PENGARUH KETEBALAN PELAT BAJA ST-41 TERHADAP HASIL UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN PADA PENGELASAN SMAW POSISI TEGAK

(Skripsi)

Oleh

Muhammat Khoirul Anam

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

ABSTRAK

PENGARUH KETEBALAN PELAT BAJA ST-41 TERHADAP HASIL UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN PADA PENGELASAN SMAW POSISI TEGAK

Oleh
MUHAMMAT KHOIRUL ANAM

Metode pengelasan dengan menggunakan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) banyak digunakan pada saat ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien. Panas yang dihasilkan dari proses pengelasan SMAW ini akan menimbulkan tegangan dan regangan pada logam yang disambung atau las, tegangan ini juga di pengaruhi oleh tebal dari penampang logam yang mengalami proses pengelasan sehingga ketebalan pelat ini sangat berpengaruh pada tegangan yang terjadi pada logam lasan.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan yang salah satunya adalah menentukan tebal pelat, maka pada penelitian ini penulis mencoba melakukan penelitian dengan judul Pengaruh ketebalan pelat baja St-41 terhadap hasil uji tarik dan uji kekerasan pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan posisi tegak. Dengan tujuan mengetahui nilai kekuatan tarik pada baja St-41 setelah dilakukan pengelasan SMAW dan mengetahui nilai kekerasan pada sambungan las dengan posisi tegak menggunakan metode pengelasan SMAW. Dan didapatkan hasil yaitu pada pengujian kekerasan variasi ketebalan pelat tidak terlalu berpengaruh pada nilai kekerasan dan nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada daerah *Stir Zone* yang merupakan daerah logam pengisi. Pada pengujian tarik yang telah dilakukan nilai kekuatan tarik tetinggi terdapat pada ketebalan pelat 4,5 mm bila dibandingkan dengan ketebalan pelat 2,6 mm dan 3,7 mm. Semakin tebal permukaan pelat yang mengalami pengujian tarik maka akan semakin besar ketahanan terhadap pengujian tarik yang dilakukan.

Kata kunci : Pengelasan, SMAW, ST-41

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE THICKNESS OF ST-41 STEEL PLATE ON THE RESULTS OF TENSILE TESTS AND HARDNESS TESTS ON WELDING VERTICAL POSITION

By
MUHAMMAT KHOIRUL ANAM

The welding method using Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is most often used at this time because it is more practical, easier to operate, can be used for all kinds of welding positions and is more efficient. The heat from the SMAW welding process will result in stress and strain on the weld metal, this stress is also influenced by the thickness of the metal cross section to be welded so that the thickness of the plate is very influential on the stress on the weld metal.

Factors that influence welding are welding procedures, is a plan for implementation which includes the way of making weld construction according to the plan and specifications by determining all the things needed in the implementation, one of which is to determine the thickness of the plate. Then in this study the author tried to do research with the title of The Effect of The Thickness St-41 Steel Plate on The Results of Tensile Tests And Hardness Tests on Welding Vertical Position. With the objective of knowing the value of tensile strength in St-41 steel after SMAW welding and knowing the hardness value on welded joints with vertical position using the SMAW welding method. And the results obtained were that the hardness test of plate thickness variations did not significantly affect the hardness value and the highest hardness value was found in the Stir Zone area which is the filler metal area. In tensile tests that have been carried out the tensile strength values of the height are found in the plate thickness of 4.5 mm compared to the plate thickness of 2.6 mm and 3.7 mm. The thicker surface of the plate that under tensile testing, the greater resistance to tensile testing is carried out.

Keywords: Welding, SMAW, ST-41

PENGARUH KETEBALAN PELAT BAJA ST-41 TERHADAP HASIL UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN PADA PENGELASAN SMAW POSISI TEGAK

Oleh

MUHAMMAT KHOIRUL ANAM

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

Judul Skripsi	:	**PENGARUH KETEBALAN PELAT BAJA ST-41 TERHADAP HASIL UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN PADA PENGELASAN SMAW POSISI TEGAK**
Nama Mahasiswa	:	Muhammat Khoirul Anam
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1115021057
Jurusan	:	Teknik Mesin
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Tarkono, S.T., M.T.	**Achmad Yahya TP, S.T., M.T.**
NIP 19700415 199802 1 001	NIP 19800205 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Tarkono, S.T., M.T.** .....

Anggota Penguji : **Achmad Yahya TP, S.T., M.T.** .....

Penguji Utama : **Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **28 Januari 2019**

HALAMAN PERNYATAAN ORISIONALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

PENGARUH KETEBALAN PELAT BAJA ST-41 TERHADAP HASIL UJI TARIK DAN UJI KEKERASAN PADA PENGELASAN SMAW DENGAN POSISI TEGAK

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang dipublikasikan dari perguruan tinggi atau instansi manapun, sebagaimana diatur dalam pasal 44 peraturan akademik universitas lampung dengan surat keputusan rektor no. 159/H26/PP/2008, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pembuat pernyataan,

mmat Khoirul Anam

NPM. 1115021057

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Nusa Jaya, Kec. Belitang III, Kab, Ogan Komering Ulu Timur, pada tanggal 27 April 1992, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari Bapak Misriyono dan Ibu Siti Kuntinah.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar Negeri I di desa Nusa Jaya, Ogan Komering Ulu Timur pada tahun 1999-2005. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di madrasah Tsanawiyah Mamba'ul Ulum Ogan Komering Ulu Timur pada tahun 2005-2008. Penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN I Belitang III, Ogan Komering Ulu Timur pada tahun 2008-2011. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT) Universitas Lampung (UNILA) melalui jalur Ujian Mandiri (UM) dan melaksanakan kuliah perguruan tinggi hingga meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2019.

Selam menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT UNILA, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) FT UNILA sebagai Anggota Muda periode 2011-2012, Anggota Biro Kesekretariatan HIMATEM periode 2012-2013, Anggota Biro kesekretariatan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) periode 2014-2015. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Semangat Jaya Pesawaran Kab, Pesawaran, dengan judul Perhitungan Laju Produksi Tapioka Pada Mesin Pengering (*Spin flash Drayer*), pada tahun 2015. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) priode 1 Tahun Ajaran 2016/2017

selama 60 hari di Pekon Penggawa V, Kec. Karya Penggawa, Kaupaten Pesisir Barat. Sejak bulan Agustus 2018 penulis mulai melakukan penelitian **“ Pengaruh Ketebalan Pelat Baja St-41 Terhadap Hasil Uji Tarik Dan Uji Kekerasan Pada Pengelasan SMAW Dengan Posisi Tegak”** dibawah bimbingan Bapak Tarkono S.T., M.T., sekalu Pembimbing utama dan Bapak Achmad Yahya TP, S.T., M.T., selaku Pebimbing pendamping.

MOTTO

Hidup adalah perjalanan, perjuangan dan ujian.

Kamu bisa lelah, kamu bisa salah, kamu bisa gagal tapi kamu tidak boleh menyerah.

Lakukanlah setiap kebaikan, karena hakikatnya kebaikan itu akan kembali untuk dirimu sendiri.

Dan beramal dan beribadahlah kepada Tuhan-Mu (الله) karena hakikatnya tujuan mu di hidupkan adalah untuk ibadah kepada-Nya dan kau akan kembali kepada –Nya.

(Muhammat Khoirul Anam)

Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu haruss sanggup menahan perihnya kebodohan

(Imam Syafi'i)

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui"

(Al-Baqarah: 216)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahirabbil'alamin segala puji bagi Allah Subhaanahuu Wa Ta'aalaa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta solawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kupersembahakan karyailmiah ini untuk:

Bapak Dan Mamak tercinta yang selalu mendo'akan disetiap saat.Terimakasih atas cinta dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Adik-adikku tercinta yang selalu memberikan semangat dan motifasi selama ini, para dosen yang selalu membagi ilmu dan wawasannya tanpakenallelah. Yang selama ini selalu memberikan semangat dan do'anya, Semua orang yang tanpahenti selalu mendukung dan menyemangatiku

Almamater kebanggaanku

Teknik Mesin Universitas Lampung

SANWANCANA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah Subhaanahuuwata'aalaa, karena dengan rahmat dan KaruniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**Pengaruh ketebalan Pelat Baja St-41 Terhadap hasil Uji Tarik dan Uji Kekerasan Pada Pengelasan SMAW dengan Posisi Tegak ”**dan atas petunjuk Nya pula segala kendala yang ada dalam penyusunan skripsi ini dapat penulis selesaikan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, yang telah membantu kelancaran selama penyelesaian tugas akhir penulis.
3. Bapak Tarkono S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir, terimakasih atas semua arahan, bimbingan, segala nasehat dan juga motivasinya terhadap penulis serta ilmu yang diberikan selama penyelesaian tugas akhir penulis.

4. Bapak Achmad Yahya TP, S.T, M.T. selakudosen pembimbing pendamping tugas akhir, terimakasih atas semua saran-saran, bimbingan, dan juga atas segala kelancaran selama penyelesaian tugas akhir penulis.
5. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T. selaku dosen pembahas tugas akhir, terimakasih atas semuasaran-saran, perbaikan yang sangat membangun.
6. Bapak Harnowo S.T., M.T. selaku koordinator tugas akhir, yang telah membantu atas kelancaranya selama menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Orang tua saya; Bapak Misriono dan Mamak Siti Kuntinah, yang selalu memberikan kasih sayang, sabar menunggu dan mendoakan atas harapan akan kesuksesan penulis hingga dapat menyelesaikan studi S-1.
8. Adik saya: Fauzia NA dan Fitra DC atas doa, kasih sayang dan semangat, serta dukungan tanpa lelah selama ini.
10. Martinus, S.T., M.Sc yang mendukung dan membimbing penulis dalam proses perkuliahan maupun dalam urusan akademik.
11. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang.
12. Mas Marta, Mas Dadang, Mas Wanto dan Mas Nanang yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan studi di JurusanTeknik Mesin.
15. Rekan kerja praktek: Jati Wahyu N memotivasi dan membantu satu sama lain.
16. Rekan yang selalu membantu penyelesaian tugas akhir, Wahyu Gautama S.T terima kasih atas ilmu dan masukannya.

17. Rekan Rekan Korewa 2011 : Syarif, Fahmi, Dedek, Fadli, Padang, Enggruk, Yusuf, Tri, Riski.
18. Rekan-rekan Teknik Mesin 2011 : Dimas R, Beny S, Eko N,Eko Pal, Eko A, Fatan, Faisal, Adi yusuf, Adi ernadi, eko wahyu, wawan, andreas, ferli, ikhwan, febri, husen, panji, pendi, panly, printo, Ali, Jati, joko, Jono, Marto, Agung Gp, Kuncrit, Kuncrot, Windra, Rio, Rengkek, Hari, Mbah dan semua yang tidak bisa disebut namanya satu persatu atas dukungan dan motivasi nya dalam pengerjaan skripsi ini.
19. Adik-adik tingkat terbaik teknik mesin: Chris, Yogi, aloy, moses, kisut, Jaya, Akbar, Kier, Jali, Putra, Bob, Dewo, Popy dan semua yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.
20. Semua Angkatan teknik Mesin Universitas Lampung Tercinta
21. Dan kepada semua pihak yang tidak tersebutkan yang telah membantu saya selama rentang hidup saya hingga saat ini.

Semoga Allah SWT. Senantiasa membalas semua kebaikan-kebaikan yang telah kalian berikan. Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih terdapat kesalahan da kekeliruan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun penulis sangat harapkan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semuanya, amin

Bandar Lampung,22 Februari 2019

Penulis ,

Muhammat Khoirul Anam

NPM.111502105

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ……... . i

DAFTAR GAMBAR …… . iv

DAFTAR TABEL ……... . vii

BAB I. PENDAHULUAN …… . 1

A. Latar Belakang ……..... 1

B. Tujuan Penelitian …… . 5

C. Batasan Masalah …… 5

D. Sistematika Penulisan …… 6

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan ……...…….7

B. Jenis Sambungan Las ……... 8

1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang …… 9

2. Sambungan Sudut …… 10

3. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*) ……... 11

4. Sambungan Tumpang ……..... 12

5. Sambungan Sisi ……. 13

6. Sambungan Dengan Pelat Penguat ……... 14

C. Posisi Pengelasan ……..... 15

1. Pengelasan Posisi Bawah Tangan (*Down Head Position*) …… 15

2. Pengelasan Posisi Mendatar (*Horizontal Position*) ……... 16

3. Pengelasan Posisi Tegak (*Vertical Position*) ……. 16

4. Posisi Pengelasan Diatas Kepala (*Over Head Position*) ……... 16

D. Pengelasan SMAW (*shielded Metal Arc Welding*) ……..... 20

E. Baja St-41 …… 20

F. Kekuatan Tarik …… 21

G. Pengujian Kekerasan *Rockwell* ……... 24

1. Metode Gores ……25

2. Metode Pantul (*Rebound*) …… 25

3. Metode Indentasi atau Penekanan ……..... . 25

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian …….. 30

B. Waktu dan Tempat Penelitian …… 31

C. Alat dan Bahan ……31

D. Prosedur Pembuatan Spesimen ……... 38

E. Analisis …… 44

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengujian ……..... 45

B. Pembahasan ……..... 53

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan …….. 59

B. Saran ……..... 60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

Gambar 2.1 jenis-jenis sambungan dasar ….……..9

Gambar 2.2 sambungan T dan bentuk silang ……10

Gambar 2.3 macam-macam sambungan sudut …….. 11

Gambar 2.4 alur sambungan las tumpul …….12

Gambar 2.5 macam-macam sambungan tumpang …….....13

Gambar 2.6 sambungan sisi ……... 14

Gambar 2.7 sambungan dengan pelat penguat …….. 15

Gambar 2.8 posisi-posisi pengelasan pelat ……... 18

Gambar 2.9 posisi pengelasan untuk pengelasan pipa …….. 18

Gambar 2.10 mesin uji tarik …….. 22

Gambar 2.11 batas elastis dan tegangan luluh …….. 23

Gambar 2.12 kurva tegangan-regangan teknik …… 24

Gambar 2.13 cara kerja mesin penguji kekerasan *Rockwell* ……..... 27

Gambar 2.14 media pengujian *Rockwell* ……... 28

Gambar 3.1 diagram alir penelitian ……... 20

Gambar 3.2 mesin pengelasan SMAW …… 31

Gambar 3.3 elektroda ……32

Gambar 3.4 sikat baja ……..... 32

Gambar 3.5 palu las ……... 32

Gambar 3.6 topeng las ……... 33

Gambar 3.7 ampelas …….. 33

Gambar 3.8 mesin sekrap …….. 33

Gambar 3.9 gerinda ……... 34

Gambar 3.10 jangka sorong ……... 34

Gambar 3.11 ragum ……... 34

Gambar 3.12 sepidol ……... 35

Gambar 3.13 pelat baja St-41 ……..... 35

Gambar 3.14 mesin uji tarik ……..... 36

Gambar 3.15 alat uji kekerasan *Rockwell* ……37

Gambar 3.16 pelat baja St-41 …… 38

Gambar 3.17 sambungan las tumpul alur V …….. 39

Gambar 3.18 posisi pengelasan tegak ……... 39

Gambar 3.19 spesimen uji tarik standar ASTM E-8 …… 40

Gambar 3.20 spesimen uji tarik …… 41

Gambar 4.1 nilai HR_c rata-rata pengujian kekerasan ……..... 47

Gambar 4.2 spesimen uji tarik dengan ketebalan 2,6 mm …… 49

Gambar 4.3 hasil pengelasan SMAW dengan ketebalan 3,7 mm …… 49

Gambar 4.4 hasil pengelasan SMAW dengan ketebalan 4,5 mm …… 50

Gambar 4.5 hasil pengujian tarik ketebalan 2,6 mm …… 50

Gambar 4.6 hasil uji tarik ketebalan 3,7 mm …… 50

Gambar 4.7 hasil uji tarik ketebalan 4,5 mm ……51

Gambar 4.8 grafik rata-rata uji tarik ketebalan pelat 2,6mm, 3,7mm dan 4,5mm …….52

Gambar 4.9 Grafik hasil uji tarik dari 3 spesimen dengan ketebalan pelat 2,6 mm ….. 53

Gambar 4.10 Grafik hasil uji tarik dari 3 spesimen dengan ketebalan pelat 3,7 mm … 55

Gambar 4.11 Grafik hasil uji tarik dari 3 spesimen dengan ketebalan pelat 4,5 mm … 57

DARTAR TABEL

Tabel halaman

Tabel 2.2 sekala kekerasan *Rockwell* ……... 29

Tabel 3.1 data pengujian tarik …… . 42

Tabel 3.2 data hasil pengujian kekerasan *Rockwell* …….. 43

Tabel 4.1 data uji kekerasan *Rockwell* …….. 46

Tabel 4.2 data hasil pengujian tarik ……... 51

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berkembangnya teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan-sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan dalam bidang pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan (*welding*) merupakan teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan pada bidang konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Pengelasan yang sering digunakan dalam bidang kontruksi secara umum adalah pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan dengan busur nyala logam terlindung atau biasa disebut *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Metode

SMAW banyak digunakan pada saat ini karena penggunaannya lebih praktis, lebih mudah pengoperasiannya, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien. Pengelasan SMAW adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik, Busur listrik timbul karena adanya pelepasan muatan listrik melewati celah dalam rangkaian, dan panas yang dihasilkan akan menyebabkan gas pada celah tersebut sehingga mengalami ionisasi (disebut plasma). Untuk menghasilkan busur dalam pengelasan busur, elektroda disentuhkan dengan benda kerja dan secara cepat dipisahkan dalam jarak yang pendek. Proses las ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah, busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar, selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair serta menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik. Panas yang dihasilkan dari proses pengelasan ini akan menimbulkan tegangan dan rengan pada logam yang disambung atau las, tegangan ini juga di pengaruhi oleh tebal dari penampang logam yang mengalami proses pengelasan sehingga ketebalan pelat ini sangat berpengaruh pada tegangan yang terjadi pada logam lasan.

Pada proses pengelasan pasti akan mengalami perubahan pada bahan material yang akan disambung atau las, perubahan perubahan yang terjadi dapat saya simpulkan menjadi dua yaitu diantaranya :

1. Perubahan bentuk dimensi pada logam yang akan disambung atau las, perubahan bentuk ini dapat kita lihat langsung dengan mata tanpa alat bantu apapun.
2. Perubahan bentuk struktur mikro yang dimiliki pada logam yang akan disambung atau las, perubahan bentuk ini tidak dapat kita lihat langsung dengan mata, melainkan kita butuh tambahan alat bantu untuk melihat perubahan struktur mikro pada logam atau bahan.

Dalam proses pengelasan perubahan bentuk pada material akan berpengaruh pada konstruksi yang sudah dirancang atau desain, maka dari itu penelitian ini akan mencakup tentang perubahan bentuk yang terjadi pada material terhadap ketebalan pelat. Ketebalan pelat material akan berpengaruh terhadap perubahan-perubahan yang terjadi selama proses pengelasan, yang dimana perbedaan ketebalan pelat akan mempengaruhi jarak rambatan panas yang terjadi selama pengelasan berlangsung, dan hal ini berpengaruh dengan karakteristik kekerasan yang dimiliki pelat atau material, Kemudian ketebalan pelat juga akan mempengaruhi hasil tegangan dan regangan yang dimiliki material, hal ini dikarenakan perbedaan luas penampang dari suatu material.

Untuk industri yang menyangkut logam atau baja, khususnya bidang pembangunan dengan menggunakan pengelasan dibutuhkan berbagai penelitian agar dapat sambungan las yang bermutu tinggi, karena menyangkut keselamatan dan umur pakai. Seiring dengan pemakaian sambungan las baja yang semakin

meningkat, maka teknologi proses yang berkaitan dengan perubahan sifat dan karakteristik memiliki peranan yang tak kalah pentingnya.

Berbagai macam penelitian mengenai pengelasan sudah banyak dilakukan orang. Seperti yang pernah dilakukan oleh Abdul Hamid (2016) dengan judul : “Analisa pengaruh arus pengelasan SMAW pada material baja karbon rendah terhadap kekuatan material hasil sambungan”. Pada penelitiannya tersebut, Abdul Hamid melakukan penelitian dengan memvariasikan arus listrik yang digunakan dalam pengelasan SMAW. Pada penelitiannya tesebut didapat arus yang paling baik dalam pengelasan SMAW yaitu arus sebesar 80 ampere.

Penelitian mengenai pengelasan juga pernah dilakukan oleh Naharuddin dkk. (2015) dengan judul : “Kekuatan tarik dan bending sambungan las pada material baja SM 490 dengan metode pengelasan SMAW dan SAW”. Pada penelitiannya ini Naharuddin membandingkan metode pengelasan SMAW dan SAW dengan melihat kekuatan tarik dan bending yang dihasilkan dari pengelasan. Dari hasil penelitiannya, metode pengelasan yang baik digunakan adalah dengan metode SMAW karena didapat nilai kekuatan tarik sambungan las tertinggi terjadi pada metode pengelasan SMAW dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 666 MPa.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan yang meliputi cara pembuatan konstruksi las

yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan yang salah satunya adalah menentukan tebal pelat, maka pada penelitian ini penulis mencoba melakukan penelitian dengan judul :

Pengaruh ketebalan pelat baja St-41 terhadap hasil uji tarik dan uji kekerasan pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan posisi tegak.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Nilai kekuatan tarik pada baja St.41 setelah dilakukan pengelasan SMAW.
2. Nilai kekerasan pada sambungan las dengan posisi tegak menggunakan metode pengelasan SMAW.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah ini diberikan agar pembahasan dari hasil yang di dapatkan lebih terarah. Adapun batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini, yaitu :

1. Pengelasan yang dilakukan dengan metode pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).
2. Material yang digunakan yaitu plat baja karbon ST 41.
3. Variasi ketebalan pelat yang digunakan yaitu 2,60mm, 3,70mm, 4,50mm.
4. Elektroda yang digunakan adalah E6013 berdiameter 3.2 mm.
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan kekerasan.
6. Kedua permukaan material diasumsikan rata pada proses pengelasan.
7. Kuat arus yang digunakan sama pada proses pengelasan.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dan beberapa literatur yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan uraian metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan uraian kesimpulan dari hasil dan pembahasan sekaligus memberikan saran yang dapat menyempurnakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan

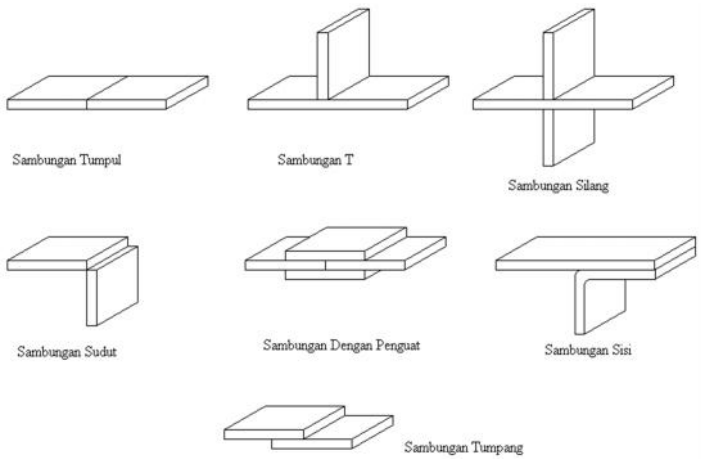
Pengelesan adalah penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Menurut *Duetche Industrie Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak terpisahkan dari sistem manufaktur, pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang berlanjut (Wiryosumarto,2000).

Proses pengelasan pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditunjukkan pada proses perakitan (*assembly*) beberapa komponen menjadi bentuk mesin. Komponen yang dirakit bisa dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama atau pun berbeda. Pengelasan adalah penyambungan dua bahan logam atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Sambungan las saat ini banyak

diterapkan pada pembangunan kontruksi karena kelebihannya pada kekuatan untuk menahan beban, serta kemudahan pelaksanannya yang mempengaruhi nilai ekonomis sehingga pengelasan menjadi pilihan utama pembangunan kontruksi. Kebutuhan las yang semakin berkembang berbanding lurus dengan perkembangan pada pengelasan, misalnya pada metode pengelasan, metode pengelasan yang ada sekarang ini sudah mengalami perkembangan (Alip, 1989).

B. Klasifikasi Sambungan Las

Sambungan las dalam kontruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi. Jenis sambungan tergantung dari berbagai faktor seperti ukuran, dan bentuk batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas sambungan yang akan dilas dan biaya relatif untuk berbagai macam sambungan las.

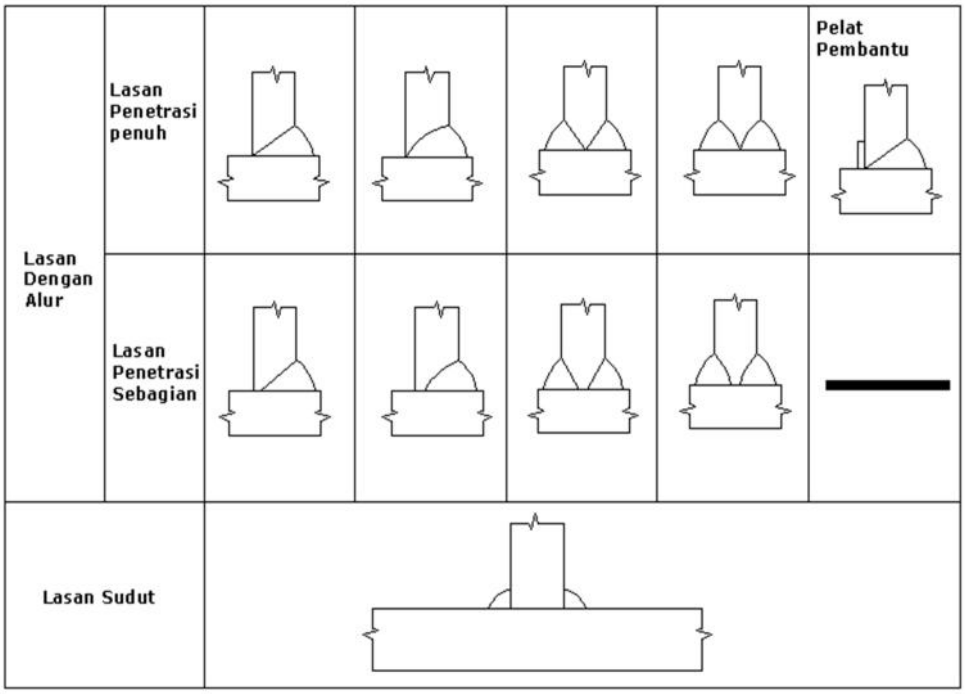


Gambar 2.1. Jenis-Jenis Sambungan Dasar (Wiryosumarto, 2000).

Ada tujuh jenis sambungan dasar pengelasan seperti pada gambar diatas meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah (Wiryosumarto, 2000).

1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

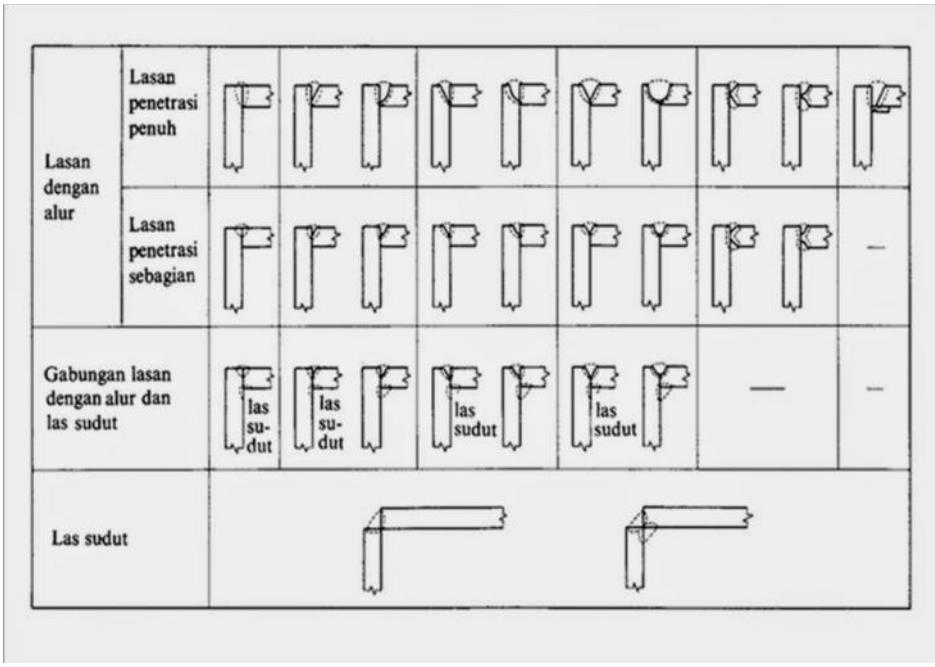
   Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.2. Sambungan T dan bentuk silang (Wiryosumarto, 2000)

2. Sambungan Sudut

Dalam sambungan jenis ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat cegah dengan membuat alur pada pelat tegak. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu (Wiryosumarto, 2000).

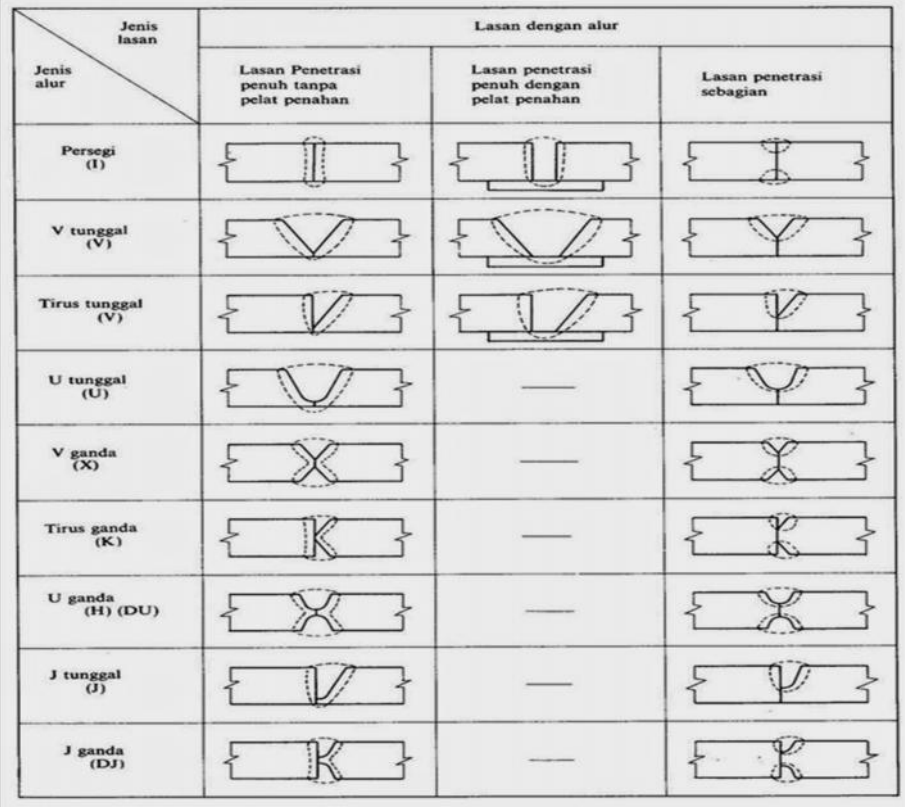


Gambar 2.3. Macam-macam sambungan sudut (Wiryosumarto, 2000)

3. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling afisien. Pada sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan

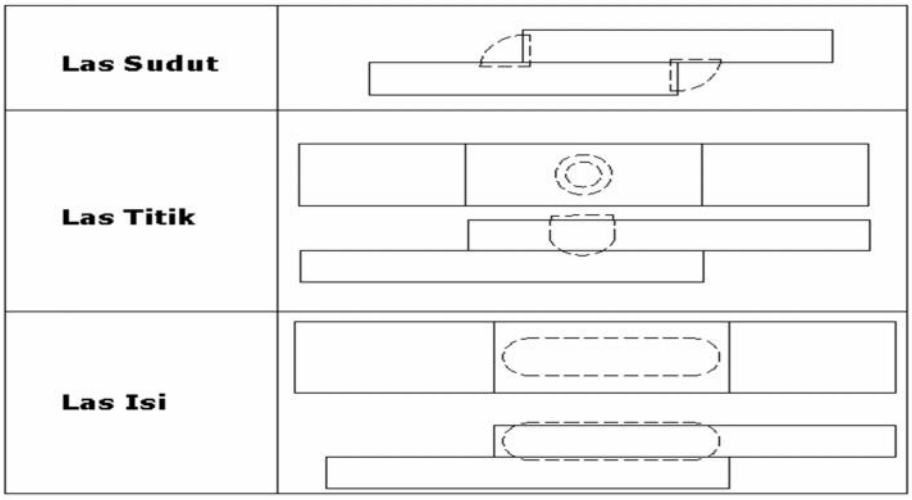
dengan pelat pembantu. Bentuk alur-alur pada sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, dan lain-lain. Pada dasarnya dalam memilih bentuk alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Karena hal ini, maka dalam pemilihan bentuk alur diperlukan kemampuan dan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelakasanaan pengelasan yang sering dilakukan (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.4. Alur Sambungan Las Tumpul (Wiryosumarto, 2000)

4. Sambungan Tumpang

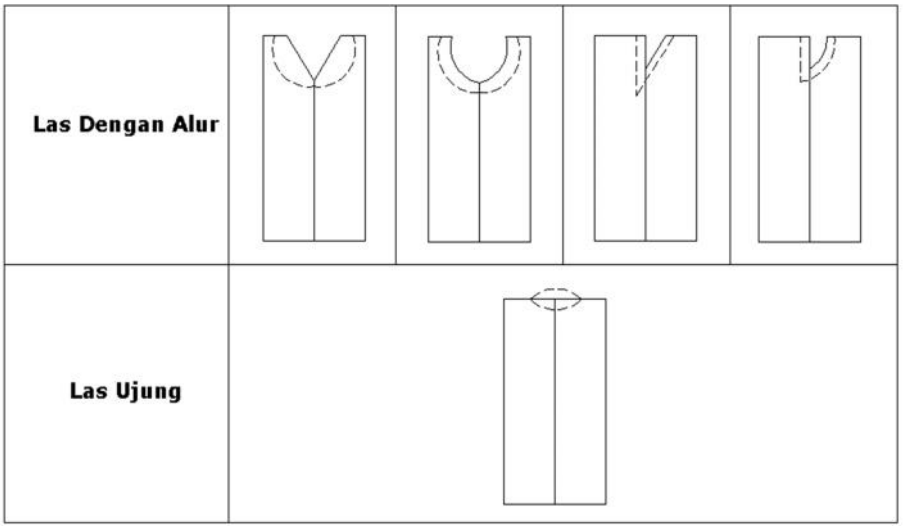
Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan kontruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.5. Macam-macam Sambungan Tumpang (Wiryosumarto,2000)

5. Sambungan Sisi

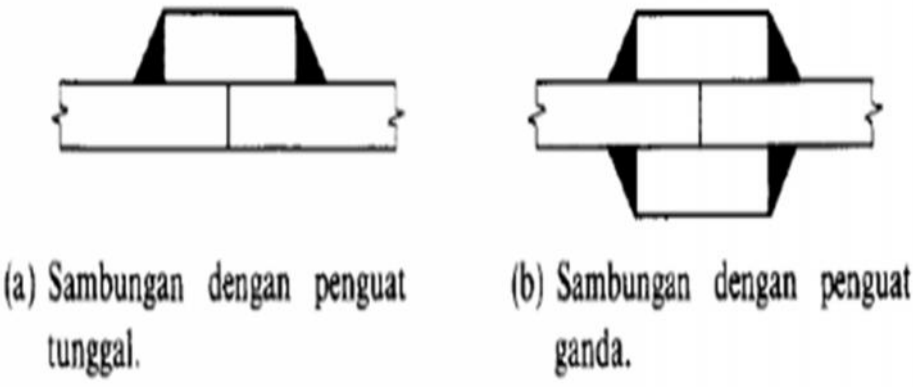
Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti pada gambar 2.6. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini, maka jenis sambungan ini hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.6. Sambungan Sisi (Wiryosumarto, 2000).

6. Sambungan dengan Pelat Penguat

Sambungan ini dibagi dalam dua jenis yaitu sambungan dengan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Dari gambar dapat dilihat bahwa sambungan ini mirip dengan sambungan tumpang. Dengan alasan yang sama pada sambungan tumpang, maka sambungan ini pun jarang digunakan dalam penyambungan konstruksi utama (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.7. Sambungan dengan pelat penguat (Wiryosumarto, 2000).

C. Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yaitu pengaturan sikap atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan bawah tangan *(down hand position)*, posisi pengelasan mendatar *(horizontal position)* posisi pengelasan tegak *(vertical position)* dan posisi pengelasaan diatas kepala *(over head position)* seperti dijelaskan dibawah ini (Kenyon, 1985).

1. Posisi Pengelasan Bawah Tangan *(Down Hand Position)*

   Posisi pengelasan ini merupakan posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau miring yaitu letak elektroda berada diatas benda kerja.

2. Posisi Pengelasan Mendatar *(Horizontal Position)*

   Mengelas dengan posisi horizontal merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar atau horizontal. Pada posisi pengelasan seperti ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari elektroda las.pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal.

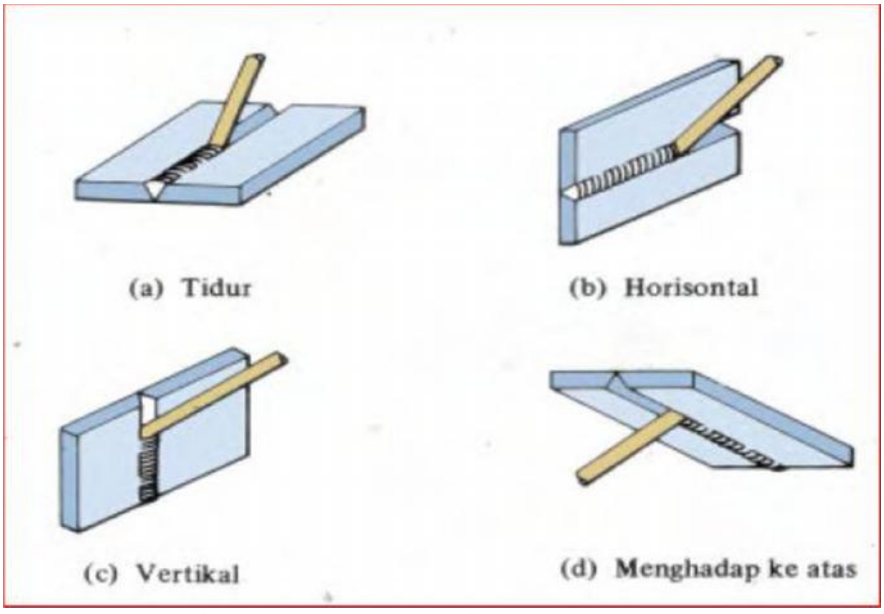
3. Posisi Pengelasan Tegak *(Vertical Position)*

Pengelasan dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak atau vertikal. Seperti pada *horizontal position* pada *vertikal position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun. Misalnya pada pengelasan badan kapal laut arah *vertikal.*

4. Posisi Pengelasan Diatas Kepala *(Over Head Position)*

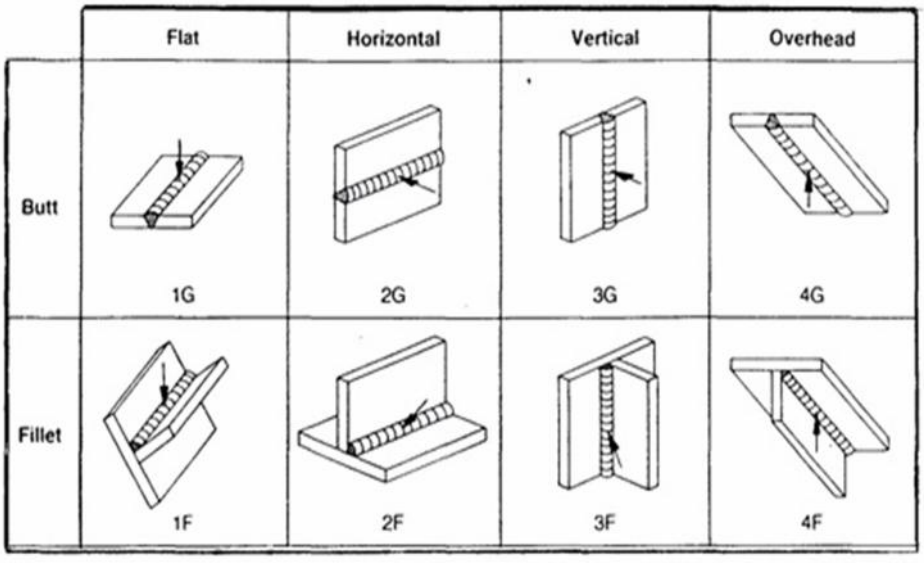
   Benda kerja terletak diatas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan diatas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan pengelasan-pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya diatas kepala, yaitu letak elektrodanya berada dibawah benda kerja. Misalnya pengelasan atap bagian gudang dalam.

Posisi pengelasan bawah tangan *(down hand position)* memungkinkan penetrasi dan cairan logam tidak keluar dari kampuh las, serta kecepatan pengelasan yang lebih besar dibanding yang lainnya. Pada *horizontal position* cairan logam cenderung jatuh kebawah, oleh karena itu busur dibuat sependek mungkin. Demikian pula untuk *vertical* dan *over head position*. Penimbunan logam las pada pengelasan busur nyala terjadi akibat medan *elektromagnetic* bukan akibat grafitasi, pengelasan tidak harus dilakukan pada *down hand position* ataupun *horizontal position* (Bintoro, 2000).

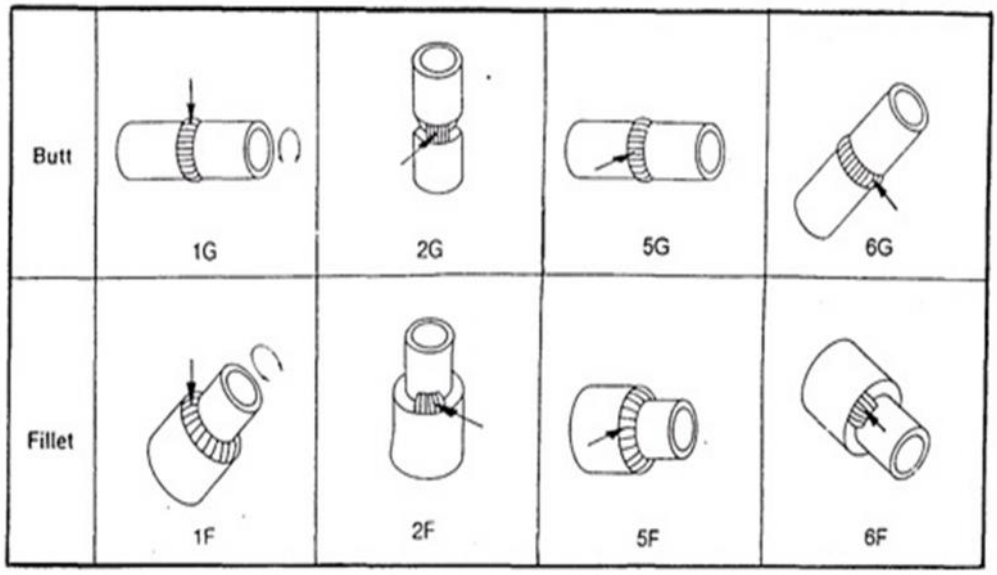


Gambar 2.8. Posisi pengelasan (Bintoro, 2000)

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah penyesuaian posisi pengelasan. Contoh posisi-posisi pengelasan seperti gambar berikut :



Gambar 2.9. Posisi-Posisi Pengelasan Pelat



Gambar 2.10. Posisi Pengelasan Untuk Pengelasan Pipa (Sonawan, 2003)

Posisi pengelasan 1 G pipa, pada pengelasan pipa 1 G ini, pipa di putar dan pengelasan tatap memposisikan elektroda diatas material *(down hand position).* Pengelasan 2 G pipa, pipa diam juru las melakukan pengelasan mengitari pipa atau sama seperti *horizontal position.*

Pengelasan 5 G pipa, pipa diam, juru las mengelas diawali dari bagian bawah terus melingkar berhenti dipipa bagian atas pada posisi sebelahnya. Pada sisi lain dilakukan dengan cara yang sama yaitu diawali dari bawah terus melingkar dan berhenti diatas. Pengelasan ini juga disebut dengan posisi pengelasan 5G *up hill* atau *vertical position.*

Posisi pengelasan diatas kepala adalah posisi 6G pemasangan pipa dimiringkan 45 derajat terhadap sumbu horizontal. Pengelasan dilakukan dari pipa bagian bawah terus melingkar kearah kanan atau kiri dan berhenti diatas. Dilanjutkan dengan pengelasan sebaiknya diawali dari bawah dan terus

melingkar berhenti dibagian atas. Cara pengelasan ini disebut 6G *up hill* atau seperti *over head position.*

Angka-angka pada posisi pengelasan tersebut diatas menunjukkan tingkat-tingkat posisi pengelasan. Angka yang semakin tinggi berarti menunjukkan kulitas yang tinggi pula.

Posisi-posisi pengelasan diatas menunjukkan kualifikasi juru las yang berhak mengelasnya. Jika juru las tersebut diperbolehkan utuk mengelas semua posisi (Sonawan, 2003).

D. Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Pengelasan SMAW (*shield Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan dengan nyala busur listrik yang terjadi antara elektroda dan sebagian dari logam induk, nyala listrik ini terjadi akibat dari lompatan ion-ion listrik yang menimbulkan panas sehingga menyebabkan lelehnya elektroda yang berfungsi sebagai logam pengisi dan juga lelehnya logam yang akan disambung. Suhu dari nyala busur listrik ini dapat mencapai 4000 ^{0}C. panas dari busur listrik ini akan melelehkan logam dasar dan juga elektroda sebagai logam pengisi sehingga menghasilkan kubangan logam cair atau kawah lasan yang menutup daerah sambungan. Kawah lasan ini akan membeku pada saat elektroda bergeser pada jalur sambungan yang telah dibuat sehingga menghasilkan sambungan lasan yang permanen.

E. Baja St.41

Baja St.41 merupakan Baja yang umumnya memiliki kandungan kadar karbon sebesar 0,16 %, pada spesifikasi baja dimana jika nilai karbon yang dimiliki dibawah angka 0,30 % maka baja tersebut dapat dikatakan baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 36-24 %. Material jenis ini memiliki arti St yaitu yang berarti baja (*Stahl*), dan angka dari 41 yaitu memiliki arti minimum ketangguhan regangan putus sampai 41 kg/mm^2. Ketangguhan tarik juga dibatasi keatas pada umumnya adalah ≤ 50 kg/mm^2 (Ary Setya Kurniawan dkk,2014).

Setiap material memiliki karakteristik yang berbeda-beda yakni dapat ditinjau dari struktur mikronya yang merupakan penggabungan dari beberapa struktur Kristal. Biasanya material mempunyai banyak kristal (majemuk), namun adapula material yang hanya terdiri dari satu kristal saja (tunggal). Perbedaan jumlah kristal ini memiliki pengaruh terhadap kegunaannya, yang dimana material yang memiliki kristal majemuk memiliki keunggulan dalam sifat-sifatnya yang dapat dikembangkan atau diperluas dalam ruang lingkup pemakaiannya. Dalam logam kristal ini dapat juga disebut sebagai butiran, yang mana diantara butiran ini memiliki pemisah yang biasa disebut sebagai batas butir (*Grain Boundary*).

F. Kekuatan tarik

Pengertian dari kekuatan tarik ialah kemampuan ketahanan material terhadap tegangan yang bertujuan untuk merusak material tersebut. Kekuatan tarik sangat berhubungan dengan modulus elastisitas. Uji tarik adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui kekuatan dari bahan atau material dengan pembebanan gaya pada satu sumbu material. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan yang bertujuan untuk melengkapi informasi atau data pada rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan.

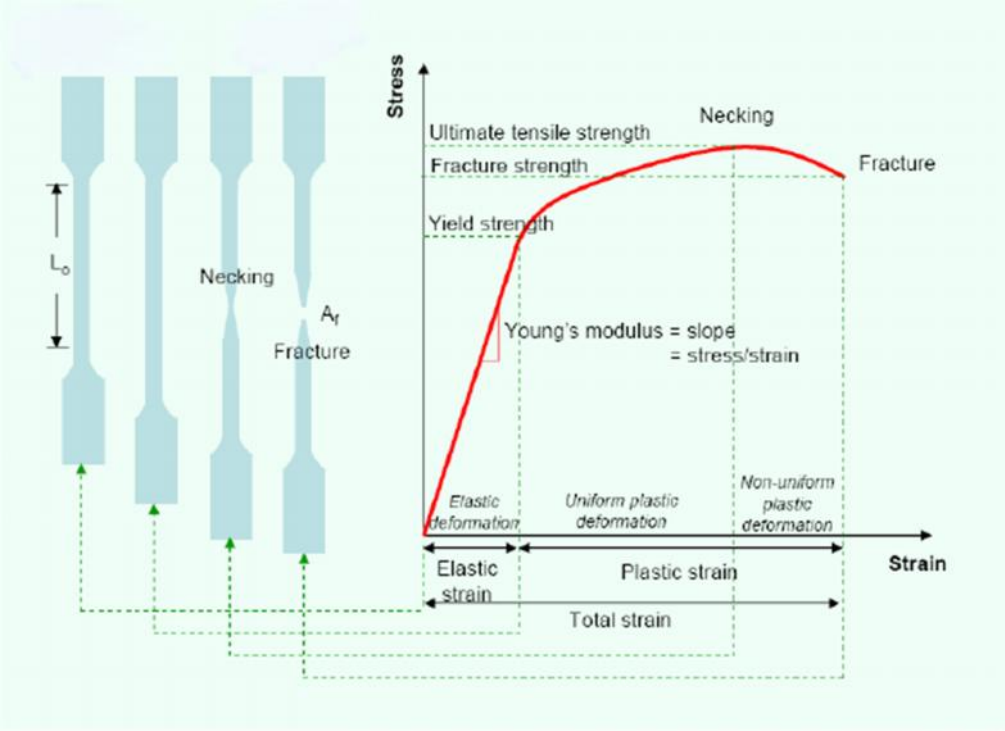
Menurut Wiryosumarto (1996), untuk mengetahui kekutan dan cacat yang terjadi pada sambungan las pada logam hasil pengelasan dapat diketahui dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Untuk pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekutan dari sambungan logam hasil lasan, salah satu dari pengujian mekanik ini yaitu pengujian tarik yang telah di standarisasi. Sifat pada logam induk atau *base material* sangat berpengaruh pada kekuatan tarik pada sambungan. Secara bentuk sederhana, pengujian tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik yang terjadi pada spesimen uji diberikan oleh mesin uji tarik (U*niversal Testing Machine*). Yang menyebabkan pertambahan panjang dari spesimen uji dan sampai pada terjadinya patah pada spesimen uji (Tonny F, 2005).

Uji tarik material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Benda uji dijepit pada

mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus, besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan luluh tegangan ultimate, modulus elastisitas (€), ketangguhan dan keuletan spesimen yang mengalami pengujian (Dowling, 1999).

Gambar 2.11. Mesin Uji Tarik

Dengan menarik benda uji atau spesimen maka dapat diketahui bagaimana material dapat bereaksi terhadap beban tarikan dan mengetahui pertambahan panjang dari material. Karna bila sebuah material terus ditarik akan mengalami pertambahan panjang dan sampai putus, maka akan memperoleh suatu pola profil tarikan berupa kurva yang ditunjukkan gambar 2.12. kurva inilah yang menunjukkan hubungan antara gaya tarik dan pertambahan panjang.

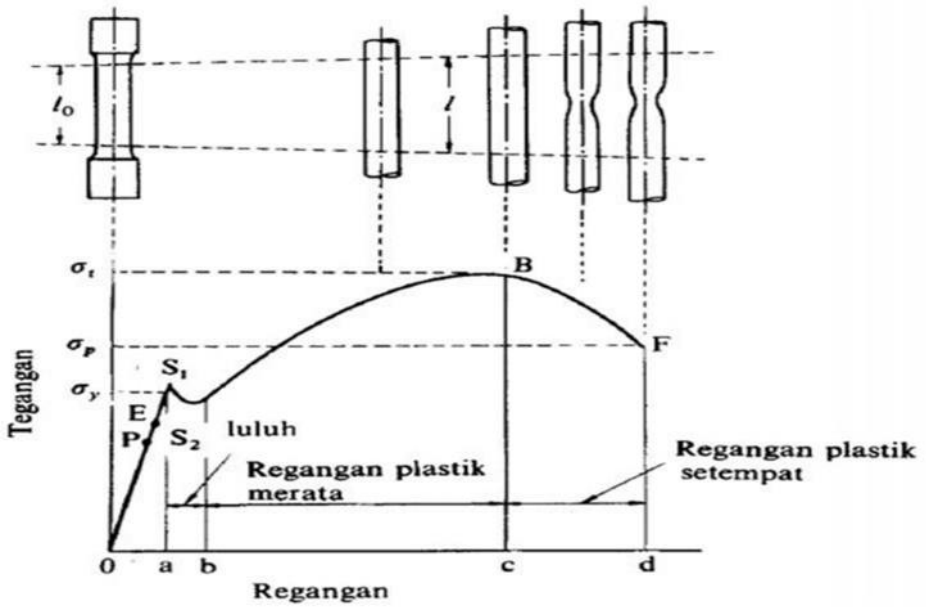


Gambar 2.12. Batas Elastis dan Tegangan Luluh (Wiryosumarto 1996)

Pada kurva ini modulus elastisitas, kekuatan luluh dapat ditentukan serta besarnya beban saat pengujian merupakan kekuatan tarik maksimum pada material yang mengalami pengujian tarik. Setelah material mengalami pertambahan panjang dan akhirnya patah.

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 2.13. Titik P menunjukkan batas dimana hokum *Hooke* masih berlaku dimana untuk hampir semua beban, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang dari bahan dapat juga disebut dengan batas proporsi, dan titik E menunjukan batas bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perubahan panjang dan disebut dengan batas elastis. Titik E sukar ditentukan dengan cepat maka menentukan batas elastis

dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai dengan 0,01%. Titik S1 disebut dengan titik luluh atas dan titik S2 disebut dengan titik luluh bawah. Pada beberapa logam, batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, maka tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dan regangan sebesar 0,2%. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.13. Kurva Tegangan Regangan Teknik (Wiryosumarto 2000).

G. Kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan pada material ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada bahan uji. Kekerasan material dapat didefinisikan sebagai kemampuan material untuk menahan tekanan dari material lain yang lebih keras. Tekanan tersebut dapat berupa pantulan, penggoresan (*starching*),

maupun indentasi dari material penguji terhadap suatu permukaan dari benda yang mengalami pengujian.

Dalam pengujian kekerasan ada 3 metode yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan dari material yaitu :

1. Metode Gores

   Untuk metode gores ini dikenalkan oleh Friedrich Moch yang membagi nilai kekerasan pada material berdasarkan sekala Mohs. Pada sekala Mohs ini memiliki beberapa variasi, mulai dari sekala 1 yang digunakan untuk menunjukkan nilai kekerasan yang paling rendah seperti kekerasan pada material *talk*, hingga sekala 10 untuk kekersan yang tinggi seperti kekersan pada material intan.

2. Metode Pantul (*Rebound*)

   Pada metode pantul (*rebound*) ini alat yang digunakan yaitu *scleroscope*, proses pengukuran kekerasan dari material yang mengalami pengujian yaitu dengan mengamati tinggi pantulan dari pemukul (*hammer)* yang memiliki beban tertentu dan dijatuhkannya dari suatu ketinggian terhadap benda uji. Tinggi pantulan ini memiliki nilai yang berguna untuk menentukan tingkat kekerasan dari material, semakin tinggi pantulan dial pengukur maka nilai kekerasan benda uji semakin besar.

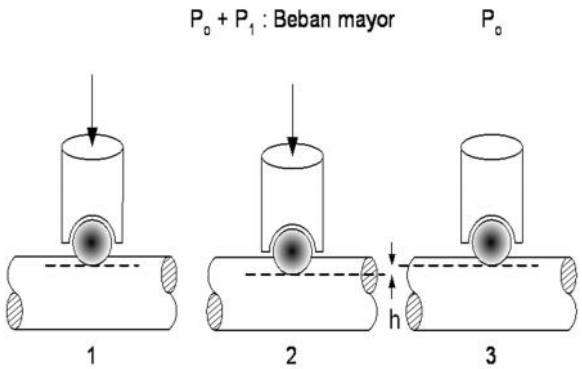
3. Metode Indentasi atau Penekanan

Metode pengetasan material ini dengan mengukur ketahanan plastis dari sebuah material dengan standar *penetrator*, pada pengujian kekerasan dengan cara penekanan ini banyak digunakan pada dunia industri permesinan, dikarenakan proses pengujiannya sangat mudah dan cepat untuk mendapatkan nilai kekerasan dari material bila dibandingkan dengan pengujian kekerasan yang lain. Ada tiga jenis pengujian kekerasan yaitu pengujian *Rockwell, Brinell,* dan *Vickers*.

Pada tiga metode pengujian kekerasan tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, serta berbeda dalam menentukan nilai kekerasannya. Pada metode pengujian V*ickers* dan pengujian *Brinell* untuk menentukan tingkat kekerasan pada material menitik beratkan pada luas dari penampang pada material yang menerima beban tekan, sedangkan pada metode pengujian *Rockwell* akan berfokus pada tingkat kedalaman indentor yang menekan pada material uji.

Pada pengujian *Rockwell* untuk beban dan indentor yang digunakan berfariasi, karenakan untuk menggunakan beban dan indertor harus menyesuaikan pada kodisi pengujian. Berbeda dengan pengujian *brinell*, indentor dan beban pengujian yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak di gunakan di indusri karena prosedurnya lebih cepat (Nugroho 2010).

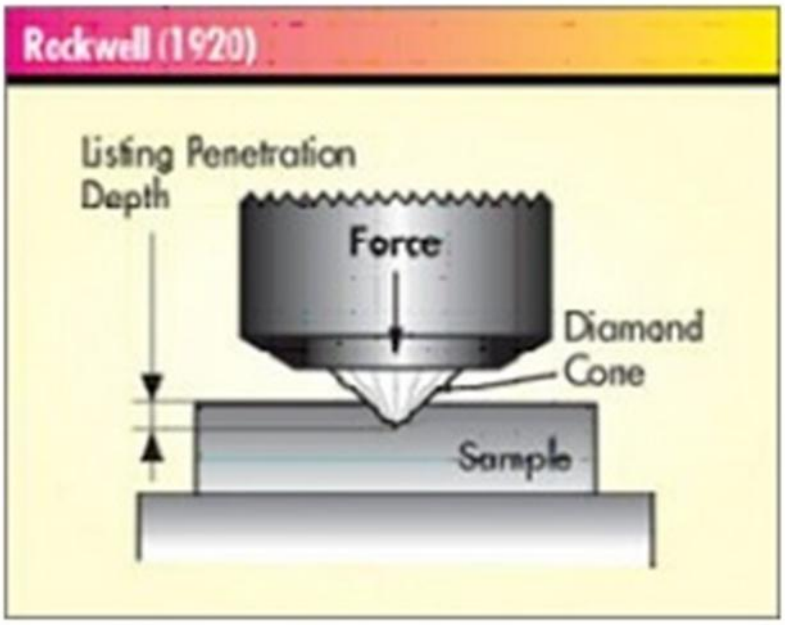
Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam uji kekerasan adalah metode *Rockwell*. Karna prosedurnya lebih cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil seperti baja yang diperkeras, serta ukuran dari lekukannya yang kecil, sehingga pada bagian yang mendapatkan perlakuan panas dapat dilakukan pengujian tanpa harus menimbulkan kerusakan pada material. Pengujian kekerasan *Rockwell* menggunakan kedalaman lekukan pada beban yang konstan sebagai ukuran kekerasannya. Pada awalnya diterapkan beban kecil sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji. Hal ini akan memperkecil jumlah preparasi pada permukaan yang dibutuhkan dan juga memperkecil kecenderungan untuk terjadi penumbukan keatas atau penurunan yang disebabkan oleh penumbuk. Kemudian diberikan beban yang lebih besar, dan secara otomatis kedalaman lekukan akan terekam pada *gauge* penunjuk. Penunjuk tersebut terdiri atas 100 bagian, masing-masing bagian menyatakan penembusan sedalam 0,00008 inci. Ilustrasi pengujian kekerasan *Rockwell* ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Cara Kerja Mesin Penguji Kekerasan *Rockwell*

(Nugroho,2010)

Secara umum penumbuk yang digunakan marupakan kerucut intan 120^0 dengan puncak yang hampir bulat dan dinamakan penumbuk *Brale*, serta bola baja berdiameter $\frac{1}{16}$ inci dan $\frac{1}{8}$ inci dan besar beban yang digunakan adalah 60, 100, 150 kg. Media pengujian *Rockwell* ditunjukkan pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Media Pengujian *Rockwell* (Nugroho 2010)

Secara umum sekala yang digunakan dalam pengujian *Rockwell* adalah :

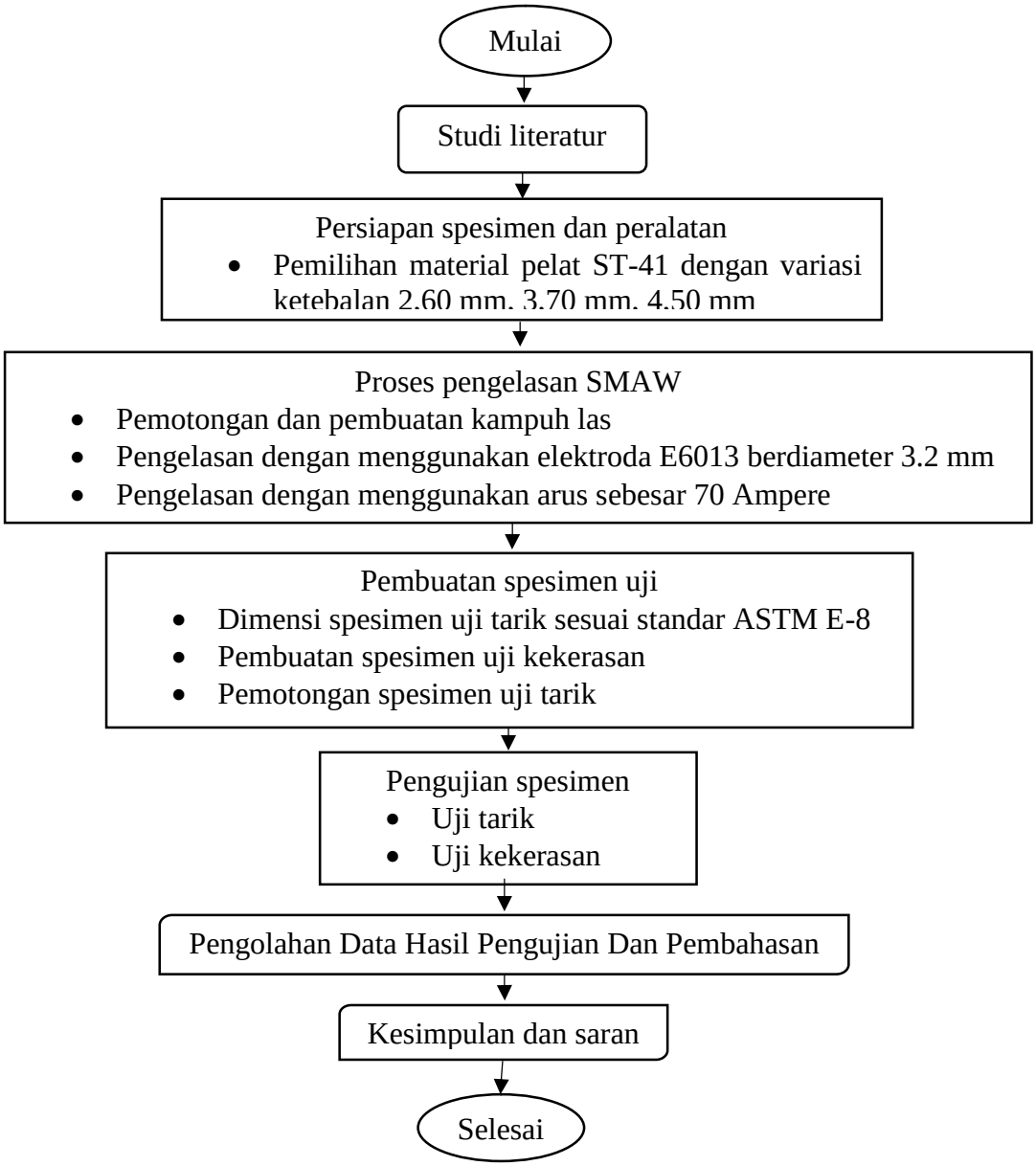
a. HRa (Untuk material yang sangat keras)
b. HRb (Untuk material yang lunak). Indentor berupa bola baja dengan diameter – Inci dan beban uji 100 Kgf.
c. HRc (Untuk material dengan kekuatan sedang). Indentor berupa kerucut intan dengan sudut puncak 120^0 dan beban pada pengujian sebesar 150 Kgf.

Tabel 2. Sekala kekerasan *Rockell* dan Huruf depan (Nugroho 2010)

Sekala dan Huruf Depan	Indentor	Beban mayor	Sekala yang Dibaca
	Group I		
B	Bola 1/16”	100	Merah
C	Kerucut Intan		
	Group II		
A	Kerucut Intan	60	Hitam
D	Kerucut Intan	60	Hitam
E	Bola 1/8”	100	Merah
F	Bola 1/8”	60	Merah
G	Bola 1/16”	150	Merah
H	Bola 1/8”	60	Merah
K	Bola 1/16”	150	Merah
	Goup III		
L	Bola ¼”	60	Merah
M	Bola ¼”	100	Merah
P	Bola ¼”	150	Merah
R	Bola ¼”	100	Merah
S	Bola ¼”	100	Merah
V	Bola ¼”	150	Merah

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Penelitian ini dimulai pada bulan Agustus 2018 sampai bulan Desember 2018. Penelitian ini di beberapa tempat sebagai yaitu berikut :

a. Pembuatan spesimen dilakukan di Cahaya Natar. Lampung.
b. Pengelasan dilakukan di Cahaya Natar. lampung
c. Pengujian tarik dan kekerasan dilaksanakan di Laboraturium Material Jurusan Teknik Mesin Unila. lampung.

C. Alat dan bahan yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Alat yang digunakan
   a. Mesin Las SMAW dan perlengkapannya digunakan untuk pengelasan spesimen.

Gambar 3.2 Mesin pengelasan SMAW

   b. Elektroda

      Elektroda yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala yang digunakan untuk mencairkan kawat las atau logam pengisi yang ditambahkan dari luar dan benda atau material yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan elektroda yang digunakan dengan tipe E6013 berdiameter 3,2 mm.

Gambar 3.3 Elektroda

c. Sikat baja digunakan untuk membersihkan sisa fluks atau terak pada spesimen pengelasan.

Gambar 3.4 Sikat baja

d. Palu digunakan untuk memecahkan sisa fluks yang mempel pada spesimen.

Gambar 3.5 Palu las

e. Kacamata las digunakan untuk melindungi mata dari kilatan cahaya las.

Gambar 3.6 Helem las

f. Sarung tangan las berguna untuk melindungi tangan dari percikan bunga api padasaat pengelasan berlangsung.

Gambar 3.7 Sarung tangan las

g. Mesin Sekrap digunakan untuk membuat sambungan temu kampuh jenis V dan mengurangi geometri pelat baja sesuai dengan standar yang diinginkan.

Gambar 3.8 Mesin sekrap

h. Gerinda digunakan untuk membersihkan specimen setelah di las

Gambar 3.9 gerinda

i. Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi spesimen yang akan dibuat.

Gambar 3.10 Jangka sorong

j. Ragum digunakan untuk menjepit spesimen pada saat menghaluskan permukaan spesimen.

Gambar 3.11 Ragum

k. Spidol digunakan untuk penandaan spesimen yang akan dipotong.

Gambar 3.12 Sepidol

l. Pelat baja St 41 pelat yang akan dibentuk menjadi specimen uji

Gambar 3.13 pelat baja St 41

2. Peralatan Pengujian

a. Mesin uji tarik

Gambar 3.14 Mesin uji tarik

SPESIFIKASI

Merek : MTS *Landmark*

Kapasitas : 100 KN

Tipe : U PD 10

Tahun : 2015

Memiliki tiga skala beban :

A = 0 s/d 20 kN

A + B = 0 s/d 50 kN

A + B + C = 0 s/d 100 kN

b. Alat uji kekerasan Rockwell

Gambar 3.15 Alat uji kekerasan *Rockwell*

SPESIFIKASI

Nama alat : *Rockwell Hardness Tester*

Merek : AFFRI Seri 260.RT – 206.RTS

Loading : *Maximum* 150 KP

Minimum 60 KP

D. Prosedur Pembuatan Spesimen.

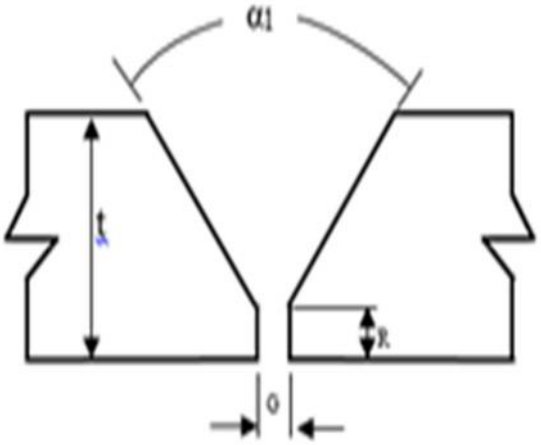
a. Proses pengelasan menggunakan pengelasan *shielded arc welding* (SMAW) dilakukan di Natar, Lampung.

Adapun tahapan pengerjaan pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan pelat untuk dijadikan spesimen uji, pelat yang digunakan yaitu baja St 41 dengan ketebalan pelat 5 mm.

Gambar 3.16 Pelat baja St 41

2. Pemilihan elektroda las, elektroda yang digunakan dalam pengelasan yaitu jenis elektroda terbungkus tipe E6013 dengan diameter 3,2 mm.
3. Arus yang digunakan dalam pengelasan ini adalah 70 *Ampere*.
4. Memotong pelat baja St 41 untuk ukuran panjang 20 cm dan lebar 8 cm pada 3 variasi ketebalan.
5. Mengikis pelat baja St 41 yang telah di potong untuk mendapatkan ketebalan 2,6 mm, 3,7 mm dan 4,5 mm
6. Pembuatan takik lasan, jenis takik atau kampuh las yang digunakan yaitu jenis V tunggal.

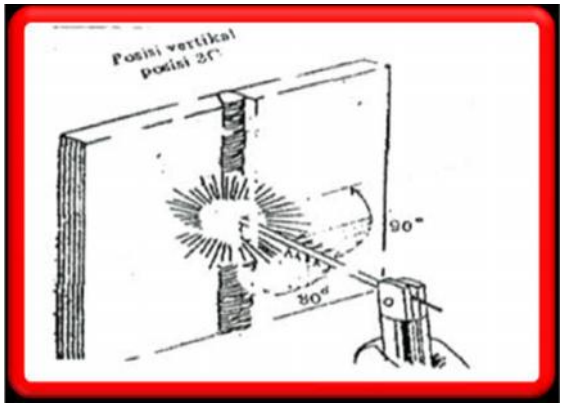


keterangan :

R = Kaki akar = 0,5 mm
G = Celah akar = 2 mm
α_1 = Sudut alur = 60^0
t = Tebal = 4,5 mm

Gambar 3.18 Sambungan las tumpul alur V

7. Posisi pengelasan menggukan posisi pengelasan tegak



Gambar 3.19 Posisi pengelasan tegak

b. Proses Pengelasan

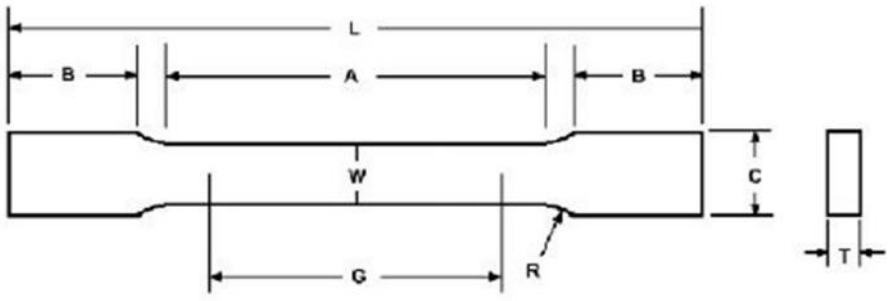
Dalam penelitian ini jenis las yang digunakan adalah pengelasan menggunakan metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Mesin las yang digunakan yaitu dengan arus keluaran 5-200 Ampere dan efesiensi 85%. Sebelum proses pengelasan dimulai, logam induk yang sudah dibuat kampuh las tersebut harus dibersihkan dari kotoran seperti debu, minyak, oli atau gemuk, karat, air dan lain sebagainya untuk

menghindari terjadinya cacat las. Selanjutnya pelat baja dilas dengan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan prosedur dan cara pengelasan yang sesuai serta berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

c. Pembuatan Spesimen Uji

1. Spesimen uji tarik

Setelah proses pengelasan selesai dilakukan tahap selanjutnya adalah pembuatan spesimen uji tarik yang sesuai dengan standar. Standar yang digunakan untuk pengujian tarik ini adalah ASTM E-8. Pada gambar 3.2 ditunjukkan dimensi dari spesimen uji tarik.



Gambar 3.20 : Spesimen Uji Tarik standar ASTM E-8

L :200 mm	R : 6,5 mm	W : 7 mm
T : 4,5 mm	C : 20 mm	B : 50 mm

2. Foto spesimen uji tarik 3 variasi ketebalan.

Gambar 3.21 Spesimen uji tarik. A ketebalan 2,6 mm, B ketebalan 3,7 mm, C ketebalan 4,5 mm.

a. Uji Tarik

Pengujian tarik yang dilakukan pada spesimen uji menggunakan standard ASTM E-8. Pengujian ini dengan menggunakan *universal testing machine* yang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga dapat diperoleh grafik tegangan (MPa) dan regangan (%) yang memberikan nilai data dari tegangan *ultimate* (σ *ult*) dan modulus elastisitas bahan (E). Pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan spesimen uji yang sudah dilas dan dibentuk sesuai dengan standard ASTM E-8, kemudian spesimen uji dipasang pada alat pencekam *gaug* pada *upper croos heat* dan mencekram agar spesimen tersebut tidak lepas. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian. Pada saat pengujian belangsung perhatikan perubahan besar beban sampai terdengan suara yang menunjukkan bahwa spesimen uji putus. Setelah mendapatkan hasil pengujian, spesimen dilepas dan dilanjutkan dengan spesimen berikutnya hingga selesai.

Tabel 3.1 : Data Hasil Pengujian Tarik

Ketebalan St41 (mm)	*Ultimate Stress*(MPa)	*Yield Strength* (MPa)	Nilai ratra-rata *Ultimate Stress* (MPa)	Nilai ratra-rata *Yield Strength* (MPa)
2,6				
3,7				
4,5				

b. Uji Kekerasan *Rockwell*

Pada pengujian kekerasan material, diawali dengan pemasangan indentor terlebih dahulu yang menyesuiakan jenis pengujian yang dilakukan, yaitu dengan pemasangan indentor bola baja atau kerucut intan. Setelah pemasangan indentor selesai dilanjutkan dengan meletakkan spesimen pada tempat yang telah tersedia dan menyetel beban yang akan digunakan untuk proses penekanan. Untuk mengetahui tingkat kekerasan dari material yang akan di uji dapat dilihat dari jarum yang terpasang pada alat ukur berupa dial *indicator pointer.*

Tabel 3.2 : Data Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Tebal	POSISI HR_E	HR_E	HR_E Rata-Rata
2,6 mm	Stir Zone		
	HAZ		
	Base Metal		
3,7 mm	Stir Zone		
	HAZ		
4,5 mm	Stir Zone		
	HAZ		
	Base Metal		

c. Analisis

Dari pengujian tarik diperoleh data-data yang berupa nilai *yield strenght*, pada setiap ketebalan pelat memiliki 3 spesimen, dari tiga spesimen ini kemudian dijumlahkan dan selanjutnya dibagi 3 untuk mendapatkan nilai *yield strenght* rata-rata dari setiap ketebalan pelat. Untuk mencari nilai rata-rata *ultimate stress* pada setiap variasi ketebalan maka cara menganalisis datanya sama dengan untuk mencari nilai *yield strength.*

Dari data pengujian kekerasan maka akan diperoleh nilai kekerasan pada setiap daerah pengujian yaitu daerah *base metal, HAZ* dan *stir zone*, pada daerah *HAZ* dan *stir zone* ini akan mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kekerasan pada daerah base metal, ini dikarenakan daerah tersebut mengalami perlakuan panas akibat dari pengelasan sehingga merubah nilai kekerasan dari logam.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

berdasarkan data hasil pengujian kekerasan dan pengujian tarik pada spesimen hasil pengelasan SMAW dengan posisi tegak maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan, hal yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan yaitu daerah yang terpengaruh oleh panas dari hasil pengelasan seperti daerah *HAZ* dan *Stir Zone*.
2. Ketebalan pelat tidak mempengaruhi nilai kekerasan pada material karna nilai kekerasan yang diperoleh perbedaanya tidak terlalu signifikan.
3. Pada pengujian tarik yang telah dilakukan nilai kekuatan tarik tetinggi terdapat pada ketebalan pelat 4,5 mm bila dibandingkan dengan ketebalan pelat 2,6 mm dan 3,7 mm.
4. Semakin tebal permukaan pelat yang mengalami pengujian tarik maka akan semakin besar ketahan terhadap pengujian tarik yang dilakukan.

B. Saran

1. Kecepatan pengelasan tidak teratur karena dikerjakan secara manual diharapkan dalam penelitian selanjutnya dikerjakan dengan menggunakan alat yang lebih modern agar mengurangi terjadinya kesalahan dalam pengelasan.
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya variasi ketebalan pelat harus lebih besar agar pengaruh ketebalan pelat terhadap pengujian tarik lebih signifikan.
3. bahan uji sebaiknya harus sesuai dengan ukuran spesimen yang dibutuhkan agar tidak perlu dilakukan penyekrapan agar tidak merubah kekuatan dari spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

Alip, M. 1989. *Teori Dan Praktik Las*. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.

Bintoro, G. A. 2000. *Dasar-Dasar Pekerjaan Las*. Kanisius. Yogyakarta.

Budi Santoso, 2014. *Pengaruh Variasi Waktu Gesekan Awal Solder Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Struktur Makro Alumunium 5083 Pada Pengelasan Friction Stir Welding.* Tugas Akhir. Universitas Lampung. Lampung.

Dowling E, Norman. 1999. *Mechanical Behavior Of Materials*. 2nd Adition. Printed In The United States Of America.

Sonawan H, 2003. *Pengelasan Logam*. Penerbit Alfabeta, Bandung.

Toni F. 2005. *Operating Instructions. Instron 5582 Universal Tester.*

Wahyu Nugroho, 2010. *Pengaruh Durasi Gesekan, Tekanan Gesek Dan Tekanan Tempa Terhadap Kekuatan Sambungan Las Gesek Langsung Pada Baja Karbon Aisi 1045*, Tugas Akhir. Intitut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Widharto, Sri. 2006. *Petunjuk Kerja Las*. Cetakan Ke 6. Pradnya Paramita. Jakarta

Wiryosumarto, H Dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Pradnya Paramita. Jakarta.

H. Kuscu, I. Becenen, M. Sahin, 2008, *Evaluation Of Temperature And Properties At Interface Of AISI 1040 Steel Joined By Friction Welding, Assembly Automation*, Vol 28, Pp. 308-316