bela, 443 13 061 dan M. Syukur Imam, 443 13 067 dengan judul **Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Las Pada Pengelasan *Hardfacing* Baja JIS 3101 SS 400.**

Makassar, 04 November 2015

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

- | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------|
| 1. Ir. Muas M., M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Ir. Muhammad Rusdi, M.T. | Anggota | (.....) |
| 4. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 5. Tri Agus Susanto, S.T., M.T. | Pembimbing II | (.....) |

ABSTRAK

Agung Setia Bela dan M. Syukur Imam, dengan judul Pengaruh Jenis Elektroda dan Arus Las Pada Pengelasan *Hardfacing* Baja JIS 3101 SS 400, di Makassar. Pembimbing: Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. dan Tri Agus Susanto, S.T., M.T. Teknik *hardfacing* merupakan suatu proses untuk meningkatkan sifat kekerasan serta kinerja dari suatu komponen atau material. Kerusakan suatu material biasanya dimulai dari kerusakan pada bagian permukaan material yang disebabkan karena adanya pengaruh dari faktor lingkungan seperti korosi ataupun keausan akibat adanya interaksi dengan komponen lain. Dalam dunia industri, khususnya industri yang bergerak dibidang permesinan, teknik *hardfacing* sangat dibutuhkan untuk menghasilkan suatu komponen atau peralatan yang memiliki ketahanan terhadap korosi, serta ketahanan terhadap keausan akibat gesekan antar komponen material, sehingga dengan sendirinya akan meningkatkan umur pakai komponen. Salah satu proses *hardfacing* yang dapat digunakan yaitu proses *hardfacing* menggunakan pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan elektoda pengisi yaitu elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP, elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2) dan elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe3). Nilai kekerasan tertinggi sampai terendah dari hasil pengelasan *hardfacing* yaitu menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) nilainya kekerasannya yaitu 70.2 – 80.93 HRA, kemudian diikuti oleh elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) nilainya kekerasannya yaitu 62.25 – 69.43 HRA, kemudian elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) nilainya kekerasannya yaitu 58.90 – 62.90 HRA dan nilai kekerasan yang terendah yaitu pengelasan dengan menggunakan elektroda AWS E7018 nilainya kekerasannya yaitu 51.69 – 58.99 HRA.

Kata kunci: *Hardfacing, Kekerasan, Elektroda, SMAW.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Shubhanallah wa taala, karena dengan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Salawat dan salam tak lupa tercurah kepada Rasulullah Shallallahu 'alaihi wasallam, sebagai pencerah kehidupan manusia di dunia.

Laporan tugas akhir ini, merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Diploma Empat (D-4) pada Program Studi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Laporan ini dapat kami selesaikan tidak lepas atas bantuan dari beberapa pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Shubhanallah wa taala, Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua kami tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moril, bantuan materil, serta takhenti-hentinya memberikan do'a yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.Si. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
5. Bapak Ir. Abdul Salam, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Manufaktur.

6. Bapak Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku pembimbing I laporan tugas akhir kami.
7. Bapak Tri Agus Susanto, S.T., M.T. selaku pembimbing II laporan tugas akhir kami.
8. Segenap staf administrasi Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membantu kelancaran administrasi kami.
9. Semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Penulisan laporan tugas akhir ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami selaku penulis terbuka dan mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini dan kesempurnaan pada pembuatan laporan berikutnya.

Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat berguna baik bagi kami dan kepada masyarakat luas pada umumnya, dan semoga Allah Shubhanallah wa taala, senantiasa melimpahkan rahmatnya kepada kita semua.

Makassar, 04 November 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
PENERIMAAN PANITIA UJIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2. Hardfacing.....	6
2.2.1. Definisi Hardfacing.....	6
2.2.2. Faktor Pemilihan Material Hardfacing.....	7
2.3. Aplikasi Metode Hardfacing.....	8
2.4. Elektroda Hardfacing.....	10
2.4.1. Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP.....	10

2.4.2. Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2).....	11
2.4.3. Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe3).....	12
2.5. Kekerasan Bahan.....	14
2.5.1. Definisi Kekerasan Bahan	14
2.5.2. Pengujian kekerasan.....	14
2.6. Plate Baja JIS G 3101 SS400.....	22
2.7. Shielded Metal Arc Welding (SMAW).....	23
2.7.1. Definisi Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	23
2.7.2. Keuntungan Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	24
2.7.3. Kelemahan Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	24
2.8. Pemilihan Parameter Las	24
2.8.1. Tegangan Busur Las.....	24
2.8.2. Besar Arus Las.....	25
2.8.3. Kecepatan Pengelasan	25
2.8.4. Polaritas Listrik.....	25
2.8.5. Besarnya Penembusan Atau Penetrasi	25
2.9. Struktur Mikro Daerah Pengelasan	25
2.9.1. Daerah Logam Las	26
2.9.2. Heat Affected Zone (HAZ).....	28
2.9.3. Logam Induk.....	29
2.10. Analisis Regresi dan Korelasi.....	29
2.10.1. Definisi Analisis Regresi.....	29
2.10.2. Analisa Regresi Linear.....	30
2.10.3. Definisi Analisis Korelasi.	33

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
3.2. Alat dan Bahan.....	36
3.2.1. Alat.....	36
3.2.2. Bahan.....	36
3.3. Prosedur Penelitian.....	37
3.3.1. Pembuatan Spesimen.....	37
3.3.2. Metode Pengambilan Data.....	38
3.3.3. Proses Pengujian Kekerasan.....	39
3.4. Metode Analisa data.....	40
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil.....	42
4.1.1. Data Pengamatan.....	42
4.1.2. Persamaan Regresi / Statistik.....	43
4.2. Pembahasan.....	45
4.2.1. Output Teks Regresi.....	45
4.2.2. Analisis Grafik.....	48

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	54
5.2. Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA.....	56
----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	58
----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Keterangan	Halaman
1.1.	Screw Conveyor Aus	2
1.2.	Screw Conveyor Dengan Lapisan Hardfacing	3
2.1.	Single Screw Conveyor	9
2.2.	Two Direction Screw Conveyor	9
2.3.	Multiple Screw Conveyor	9
2.4.	Cara kerja mesin penguji kekerasan Rockwell	16
2.5.	Media Pengujian Rockwell	17
2.6.	Media Pengujian Vickers	20
2.7.	Arah Pembekuan Dari Logam Las	26
2.8.	Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan	28
2.9.	Perubahan Sifat Fisis Pada Sambungan Las Cair	29
2.10.	Pola Garis Lurus	31
2.11.	Grafik Korelasi Positif	34
2.12.	Grafik Korelasi Negatif	35
2.13.	Grafik Korelasi Nol	35
3.1.	Spesimen Uji Kekerasan	38
3.2.	Posisi Pengambilan Data	38
3.3.	Diagram Alir Penelitian	41
4.1.	Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) Dengan Variasi Arus Pengelasan	48

Gambar	Keterangan	Halaman
4.2.	Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) Dengan Variasi Arus Pengelasan	49
4.3.	Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) Dengan Variasi Arus Pengelasan	50
4.4.	Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda E7018 Dengan Variasi Arus Pengelasan	51
4.5.	Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan Dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Arus Pengelasan	52



DAFTAR TABEL

Tabel	Keterangan	Halaman
2.1.	Komposisi Kimia Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP	11
2.2.	Sifat Mekanik Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP	11
2.3.	Welding Amperre AC or DC	11
2.4.	Komposisi Kimia Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2)	12
2.5.	Sifat Mekanik Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2)	12
2.6.	Welding Amperre AC or DC	12
2.7.	Komposisi Kimia Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2)	13
2.8.	Sifat Mekanik Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2)	13
2.9.	Welding Amperre AC or DC	14
2.10.	Chemical Composition Baja JIS G3101 SS400	22
2.11.	Mechanical Properties Baja JIS G3101 SS400	23
2.12.	Equivalent Baja JIS G3101 SS400	23
3.1.	Penggunaan Bahan	37
4.1.	Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Variasi Elektroda Terhadap Perubahan Arus Pengelasan	42

Tabel	Keterangan	Halaman
4.2.	Hasil Analisa Regresi Nilai Kekerasan (Y) Versus Jenis Elektroda (X1) dan Arus Pengelasan (X2) Pada Pengelasan Hardfacing Baja JIS 3010 SS400	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Keterangan	Halaman
1.	Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan	58
2.	Data View IBM SPSS Statistic	60
3.	Foto Proses Penelitian	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keausan komponen mesin merupakan masalah yang paling umum dihadapi dalam suatu industri. Faktor yang paling dominan terhadap keausan komponen mesin tersebut yaitu pemakaian yang terus-menerus. Penelitian mengenai masalah ini telah dilakukan selama bertahun-tahun, untuk mengurangi keausan baik dalam bentuk menggunakan bahan tahan aus baru atau dengan meningkatkan ketahanan aus bahan yang ada dengan metode *hardfacing*. Dalam hal ini, metode *hardfacing* banyak digunakan dalam suatu industri karena lebih tepat dan ekonomis dari pada menggunakan bahan tahan aus baru yang akan melibatkan biaya yang sangat tinggi dan waktu pembuatan yang sangat lama.

Pada tahun 1922 para peneliti memperkenalkan konsep *hardfacing* komponen mesin yang telah aus, bukan menggantikannya dengan bahan anti gesek (paduan antara high chromium dengan manganese). *Hardfacing* adalah metode yang umum digunakan untuk meningkatkan sifat kekerasan pada permukaan alat-alat pertanian, komponen untuk operasi pertambangan, komponen untuk operasi produksi dan lain-lain, salah satu komponen yang menggunakan metode *hardfacing* yaitu screw conveyor untuk aplikasi pemindahan concrete beton.

Dalam industri manufaktur khususnya industri beton pracetak, screw conveyor merupakan salah satu perlengkapan produksi, dimana screw

conveyor memiliki peranan dalam menghantar material concrete beton dari hopper ke cetakan. Bagian terpenting dari screw conveyor yaitu daun screw yang berhubungan langsung dengan material concentrate. Pada penggunaannya, bagian daun screw bersentuhan langsung dengan material concrete beton sehingga mengalami keausan, hal ini dikarenakan pada perpindahan material concrete beton terjadi gesekan dan tekanan antara material concrete dengan daun screw.



Gambar 1.1. Screw Conveyor Aus.

Salah satu jenis bahan yang sering digunakan pada pembuatan daun screw conveyor adalah baja JIS 3101 SS400. Baja JIS 3101 SS400 ini memiliki komposisi kimia yaitu Carbon (C), Silikon (Si) dan Mangan (Mn) yang tidak terkontrol, sedangkan kandungan yang lainnya yaitu Phosphor (P) Max. 0.05 dan Sulphur (S) Max. 0.05%. Adapun sifat mekanik baja JIS 3101 SS400 yaitu massa jenis 7860 kg/m^3 , Modulus Young's 190-210 GPa, Tegangan Tarik 400–510 MPa, Tegangan Yield 205-245 MPa, Ratio Poisson's 0.26, dan Kekerasan 160 HB.

Untuk meningkatkan daya tahan gesek pada daun screw conveyor yang menggunakan bahan dasar Baja JIS 3101 SS400, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu melapisi permukaan bahan dasarnya dengan metode *hardfacing* menggunakan sistem pengelasan Shielded Metal Arc Welding dan bahan pelapis yang digunakan yaitu elektroda *hardfacing*.



Gambar 1.2. Screw Conveyor Dengan Lapisan Hardfacing.

Pada proses *hardfacing* menggunakan sistem pengelasan Shielded Metal Arc Welding terdapat beberapa factor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan yaitu jenis elektroda dan arus las. Dengan demikian peneliti tertarik memilih judul “Pengaruh Jenis Elektroda Dan Arus Las Pada Pengelasan *Hardfacing* Baja JIS 3101 SS 400”.

1.2. Rumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jenis elektroda pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400?

2. Bagaimana korelasi arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400?
3. Bagaimana korelasi antara jenis elektroda dan arus pengelasan?

1.3. Tujuan Penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400.
2. Untuk mengetahui pengaruh arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400.
3. Untuk mengetahui korelasi antara jenis elektroda dan arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat dijadikan referensi oleh peneliti berikutnya dalam menganalisa lebih jauh tentang *hardfacing* dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan sebagai salah satu dasar untuk merekomendasikan kepada industri-industri manufaktur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya.

Ada beberapa penelitian tentang pengerasan permukaan (hardfacing) menggunakan proses pengelasan, salah satunya penelitian yang dilakukan Pradeep (2012) yang berjudul “Comparative Study of Hardfacing of AISI 1020 Steel by Gas Welding and Tig Welding Process”. Pada penelitian kali ini Pradeep menggunakan bahan dasar AISI 1020 dengan batang pengisi diameter 2mm dan dengan proses pengelasan yang berbeda yaitu menggunakan Oxy-Acetylene Gas Welding dan Tungsten Inert Gas Welding. Hasil dari penelitian ini mengatakan bahwa dengan metode TIG welding menghasilkan sifat ketahanan aus yang lebih baik dengan sliding velocity 0,4926 m/s dan 1.256 m/s dengan berbagai jarak geser dan beban. Sedangkan dengan metode gas welding menghasilkan ketahanan aus yang lebih baik dengan sliding velocity diatas 1,571 m/s dengan brebagai jarak dan beban.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Singh (2014) yang berjudul “Studies the Effect of Iron Based Hardfacing Elektrodes on Stainless Steel Properties Using Shielded Metal Arc Welding Process”. Pada penelitian kali ini Singh menggunakan bahan dasar stainless steel dan elektroda yang digunakan yaitu hard alloy 400 (E1), hardloy III (E2) dan hardloy V (E3). Hasil dari penelitian ini mengatakan bahwa ketahanan aus stainless steel dapat di tingkatkan hingga 29% menggunakan hard alloy 400 (E1), 60% menggunakan hardloy III (E2) dan 66% menggunakan hardloy V (E3).

2.2. Hardfacing.

2.2.1. Definisi Hardfacing.

Hardfacing juga dikenal sebagai “hard surfacing” adalah aplikasi build up dari deposito paduan khusus dengan cara proses pengelasan untuk menahan abrasi (Pradeep : 2012).

Beberapa komponen mesin mempunyai masalah bukan hanya dalam soal keuletan tetapi juga dalam kelelahan yang disebabkan keausan permukaan tegangan yang bolak balik seperti pada roda gigi. Untuk mengatasi kesukaran tersebut perlu memberikan kekerasan yang lebih tinggi pada permukaan. Dengan jalan pengerasan kulit hal tersebut dapat diatasi, yaitu dengan pengarbonan, penitridan, pengerasan permukaan (*hardfacing*) dengan arus frekuensi tinggi atau dengan nyala api dan sebagainya (Surdia: 1999).

Teknik *hardfacing* merupakan suatu proses untuk meningkatkan sifat kekerasan serta kinerja dari suatu komponen atau material. Kerusakan suatu material biasanya dimulai dari kerusakan pada bagian permukaan material yang disebabkan karena adanya pengaruh dari faktor lingkungan seperti korosi ataupun keausan akibat adanya interaksi dengan komponen lain. Dalam dunia industri, khususnya industri yang bergerak dibidang permesinan, teknik *hardfacing* sangat dibutuhkan untuk menghasilkan suatu komponen atau peralatan yang memiliki ketahanan terhadap korosi, serta ketahanan terhadap keausan

akibat gesekan antar komponen material, sehingga dengan sendirinya akan meningkatkan umur pakai komponen.

Salah satu proses *hardfacing* yang dapat digunakan yaitu proses *hardfacing* menggunakan kawat las. Menurut Waluyo (2012: 2) “dalam proses *hardfacing* dengan pengelasan digunakan material pengisi berupa elektroda listrik yang habis terpakai”.

2.2.2. Faktor Pemilihan Material Hardfacing.

Pemilihan material pengelasan tergantung pada tiga factor utama:

1. Logam Dasar.

Salah satu factor pemilihan material *hardfacing* yaitu factor logam dasarnya. Contohnya komponen mesin dengan menggunakan bahan dasar manganese steel yang digunakan untuk hight impact loading, maka kita harus menggunakan kawat las yang mengandung manganese steel untuk deposit lasnya.

2. Jenis Pemakaian.

Pertimbangan utama dalam memilih lapisan *hardfacing* akhir adalah jenis pemakaian yang harus dihadapi dalam operasi, contohnya yaitu:

- a. Pemakaian pada beban impack yang tinggi.
- b. Pemakaian pada beban abrasi di tambah impack yang tinggi.
- c. Pemakaian pada beban abrasi yang tinggi.

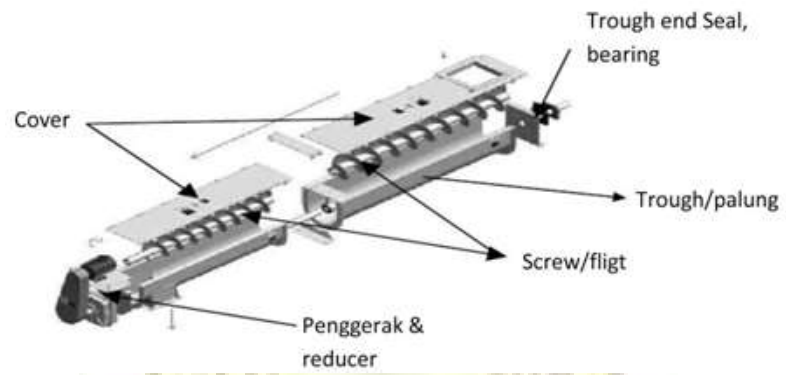
3. Metode Pengelasan.

Pemilihan metode pengelasan tergantung pada ukuran dan jumlah komponen, posisi peralatan yang tersedia dan frekuensi *hardfacing*. Metode pengelasan yang dapat digunakan yaitu Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Gas Welding, TIG Welding dan lain-lain.

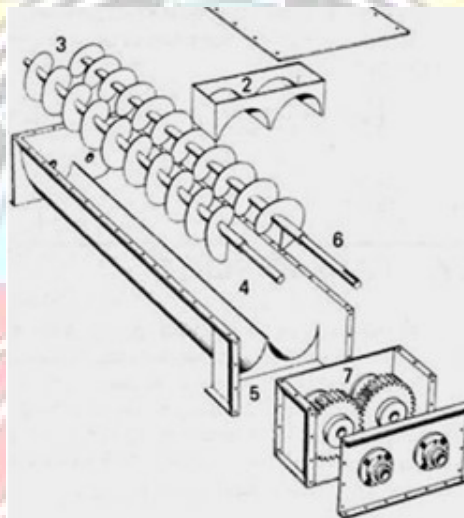
2.3. Aplikasi Metode Hardfacing.

Pada dunia industri metode *hardfacing* telah banyak digunakan pada komponen-komponen mesin untuk operasi produksi. Salah satu komponen mesin yang menggunakan metode *hardfacing* yaitu screw conveyor. Screw conveyor merupakan salah satu jenis alat pemindah bahan yang berbentuk ulir dan berfungsi untuk memindahkan material curah serta dapat pula untuk mencampurkan, memampatkan material yang dipindahkan dengan merubah tipe ulir. Bagian utamanya adalah poros yang dilengkapi dengan daun screw yang berputar dalam casing, poros tersebut diputar oleh motor yang terletak pada sisi luar casing.

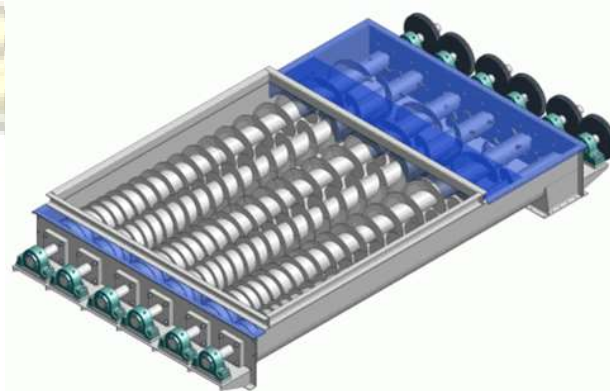
Screw conveyor sendiri menurut cara kerjanya ada tiga macam yaitu single screw conveyor, multiple screw conveyor dan two direction screw conveyor. Pemilihan type screw yang tepat diperlukan guna mendapatkan daya yang sekecil mungkin salah satu yang berpengaruh terhadap daya adalah jarak pitch screw. Dari analisa jarak pitch nantinya dapat diketahui jarak pitch yang optimal akibat dari nilai daya yang dibutuhkan oleh screw conveyor.



Gambar 2.1. Single Screw Conveyor.



Gambar 2.2. Two Direction Screw Conveyor.



Gambar 2.3. Single Screw Conveyor.

2.4. Elektroda Hardfacing.

2.4.1. Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP.

Elektroda hardfacing DIN 8555 E1-UM-350-GP cocok digunakan pada mesin las AC atau DC. Posisi pengelasan yang terbaik jika menggunakan elektroda jenis ini yaitu pada posisi datar. Dalam keadaan normal deposit las yang dihasilkan sangat tahan terhadap keretakan, tetapi pada pengelasan hardfacing baja cor karbon tinggi sebelum pengelasan terlebih dahulu dilakukan preheating dengan temperature 150°C.

Aplikasi utama elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP yaitu pada komponen yang terjadi abrasi intermetalik, misalnya untuk mengontrol keausan di interkoneksi komponen baja seperti roda gigi, poros, sprocket, kopling dan lain-lain. Hasil deposit las elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP bersifat machineable sehingga memungkinkan komponen yang aus atau rusak dapat di build-up kemudian di mesining kembali sesuai ukuran yang standar. Demikian pula komponen yang komponen yang diperbaiki dapat di dinginkan menggunakan minyak untuk meningkatkan kekerasan.

Berikut ini adalah komposisi kimia dan sifat mekanik elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP.

Tabel 2.1. *Komposisi Kimia Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP.*

	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	V	W	Fe
MIN	0.2	0.4	-	-	-	1.0	0.1	-	-	
MAX	0.3	1.2	0.8	0.03	0.03	2.0	0.3	-	-	
TYPICAL	0.25	0.5	0.6	0.02	0.02	1.2	0.2	0.02	0.007	Bal.

Tabel 2.2. *Sifat Mekanik Elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP.*

AS WELDED 150°C PRE-HEAT	HRC	HV	QUENCHED 850°C	TEMPERED 650°C HV
1 st Layer	24	260		
2 nd Layer	32	320		HV
3 rd Layer	39	380	300 – 500	290 – 310

Tabel 2.3. *Welding Amperre AC or DC.*

Ø mm	2.6	3.2	4.0	5.0
MIN	60	90	140	190
MAX	90	140	180	240

2.4.2. Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2).

Elektroda hardfacing AWS Class No. A5.13 (Efe2) cocok digunakan pada mesin las AC atau DC. Posisi pengelasan yang terbaik jika menggunakan elektroda jenis ini yaitu pada posisi datar. Dalam keadaan normal deposit las yang dihasilkan sangat tahan terhadap keretakan, tetapi pada pengelasan hardfacing baja cor karbon tinggi sebelum pengelasan terlebih dahulu dilakukan preheating dengan temperature 150°C.

Aplikasi elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2) yaitu pada komponen yang menerima beban abrasive dan impact yang tinggi, misalnya digunakan sebagai pelapis pada baja karbon ringan dan tinggi sehingga permukaan baja tersebut menjadi keras. Elektroda

AWS Class No. A5.13 (Efe2) dapat membentuk paduan yang sangat baik dengan bahan dasarnya sehingga ideal untuk pembuatan screw conveyor. Hasil deposite elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2) tidak memungkinkan untuk di mesining.

Berikut ini adalah komposisi kimia dan sifat mekanik elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2).

Table 2.4. *Komposisi Kimia Elektroda AWS Class No. A5.13(Efe2).*

	C	Mn	Si	S	P	Cr	V	Mo	Fe
MIN	0.1	0.5	-	-	-	2.0	-	0.5	
MAX	0.3	1.2	0.8	0.03	0.03	3.0	0.3	0.8	
TYPICAL	0.25	0.75	0.5	0.02	0.02	2.1	0.2	0.6	Bal.

Tabel 2.5. *Sifat Mekanik Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2).*

AS WELDED 150°C PRE-HEAT	HRC	HV
1 st Layer	35	350
2 nd Layer	43	420
3 rd Layer	47	465

Tabel 2.6. *Welding Amperre AC or DC.*

Ø (mm)	2.6	3.2	4.0	5.0
MIN	65	90	140	190
MAX	90	130	180	240

2.4.3. Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe3).

Elektroda hardfacing AWS Class No. A5.13 (Efe3) cocok digunakan pada mesin las AC atau DC. Posisi pengelasan yang terbaik jika menggunakan elektroda jenis ini yaitu pada posisi datar. Dalam keadaan normal deposit las yang dihasilkan sangat

tahan terhadap keretakan, tetapi pada pengelasan hardfacing baja cor karbon tinggi sebelum pengelasan terlebih dahulu dilakukan preheating dengan temperature 150°C.

Penggunaan pada material dasar baja karbon tinggi elektroda jenis ini tidak bisa langsung didepositkan, tetapi harus didasari dengan elektroda DIN 8555 E1-UM-350-GP terlebih dahulu sehingga tidak terjadi fatigue pada material tersebut. Elektroda jenis ini memiliki ketahanan terhadap abrasi yang baik sehingga biasa digunakan untuk pisau bulldozer, rahang crusher, dan gear yang terlibat dalam komponen penghancur material yang keras. Dalam keadaan normal deposit las yang dihasilkan oleh elektroda jenis ini bersifat non-machinable.

Berikut ini adalah komposisi kimia dan sifat mekanik elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe3).

Table 2.7. *Komposisi Kimia Elektroda AWS Class No. A5.13(Efe2).*

	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	Nb	V	Fe
MIN	0.5	0.5	-	-	-	4.0	-	-	-	
MAX	0.8	1.5	1.0	0.03	0.03	7.0	1.0	0.4	-	
TYPICAL	0.6	1.0	0.3	0.02	0.02	5.0	0.1	0.02	0.03	Bal.

Tabel 2.8. *Sifat Mekanik Elektroda AWS Class No. A5.13 (Efe2).*

AS WELDED 150°C PRE-HEAT	HRC	HV
1 st Layer	50	520
2 nd Layer	55	600
3 rd Layer	58	690

Tabel 2.9. *Welding Amperre AC or DC.*

Ø (mm)	2.6	3.2	4.0	5.0
MIN	60	90	130	160
MAX	90	130	170	200

2.5. Kekerasan Bahan.

2.5.1. Defenisi Kekerasan Bahan.

Ada beberapa definisi kekerasan bahan. Salah satu definisi dikemukakan oleh Dahlan (2000:51) bahwa “Kekerasan merupakan ukuran ketahanan terhadap deformasi tekan. Deformasi yang terjadi dapat berupa kombinasi perilaku elastic dan plastis”. Kemudian definisi lain dikemukakan oleh Pranata (2011:2) bahwa “Kekerasan suatu bahan adalah kemampuan sebuah material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap identasi, tahan terhadap goresan, tahan terhadap aus dan tahan terhadap pengikisan (abrasi)”.

Dari kedua definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa Kekerasan (Hardness) adalah kemampuan material logam dalam menerima gaya berupa penetrasi, pengikisan dan pergeseran. Sifat ini berhubungan dengan sifat ketahanan aus.

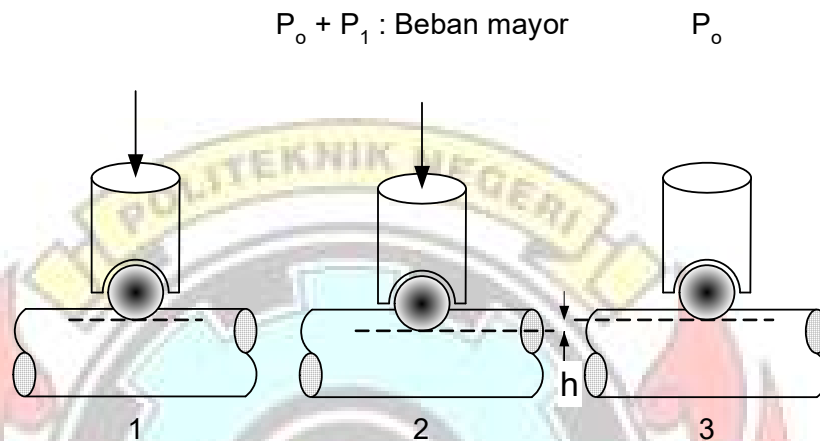
2.5.2. Pengujian Kekerasan.

Menurut Nugroho (2010:14) bahwa “Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu: pengujian kekerasan Rockwell, pengujian kekerasan vicker dan pengujian kekerasan brinell.

1. Pengujian kekerasan menurut Rockwell.

Uji kekerasan yang paling banyak di gunakan di Amerika Serikat adalah uji kekerasan Rockwell. Hal ini di sebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu : cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang di perkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian yang mendapat perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan. Uji ini menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasannya. Mula-mula diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi permukaan yang di butuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi penumbukan keatas atau penurunan yang di sebabkan oleh penumbuk. Kemudian diterapkan beban yang besar, dan secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam pula gage penunjuk yang menyatakan angka kekerasan. Penunjuk tersebut terdiri atas 100 bagian, masing-masing bagian menyatakan penembusan sedalam 0,00008 inci. Petunjuk kebalikan sedemikian hingga kekerasan yang tinggi yang berkaitan dengan penembusan yang kecil, menghasilkan penunjukkan angka kekerasan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan angka kekerasan lain yang telah dijelaskan sebelumnya. Tetapi tidak seperti penentuan kekerasan cara

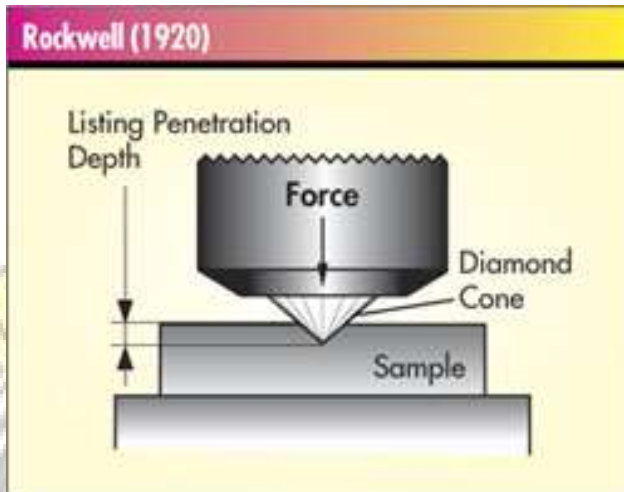
Vickers dan Brinell, yang mempunyai satuan kg per milimeter kuadrat (kg/mm^2), angka kekerasan Rockwell semata-mata tergantung pada kita.



Gambar 2.4. Cara kerja mesin penguji kekerasan Rockwell.

Suatu kombinasi antara beban dan penumbuk, tidak akan memberikan hasil yang memuaskan, untuk bahan-bahan yang mempunyai daerah kekerasan yang luas. Biasanya digunakan penumbuk berupa kerucut intan 120° dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan *penumbuk Brale*, serta bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ inci dan $\frac{1}{8}$ inci. Beban besar yang di gunakan adalah 60, 100, dan 150 kg. Karena kekerasan Rockwell tidak tergantung pada beban dan penumbuk, maka diperlukan mengenai kombinasi yang digunakan. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

Suatu kekerasan Vickers yang tidak mempunyai awalan huruf, tidak mempunyai arti.



Gambar 2.5. Media Pengujian Rockwell.

Baja yang diperkeras yang diuji pada skala C dengan menggunakan penumbuk intan dan beban besar 100 kg. Daerah dari skala tersebut adalah dari R_B 0 hingga R_B 100. skala A (penumbuk intan, beban besar 60 kg) merupakan skala kekerasan Rockwell yang paling luas, yang dapat di gunakan untuk bahan-bahan mulai dari tembaga yang di lunakkan hingga kabrida sementara (cemented cabride). Terdapat skala yang dapat di gunakan untuk keperluan-keperluan khusus.

Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi dapat ditulis sebagai berikut :

$$R_B = 130 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

(2.1)

$$R_C = 100 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

Skala yang umum dipakai dalam pengujian Rockwell adalah :

- a. HRa (Untuk material yang sangat keras).
- b. HRb (Untuk material yang lunak). Indentor berupa bola baja dengan diameter $\frac{1}{6}$ Inchi dan beban uji 100 Kgf.
- c. HRc (Untuk material dengan kekerasan sedang). Indentor berupa Kerucut intan dengan sudut puncak 120 derajat dan beban uji sebesar 150 kgf.

2. Pengujian kekerasan menurut Vickers.

Uji kekerasan Vickers menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramid yang saling berhadapan adalah 136° . Sudut ini dipilih, karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan Brinell. Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering dinamakan *uji kekerasan piramida intan*. Angka kekerasan piramida intan (DPH), atau angka kekerasan Vickers (VHN atau VPH), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. HV (Hardness Vickers) dapat di tentukan dari persamaan berikut :

$$H_v = \frac{P}{A} \quad \text{dimana} \quad A = \frac{d^2}{2 \cos 22^\circ} = \frac{d^2}{1,8544}$$

$$\text{Jadi } H_v = 1,8544 \frac{P}{d^2} \quad (2.2)$$

Dimana H_v = angka kekerasan Vickers (kg/mm^2).

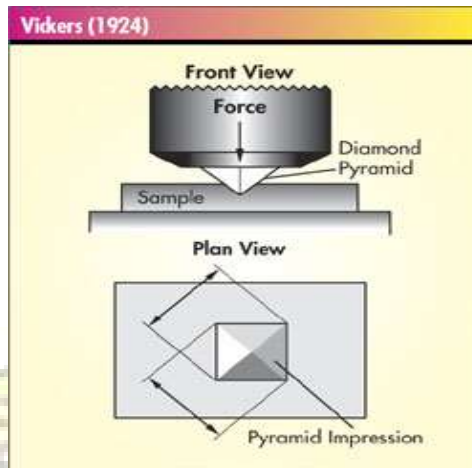
P = beban yang besarnya (5, 10, 20, 50, 100 atau 200 kg) tergantung ketebalan spesimen.

A = luas indentasi (mm^2).

d = diagonal rata-rata. $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

Uji kekerasan Vickers banyak dilakukan penelitian, karena metode tersebut memberikan hasil serupa kekerasan yang kontinyu, untuk suatu beban tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak, yakni HV-nya 5 hingga logam yang sangat keras, dengan HV 1500. Dengan uji kekerasan Rockwell, yang telah dijelaskan, atau uji kekerasan Brinell, biasanya diperlukan perubahan beban atau penumbuk pada nilai kekerasan tertentu, sehingga pengukuran pada suatu skala kekerasan yang ekstrim tidak bisa di bandingkan dengan skala kekerasan yang lain.

Karena jejak yang dibuat dengan penumbuk piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka HV tidak tergantung pada beban.



Gambar 2.6. Media Pengujian Vickers.

Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya di gunakan pada uji Vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg, tergantung kepada kekerasan yang akan diuji. Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode Vickers adalah uji kekerasan Vickers tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lamban, memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal. Lekukan yang benar yang dibuat oleh penumbuk piramida intan harus berbentuk bujur sangkar. Akan tetapi, penyimpangan yang telah dijelaskan secara berkala karena keadaan demikian terdapat pada logam-logam yang dilunakkan dan mengakibatkan pengukuran panjang diagonal yang berlebihan. Bentuk demikian diakibatkan oleh penimbunan diatas logam-logam di sekitar permukaan penumbuk.

3. Pengujian kekerasan menurut Brinell (HB).

Uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya adalah metode yang diajukan oleh J.A Brinell pada tahun 1900. Uji kekerasan Brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam dengan memakai bola baja berdiameter 10 mm dan di beri beban 3000 kg. Untuk logam lunak, beban di kurangi hingga tinggal 500 kg, untuk menghindarkan jejak yang dalam, dan untuk bahan yang sangat keras, digunakan paduan kabrida tungsten, untuk memperkecil terjadinya distorsi identor. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop gaya rendah, setengah beban tersebut di hilangkan. Kemudian di cari harga rata-rata dari 2 sampai 3 buah pengukuran diameter pada jejak yang berarah tegak lurus. Permukaan dimana lekukan akan dibuat harus relatif halus, bebas dari debu atau kerak.

Angka kekerasan Brinell (HB) atau (BHN) dinyatakan sebagai beban P dibagi luas permukaan lekukan. Rumus angka kekerasan tersebut adalah :

$$HB = \frac{P}{A} \quad \text{atau} \quad (2.2)$$

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.3)$$

Dimana:

BHN = Angka kekerasan Brinell (kg/mm²).

P = Beban (kg).

D = Diameter bola (mm).

D = Diameter rata-rata indentasi (mm).

2.6. Plate Baja JIS G3101 SS 400.

Baja JIS G3101 SS 400 adalah baja umum (mild steel) dimana komposisi kimianya hanya carbon (C), manganese (Mn), silicon (Si), sulfur (S), dan posfor (P) yang dipakai untuk aplikasi struktur / konstruksi umum (general purpose structural steel) misalnya untuk jembatan, plate kapal laut, oil tank dan lain – lain.

Baja JIS G3101 SS400 merupakan baja dengan kadar (max 0.17%C) / low C steel, material ini tidak dapat dikeraskan melalui proses quench dan temper. Material ini hanya dapat dikeraskan melalui pengerasan permukaan (hardfacing), dimana kekerasannya bisa mencapai 500 Brinell pada kedalaman 10 hingga 20 mikron tergantung parameter prosesnya (Steelindo Persada: 2015). Baja JIS G 3101 SS400 memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.10. Chemical Composition Baja JIS G3101 SS400.

Carbon (C)	0.17 - 0.2%
Silicon (Si)	Dalam jumlah kecil
Manganese (Mn)	1.4%
Phosphorus (P)	0.045%
Shulphur (S)	0.045%

Tabel 2.11. Mechanical Properties Baja JIS G3101 SS400.

Density	7860 Kg/m ²
Young's modulus	207 GPa
Tensile strength	400 MPa
Yield strength	245 MPa
Poisson's ratio	0.3
Hardness	160 HB

Tabel 2.12. Equivalent Baja JIS G3101 SS400.

DIN	17100 St 44-2
ASTM	ASTM A36 ASTM A283 Grade D
EN	EN S275 EN BS43A

2.7. Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

2.7.1. Definisi Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

Shielded metal arc welding (SMAW) adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung flux dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah – daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan flux atau slag yang terbentuk. Kawat las atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan, atau pada elektroda – elektroda tertentu berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan pelapis elektroda (Sunandar: 2012).

2.7.2. Keuntungan Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

Shielded metal arc welding (SMAW) adalah proses las busur listrik paling sederhana dan paling serba guna. Karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya, membuat proses SMAW ini mempunyai aplikasi luas. SMAW bisa dilakukan pada berbagai posisi atau lokasi yang bisa dijangkau dengan sebatang elektroda. (Sunandar: 2012).

2.7.3. Kelemahan Shielded Metal Arc Welding (SMAW).

Panjang elektroda tetap dan pengelasan harus dihentikan setelah sebatang elektroda terbakar habis. Puntung elektroda yang tersisa terbang dan waktu juga terbang untuk mengganti elektroda. Slag atau terak yang terbentuk harus dihilangkan dari lapisan las sebelum lapisan berikutnya di depositkan. Langkah – langkah ini mengurangi efisiensi pengelasan hingga 50% (Sunandar: 2012).

2.8. Pemilihan Parameter Las.

2.8.1. Tegangan Busur Las.

Tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang dikehendaki dan jenis elektroda yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur (Wiryosumarto: 2000).

2.8.2. Besar Arus Las.

Besarnya arus las yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan posisi pengelasan macam elektroda dan diameter inti elektroda (Wiryosumarto: 2000).

2.8.3. Kecepatan Pengelasan.

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan dan ketelitian sambungan (Wiryosumarto: 2000).

2.8.4. Polaritas Listrik.

Seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa pengelasan busur listrik dengan elektroda terbungkus dapat menggunakan polaritas lurus dan polaritas balik. Pemilihan polaritas ini tergantung dari bahan pembungkus elektroda, konduksi termal dari bahan induk kapasitas panas dari bahan sambungan dan lain sebagainya (Wiryosumarto: 2000).

2.8.5. Besarnya Penembusan Atau Penetrasi.

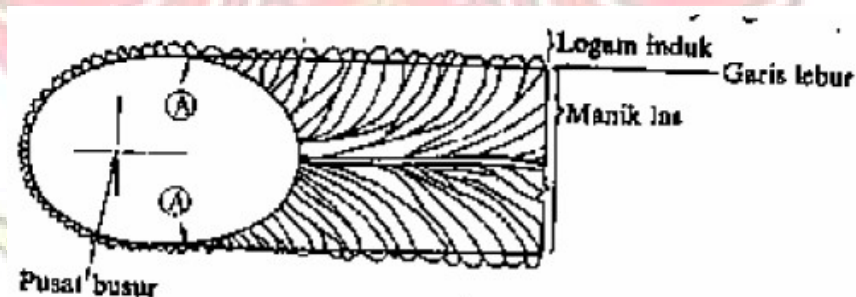
Besarnya penembusan bergantung pada sifat-sifat fluks. Polaritas, besarnya arus, kecepatan las dan tegangan yang digunakan (Wiryosumarto: 2000).

2.9. Struktur Mikro Daerah Pengelasan.

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau heat affected zone disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak terpengaruhi panas (Santoso: 2006).

2.9.1. Daerah Logam Las.

Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidakhomogennya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (columnar grains). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh ke arah tengah daerah logam las (Santoso: 2006).



Gambar 2.7. Arah Pembekuan Dari Logam Las.

Dari Gambar 2-3 diatas ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las yang pilar. Titik A dari gambar adalah titik mula dari struktur pilar yang terletak dari logam induk. Titik ini tumbuh menjadi garis lebur dengan arah sama dengan

sumber panas. Pada garis lebur ini sebagian dari logam dasar ikut mencair selama proses pembekuan logam las tumbuh pada butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama.

Penambahan unsur paduan pada logam las menyebabkan struktur mikro cenderung berbentuk bainit dengan sedikit ferit batas butir, kedua macam struktur mikro tersebut juga dapat terbentuk, jika ukuran butir austenitnya besar. Waktu pendinginan yang lama akan meningkatkan ukuran batas butir ferit, selain itu waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan terbentuk ferit Widmanstatten. Struktur mikro logam las biasanya kombinasi dari struktur mikro dibawah ini:

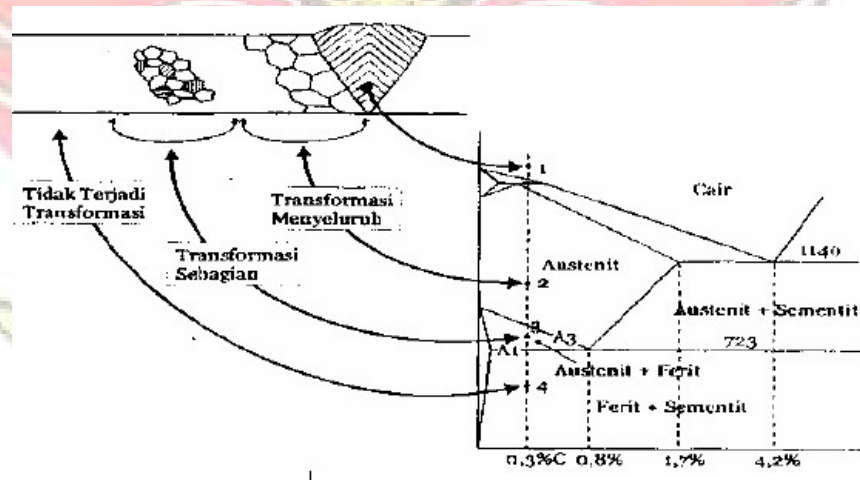
1. Batas butir ferit, terbentuk pertama kali pada transformasi austenit-ferit biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada suhu 1000-650⁰C.
2. Ferit Widmanstatten atau ferrite with aligned second phase, struktur mikro ini terbentuk pada suhu 750-650⁰ C di sepanjang batas butir austenit, ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat sehingga memenuhi permukaan butirnya.
3. Ferit acicular, berbentuk intragranular dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya ferit acicular ini terbentuk sekitar suhu 650⁰ C dan mempunyai ketangguhan paling tinggi dibandingkan struktur mikro yang lain.
4. Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada suhu 400-500⁰ C. Bainit mempunyai kekerasan yang

lebih tinggi dibandingkan ferit, tetapi lebih rendah dibanding martensit.

5. Martensit akan terbentuk, jika proses pengelasan dengan pendinginan sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.

2.9.2. Heat Affected Zone (HAZ).

Daerah pengaruh panas atau heat affected zone (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar (Sonawan: 2004).



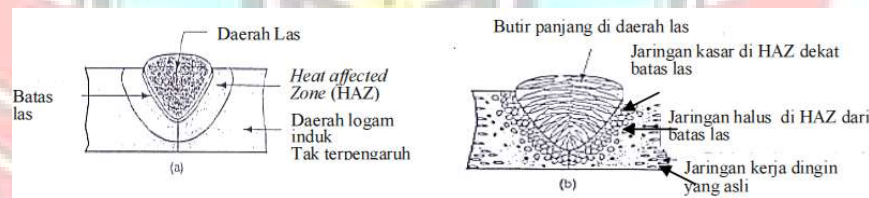
Gambar 2.8. Transformasi Fasa Pada Logam Hasil Pengelasan.

Pada daerah HAZ terdapat tiga titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa austenit dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur

mikro baja mula-mula ferit+perlit kemudian bertransformasi menjadi austenit 100%. Titik 3 menunjukkan temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan austenit dan ini yang disebut transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit berubah menjadi ferit dan austenit (Sonawan: 2004).

2.9.3. Logam Induk.

Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.9. Perubahan Sifat Fisis Pada Sambungan Las Cair.

2.10. Analisis Regresi dan Korelasi.

2.10.1. Definisi Analisis Regresi.

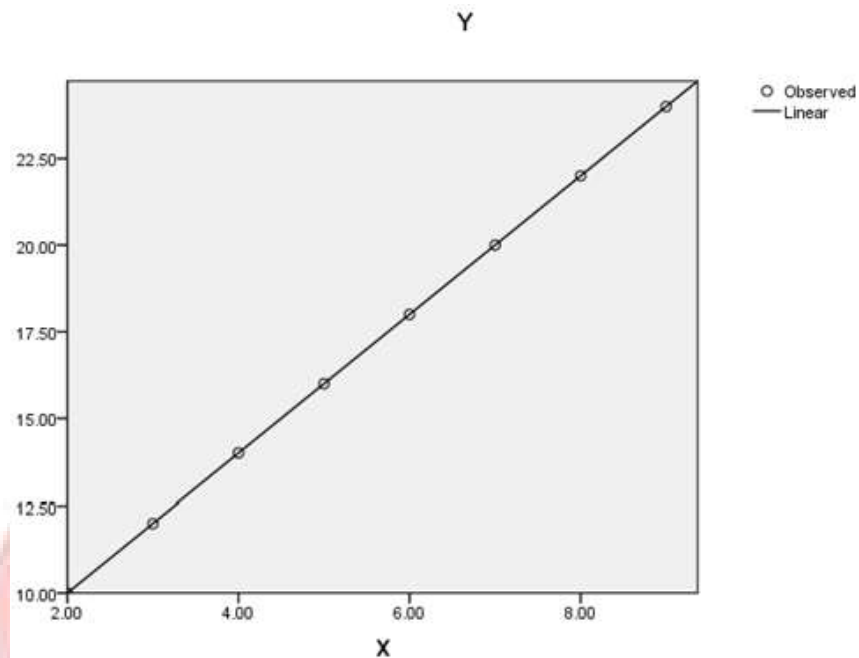
Ada beberapa definisi regresi. Salah satu definisi dikemukakan oleh Algifari (2000:1) bahwa “Persamaan regresi adalah suatu formula matematis yang menunjukkan hubungan keterkaitan antara satu atau beberapa variabel yang nilainya sudah diketahui dengan variabel yang nilainya belum diketahui”. Kemudian definisi lain dikemukakan oleh Munawir (2013:1) bahwa “Analisis regresi adalah hubungan yang

didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional anatar variabel-variabel”.

Dari kedua definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa analisis regresi dalam [statistika](#) adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu [variabel](#) dengan variable (-variabel) yang lain. Variabel "penyebab" disebut dengan bermacam-macam istilah: variabel penjelas, variabel eksplanatorik, variabel independen, atau secara bebas, variabel X (karena seringkali digambarkan dalam grafik sebagai [absis](#), atau sumbu X). Variabel terkena akibat dikenal sebagai variabel yang dipengaruhi, variabel dependen, variabel terikat, atau variabel Y. Kedua variabel ini dapat merupakan [variabel acak](#) (random), namun variabel yang dipengaruhi harus selalu variabel acak.

2.10.2. Analisa Regresi Linear.

Sebelum melakukan analisis korelasi dalam sebuah penelitian maka terlebih dahulu harus diketahuai apakah variabel-variabel yang akan dikorelasikan merupakan regresi linear atau non linear, karena hal ini akan dipergunakan dalam menganalisa data. Yang dimaksud dengan analisis regresi linear adalah jika hubungan persamaan tersebut searah dan membentuk sebuah pola garis lurus seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.10. Pola Garis Lurus.

Antara variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y) membentuk sebuah pola garis yang lurus, dan dalam aplikasinya jika nilai X meningkat maka nilai Y juga meningkat dan jika nilai X mengalami penurunan maka nilai Y juga mengalami penurunan.

1. Analisa Regresi Linear Sederhana (Simple Analisis Regresi).

Yang dimaksud dengan hubungan linear sederhana adalah yang ditunjukkan dengan persamaan $Y = a + bX$. Persamaan ini hanya memiliki 2 variabel saja, hanya satu variabel terikat (Y) dan satu variabel bebas (X). Sehingga setiap nilai X bertambah dengan satu satuan maka nilai Y akan bertambah dengan b. kalau nilai $X=0$ maka nilai Y sebesar a saja.

Penggunaan model regresi sederhana hanya memungkinkan bila pengaruh yang ada itu hanya dari independent variabel (variabel bebas) terhadap dependent variabel (variabel terikat), tidak boleh ada pengaruh timbal balik, yaitu jika variabel terikat juga berpengaruh terhadap variabel bebas.

2. Analisa Regresi Linear Berganda (Multiple Analisis Regresi).

Jika dalam regresi linear sederhana hanya memiliki 2 variabel saja yaitu satu variabel terikat (Y) dan satu variabel bebas(X) dengan satu predictor (a). Pada regresi linear berganda terdapat lebih dari 2 variabel, satu variabel untuk variabel terikat, dan lebih dari satu untuk variabel tertutup.

Regresi berganda berguna untuk mencari pengaruh dua atau lebih variabel bebas atau untuk mencari hubungan fungsional dua variabel bebas atau lebih terhadap variabel terikatnya, atau untuk meramalkan dua variabel bebas atau lebih terhadap variabel terikatnya. Dengan demikian multiple regression (regresi berganda) digunakan untuk penelitian yang menyertakan beberapa variabel sekaligus. Dalam hal ini regresi juga dapat dijadikan pisau analisis terhadap penelitian yang diadakan, tentu saja jika regresi diarahkan untuk menguji variabel-variabel yang ada.

Pada dasarnya rumus pada regresi ganda sama dengan rumus pada regresi sederhana, hanya saja pada regresi berganda ditambahkan variabel-variabel lain yang juga diikutsertakan dalam

penelitian. Adapun rumus yang dipakai disesuaikan dengan jumlah variabel yang diteliti. Rumus rumusnya adalah sebagai berikut :

Untuk 2 prediktor : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$

Untuk 3 prediktor : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$

Untuk n prediktor : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \dots b_nX_n$

Pada dasarnya regresi berganda digunakan untuk menghitung dan atau menguji tingkat signifikansi, antara lain:

- a. Menghitung persamaan regresinya.
- b. Menguji apakah persamaan regresinya signifikan.
- c. Dan bagaimana kesimpulannya?

2.10.3. Definisi Analisis Korelasi.

Analisis korelasi adalah alat statistik yang dapat digunakan untuk mengetahui derajat hubungan linear antara satu variabel dengan variabel yang lain (Algifari, 2000:45). Umumnya analisis korelasi digunakan, dalam hubungannya dengan analisis regresi, untuk mengukur ketepatan garis regresi dalam menjelaskan (explaining) variasi nilai variabel dependent.

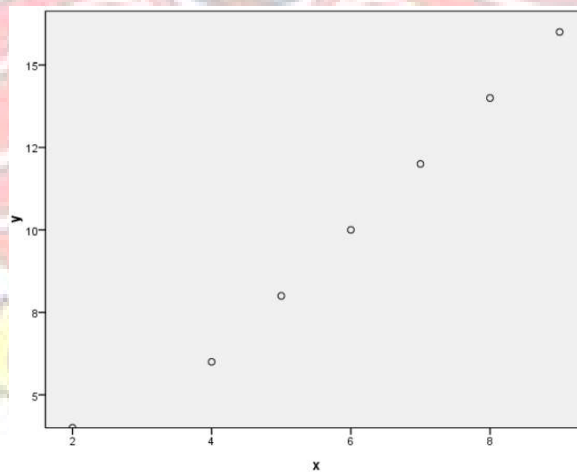
Hasil dari perhitungan korelasi diinterpretasikan pada sebuah hubungan yang didasarkan pada nilai angka yang muncul. Sandaran nilainya adalah $-1 \leq r \leq 1$. Semakin tinggi nilai koefisien korelasi (semakin mendekati nilai 1) maka hubungannya antara dua variabel tersebut semakin tinggi, jika nilai koefisiennya mendekati nilai 0 maka hubungannya semakin rendah. Adapun jika nilainya bertanda negatif,

maka terjadi hubungan yang berlawanan arah, artinya jika suatu nilai variabel naik maka nilai variabel lain akan turun. Secara jelas dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 2.13. Interpretasi Nilai R.

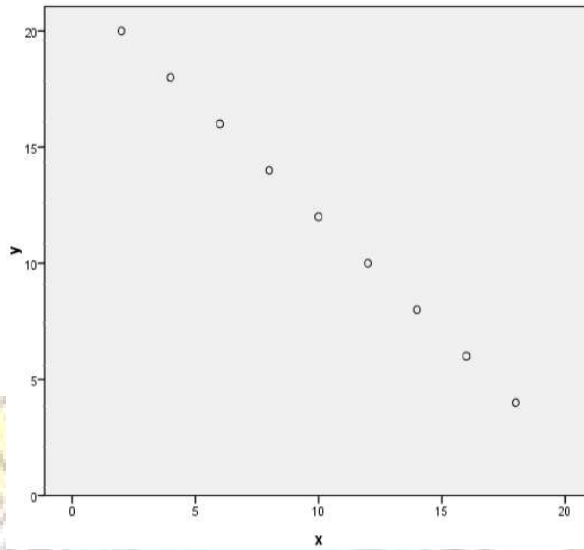
R	Interpretasi
0	Tidak berkorelasi
0,01 – 0,20	Sangat rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Agak rendah
0,61 – 0,80	Cukup
0,81 – 0,99	Tinggi
1	Sangat tinggi

Jika suatu korelasi bertanda positif $r > 0$ maka contoh maka gambar grafiknya seperti ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



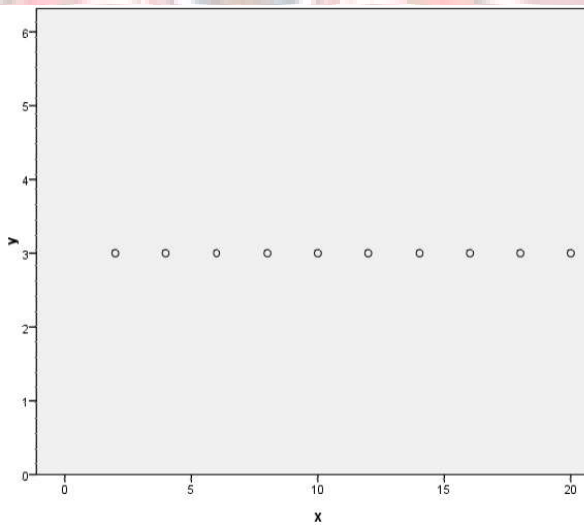
Gambar 2.11. Grafik Korelasi Positif.

Jika suatu korelasi bertanda negatif $r < 0$ maka contoh gambar grafiknya seperti ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2.12. Grafik Korelasi Negatif.

Jika suatu korelasi tidak menunjukkan adanya hubungan $r = 0$ maka contoh gambar grafiknya seperti ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2.13. Grafik Korelasi Nol.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.

Penelitian ini dilakukan sejak tanggal 19 Mei sampai dengan 04 November 2015. Proses pembuatan spesimen dilakukan di bengkel PT. Baja Fabrikasi Indo Makassar dan pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Mekanik jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2. Alat dan Bahan.

3.2.1. Alat.

1. Cutting torch.
2. Mesin gurinda tangan.
3. Mesin las listrik.
4. Topeng las.
5. Sarung tangan las.
6. Welding apron.
7. Mesin uji kekerasan AFFRI.
8. Alat ukur (jangka sorong dan lain-lain).

3.2.2. Bahan.

1. Plate baja JIS 3101 SS400.
2. Elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP).
3. Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2)
4. Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3)
5. Elektroda AWS E7018

Tabel 3.1. Penggunaan Bahan.

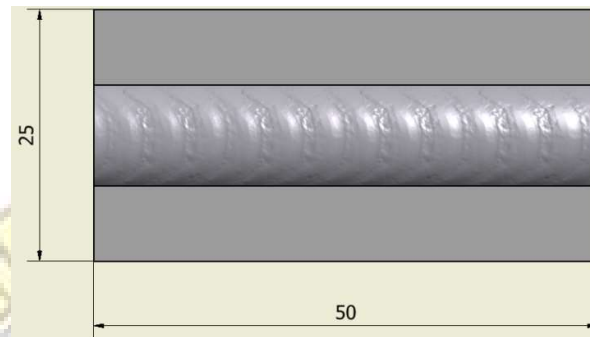
Uraian	Jumlah Total			
Raw Material	3			
	Jenis Elektroda	Jumlah Arus	Jumlah Sampel	Total
Spesimen	4	3	3	36
Jumlah Total				39

3.3. Prosedur Penelitian.

3.3.1. Pembuatan Spesimen.

1. Bahan plate baja JIS G3101 SS400 tebal 6mm dipotong dengan ukuran panjang 50mm dan lebar 25mm.
2. Menggurinda sudut – sudut hasil potongan agar tidak tajam.
3. Menyiapkan peralatan pengelasan seperti travo las, topeng las, sarung tangan las, apron las dan lain - lain.
4. Mengelas salah satu permukaan bahan dengan menggunakan elektoda AWS Class No. A5.13 (EFe3) dengan variasi arus pengelasan (90A, 115A dan 140A) dan proses pendingin udara.
5. Mengelas salah satu permukaan bahan dengan menggunakan elektoda AWS Class No. A5.13 (EFe2) dengan variasi arus pengelasan (90A, 115A dan 140A) dan proses pendingin udara.
6. Mengelas salah satu permukaan bahan dengan menggunakan elektoda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) dengan variasi arus pengelasan (90A, 115A dan 140A) dan proses pendingin udara.

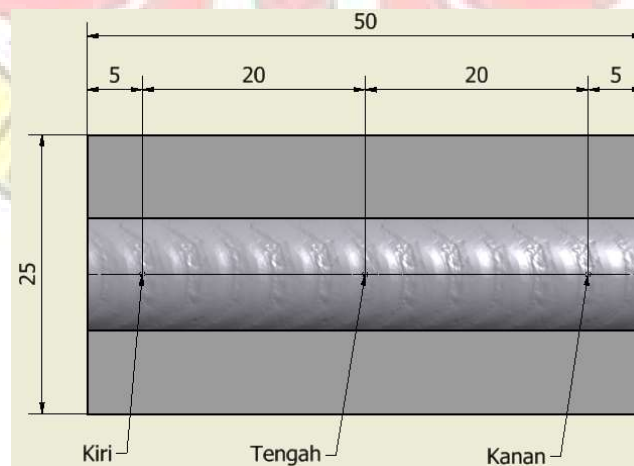
7. Mengelas salah satu permukaan bahan dengan menggunakan elektoda AWS 7018 dengan variasi arus pengelasan (90A, 115A dan 140A) dan proses pendingin udara.



Gambar 3.1. Spesimen Uji Kekerasan.

3.3.2. Metode Pengambilan Data.

Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat metode pengambilan data dilakukan sebanyak masing-masing tiga kali pada tiga posisi yaitu kiri (awal pengelasan), tengah (tengah pengelasan) dan kanan (akhir pengelasan). Adapun ketiga posisi tersebut di tunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 3.2. Posisi Pengambilan Data.

3.3.3. Proses Pengujian Kekerasan.

Setelah spesimen uji telah selesai dibuat, langkah selanjutnya spesimen dilakukan pengujian kekerasan. Adapun langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut:

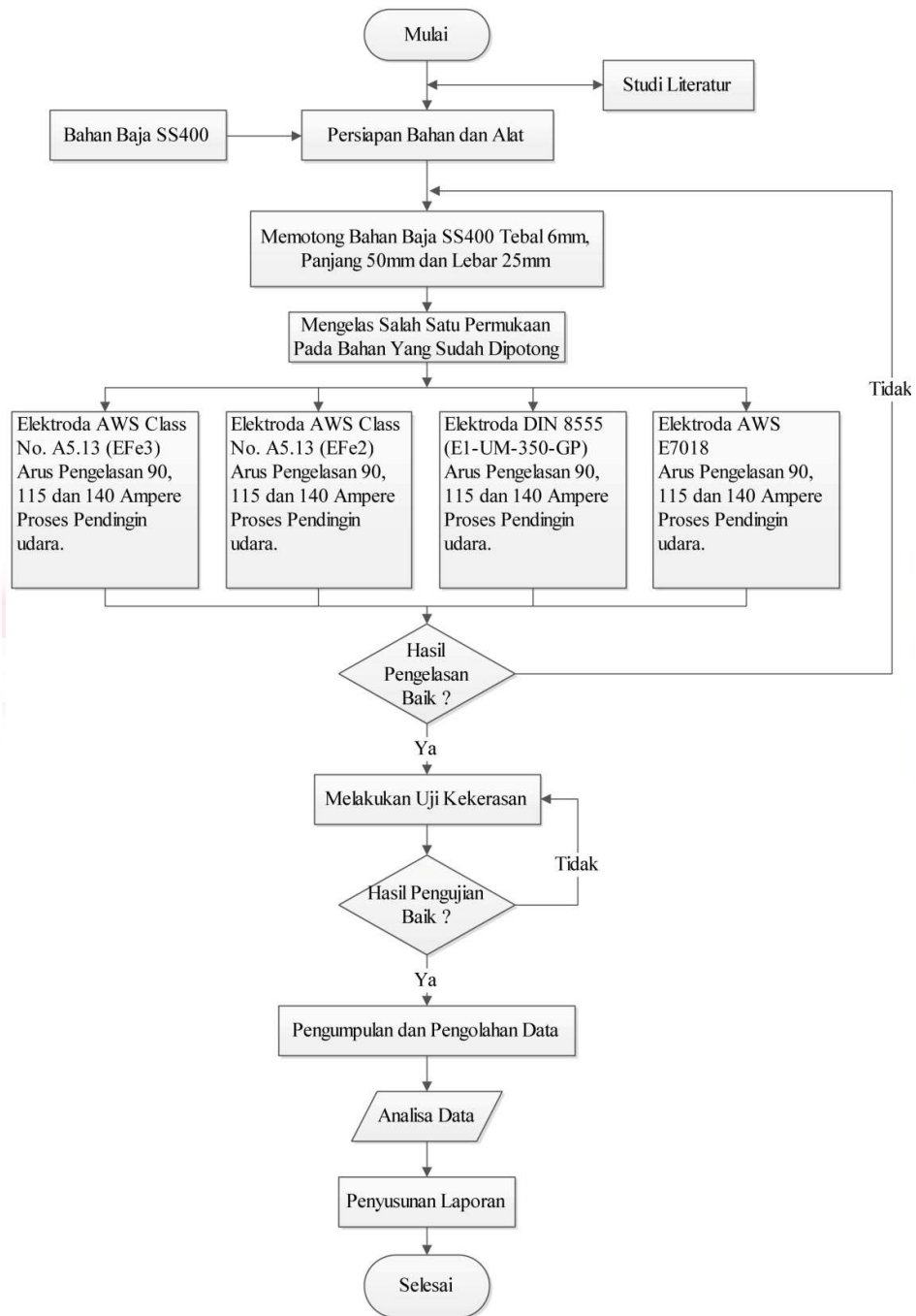
1. Menyiapkan permukaan benda uji yang rata.
2. Menentukan metode pengujian kekerasan yang digunakan (metode yang digunakan yaitu metode pengujian kekerasan Rockwell A (HRA))
3. Menentukan besarnya beban dan ukuran penekan (beban yang digunakan yaitu 588 N, indenter yang digunakan yaitu intan 120° dan waktu penekanan yaitu 5 detik).
4. Memasang indenter/penekan pada dudukan.
5. Menghubungkan kabel power ke sumber listrik.
6. Menekan saklar ke posisi ON pada sisi kiri mesin uji kekerasan.
7. Menekan tombol ON pada sisi depan mesin uji kekerasan.
8. Mengatur metode pengujian yang digunakan melalui layar monitor mesin uji kekerasan (metode yang digunakan yaitu metode Rockwell A (HRA)).
9. Meletakkan spesimen pada landasan/dudukan dengan kekencangan yang cukup.
10. Menekan spesimen hingga panah beban pada layar monitor terhubung.

11. Menunggu 5 detik hingga layar monitor menampilkan hasil pengujian.
12. Mencatat data hasil pengujian yang tampil pada monitor.
13. Mengulangi proses j, k, l sebanyak 3 kali dengan posisi penekanan yang berdekatan untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat.
14. Setelah pengujian selesai, menekan tombol OFF pada sisi depan mesin uji kekerasan.
15. Menekan saklar ke posisi OFF pada sisi kiri mesin uji kekerasan.
16. Memutuskan kabel power dengan sumber listrik.

3.4. Metode Analisa Data.

Pada saat melakukan uji kekerasan maka diperoleh data hasil pengujian. Data tersebut dianalisa secara statistik dengan metode analisis menggunakan software IBM SPSS Statistics 12 dan dengan metode deskriptif, dimana semua hasil analisis software IBM SPSS Statistics 12 yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan tabel dan grafik tersebut hasil analisis akan deskripsikan dan diambil kesimpulan.

3.5. Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil.

4.1.1. Data Pengamatan.

Berdasarkan jenis elektroda dan arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* baja JIS 3101 SS400 yang telah didesain sebelumnya maka diperoleh data-data nilai kekerasan. Data-data nilai kekerasan diperoleh dari alat uji kekerasan (*hardness tester*). Semua data yang telah dikumpulkan disajikan pada suatu tabel data yang disebut tabel data pengamatan. Tabel data pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 1 dan tabel data pengamatan dalam bentuk lembar kerja IBM SPSS Statistic 21 dapat dilihat pada Lampiran 2. Untuk tabel nilai kekerasan rata-rata pada setiap jenis elektroda dan arus pengelasan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Variasi Elektroda Terhadap Perubahan Arus Pengelasan.

No	Jenis Elektroda	Arus Pengelasan (Amperre)	Sampel	Nilai Kekerasan Rata-Rata (HRA)
1	AWS Class No. A5.13 (Efe3)	90	1	80.73
			2	80.93
			3	80.67
		115	1	78.20
			2	77.91
			3	78.36
		140	1	70.20
			2	70.91
			3	70.29

2	AWS Class No. A5.13 (Efe2)	90	1	69.28
			2	69.20
			3	69.43
		115	1	66.59
			2	66.83
			3	66.83
		140	1	62.48
			2	62.25
			3	62.31
3	DIN 8555 (E1-UM- 350-GP)	90	1	62.90
			2	62.73
			3	62.80
		115	1	61.75
			2	61.53
			3	61.83
		140	1	59.66
			2	58.90
			3	59.03
4	AWS E7018	90	1	58.21
			2	58.99
			3	58.96
		115	1	55.50
			2	56.05
			3	56.61
		140	1	51.81
			2	52.06
			3	51.69

4.1.2. Persamaan Regresi / Statistik.

Membangun persamaan statistik, berarti mencari koefisien setiap suku yang terdapat dalam model. Koefisien setiap suku yang telah dibuat (*generated*) dapat diketahui pengaruhnya dalam model, dengan cara memperbandingkan antara level toleransi yang dipilih ($\alpha = 0,05$) dengan p-value. Apabila koefisien suku tersebut masuk dalam kriteria $p < \alpha$ maka koefisien tersebut menunjukkan keberartian (*significance*) dalam model. Sebaliknya, jika koefisien suku tersebut

tidak masuk dalam kriteria $p > \alpha$ maka koefisien tersebut menunjukkan ketidak berartian (*not significance*) dalam model.

Untuk membangun persamaan statistik, maka perlu dilakukan perhitungan koefisien konstanta dan koefisien variabel bebas. Secara default, dalam perhitungan ini digunakan tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95 % atau tingkat toleransi (*tolerance level*, $\alpha = 5\%$).

Tabel 4.2. Hasil Analisa Regresi Nilai Kekerasan (Y) Versus Jenis Elektroda (X1) dan Arus Pengelasan (X2) Pada Pengelasan Hardfacing Baja JIS 3010 SS400.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.976 ^a	.952	.949	1.89319	.336

a. Predictors: (Constant), Arus_Pengelasan_Amperre, Jenis_Elektroda

b. Dependent Variable: Kekerasan_HRA

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2349.357	2	1174.679	327.741	.000 ^b
	Residual	118.278	33	3.584		
	Total	2467.635	35			

a. Dependent Variable: Kekerasan_HRA

b. Predictors: (Constant), Arus_Pengelasan_Amperre, Jenis_Elektroda

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	97.717	1.938		50.411	.000
	Jenis_Elektroda	-6.767	.282	-.914	-23.978	.000
	Arus_Pengelasan_Amperre	-.139	.015	-.342	-8.975	.000

a. Dependent Variable: Kekerasan_HRA

4.2. Pembahasan.

4.2.1. Output Teks Regresi.

Dari output yang dihasilkan di atas, akan dilakukan analisis terhadap keberartian masing-masing koefisien regresi dan model.

1. Model Summary.

Kolom R di table Model Summary adalah koefisien korelasi Pearson (0.976) yang menunjukkan tingkat hubungan yang tinggi antara variable Jenis_Elektroda dan variable Kekerasan_HRA. Kolom terakhir, Durbin Watson, untuk uji autokorelasi. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk uji autokorelasi dengan menggunakan pengujian Durbin Watson (DW).

- a. $1.65 < DW < 2.35$ tidak terjadi autokorelasi.
- b. $1.21 < DW < 1.65$ atau $2.35 < DW < 2.79$ tidak dapat disimpulkan.
- c. $DW < 1.21$ atau $DW > 2.79$ terjadi autokorelasi.

Nilai Durbin Watson pada tabel model summary yaitu 0.336 terletak di rentang $DW < 1.21$ atau $DW > 2.79$, dengan demikian terjadi autokorelasi.

2. Anova.

Tabel Anova memaparkan uji kelinieran. Hipotesis yang digunakan yaitu:

H_0 = tidak terjadi hubungan linear antara variable Jenis_Elektroda dan variable Kekerasan_HRA.

H1 = terjadi hubungan linear antara variable Jenis_Elektroda dan variable Kekerasan_HRA.

Jika F hitung < F table, maka H0 diterima.

Jika F hitung > F table, maka H0 di tolak

Atau

Jika Sig > α (0.05), maka H0 diterima.

Jika Sig < α (0.05), maka H0 ditolak.

Tabel Anova menunjukkan statistic Sig sebesar (0.000) < α (0.05), maka H0 ditolak. Jadi terdapat hubungan linear antara variable Jenis_Elektroda dan Arus_Pengelasan_Amperre dengan Variabel Kekerasan_HRA.

3. Coefficient.

Table Coefficients memaparkan uji koefisien. Kegunaan dari pengujian tiap koefisien regresi yakni untuk mengetahui apakah nilai-nilai koefisien tersebut mempunyai pengaruh atau tidak. Sehingga dapat diambil langkah efektif dengan menambah atau mengurangi variabel-variabel bebas yang digunakan untuk model regresi berganda yang dibuat. Hipotesis yang digunakan yaitu:

H0 = koefisien regresi tidak signifikan.

H1 = koefisien regresi signifikan.

Jika t hitung < t table, maka H0 di terima.

Jika t hitung > t table, maka H0 ditolah.

Atau

Jika $\text{Sig} > \alpha$, maka H_0 di terima.

Jika $\text{Sig} < \alpha$, maka H_0 ditolak.

a. Uji Koefisien Jenis_Elektroda.

Tabel Coefficients menunjukkan statistic Sig sebesar $(0.000) < \alpha (0.05)$, maka H_0 ditolak. Jadi, koefisien regresi signifikan.

b. Uji Koefisien Arus_Pengelasan_Amperre.

Tabel Coefficients menunjukkan statistic Sig sebesar $(0.000) < \alpha (0.05)$, maka H_0 ditolak. Jadi, koefisien regresi signifikan.

Model persamaan regresi linear yang terbentuk yaitu: $Y =$

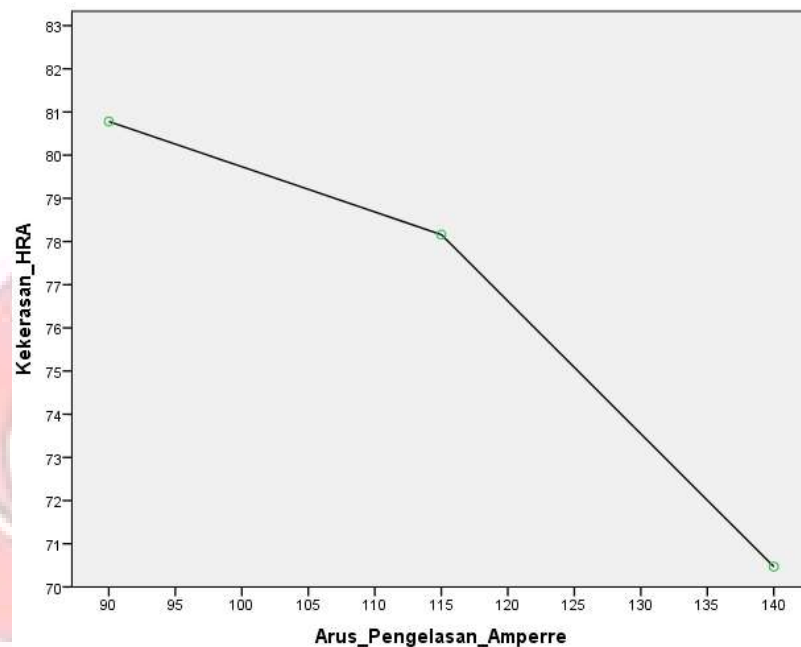
$$97.717 - 6.767X1(\text{Jenis_Elektroda}) - 0.139X2(\text{Arus_Pengelasan_Amperre}).$$

Berdasarkan hasil olah statistik pada tabel Coefficients diperoleh koefisien konstanta dari masing-masing variabel seperti terlihat pada persamaan di atas. Parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai kekerasan adalah parameter Jenis_Elektroda (X_1) dengan nilai koefisien konstanta masing-masing 6.767.

4.2.2. Analisis Grafik.

1. Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS

Class No. A5.13 (EFe3) Dengan Variasi Arus Pengelasan.

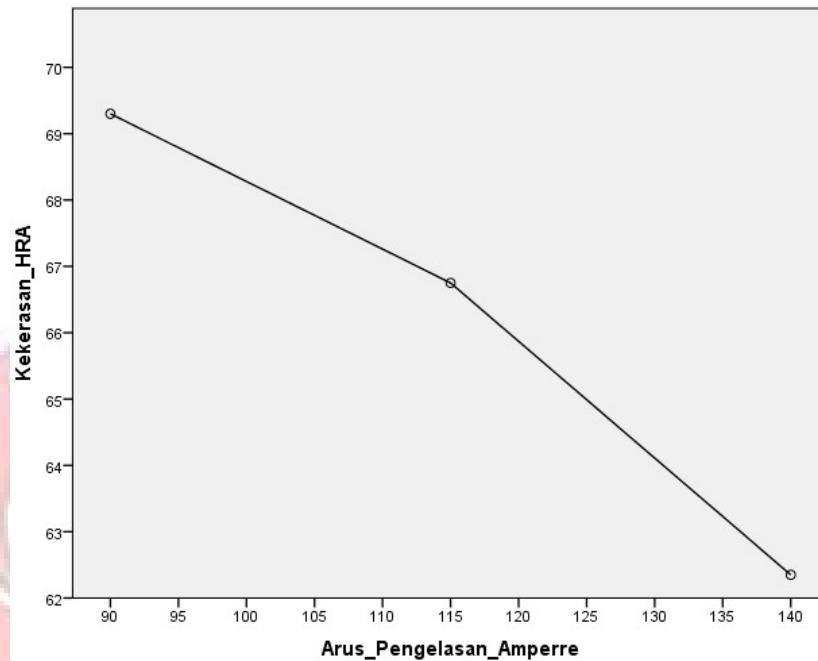


Gambar 4.1. Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) Dengan Variasi Arus Pengelasan.

Berdasarkan Gambar 4.1, terlihat bahwa pada arus pengelasan (dari 90 ke 115 amperre) nilai kekerasan menurun namun tidak terlalu signifikan. Pada arus pengelasan (dari 115 ke 140 amperre) nilai kekerasan menurun secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* dengan menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) memberikan pengaruh yang berarti dalam menurunkan nilai kekerasan.

2. Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS

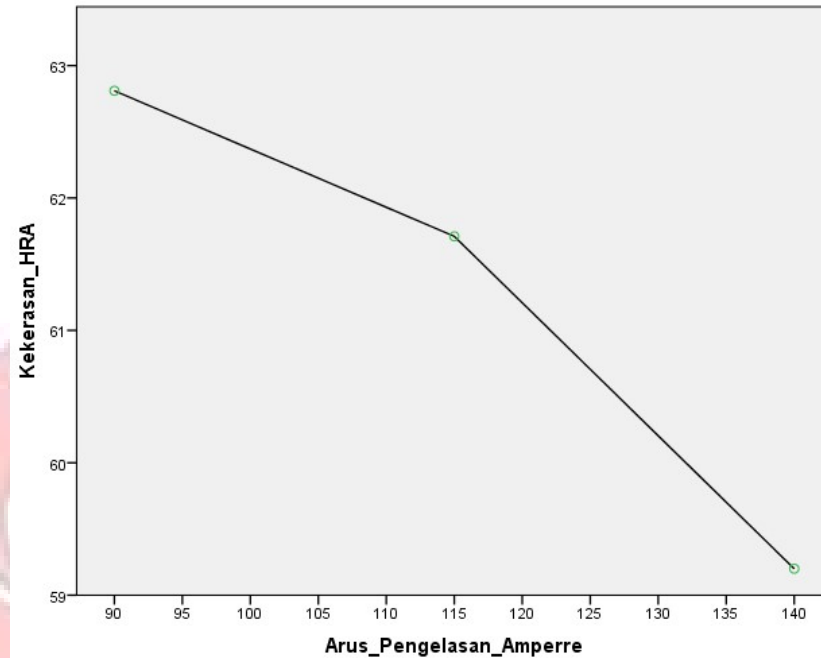
Class No. A5.13 (EFe2) Dengan Variasi Arus Pengelasan.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) Dengan Variasi Arus Pengelasan.

Berdasarkan Gambar 4.2, terlihat bahwa pada arus pengelasan (dari 90 ke 115 amperre) dan (dari 115 ke 140 amperre) nilai kekerasan sama – sama mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* dengan menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) memberikan pengaruh yang sangat berarti dalam menurunkan nilai kekerasan.

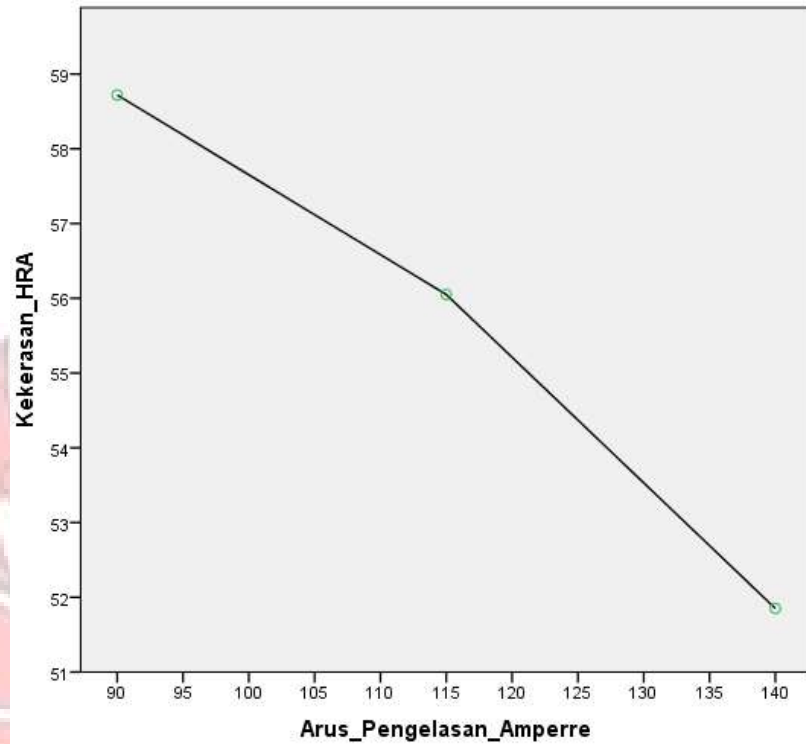
3. Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) Dengan Variasi Arus Pengelasan.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) Dengan Variasi Arus Pengelasan.

Berdasarkan Gambar 4.3, terlihat bahwa pada arus pengelasan (dari 90 ke 115 amperre) nilai kekerasan menurun namun tidak terlalu signifikan. Pada arus pengelasan (dari 115 ke 140 amperre) nilai kekerasan mengalami penurunan secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* dengan menggunakan elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) memberikan pengaruh yang berarti dalam menurunkan nilai kekerasan.

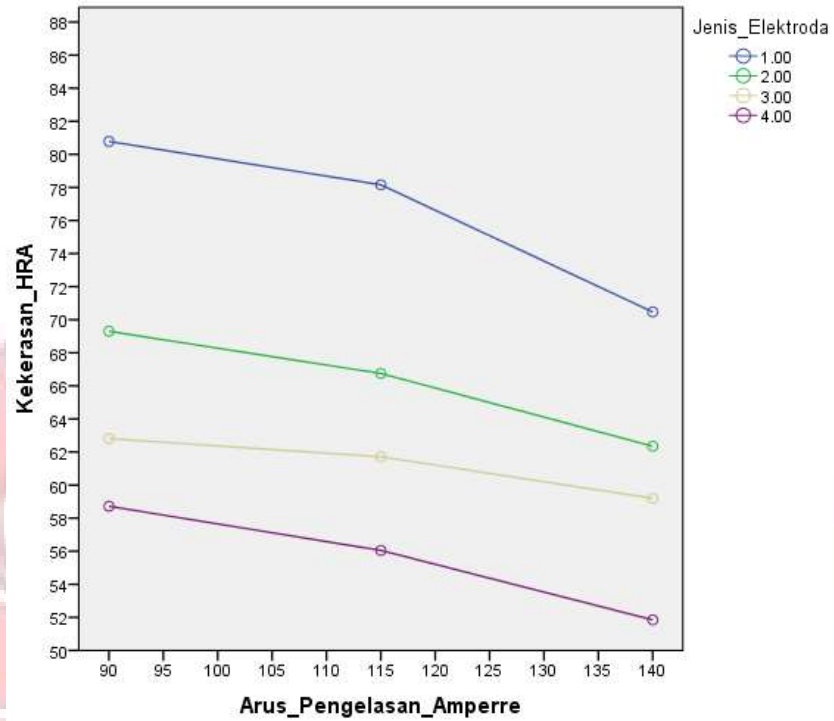
4. Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda AWS E7018 Dengan Variasi Arus Pengelasan.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan dan Jenis Elektroda E7018 Dengan Variasi Arus Pengelasan.

Berdasarkan Gambar 4.4, terlihat bahwa pada arus pengelasan (dari 90 ke 115 amperre) dan (dari 115 ke 140 amperre) nilai kekerasan sama – sama mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan pada pengelasan *hardfacing* dengan menggunakan elektroda AWS E7018 memberikan pengaruh yang sangat berarti dalam menurunkan nilai kekerasan.

5. Hubungan Antara Nilai Kekerasan Dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Arus Pengelasan.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Nilai Kekerasan Dengan Variasi Jenis Elektroda dan Variasi Arus Pengelasan.

Keterangan:

Jenis_Elektroda 1.00 : AWS Class No. A5.13 (EFe3).

Jenis_Elektroda 2.00 : AWS Class No. A5.13 (EFe2).

Jenis_Elektroda 3.00 : DIN 8555 (E1-UM-350-GP).

Jenis_Elektroda 4.00 : AWS E7018.

Berdasarkan Gambar 4.5, terlihat bahwa pada semua jenis elektroda yang digunakan, semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan, maka nilai kekerasan semakin mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena pada arus pengelasan 90 Amperre temperatur

pengelasan yang ditimbulkan lebih rendah dibandingkan pada arus pengelasan 115 Amperre dan 140 Amperre, sehingga struktur mikro yang terbentuk pada arus pengelasan 90 Amperre lebih banyak berbentuk Bainit, sedangkan struktur mikro yang terbentuk pada arus pengelasan 115 Amperre lebih banyak berbentuk Ferit Acicular dan struktur mikro yang terbentuk pada arus pengelasan 140 Amperre lebih banyak berbentuk Ferit Widstatten. Struktur mikro berbentuk Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada suhu 400-500⁰ C. Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan Ferit Acicular dan Ferit Widstatten, tetapi lebih rendah dibanding Martensit, karena Martensit akan terbentuk jika proses pengelasan dengan pendinginan sangat cepat dan struktur ini mempunyai sifat yang sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.

Berdasarkan Gambar 4.5, nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu pengelasan dengan menggunakan jenis elektroda 1.00 yaitu AWS Class No. A5.13 (EFe3), kemudian disusul dengan pengelasan dengan menggunakan jenis elektroda 2.00 yaitu AWS Class No. A5.13 (EFe2), kemudian pengelasan dengan menggunakan jenis elektroda 3.00 yaitu DIN 8555 (E1-UM-350-GP) dan nilai kekerasan yang paling rendah yaitu pengelasan dengan menggunakan jenis elektroda AWS E7018.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan.

Dari analisa hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengelasan *hardfacing* menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3), AWS Class No. A5.13 (EFe2), DIN 8555 (E1-UM-350-GP), dan AWS E7018 menghasil kekerasan yang semakin menurun jika menggunakan arus pengelasan yang semakin besar.
2. Parameter pengelasan yang paling dominan berpengaruh pada kekerasan permukaan adalah jenis elektroda (X1) dengan nilai 6.767 kemudian diikuti oleh parameter arus pengelasan (X2) dengan nilai 0.139.
3. Nilai kekerasan tertinggi sampai terendah dari hasil pengelasan *hardfacing* yaitu menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) nilainya kekerasannya yaitu 70.2 – 80.93 HRA, kemudian diikuti oleh elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) nilainya kekerasannya yaitu 62.25 – 69.43 HRA, kemudian elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) nilainya kekerasannya yaitu 58.90 – 62.90 HRA dan nilai kekerasan yang terendah yaitu pengelasan dengan menggunakan elektroda AWS E7018 nilainya kekerasannya yaitu 51.69 – 58.99 HRA, sehingga elektroda AWS E7018 tidak disarankan untuk digunakan sebagai elektroda *Hardfacing*.

5.2. Saran.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses pendinginan pengelasan *hardfacing* menggunakan media air (celup), pelumas (celup) atau media yang lainnya.
2. Untuk aplikasi rekondisi dudukan atau housing bearing penulis menyarankan menggunakan elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) karena gesekan antara bearing dengan dudukannya atau housingnya sangat kurang.
3. Untuk aplikasi rekondisi roda trolley penulis menyarankan menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) ekuivalent DIN 8555 (E1-UM-45-GP) karena gesekan antara roda trolley dengan relnya sedang.
4. Untuk aplikasi rekondisi daun screw conveyor concrete, rekondisi bucket excavator dan semacamnya penulis menyarankan menggunakan elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) ekuivalent DIN 8555 (E1-UM-60-GP) karena gesekan antara daun screw conveyor atau bucket excavator dengan mediana sangar besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Algifari. 2000. *Analisis Regresi, Teori, Kasus & Solusi*. BPFE UGM, Yogyakarta.
- Dahlan, Hadijaya. 2000. Pengaruh Variasi Beban Indentor Micro Hardness Tester Terhadap Akurasi Data Uji Kekerasan Material. Dalam Jurnal Ilmiah *Urania*, VI (23-24): 57-62.
- Nugroho, Kristianto Suro. 2010. Analisa Pengujian Kekerasan Material Baja Karbon Rendah, Besi, Tembaga, Aluminium Serta Zn (Seng) Dengan Menggunakan Metode Uji Kekerasan Brinell. Proposal Tugas Akhir. Tangerang Selatan: Universitas Pamulang.
- Pradeep, G.R.C. DKK. 2012. Comparative Study of Hardfacing of AISI 1020 Steel by Gas Welding and Tig Welding Process. Dalam Jurnal Ilmiah *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, II (9): 18-22.
- Pranata, Abdi. 2011. Hardness Test. Laporan Resmi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santoso, Joko. 2006. Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E7018. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Singh, Harvinder. 2014. Studies the Effect of Iron Based Hardfacing Electrodes on Stainless Steel Properties Using Shielded Metal Arc Welding Process. Dalam Jurnal Ilmiah *International Journal of Research in Advent Technolog*, II (4): 419-430.
- Sonawan, H. 2004. *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfa Beta.
- Sudjana. 2002. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.

- Steelindo Persada. 2015. SS400 Bukan Stainless Steel Tapi Structural Steel. <http://www.steelindopersada.com/2015/03/ss400-bukan-stainless-steel-tapi.html>. Diakses Pada 31 Mei 2015.
- Sunandar, Arif Fisca. 2012. Perbedaan Karakteristik Hasil Pengelasan Metode GTAW dan SMAW Terhadap Baja Tahan Karat 316L. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Surdia, Tata. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Trihendradi, Cornelius. 2004. *Langkah Mudah Memecahkan Kasus Statistik: Deskriptif, Parametrik, dan Non-Parametrik dengan SPSS 12*. Yogyakarta: Andi.
- Waluyo, Joko DKK. 2012. Optimalisasi Pemanfaatan Baja Konstruksi Dan Kikir Bekas Sebagai Pahat Bubut. Dalam Jurnal Ilmiah *Jurnal Teknologi*, V (1): 1-8.
- Wirjosumarto, Harsono. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.



LAMPIRAN

Lampiran 1.

Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan

Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe3) Terhadap Perubahan Arus Pengelasan.

No	Arus Pengelasan (Amperre)	Sampel	Nilai Kekerasan (HRA)			Rata - Rata (HRA)
			Kiri	Tengah	Kanan	
1	90	1	80.73	79.77	81.70	80.73
2		2	81.62	80.4	80.77	80.93
3		3	79.92	81.67	80.43	80.67
4	115	1	78.23	78.1	78.27	78.20
5		2	77.96	78.34	77.43	77.91
6		3	78.67	77.84	78.56	78.36
7	140	1	71.13	70.37	69.1	70.20
8		2	70.35	71.42	70.96	70.91
9		3	69.87	70.31	70.69	70.29

Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Elektroda AWS Class No. A5.13 (EFe2) Terhadap Perubahan Arus Pengelasan.

No	Arus Pengelasan (Amperre)	Sampel	Nilai Kekerasan (HRA)			Rata - Rata (HRA)
			Kiri	Tengah	Kanan	
1	90	1	69.17	69.30	69.37	69.28
2		2	68.9	69.5	69.2	69.20
3		3	69.4	68.8	70.1	69.43
4	115	1	66.1	67.37	66.3	66.59
5		2	66.6	67.1	66.8	66.83
6		3	67.4	66.9	66.2	66.83
7	140	1	62.4	62.67	62.37	62.48
8		2	61.8	62.5	62.44	62.25
9		3	61.96	62.56	62.41	62.31

Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Elektroda DIN 8555 (E1-UM-350-GP) Terhadap Perubahan Arus Pengelasan.

No	Arus Pengelasan (Amperre)	Sampel	Nilai Kekerasan (HRA)			Rata - Rata (HRA)
			Kiri	Tengah	Kanan	
1	90	1	63.4	62.47	62.83	62.90
2		2	63.6	62.1	62.5	62.73
3		3	62.8	63.4	62.2	62.80
4	115	1	62.53	61.6	61.13	61.75
5		2	61.9	62	60.7	61.53
6		3	62.3	61.4	61.8	61.83
7	140	1	59.5	59.9	59.57	59.66
8		2	59.2	58.9	58.6	58.90
9		3	58.3	59.1	59.7	59.03

Tabel Data Pengamatan Nilai Kekerasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS400 Dengan Elektroda AWS E7018 Terhadap Perubahan Arus Pengelasan.

No	Arus Pengelasan (Amperre)	Sampel	Nilai Kekerasan (HRA)			Rata - Rata (HRA)
			Kiri	Tengah	Kanan	
1	90	1	58.00	58.80	57.83	58.21
2		2	59.23	58.97	58.77	58.99
3		3	59.1	58.9	58.87	58.96
4	115	1	57.07	54.43	55	55.50
5		2	56.33	57.13	54.68	56.05
6		3	55.89	56.73	57.21	56.61
7	140	1	51.4	51.23	52.8	51.81
8		2	51.68	52.57	51.93	52.06
9		3	52.37	51.74	50.96	51.69

Lampiran 2.

Data View IBM SPSS Statistic

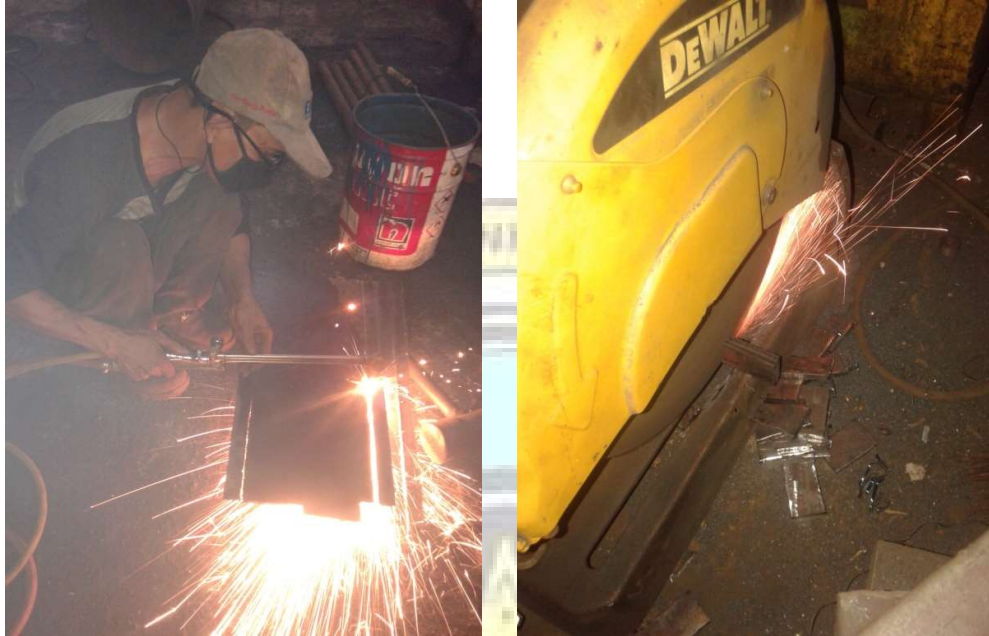
The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor interface. The main window displays a data view with 21 rows and 17 columns. The first four columns contain numerical data, and the remaining columns are labeled 'var'. The data is as follows:

	JENIS TRODA	ELEKTRONIS	PENGELASAN PERRE	KEKERASAN_HRA	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1.00	90.00	80.73	80.73												
2	1.00	90.00	80.93	80.93												
3	1.00	90.00	80.67	80.67												
4	1.00	115.00	78.20	78.20												
5	1.00	115.00	77.91	77.91												
6	1.00	115.00	78.36	78.36												
7	1.00	140.00	70.20	70.20												
8	1.00	140.00	70.91	70.91												
9	1.00	140.00	70.29	70.29												
10	2.00	90.00	69.28	69.28												
11	2.00	90.00	69.20	69.20												
12	2.00	90.00	69.43	69.43												
13	2.00	115.00	66.59	66.59												
14	2.00	115.00	66.83	66.83												
15	2.00	115.00	66.83	66.83												
16	2.00	140.00	62.48	62.48												
17	2.00	140.00	62.25	62.25												
18	2.00	140.00	62.31	62.31												
19	3.00	90.00	62.90	62.90												
20	3.00	90.00	62.73	62.73												
21	3.00	90.00	62.80	62.80												



Lampiran 3.

Foto Proses Penelitian



Lampiran 3 (a). Foto Proses Pemotongan Material.



Lampiran 3 (b). Foto Material Setelah Dipotong.



Lampiran 3 (c). Foto Pengaturan Arus Pengelasan.



Lampiran 3 (d). Foto Proses Pengelasan.



Lampiran 3 (e). Foto Hasil Pengelasan.



Lampiran 3 (f). Foto Saat Meratakan Permukaan Pengelasan.



Lampiran 3 (g). Foto Saat Memilih Penetrator Pengujian Kekerasan.



Lampiran 3 (h). Foto Saat Melakukan Pengujian Kekerasan.

Lampiran 4.






Kartu Asistensi

“Pengaruh Jenis Elektroda Dan Arus Las Pada Pengelasan Hardfacing Baja JIS 3101 SS 400”.

Nama :

- 1. Agung Setia Bela (443 13 061)
- 2. M. Syukur Imam (443 13 067)

Kelas : D4 Manufaktur (Alih Jenjang)

No	Tanggal	Uraian Revisi	Paraf Pembimbing
1	19-10-2015	- Perbaiki latar belakang	
		- Perbaiki tabel dan grafik	
		- Tambahkan tabel raw material	
2	19-10-2015	- Perbaiki kata pengantar	
		- Perbaiki nomor sub bab	
		- Ekuivalent elektroda jangan di tulis	
3	20-10-2015	- Analisis korelasi menggunakan SPSS	
		- Perbaiki kesimpulan	
4	22-10-2015	Perbaiki Grafik .	
5	23-10-2015	Tambahkan teori SPSS .	
6	26-10-2015	Sudah Oke x Seminar Haric	

Makassar, Oktober 2015
Pembimbing Tugas Akhir

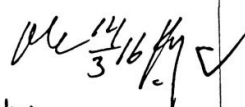
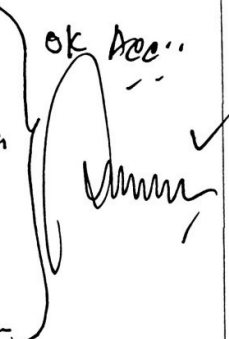



Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.
NIP. 196801051994031001

Lampiran 5.

Lembar Revisi Judul Proyek / Tugas Akhir

NAMA MAHASISWA : Agung Setia Bella / M. Syukur Imam
 STAMBUK : 443 13 061 / 443 13 067
 Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Ir. Muhs. Rusdi, MT.	- Latar belakang Penggunaan aplikasi & jelaskan. - Foto yang terkait dgn kemasakan serbuk konveyor.	 14/3/16 ✓
2.	Muhs. Arsyad Suputi	- Teori Dasar Abn penjelasan serbuk konveyor - Abn penjelasan Elektroda dan komposisi - Latar belakang. - Kesimpulan - Kaitkan antara teori pada referensi dengan hasil pengujian kegunaan Is Arus.	ok Doc..  ✓
3.	Ir. Muhs, MT	- Sifat-sifat elektroda - Kedalaman teori dasar - Kedalaman pembahasan	 14/3/2016 ✓

Makassar,
Ketua / Sekretaris Penguji,



Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.