

**ANALISIS KEKUATAN TARIK PENGELASAN MIG (*METAL INERT GAS*) PADA PLAT BAJA KARBON RENDAH**

**SKRIPSI**

*Diajukan kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin  
sebagai salah satu persyaratan Guna memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan*



**Oleh**

**FREDY BASTIAN WIJAYA KUSUMA**

**NIM/BP. 97733/2009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2017**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS KEKUATAN TARIK PENGELASAN MIG (*METAL INERT GAS*) PADA PLAT BAJA KARBON RENDAH

Nama : Fredy Bastian Wijaya Kusuma  
NIM/BP : 97733/2009  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Padang, 7 Februari 2017

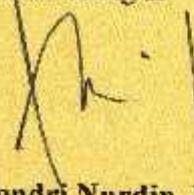
Disetujui oleh:

Pembimbing I



**Drs. Syahril, S.T., MSCE., Ph.D.**  
NIP. 19640506 198903 1 002

Pembimbing II



**Hendri Nurdin, M.T.**  
NIP. 19730228 200801 1 007

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNP



**Ir. Arwizet K, S.T., M.T.**  
NIP. 19690920 199802 1 001

## PENGESAHAN SKRIPSI

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang

Judul : Analisis Kekuatan Tarik Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada Plat Baja Karbon Rendah

Nama : Fredy Bastian Wijaya Kusuma

NIM/BP : 97733/2009

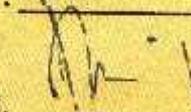
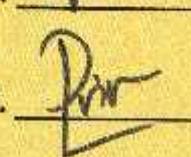
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 7 Februari 2017

### Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Drs. Syahril, S.T., MSCE., Ph.D.	1. 
2. Sekretaris : Hendri Nurdin, M.T.	2. 
3. Anggota : Drs. Irzal, M.Kes.	3. 
4. Anggota : Ir. Zonny Amanda Putra, S.T., M.T.	4. 
5. Anggota : Primawati, S.Si., M.Si.	5. 

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwaskripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 9 Februari 2017

Yang Menyatakan,



Fredy Bastian Wijaya Kusuma  
NIM : 97733

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Bacalah! dengan menyebut nama Tuhanmu yang menciptakan,  
Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.  
Bacalah! dan Tuhanmulah yang maha mulia. Yang mengajar manusia dengan pena,  
Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya (QS: Al-Alaq 1-5)  
Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (QS: Ar-Rahman 13)  
Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman diantaramu dan  
orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. (QS : Al-Mujadalah 11)*

*Ya Allah,  
Waktu yang sudah kujalani dengan jalan hidup yang sudah menjadi takdirku, sedih,  
bahagia, dan bertemu orang-orang yang memberiku sejuta pengalaman bagiku, yang  
telah memberi warna-warni kehidupanku. Kubersujud dihadapan Mu,  
Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai  
Di penghujung awal perjuanganku  
Segala Puji bagi Mu ya Allah,*

*Alhamdulillah..Alhamdulillah..Alhamdulillahirobbil'alamin..*

*Sujud syukurku kusembahkan kepadamu Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.*

*Lantunan Al-Fatihah beriring Shalawat dalam silahku merintah, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasihku untukmu. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Ibunda dan Ayahandaku tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku selalu kuat menjalani setiap rintangan yang ada didepanku.Ibu,. Ayah,. Memang ku akui telat memakai mahkota hitam bertali ini dihadapanmu, tapi, terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu.. dalam hidupmu demi hidupku kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal lelah, dalam lapar berjuang separuh nyawa hingga segalanya. Maafkan anakmu Ibu,. Ayah,. masih saja ananda menyusahkanmu..*

*Dalam sholat di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenamnya matahari, seraya tangaku menadah. "ya Allah ya Rahman ya Rahim...Terimakasih telah kau tempatkan aku diantara kedua malaikatmu yang setiap waktu ikhlas menjagaku, mendidikku, membimbingku dengan baik, ya Allah berikanlah balasan setimpal syurga firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka nanti dari panasnya sengat hawa api nerakaMu.*

*Untuk Ibunda Hennizal, S.Pd. dan Ayahanda Firdaus  
Terimakasih. Untuk Segala-galanya*

*Dalam setiap langkahku aku berusaha mewujudkan harapan-harapan yang kalian impikan didiriku, meski belum semua itu kuraih, Insyallah atas dukungan do'a dan restu semua mimpi itu kan terjawab di masa penuh kehangatan nanti. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terimakasihku kepada:*

*Bapak Drs. Syahril, S.T., MSCE., Ph.D. sebagai Pembimbing I dan Bapak Hendri Nurdin, M.T. sebagai Pembimbing II terimakasih untuk waktu yang Bapak berikan kepada saya untuk bimbingan dengan Bapak. Terimakasih Pak. Semoga Allah S.W.T membalas kebaikan Bapak.*

*Untuk Bapak Ibu Tim Penguji, Bapak Drs. Irzal, M.Kes., Bapak Ir. Zonny Amanda Putra, S.T., M.T., dan Ibu Primawati, S.Si., M.Si. Terimakasih untuk masukan, Kritik, saran dan semangat yang diberikan kepada saya. Semoga Allah S.W.T membalas kebaikan Bapak dan Ibu.*

*Untuk Bapak Drs. Syahrul, M.Si. Sebagai Penasehat Akademik, terima kasih bantuannya pak, maaf jarang menemui bapak pada saat konsultasi KRS, Semoga Allah S.W.T membalas kebaikan Bapak.*

*Kepada Adikku Yolanda Seprianty, S.H. yang paling cantik diantara kami bertiga bersaudara. Nanda memang duluan yang Wisuda dek, tapi bang Dydy nyusul juga kan?? Hahahaahha.. memang Bang Dydy telat Sarjananya tapi Alhamdulillah berkat do'a Mamak, Ayah, Nanda, Ridho dan semua keluarga Bang Dydy Wisuda juga. Sekarang Do'ain Bang Dydy cepat dapat kerja dan nikah sama Kak Mela ya. Dan Untuk Adik kecilku yang paling ganteng dan bandel seJaBoTaBek Muhammad Tri Ridho Saputra yang masih calon sarjana, hahahaha. Lok elok kuliah mo Dho, jan malawan juo kek abang le, badoso. Kini kuliah lah yang rajin, lagi magang kini kan? Ha.. InsyaAllah sabontau le wisuda ang le. Jan tiru abg ndak! Abg 7 tahun satongah. Waang harus 4 tahun, karena abang ndak nio waang teraniaya seperti abg. Oke diok, Wisuda ang bisuok abang bolin sepatu Futsal. Janji!*

*Untuk seluruh saudara keluarga besar Pakde dan Tukba. Kak Bayu, Yuk Luiz dan Yuk Kiki, adekmu wisuda jugo kak, yuk.. heheheh. Untuk Mona, Reyhan, Cici, Tedi, Fariz, duh lupu aku dek, banyak nian.. kemudian untuk Citra, Yodi, mokasih. Kak Butet dan bang Ucok, Fredy selesai juga kak, bang.. hihhi. Wahyu copeklah ang salosai. Lah bapo Almamater yang ang pakai? Ndak ibo kek mama papa? Iman, baik-baik kuliah di*

*Jakarta, jangan K-Pop aja yang ditiru, Awa, Zidan, Adif, Fino, Alam, Nurul dan Qhia rajin-rajin sekolah ya dek. Doakan selalu abangmu ini ya.*

*Spesial untuk drg. Mela Merinova yang selalu menemaniku hampir 4 tahun ini, yang selalu sabar akan kemalasan dan keras kepalaku, selalu menasehati, membimbing, menyemangati, mendo'akan dan menunggu sampai selesainya skripsi ku ini. Makasih ya sayang. Memang banyak hambatan yang kita temui, memang aku keras kepala, tapi inilah aku. percayalah bahwa hanya ada satu namamu yang selalu kusebut-sebut dalam benih-benih doaku, semoga keyakinan dan takdir ini terwujud. Terbukti hingga saat aku menulis ini aku dan kamu masih bersama dan InsyaAllah jodohnya kita bertemu atas ridho dan izin Allah S.W.T Kita akan kepelaminan kalo enggak tahun ini ya tahun depan. Kerja dan cari duit dulu. HAHAHA.*

*"Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Tuhan dan orang lain.  
"Tak ada tempat terbaik untuk berkeluh kesah selain bersama sahabat-sahabat terbaik".*

*Terimakasih kuucapkan Kepada Teman sejawat Saudara seperjuangan Teknik Mesin 2009 yang telah Wisuda dan yang akan wisuda. Solidarity Forever.*

*"Tanpamu teman aku tak pernah berarti, tanpamu teman aku bukan siapa-siapa yang takkan jadi apa-apa", buat saudara sekaligus sahabatku selama Berada di Padang, Panggi yang teman pertama kuliah. Boy aku wisuda jugo, Ifan Basten, Mas Adi, Prima aku menyusul kalian boy.. hahahha mari kita ke Bali. Dan untuk Phata Nabani yang banyak membantu pas seminar proposal dan nyariin jadwal kompre, untuk Rivo, untuk siAf yang karajo direktorat, untuk Kawan PLK SMK N 2 Payakumbuh, Ichan, Majer, Afdhal, Fauza, Lainul Fuadi yang acok mandangan lagu baru untuak wak hingga wak hafa lagunyo samangek Ad, ciek mato kuliahnyokan? Samo jo Debi, Budi yang dulu aku, kau dan Panggi di katakana trio Selatan dan sekarang kau lah mbek S2, Witra, Kak Egi Editor yang bikin Aku jadi artis, bg Ojik yang awak ndak tau kabanyo tetap semangat sobat, aku yakin dan sangat yakin kalian semua bissa! jangan cepat menyerah apapun yang terjadi, tetap melangkah meski itu sulit. Letakkan bayangan toga didepan alis mata, target 5cm itu pasti kalian raih! dan untuk Junior Teknik Mesin selamat berjuang!*

*Untuk keluarga ke-2di Padang Ocu-ocu, Akak-akak dan Adiok-adiok Ikatan Pelajar Mahasiswa Kampar Sumatera Barat (IPMK-SB) bang Ijal adek selesai juga ya, bantu adek cari kerja, ocu Mizi S.Pd., Cu Budi S.T12, Ocu Daus (Riau Wisata), bg Arham, bg Slamet S.Kom, bg Azwar S.Kom, bg Adek S.T, bg Rupa S.Pd, Rezarzay S.E, bg Novri S.T, bg yayan S.T, bg Uki S.H, bg Mbie S.H, bg ari S.Pd, Oland S.Kom, Kayus A.Md. Kak Mamau Master apa kak?, kak Ibet, kak Sandra, kak Amel, anak-anak SG yang udah sarjana dan berkeluarga, dan maaf yang tidak disebutkan, lupu den, kolian copek bonou wisuda, ndak nunggu den do. Akhirnya deyen Sarjana juo. Yeyeyeyeye.*

*Untuk yang diSekre IPMK kini bg Andi bulu S.Pd. yang tidak bisa hidup tanpa sosmed, jan lamo-lamo S2 le bg. Salosaikan lah le. Untuk adek sekamar Nanda K LX, Copek salosai muo diok, jan preman cinta juo le, jago kamar tigo lok elok muo, Fadel (mandi wajiblah del sekalian kamar satu juga dimandikan), Indra, Hanif (Ketua yang maurus Penelitian abg di ITP), Fajar, Yandra, Bg Idon, Muklis S.H dan Rio S.T yang kan Wisuda juo, Riski, Hikal (cowok cantik), Iqbal (Pak Kos), Mas Bagus (duet maut Ukulele diyoutube), copek salosai muo Mahasiswa. Ndak lomak lamo-lamo kuliah do, Pulang Malu tak Pulang Rindu.. terimakasih atas segala bantuan dan motivasinya, kalian adalah obat pelipur lara hatiku yang selalu menghiburku dalam keadaan terjatuh, spesial doa untuk kalian semua semoga cepat terkejar target kalian untuk cepat wisuda.. Amiiin ya robbal'alaminahahahahah.*

*Kemudian Keluarga Ke-3 di Padangabg-abg, kakak-kakak dan adek-adek Unit Kegiatan Film dan Fotografi Universitas Negeri Padang (UKFF UNP) dari Dewan Pendiri, Angkatan 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 yang ndak bias wak sabuik an ciek-ciek banyak bana. Hahahha semangat se sadonyo. Jago Studio awak yo. Buek film banyak dan karya foto yang ngeri, palak, macik kareh bak kecek bg deni.. hahha...*

*Kalian semua bukan hanya menjadi abang, kakak, teman dan adik yang baik,  
kalian adalah saudara bagiku!!*

*Untuk ribuan tujuan yang harus dicapai, untuk jutaan impian yang akan dikejar, untuk sebuah pengharapan, agar hidup jauh lebih bermakna, hidup tanpa mimpi ibarat arus sungai. Mengalir tanpa tujuan. Teruslah belajar, berusaha, dan berdoa untuk menggapainya.*

*Jatuh berdiri lagi. Kalah mencoba lagi. Gagal Bangkit lagi.*

*Never give up!*

*Sampai Allah SWT berkata "waktunya pulang"*

*Hanya sebuah karya kecil dan untaian kata-kata ini yang dapat kupersembahkan kepada kalian semua,, Terimakasih beribu terimakasih kuucapkan..*

*Atas segala kekhilafan salah dan kekuranganku,  
kurendahkan hati serta diri menjabat tangan meminta beribu-ribu kata maaf tercurah.  
Skripsi ini kupersembahkan.*

*Padang, 9 Februari 2017*

*Fredy Bastian Wijaya Kusuma*

## ABSTRAK

### **Fredy Bastian Wijaya Kusuma (2009) : Analisis Kekuatan Tarik Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada Plat Baja Karbon Rendah**

Salah satu perkembangan teknologi yang telah merambah pada dunia industry yaitu terciptanya mesin las yang modern. Dalam penerapannya dilapangan pengelasan juga terbagi atas beberapa jenis yaitu las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), las TIG (*Tungsten Inert Gas*), las MIG (*Metal Inert Gas*) dan lain sebagainya. Las (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*). Salah satu material yang sering digunakan untuk proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu jenis baja ST 37 yang merupakan salah satu jenis baja yang tergolong dalam kategori baja karbon rendah, Baja ST 37 juga mudah ditemukan di pasaran dan dengan harga yang cukup terjangkau.

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimen. Dimulai dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada spesimen, kemudian pemotongan dan pembentukan spesimen dengan standar ASTM E8 M sebanyak 5 buah spesimen dan 1 spesimen kontrol, selanjutnya pengujian tarik serta pengolahan data dari hasil pengujian tarik.

Dari data yang telah didapatkan maka disimpulkan kekuatan tarik pada spesimen yang di las dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) lebih tinggi dari spesimen yang tanpa perlakuan (kontrol). Kekuatan tarik pada spesimen yang menggunakan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah sebesar ( ) 507.40 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan kekuatan tarik pada specimen tanpa perlakuan (kontrol) adalah sebesar ( ) 439.04 N/mm<sup>2</sup>. Nilai Tegangan yang tertinggi adalah pada spesimen III dengan nilai sebesar ( ) 550.37 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai rata-rata. Tegangan sebesar ( ) 507.40 N/mm<sup>2</sup>. Untuk nilai Regangan yang tertinggi pada penelitian ini berada pada spesimen III dengan nilai sebesar ( ) 45.61%, sedangkan nilai rata-rata Regangan sebesar ( ) 36.36%. Nilai tertinggi untuk Modulus Elastisitas pada penelitian ini berada pada spesimen I dengan nilai sebesar (E) 21.97GPa, sedangkan nilai rata-rata Modulus Elastisitas sebesar (E) 14.70 GPa.

**Kata Kunci :** *Pengelasan MIG (Metal Inert Gas) Kekuatan Tarik, Baja ST 37.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Analisis Kekuatan Tarik Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada Plat Baja Karbon Rendah**”.

Skripsi ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Program Strata Satu Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Selama proses penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan pemikiran, pengarahan, dorongan moril, materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs.Syahril, S.T, MSCE., Ph.D. selaku pembimbing I yang selalu bersedia meluangkan waktunya membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Hendri Nurdin, M.T. selaku pembimbing II yang selalu bersedia meluangkan waktunya membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Irzal, M.Kes., Bapak Ir. Zonny Amanda Putra, S.T., M.T. dan Ibu Primawati, S.Si., M.Si. Selaku Tim Penguji, sebelum dan sesudahnya terimakasih atas masukan dan saran yang berguna bagi perbaikan skripsi ini dan mempermudah penulis saat menghadapi ujian skripsi.
4. Bapak Ir. Arwizet K, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Drs. Syahrul, M.si. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dan juga sebagai Penasehat Akademik penulis yang telah banyak memberikan bekal dan nasehat selama kuliah.
6. Staf Dosen dan teknisi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Ibunda tercinta Hennizal, S.Pd. dan Ayahanda tersayang Firdaus yang telah memberikan cinta, dukungan, semangat, do'a dan dukungan moril dan materil sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
8. Semua teman – teman jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang khususnya Angkatan 2009.
9. drg. Mela Merinova yang selalu mendukung dan mendoakan penulis dengan ikhlas, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bantuan yang diberikan dapat menjadi amalan yang baik dan mendapat imbalan dari Allah SWT, amin.

Penulis juga menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini belum mencapai kesempurnaan dan masih banyak terdapat kelemahan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi kesuksesan dalam penyusunan skripsi berikutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Padang, 7 Februari 2017

Penulis

# DAFTAR ISI

## Halaman

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Batasan Masalah .....	6
D. Perumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II. KAJIAN TEORI</b>	
A. Pengelasan .....	8
B. Sejarah dan Perkembangan Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> )	10
C. Elektroda .....	42
D. Baja Karbon .....	44
E. Pengujian Tarik .....	49
F. Penelitian yang Relevan.....	53
<b>BAB III.METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	55
B. Objek Penelitian .....	55
C. Jadwal dan Tempat Penelitian .....	56
D. Jenis dan Sumber Data.....	58
E. Instrumen Penelitian .....	59
F. Prosedur Kerja .....	60
G. Pengujian Tarik.....	63

H. Teknik Pengumpulan Data .....	69
I. Teknik Analisis Data .....	70
<b>BAB IV.HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	71
B. Pembahasan .....	76
<b>BAB V.PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	79
B. Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Klasifikasi Cara Pengelasan .....	10
2. Bagan Alur Las GMAW / Las MIG .....	12
3. Proses Pengelasan Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	13
4. Proses Pemindahan Sembur pada Las MIG .....	13
5. Aplikasi Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ) .....	14
6. Posisi Pengelasan 1 G .....	15
7. Posisi Pengelasan 2 G .....	15
8. Posisi Pengelasan 3 G .....	16
9. Posisi Pengelasan 4 G .....	16
10. Jenis Sambungan Tumpul .....	17
11. Jenis Sambungan Sudut .....	17
12. Jenis Sambungan Tumpang .....	17
13. Jenis Sambungan T .....	18
14. Jenis Sambungan Tekuk atau Sisi .....	18
15. Rangkaian Mesin Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	23
16. Mesin Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	24
17. Bagian Utama Pengontrol Kawat Elektroda ( <i>Wire Feeder Unit</i> ) .....	25
18. <i>Wire Feeder</i> Jenis Tarik .....	26
19. <i>Welding Gun</i> Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ) .....	26
20. Sepatu Kabel .....	27

21. Silinder dan Regulator Gas Pelindung .....	28
22. Bentuk – bentuk Pipa Kontak .....	29
23. <i>Nozzle</i> Gas Pelindung .....	29
24. Sikat Baja .....	30
25. <i>Smith</i> Tang .....	30
26. Pemotongan Kawat .....	31
27. Palu Terak .....	31
28. Perlengkapan Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ) .....	32
29. Penyetelan <i>Wire Feeder</i> .....	35
30. Proses Pengelasan Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ) .....	39
31. Operasional Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ) .....	39
32. <i>Power Supply</i> Las MIG ( <i>Metal Inert Gas</i> ).....	40
33. Perlengkapan Keselamatan Kerja .....	41
34. Mesin Uji Tarik .....	51
35. Kurva Tegangan-Regangan.....	53
36. Standar Spesimen Sesuai ASTM E8 M .....	56
37. Prosedur Penelitian yang dilaksanakan.....	58
38. <i>Tick Out</i> Posisi Normal ( dipakai dalam Amper Tinggi ) .....	62
39. <i>Stick Out</i> Amper Menengah .....	62
40. <i>Stick Out</i> Amper Rendah .....	63
41. Spesimen yang Siap Untuk diuji Tarik .....	64
42. Unit Mesin Uji Tarik .....	65
43. Spesimen I .....	66

44. Spesimen II .....	66
45. Spesimen III .....	67
46. Spesimen IV .....	67
47. Spesimen V .....	68
48. Spesimen Kontrol (Tanpa Pengelasan) .....	68
49. Perbandingan Tegangan dan Regangan Spesimen .....	72
50. Perbandingan Tegangan Spesimen Setelah Diuji .....	73
51. Perbandingan Regangan Spesimen Setelah Diuji .....	74
52. Perbandingan Modulus Elastisitas Spesimen Setelah Diuji.....	75

## DAFTAR TABEL

### TabelHalaman

1. Alur Sambungan Las Tumpul .....	19
2. Tanda-tanda Dasar (JIS Z3021-1972) .....	20
3. Simbol Huruf dalam Pengelasan .....	21
4. Ketentuan Umum Penyetelan / Penyatuan Besaran Arus dan Tegangan Pengelasan Berdasarkan Diameter Kawat Elektroda .....	36
5. Perbandingan Penggunaan Gas Pelindung .....	38
6. Spesifikasi Kawat Elektroda .....	43
7. Spesifikasi Baja Karbon .....	45
8. Komposisi Kimia ST 37 .....	48
9. Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	57
10. Spesifikasi Welder .....	61
11. Tabel Tabulasi Data Pengujian Tarik .....	69
12. Data Hasil Penelitian .....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Sertifikat Juru Las ( <i>Welder</i> ) .....	84
2. Perhitungan Analisis Hasil Pengujian Tarik .....	86
3. Grafik Pengujian Tarik Spesimen .....	92
4. Dokumentasi Penelitian.....	98
5. Surat Tugas Pembimbing .....	103
6. Surat Izin Penelitian .....	105

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan Dunia Industri di Indonesia apabila dilihat dari tahun ketahun sudah mengalami perkembangan. Hal ini bisa dilihat bahwa perkembangan teknologi baru sudah mulai merambah semua bidang baik komunikasi maupun pada bidang teknik. Dengan adanya perkembangan teknologi yang cukup pesat maka harus diimbangi dengan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas agar perkembangan tersebut bisa dimanfaatkan secara maksimal.

Salah satu perkembangan teknologi yang telah merambah pada dunia industry yaitu terciptanya mesin las yang moderen. Mesin las yang dahulunya hanya digunakan untuk penyambungan logam yang sudah patah atau putus tetapi saat ini fungsi pengelasan sangat vital, seperti dalam dunia industry sebagai penyambungan logam-logam yang berukuran besar atau sebagai konstruksi rangkaian pada pembuatan tulang jembatan. Selain itu perkembangan las semakin tahun juga semakin diperbaharui sehingga dapat semakin lengkap dan sempurna.

Dalam penerapannya dilapangan pengelasan juga terbagi atas beberapa jenis yaitu las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), las TIG (*Tungsten Inert Gas*), las MIG (*Metal Inert Gas*) dan lain sebagainya. Salah satu las yang sering digunakan dalam industry besar maupun industry kecil yakni las MIG (*Metal Inert Gas*).

Las (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) banyak dipakai pada pengelasan kapal, jembatan dan benda yang bersifat kuat dan mampu menopang benda yang kuat dan pada las MIG panas dihasilkan oleh arus yang bergerak melalui celah antara elektroda dengan benda kerja. Dengan adanya panas ini menyebabkan logam induk serta elektroda mencair yang kemudian membeku bersama-sama membentuk ikatan. Busur yang dihasilkan selalu runcing, inilah yang menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung sangat cepat.

Dalam las MIG ini gas yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O<sub>2</sub> antara 2% sampai 5% atau CO<sub>2</sub> antara 5% sampai 20%. Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi otomatis dengan arus searah (DC) polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter 1,2 sampai 2,4 mm. Saat akan melaksanakan proses pengelasan sebaiknya selalu mengacu pada WPS.

WPS (*Welding Procedure Specification*) merupakan sebuah prosedur atau aturan pengelasan yang sudah berstandar untuk digunakan. Aturan ini meliputi pemakaian *safety* juru las, kesesuaian pemakaian elektroda dan kuat

arus yang digunakan, serta kesesuaian penggunaan kampuh. WPS ini harus diterapkan oleh semua juru las agar hasil yang didapatkan bias maksimal.

Selain proses pengelasan, yang harus diperhatikan juga yaitu dalam pemilihan benda atau material yang akan dilas. Benda atau material sangat banyak jenisnya, oleh karena itu tingkat kekerasan dan kekuatan benda sangat berbeda antara jenis satu dengan jenis yang lainnya. Pemilihan material atau benda memang sangat diperhatikan dan harus sesuai dengan standar karena apabila pengelasan yang akan dilakukan tidak sesuai dengan benda yang akan dilas maka hasil yang didapatkan tidak akan maksimal atau akan mengakibatkan cacat las.

Salah satu material yang sering digunakan untuk proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu jenis baja karbon, karena baja jenis ini mempunyai kekuatan dan keuletannya yang cukup baik. Jenis baja karbon juga dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yakni baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi.

Baja ST 37 merupakan salah satu jenis baja yang tergolong dalam kategori baja karbon rendah, baja ini mempunyai banyak bentuk seperti pelat, batangan, profil, pipa dan lain sebagainya. Baja ST 37 juga mudah ditemukan di pasaran dan dengan harga yang cukup terjangkau. Baja ST 37 ini memiliki banyak fungsi antara lain sebagai konstruksi jembatan, konstruksi bangunan, konstruksi di industri, dan lain-lain. Jenis baja ini juga baik digunakan dalam proses pengelasan apabila saat melakukan pengelasan mengacu pada WPS.

Proses pengelasan tidaklah lepas dari penggunaan sambungan atau kampuh. Penggunaan dan pemilihan kampuh memang sangat vital dalam pengelasan karena hal ini akan mempengaruhi hasil akhir dan kualitas pengelasan yang telah dilakukan.

Dalam banyak hal penggunaan las MIG sangat menguntungkan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifatnya yang baik, misalnya:

1. Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
2. Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik.
3. Terak yang terbentuk cukup banyak.
4. Ketangguhan dan elastisitas, kedekatan udara, ketidakepekaan terhadap retak dan sifat-sifat lainnya lebih baik dari pada yang dihasilkan dengan cara pengelasan yang lain.

Karena hal tersebut di atas, maka las MIG banyak digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara yang lain. Las MIG biasanya dilaksanakan secara otomatis atau semi-otomatis dengan arus searah polaritas balik dan menggunakan kawat elektroda berdiameter antara 1,2 sampai 2,4 mm. Akhir-akhir ini telah banyak digunakan las MIG dengan arus yang tinggi dan kawat elektroda dengan diameter antara 3,2 dan 6,4 mm untuk mengelas pelat – pelat aluminium yang tebal seperti yang digunakan dalam tangki penyimpanan gas alam cair. Las mig

biasanya digunakan dengan kecepatan kawat elektroda yang tetap dengan cara pengumpanan tarik atau tarik – dorong.

Oleh karena pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) banyak diaplikasikan pada pengelasan kapal, jembatan dan pengelasan konstruksi lainnya untuk itu penulis ingin menganalisa kekuatan tarik pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada plat baja karbon rendah sehingga akan diketahui bagaimana regangan, tegangan dan kekuatan dari hasil pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) tersebut.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Industri saat ini banyak menggunakan las MIG (*Metal Inert Gas*) untuk efisiensi waktu dan tenaga kerja.
2. Perkembangan dunia industry saat sekarang harus diimbangi dengan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas agar mampu bersaing di Industri.
3. Pemilihan benda kerja dan jenis kampuh las sangat diperhatikan untuk menghindari cacat las yang timbul.
4. Proses pengelasan tergantung dari material yang akan dilas, dimana tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik, bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah.
5. Menganalisa kekuatan tarik pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada plat baja karbon rendah sehingga akan diketahui bagaimana regangan, tegangan dan kekuatan dari hasil pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*).

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dipaparkan di atas, maka untuk lebih fokusnya penelitian ini peneliti membatasi masalah yaitu:

1. Bahan yang digunakan adalah plat baja karbon rendah ST 37.
2. Pengelasan yang digunakan adalah pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*).
3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik.

### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah yang telah di uraikan diatas, maka dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalahnya sebagai berikut, “seberapa besar kekuatan tarik dan bagaimana pengaruh pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada plat baja karbon rendah ST 37 ?

### **E. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk menganalisa kekuatan tarik pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada plat baja karbon rendah ST 37.
2. Melihat Perbandingan kekuatan pengaruh pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) pada plat baja karbon rendah ST 37 sehingga akan diketahui bagaimana tegangan, regangan dan modulus elastisitas pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*).

## **F. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi penulis
  - a. Untuk menambah wawasan pengetahuan mengenai hasil uji kekuatan tarik pengelasan pada plat baja karbon rendah.
  - b. Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin FT-UNP.
2. Bagi kampus atau dunia pendidikan
  - a. Setelah didapatkan data hasil percobaan maka penelitian ini diharapkan bias menjadi referensi untuk peneliti selanjutnya.
  - b. Memberikan informasi baru untuk pengembangan penelitian di lingkungan akademik khususnya di jurusan Teknik Mesin FT-UNP.
3. Bagi dunia industri
  - a. Sebagai referensi dalam memilih plat baja karbon rendah yang tepat saat pengelasan di industri.
  - b. Sebagai bahan pertimbangan untuk mengaplikasikan hasil percobaan di dunia industri.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **A. Pengelasan**

##### 1. Pengertian Pengelasan

Pengelasan menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom. Mengelas menurut Alip dalam Rieldi (2013:31) adalah “Suatu aktifitas menyambung dua bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan, menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh”. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler material*) yang sama atau berbeda, titik cair maupun strukturnya.

Menurut “*Welding Handbook*” pengelasan adalah proses penyambungan bahan yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya dengan suhu yang tepat dengan atau tanpa pemberian tekanan dan dengan atau tanpa pemakaian bahan pengisi.

Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, biasanya pengelasan hanya digunakan pada sambungan-sambungan dari reparasi yang kurang penting. Tapi setelah melalui pengalaman dan praktek yang banyak dan waktu yang lama, maka sekarang penggunaan proses-

proses pengelasan dan penggunaan konstruksi-konstruksi las merupakan hal yang umum di semua Negara di dunia.

Terwujudnya standar-standar teknik pengelasan akan membantu memperluas ruang lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang dapat dilas. Dengan kemajuan yang dicapai sampai saat ini, teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat industri modern.

## 2. Klasifikasi Cara Pengelasan

Pengelasan dibedakan pada cara kerja alat tersebut bekerja dan bentuk pemanasannya (Wiryosumarto, dkk, 2000). Pengklasifikasian pengelasan berdasarkan cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelas utama, yaitu:

### a. Pengelasan Cair (*Fusion welding*).

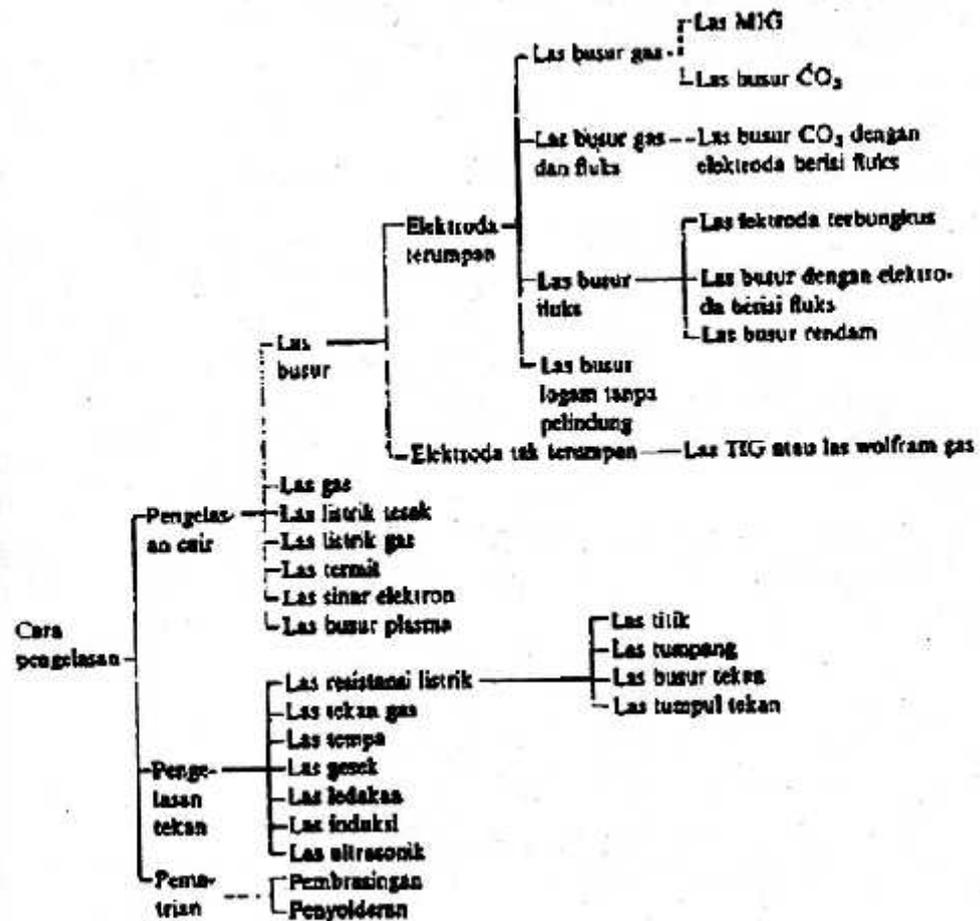
Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api yang terbakar.

### b. Pengelasan tekanan (*Pressure Welding*).

Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

### c. Pematrian.

Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Gambar 1. Klasifikasi Cara Pengelasan  
(Wirjosumarto dan Okumura, 2000)

## B. Sejarah dan Perkembangan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan sebuah pengembangan dari pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Las GMAW mempunyai dua tipe gas pelindung yaitu inert gas dan aktif gas yang kemudian sering dikenal dengan sebutan las MIG (*Metal Inert Gas*) dan las MAG (*Metal Active Gas*). GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) atau sering di sebut dengan las MIG (*Metal Inert Gas*) mulai dikenalkan di dunia industri pada tahun 1940-an. Di awal tahun 1950 yang diprakarsai oleh *Lyubavshkii and Novoshilov*, melakukan pengembangan GMAW dengan menggunakan diameter elektroda yang lebih

besar dan gas pelindung yang digunakan adalah karbon dioksida CO<sub>2</sub>. Pengembangan ini menghasilkan percikan elektroda yang tinggi, dan panas pada benda kerja yang sedang. Di akhir tahun 1950 terjadi perkembangan dibidang teknologi power source, dan perkembangan diameter elektroda yang digunakan semakin kecil 0.035" - 0.062" (0.9 - 1.6 mm).

Proses las MIG sukses dikembangkan oleh *Battelle Memorial Institute* pada tahun 1948 dengan sponsor *Air Reduction Company*. Las MIG (*Metal Inert Gas*) pertama kali dipatenkan pada tahun 1949 di Amerika Serikat untuk pengelasan alumunium. Keunggulannya adalah penggunaan elektroda yang berdiameter lebih kecil dan sumber daya tegangan konstan (*constant-voltage power source*) yang telah dipatenkan sebelumnya oleh *H.E. Kennedy*. Pada tahun 1953, *Lyubavskii* dan *Novoshilov* mengumumkan penggunaan proses las MIG menggunakan gas CO<sub>2</sub> sebagai gas pelindung. Mereka juga menggunakan gas CO<sub>2</sub> untuk mengelas besi karbon. Gas CO<sub>2</sub> dicampur dengan Gas Argon yang dikenal sebagai Metal Active Gas (MAG), yang kemudian berkembang menjadi proses las MAG. Perkembangannya dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, dengan kemajuan teknologi saat ini GMAW dapat diaplikasikan pada Proses Pengelasan dengan Sistem Otomasi (robot).

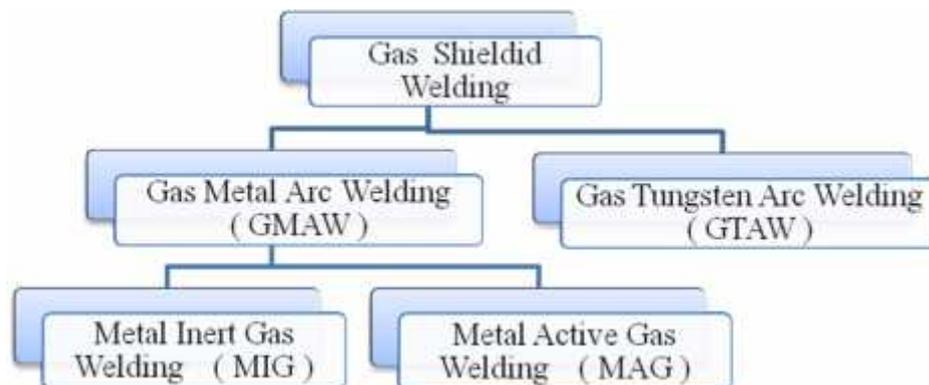
#### 1. Pengertian Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama

dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*).

Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer.

Secara bagan perkembangan las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dapat di lihat pada gambar dibawah ini :



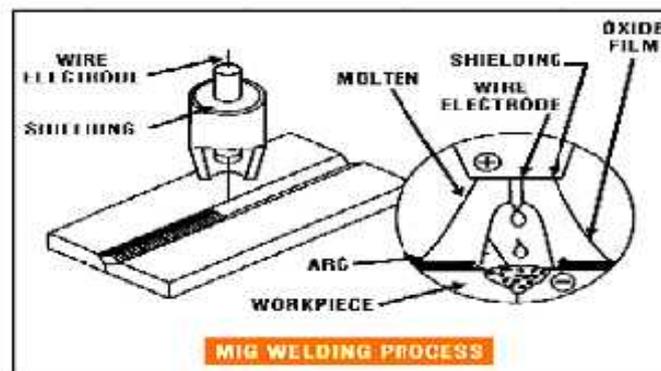
**Gambar 2.** Bagan Alur Las GMAW / Las MIG

## 2. Proses Mesin Las MIG (*Metal Inert Gas*)

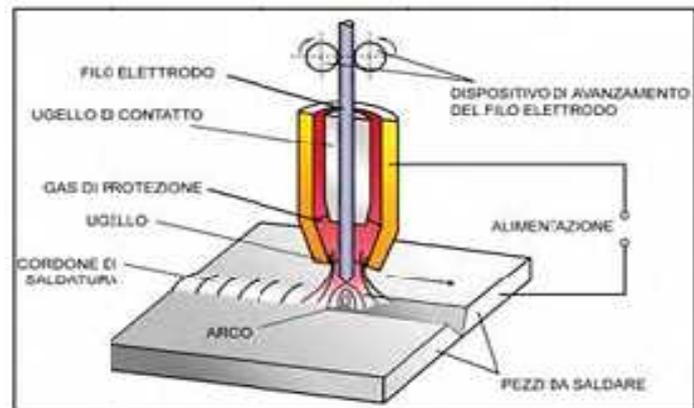
Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang berbentuk diantara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las MIG (*Metal Inert Gas*), elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las (*weld beads*). Gas pelindung digunakan untuk

mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama masa pembekuan (*solidification*).

Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), beroperasi menggunakan arus searah (DC), biasanya menggunakan elektroda kawat positif. Ini dikenal sebagai polaritas “terbalik” (*reverse polarity*). Polaritas searah sangat jarang digunakan karena transfer logam yang kurang baik dari elektroda kawat ke benda kerja. Hal ini karena pada polaritas searah, panas terletak pada elektroda. Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) menggunakan arus sekitar 50 A hingga mencapai 600 A, biasanya digunakan untuk tegangan las 15 volt hingga 32 volt. Adapun proses las MIG (*Metal Inert Gas*) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 3.** Proses Pengelasan Las MIG (*Metal Inert Gas*)



**Gambar 4.** Proses Pemindahan Sembur Pada Las MIG  
(Wood, 1979)

### 3. Aplikasi Penggunaan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Penggunaan las MIG (*Metal Inert Gas*) misalnya digunakan dalam pengelasan di dunia Industri untuk pembuatan suatu barang atau alat. Dengan contoh dalam pembuatan kapal terbang, rangka mobil, teralis besi dan sebagainya. Adapun contoh gambar aplikasi penggunaan las MIG (*Metal Inert Gas*) dapat dilihat :

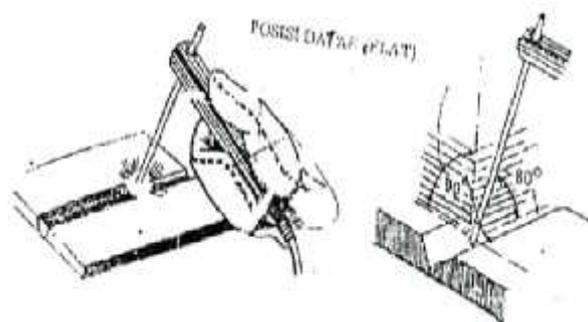


**Gambar 5.** Aplikasi Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Saat proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) maka juga akan menggunakan beberapa posisi pengelasan, posisi pengelasan yang biasa digunakan antara lain:

a. Posisi 1 G (Bawah Tangan)

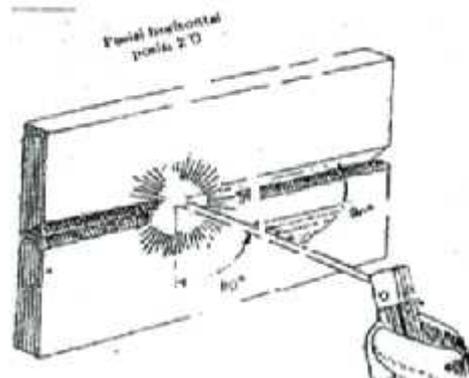
Posisi di bawah tangan yaitu suatu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  terhadap garis vertikal dan  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  terhadap benda kerja.



**Gambar 6 .** Posisi pengelasan 1 G

b. Posisi 2 G (Horizontal)

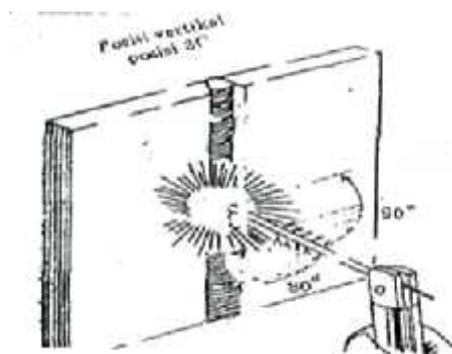
Mengelas dengan posisi horizontal yaitu kedudukan benda kerja dibuat tegak lurus dan arah elektroda akan mengikuti horizontal. Sewaktu mengelas elektroda diposisikan miring sekitar  $5^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  terhadap garis vertikal dan  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  kearah benda kerja.



**Gambar 7 .** Posisi pengelasan 2 G

c. Posisi 3 G (Vertikal)

Mengelas posisi tegak atau vertikal adalah apabila pengelasan dilakukan dari atas kebawah ataupun sebaliknya. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena saat mengelas elektroda dan bahan akan mencair dan mengalir bahkan mengalir akan menumpuk kearah bawah, hal ini dapat diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  terhadap garis vertikal dan  $70^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  terhadap benda kerja.

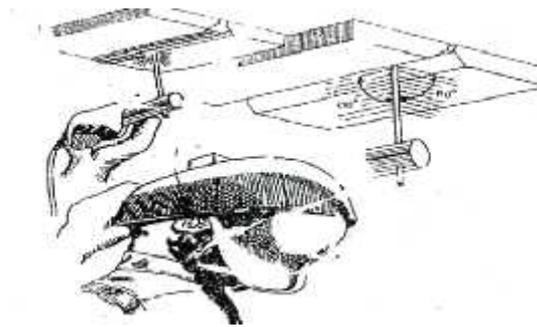


**Gambar 8 .** Posisi pengelasan 3 G

d. Posisi 4 G (*Over Head*)

Posisi pengelasan ini sukar dan sangat berbahaya karena bahan yang mencair akan banyak berjatuhan dan hal ini dapat mengenai juru atau operator las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan *safety* las yang

lengkap antara lain: Baju las, sarung tangan las, sepatu kulit (*safety*), helm las dan sebagainya. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda berada sekitar  $5^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  terhadap garis vertikal dan  $75^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  terhadap benda kerja.



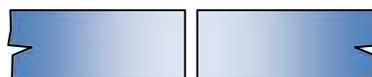
**Gambar 9** . Posisi pengelasan 4 G

#### 4. Kampuh Atau Sambungan Las

Selain posisi pengelasan dalam sebuah proses penyatuan logam maka juga akan menghasilkan sebuah kampuh atau sambungan. Sambungan yang berkualitas hendaknya kedua ujung atau bagian logam yang akan dilas perlu disesuaikan dengan ketebalan benda dan perlu juga diberikan suatu bentuk kampuh las. Berikut ada lima jenis sambungan pada pengelasan yang biasa digunakan dalam pengelasan antara lain:

##### a. Sambungan Tumpul (*Butt Joint*).

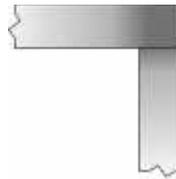
Kedua bagian benda yang akan dilas diletakkan pada bidang datar atau meja las dan disambung pada kedua ujungnya.



**Gambar 10**. Jenis Sambungan Tumpul  
Sumber : Rieldi (2013:34)

b. Sambungan Sudut (*Corner Joint*).

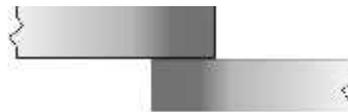
Kedua bagian benda yang akan disambung dibentuk sudut siku-siku dan dilas pada ujung sudutnya.



**Gambar 11.** Jenis Sambungan Sudut

c. Sambungan Tumpang (*Lap Joint*).

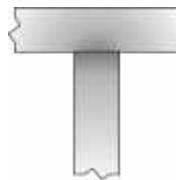
Bagian benda kerja yang akan disambung saling menumpang (*overlapping*) antara satu dengan yang lainnya.



**Gambar 12.** Jenis Sambungan Tumpang

d. Sambungan T (*Tee Joint*)

Satu bagian atau benda diletakkan secara tegak lurus pada bagian yang lainnya dan akan membentuk huruf T yang terbalik.



**Gambar 13.** Jenis Sambungan T

e. Sambungan Tekuk (*Edge Joint*).

Sisi benda ditekuk dari ke dua bagian yang akan disambung secara sejajar, dan sambungan dibuat pada kedua ujung bagian tekukan yang sejajar tersebut.

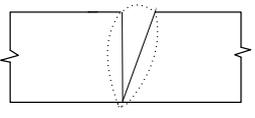
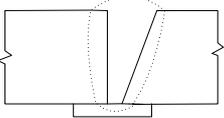
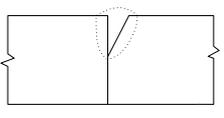
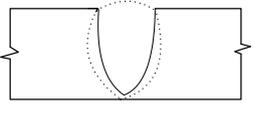
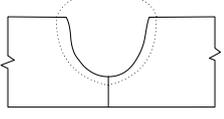
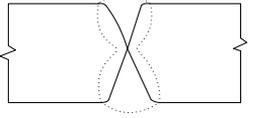
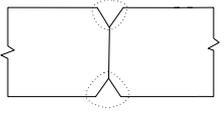
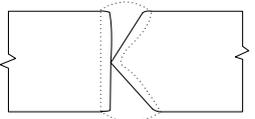
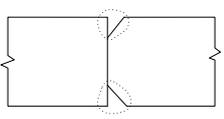
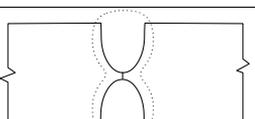
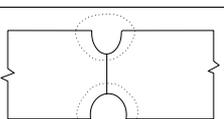
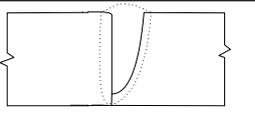
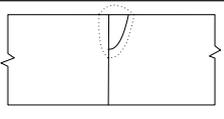
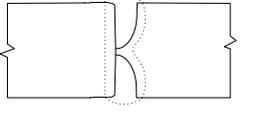
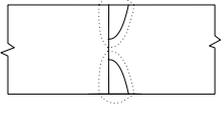


**Gambar 14.** Jenis Sambungan Tekuk atau Sisi

Selain kampuh atau sambungan penggunaan alur juga sangat diperlukan, salah satunya yaitu alur sambungan las tumpul. Berikut tabel 1 menjelaskan bentuk alur yang digunakan pada sambungan las tumpul.

**Tabel 1.** Alur Sambungan Las Tumpul

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan Penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan Penetrasi sebagian
Jenis Alur			
Persegi (I)			
V tunggal (V)			

Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (D)		—	

Sumber :(Harsono Wiryosumarto)

Penggunaan tanda pada pengelasan sebaiknya juga harus diperhatikan agar semua operator dapat melaksanakan pengelasan sesuai dengan gambar atau perintah yang ada. Berikut tabel 2 menjelaskan tanda-tanda dasar JIS Z3021-1972.

**Tabel 2.** Tanda-tanda Dasar (JIS Z3021-1972)

	Jenis Lasan	Tanda	Keterangan
Las Tumpul	Flens ganda	∩	Garis tegak di sebelah kiri
	Flens tunggal	∪	
	Persegi	∥	Simetri terhadap garis tanda
	Alur V	∨	
	Alur X	×	Garis tegak di sebelah kiri
	Alur tirus	∧	
	Alur K	∩	Simetri terhadap garis tanda
	Alur J	∪	
	Alur J ganda	∩	Garis tegak di sebelah kiri
	Alur U	∪	
	Alur U ganda	∩	Simetri terhadap garis tanda
	V terbuka	∨	
	X terbuka	×	Simetri terhadap garis tanda
	Tirus terbuka	∧	
	K terbuka	∩	Garis tegak di sebelah kiri

Dalam pengelasan juga menggunakan simbol huruf sebagai lambang sebuah sambungan atau alur. Berikut tabel 3 menjelaskan simbol huruf beserta dengan artinya.

**Tabel 3.** Simbol Huruf Dalam Pengelasan

No	Simbol	Arti Simbol
1	<b>B</b>	Sambungan sudut
2	<b>T</b>	Sambungan T
3	<b>L</b>	Sambungan pojok
4	<b>I</b>	Alur persegi
5	<b>V</b>	Alur V tunggal
6	<b>X</b>	Alur V ganda

7	<b>L</b>	Alur tirus tunggal
8	<b>K</b>	Alur tirus ganda
9	<b>U</b>	Alur U tunggal
10	<b>DU</b>	Alur U ganda
11	<b>J</b>	Alur J tunggal
12	<b>DJ</b>	Alur J ganda

## 5. Kelebihan dan Kelemahan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

### a. Kelebihan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Penggunaan Las MIG (*Metal Inert Gas*) dalam berbagai pengelasan memiliki beberapa kelebihan antara lain dapat disebutkan berikut ini :

- 1) Sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat
- 2) Dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (*welding positif*)
- 3) Tidak menghasilkan slag atau terak, layaknya terjadi pada las SMAW
- 4) Memiliki angka deposisi (*deposition rates*) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW
- 5) Membutuhkan kemampuan operator yang baik
- 6) Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi
- 7) Membutuhkan sedikit pembersihan *post-weld*.

### b. Kelemahan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Pada proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) memiliki beberapa kelemahan , antara lain :

- 1) *Wire-feeder* yang memerlukan pengontrolan yang kontiniu

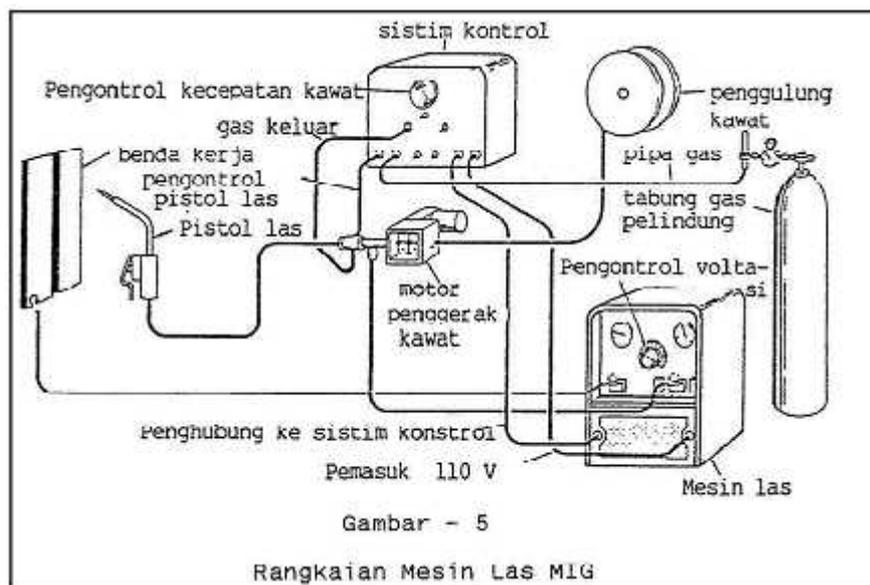
- 2) Sewaktu waktu dapat terjadi *Burnback*
- 3) Cacat las *porositi* sering terjadi akibat penggunaan kualitas gas pelindung yang tidak baik.
- 4) Busur yang tidak stabil, akibat keterampilan operator yang kurang baik.
- 5) Pada awalnya *set-up* pengelasan merupakan permulaan yang sulit

#### 6. Peralatan Utama Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Peralatan utama adalah peralatan yang berhubungan langsung dengan proses pengelasan, terdiri dari:

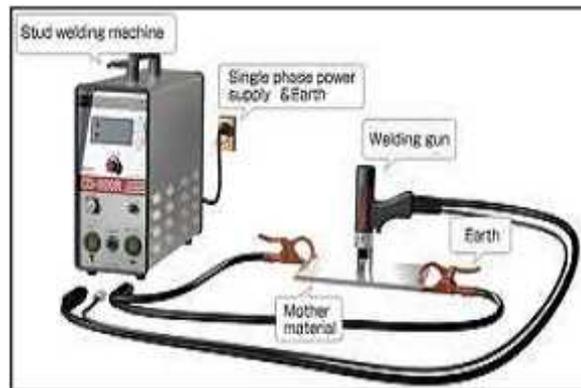
##### a. Mesin Las

Sistem pembangkit tenaga pada mesin MIG (*Metal Inert Gas*) pada prinsipnya adalah sama dengan mesin SMAW yang dibagi dalam 2 golongan, yaitu : Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current / AC Welding Machine*) dan Mesin las arus searah (*Direct Current / DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang di las yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah menggunakan mesin las DC. Adapun gambar rangkaian perlengkapan mesin las adalah sebagai berikut:



**Gambar 15.** Rangkaian Mesin las MIG (*Metal Inert Gas*)

Mesin las MIG merupakan mesin las DC, umumnya berkemampuan sampai 250 A. Dilengkapi dengan sistem kontrol, penggulung kawat gas pelindung, system pendingin dan rangkaian lain. Sumber tenaga untuk Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan mesin las bertegangan konstan. Tenaga yang dikeluarkan dapat berubah-ubah sendiri sesuai dengan panjang busur. Panjang busur adalah jarak antara ujung elektroda ke benda kerja. Panjang busur ini bisa distel. Bila busur berubah menjadi lebih pendek dari setelan semula, maka arus bertambah dan kecepatan kawat berkurang. Sehingga panjang busur kembali semula. Sebaliknya bila busur berubah menjadi lebih panjang, arus berkurang, kecepatan kawat elektroda bertambah. Dengan sistem otomatis seperti ini, yaitu mesin yang mengatur sendiri, maka panjang busur akan konstan dan hasil pengelasan akan tetap baik. Adapun contoh gambar mesin las MIG sesuai keterangan diatas adalah sebagai berikut :



**Gambar 16.** Mesin Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan voltage yang konstan (*constant-voltage*). Pemasangan kabel-kabel las (pengkutuban) pada mesin las arus searah dapat diatur / dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara:

1) Pengkutuban Langsung (*Direct Current Straight Polarity / DCSP / DCEN*)

Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.

2) Pengkutuban Terbalik (*Direct Current Reverse Polarity / DCRP / DCEP*)

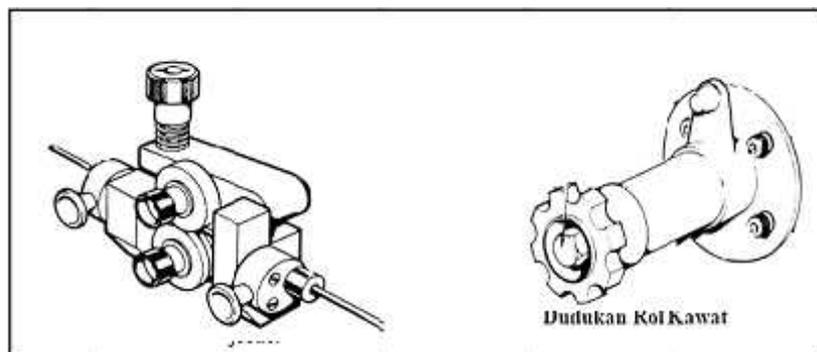
Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin lasdihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas

pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

b. Unit Pengontrol Kawat Elektroda (*Wire Feeder*)

Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) adalah alat / perlengkapan utama pada pengelasan dengan MIG (*Metal Inert Gas*). Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan. Fungsinya adalah sebagai berikut:

- 1) Menempatkan rol kawat elektroda
- 2) Menempatkan kabel las (termasuk *welding gun* dan *nozzle*) dan sistem saluran gas pelindung
- 3) Mengatur pemakaian kawat elektroda (sebagian tipe mesin, unit pengontrolnya terpisah dengan *wire feeder unit*)
- 4) Mempermudah proses/penanganan pengelasan, di mana *wire feeder* tersebut dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan.



**Gambar 17.** Bagian – bagian Utama Pengontrol Kawat Elektroda (*Wire Feeder Unit*)

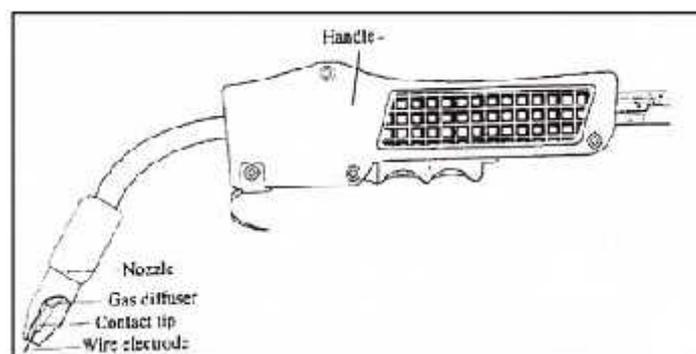
Pada dasarnya terdapat tiga jenis *wire feeder*, yaitu jenis dorong, jenis tarik, jenis dorong – tarik. Perbedaannya adalah dari cara menggerakkan elektroda dari *spool* ke *torch*. Kecepatan dari *wire feeder* dapat diatur mulai dari 1 hingga 22 m/menit pada mesin las MIG (*Metal Inert Gas*) performa tinggi, kecepatannya dapat mencapai 30 m/menit. Adapun contoh gambar *wire feeder* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 18.** *Wire Feeder* Jenis Tarik

Untuk jenis rolnya *wirefeeder* dibagi dalam dua jenis yaitu sistem 2 (dua) rol dan sistem 4 (empat) rol. Sedangkan menurut bidang kontaknya rol dari *wirefeeder* dapat dibagi menjadi jenis trapesium halus, jenis setengah lingkaran halus, dan jenis setengah lingkaran kasar.

### c. *Welding Gun*

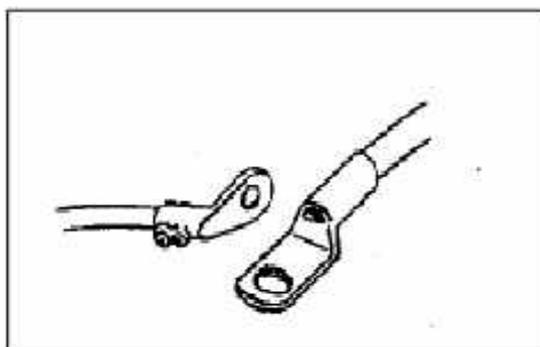


**Gambar 19.** *Welding Gun Las MIG (Metal Inert Gas)*

d. Kabel Las dan Kabel Kontrol

Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary power cable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*). Kabel primer ialah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las. Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah phasa mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentanahan dari mesin las. Kabel sekunder ialah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan tang las dan benda kerja serta kabel-kabel kontrol.

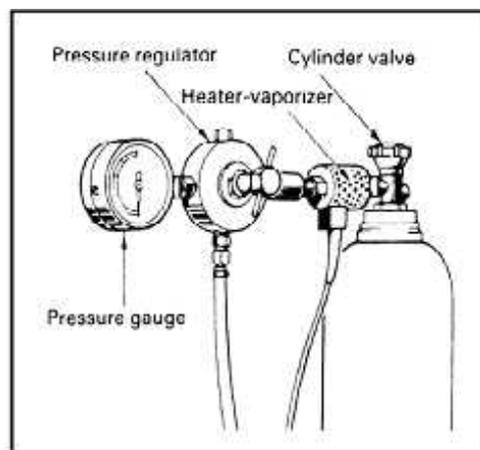
Inti penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah. Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.



**Gambar 20.** Sepatu Kabel

#### e. Regulator Gas Pelindung

Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas. Untuk pemakaian gas pelindung dalam waktu yang relatif lama, terutama gas CO<sub>2</sub> diperlukan pemanas (*heater-vaporizer*) yang dipasang antara silinder gas dan regulator. Hal ini diperlukan agar gas pelindung tersebut tidak membeku yang berakibat terganggunya aliran gas.



**Gambar 21.** Silinder dan Regulator Gas Pelindung

#### f. Pipa Kontak

Pipa pengarah elektroda disebut pipa kontak. Pipa kontak terbuat dari tembaga, dan berfungsi untuk membawa arus listrik ke elektroda yang bergerak dan mengarahkan elektroda tersebut ke daerah kerja pengelasan. Torch dihubungkan dengan sumber listrik pada mesin las dengan menggunakan kabel. Karena elektroda harus dapat bergerak dengan bebas dan melakukan kontak listrik dengan baik, maka besarnya diameter lubang dari pipa kontak sangat berpengaruh. Adapun gambar dari pipa kontak dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 22.** Bentuk – bentuk Pipa Kontak

g. *Nozzle* Gas Pelindung

*Nozzle* gas pelindung akan mengarahkan jaket gas pelindung kepada daerah las. *Nozzle* yang besar digunakan untuk proses pengelasan dengan arus listrik yang tinggi. *Nozzle* yang kecil digunakan untuk pengelasan dengan arus listrik yang lebih kecil. Adapun gambar *Nozzle* dapat dilihat dibawah ini:

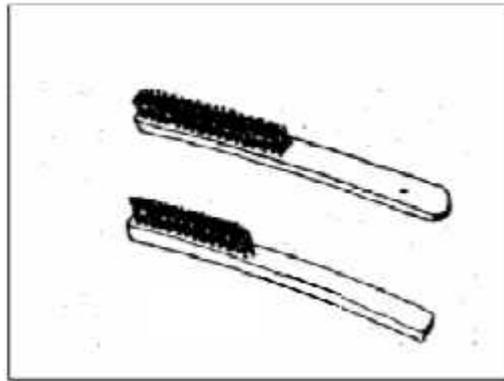


**Gambar 23.** *Nozzle* Gas Pelindung

## 7. Peralatan Bantu Las MIG (*Metal Inert Gas*)

### a. Sikat Baja

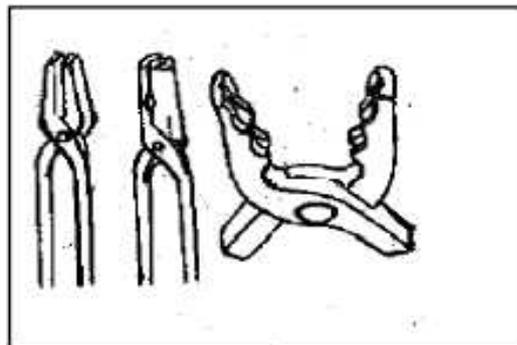
Untuk membersihkan hasil las karena pengaruh oksidasi udara luar sehingga rigi – rigi las benar – benar bebas dari kotoran, selain itu digunakan untuk membersihkan bidang benda kerja sebelum dilas.



**Gambar 24.** Sikat Baja

### b. Alat Penjepit (*Smith Tang*)

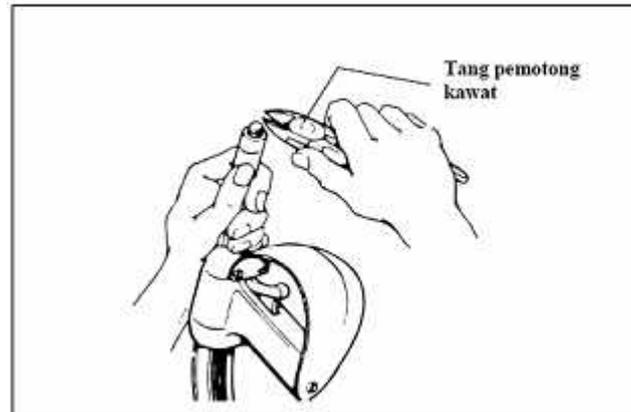
Untuk memegang benda kerja yang panas dipergunakan *smith tang* atau tang panas penjepit dengan macam-macam bentuk, seperti bentuk moncong rata, moncong ulat, moncong serigala dan moncong kombinasi.



**Gambar 25.** *Smith Tang*

c. Tang Pemotong kawat

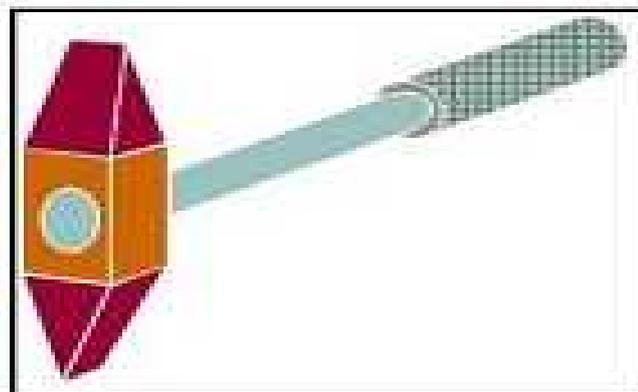
Pada kondisi tertentu, terutama setiap akan memulai pengelasan kawat elektroda perlu dipotong untuk memperoleh panjang yang ideal. Untuk itu diperlukan tang pemotong kawat.



**Gambar 26.** Pemotongan Kawat

d. Palu Terak

Setelah proses pengelasan biasanya benda kerja mengalami kerusakan atau cacat pengelasan. Untuk itu digunakan palu untuk membantu proses pembersihan benda kerja akibat cacat las.



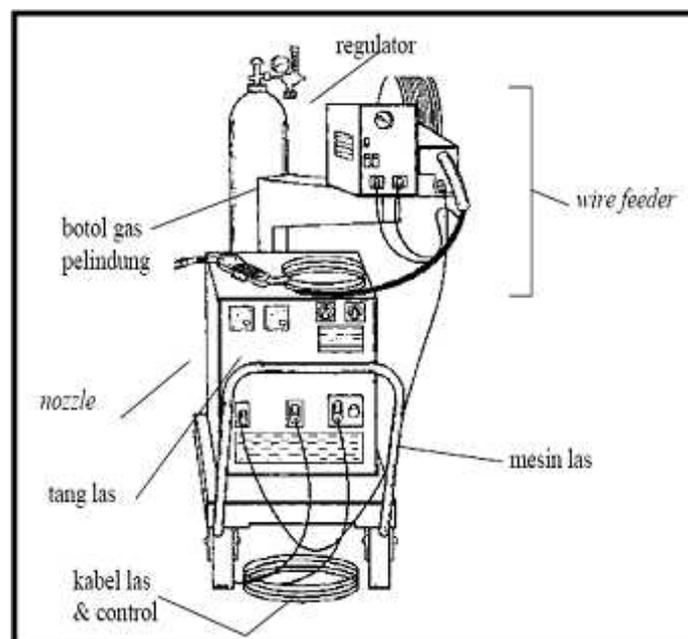
**Gambar 27.** Palu Terak

## 8. Pemasangan dan Penyetelan

### a. Pemasangan Peralatan Mesin Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Pemasangan dalam sebuah alat berfungsi agar supaya alat atau mesin dapat berfungsi maupun digunakan sesuai dengan fungsinya. Pemasangan dalam sebuah pengerjaan menggunakan Las MIG (*Metal Inert Gas*) sedikit rumit apabila dibandingkan dengan las SMAW. Dalam pemasangan mesin las MIG (*Metal Inert Gas*) dibutuhkan kehati-hatian, hal ini untuk mengurangi kesalahan dalam sebuah pengelasan.

Berikut ini adalah gambar pemasangan satu unit peralatan atau perlengkapan Las MIG (*Metal Inert Gas*) yang biasa digunakan untuk pengerjaan konstruksi sedang sampai berat:



**Gambar 28.** Perlengkapan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Didalam mesin las MIG terdapat dua jenis mesin las yang sebenarnya adalah perata arus (*rectifier*), yakni:

- 1) Tipe berputar (*rotating*) yaitu generator yang di gerakkan mesin (*engine driven generator*).
- 2) Tipe statis, yaitu *transformer rectifier* dan *inverter*

Untuk pekerjaan di bengkel lebih di sukai tipe statis yang sering menggunakan sumber listrik AC bertegangan 230 V atau 460 V. Tipe ini memiliki cepat tanggap (*quick response*), lebih tenang, dan tidak menghasilkan polusi asap. Sedangkan tipe berputar (*rotating*) diperlukan dilokasi yang tidak memiliki sumber tenaga listrik dan di daerah atau medan terbuka di mana faktor polusi asap tidak terlalu dikhawatirkan. Kedua jenis ini dapat didesain dan di konstruksi untuk memasok tenaga listrik Voltase tetap (CV).

#### b. Penyetelan Peralatan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Sebelum dilakukan pengelasan, perlu dilakukan penyetelan – penyetelan pada peralatan las. Hal ini dilakukan agar peralatan/ mesin las disiapkan sesuai dengan jenis dan tuntutan pekerjaan. Penyetelan – penyetelan tersebut dilakukan, baik pada mesin las maupun pada alat-alat pendukung lainnya, seperti: *wire feeder* dan pada tang las serta *nozzle*.

- 1) Penyetelan Mesin Las

Pada mesin las tidak banyak diperlukan penyetelan, kecuali hanya penyetelan penggunaan jenis arus pengelasan, yaitu DCRP atau DCSP atau disesuaikan dengan jenis/tuntutan pekerjaan. Namun, khusus untuk penggunaan kawat elektroda solid (*solid wire*) selalu menggunakan pengkutuban DCRP (*welding gun* dihubungkan dengan kutup positif).

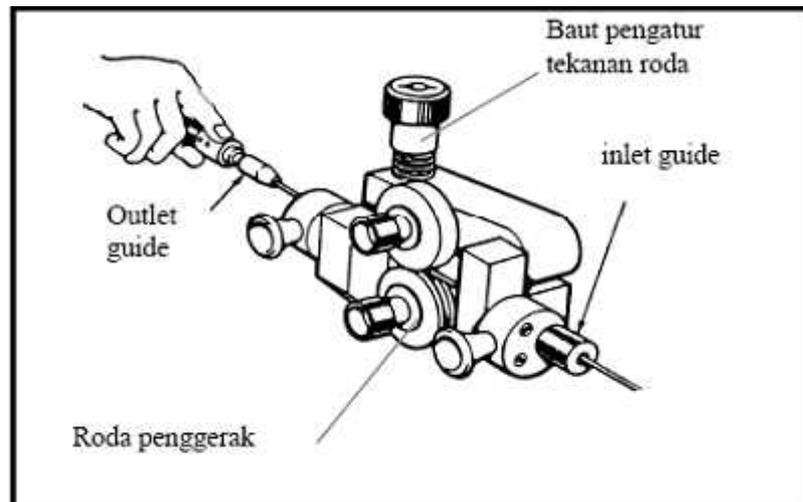
## 2) Penyetelan *Wire Feeder*.

Penyetelan pada *wire feeder* merupakan hal yang penting dalam pengelasan dengan MIG, di mana pada *wire feeder* terdapat roda (*rol*) yang berjumlah 2 atau 4 buah yang berfungsi untuk memutar atau mendorong kawat elektroda pada saat proses pengelasan terjadi.

Penyetelan yang dilakukan adalah :

- a) Menyesuaikan ukuran alur roda dengan ukuran kawat elektroda.  
Beberapa tipe roda hanya cukup dengan membalik posisi roda supaya sesuai dengan ukuran kawat elektroda, tapi pada tipe yang lain kadang kala harus mengganti ukuran roda yang sesuai.
- b) Mengatur / menyetel tekanan roda terhadap kawat elektroda agar kawat dapat terputar secara lancar.

Untuk lebih jelasnya penyetelan *wire feeder* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 29.** Penyetelan *Wire Feeder*

### 3) Penyetelan pada *Welding Gun*

Ada dua hal utama yang perlu dilakukan pada *welding gun*, yaitu menyesuaikan ukuran *contact tip* dengan diameter kawat elektroda dan menyesuaikan tipe *nozzle* dengan kebutuhan pekerjaan.

## 9. Pengoperasian Las MIG (*Metal Inert Gas*)

### a. Pengaturan Besar Arus dan Tegangan Pengelasan

Besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah tergantung pada tebal bahan dan diameter kawat elektroda serta posisi pengelasan. Tabel berikut ini adalah ketentuan umum penyetelan pengaturan besaran arus / dan tegangan pengelasan berdasarkan diameter kawat elektroda.

**Tabel 4.** Ketentuan Umum Penyetelan / Pengaturan Besaran Arus dan Tegangan Pengelasan Berdasarkan Diameter Kawat Elektroda.

Diameter Kawat (mm)	Type elektroda dan besarnya arus (Ampere)				
	ER70S-2	ER70S-3	ER70S-4	ER70S-5	ER70S-6
0,8	40-220	40-220	40-220	40-220	40-220
0,9	60-280	60-280	60-280	60-280	60-280
1,0	100-290	100-290	100-290	100-290	100-290
1,2	120-350	120-350	120-350	120-350	120-350
1,6	160-390	260-390	260-390	260-390	260-390
2,0	200-400	200-400	200-400	200-400	200-400

Sumber. Mengelas Tingkat Lanjut dengan Proses Las Gas Metal (2004)

b. *Duty Cycle*

Semua tipe mesin las diklasifikasikan / diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya (*current output*) pada suatu besaran tegangan (*voltage*). Ukuran ini ditetapkan oleh pabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari “*duty cycle*”. *Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih (*overload*).

Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60%

per 10 menit penggunaan (6/10). Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% (*duty cycle* diturunkan ), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya “*duty cycle*” nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.

Hal tersebut berdasarkan perhitungan:

$$\text{Selisih : } 60\% - 35\% = 25\%$$

- 1) Peningkatan :  $25/60 \times 300 = 125$ , sehingga  $60\% \times 125 = 75$  Amper.
- 2) Arus maksimum yang diizinkan =  $75 + 300 = 375$  Amper.

#### c. Gas Pelindung

Gas-gas pelindung untuk las MIG (*Metal Inert Gas*) adalah pelindung untuk mempertahankan/ menjaga stabilitas busur dan perlindungan cairan logam las dari ontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfer dan pengotoran daerah las.

Fungsi utama gas pelindung adalah untuk membentuk sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut.

##### 1) Jenis – jenis Gas Pelindung

Jenis gas pelindung yang digunakan untuk mengelas baja karbon dan baja paduan adalah sebagai berikut:

- a) Campuran Argon + oksigen
- b) Campuran Argon + karbon dioksida
- c) Campuran Argon + karbon dioksida + oksigen

## d) Karbon dioksida

Adapun penggunaan gas pelindung secara umum khususnya pada *solid wire* diatur antara 14 – 18 l/menit.

## 2) Perbandingan Penggunaan Gas Pelindung

**Tabel 5.** Perbandingan Penggunaan Gas Pelindung

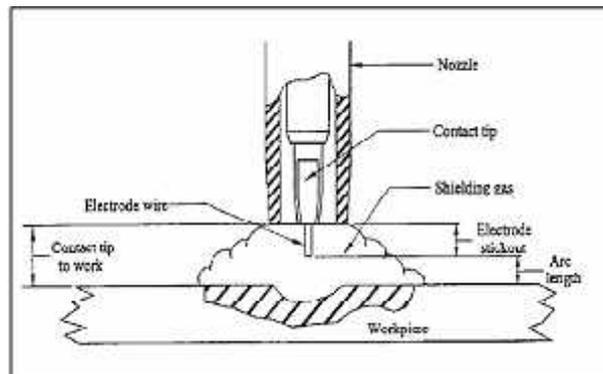
Logam	Gas	Catatan
Baja Karbon Rendah	Argon + CO <sub>2</sub>	Argon mengontrol percikan dan melindungi busur. CO <sub>2</sub> memperbaiki input dan mengurangi biaya
	Argon + CO <sub>2</sub> + Oksigen  CO <sub>2</sub>	Diperlukan apabila memperbaiki sifat mekanik  Biaya rendah, panas input tinggi akan tetapi ada percikan terak

(Kenyon, 1979)

## 3) Penyalaan Busur Las

Arus listrik yang mengalir dari dan atau ke permukaan benda kerja mengakibatkan terjadinya busur listrik diantara ujung kawat elektroda dan permukaan benda kerja, sekali busur listrik ini terbentuk, kawat elektroda akan mengalir secara otomatis dengan kecepatan tertentu dari gulungan kawat las ke dalam busur dan membentuk kawah las.

Kawat las dan ujung kawat elektroda dilindungi oleh gas pelindung dari kemungkinan terjadinya kontaminasi atmosfer. Aliran arus, kawat las dan gas pelindung di aktifkan oleh operator melalui *trigger* yang terdapat pada tang las atau *welding gun*. Gambar berikut ini menunjukkan proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*).



**Gambar 30.** Proses Pengelasan Las MIG (*Metal Inert Gas*)

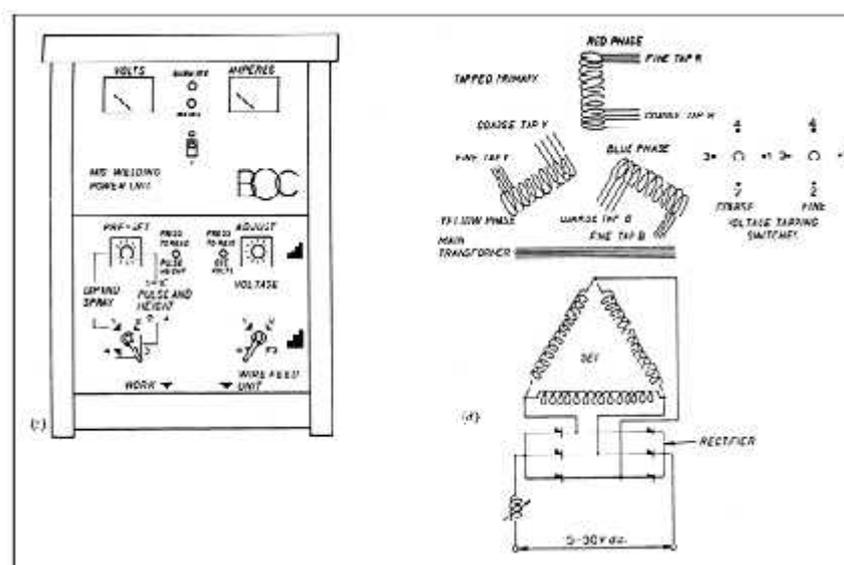


**Gambar 31.** Operasional Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Terjadinya penyeburan logam cair seperti diterangkan oleh gambar disebabkan oleh beberapa hal, antara lain polaritas listrik dan arus listrik.

Dalam las MIG biasanya digunakan cara listrik arus searah dengan tegangan tetap sebagai sumber tenaga. Dengan sumber tenaga ini biasanya penyemburan terjadi bila polaritasnya adalah polaritas balik. Disamping polaritas ternyata bahwa besar juga memegang peranan penting, bila besar arus melebihi harga tertentu yang disebut harga kritik barulah terjadi pemindahan semur.

Besarnya arus kritik tergantung pada bahan kawat las, garis tengah kawat dan jenis gas pelindungnya. Bila diameter kawat mengecil, besar arus juga harus menurun. Penambahan gas CO<sub>2</sub> ke dalam gas Argon akan menaikkan besarnya arus listrik.



**Gambar 32.** Power Supply Las MIG (*Metal Inert Gas*)  
(Harsono dan Toshie, 1981)

#### 10. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Pekerjaan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah salah satu jenis pekerjaan yang cukup berpotensi menyebabkan gangguan terhadap kesehatan atau malah dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Gangguan kesehatan atau kecelakaan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, yakni dari operator atau teknisi las itu sendiri, mesin dan alat – alat las, atau lingkungan kerja.

Berikut upaya bagaimana mencegah kecelakaan pada mesin MIG (*Metal Inert Gas*):

- a. Kabel primer harus terjamin dengan baik, mempunyai isolasi yang baik.
- b. Kabel primer usahakan sependek mungkin.
- c. Hindarkan kabel-kabel las dari goresan, loncatan bunga api dan benda panas.
- d. Periksa sambungan - sambungan kabel, apakah sudah ketat, sebab persambungan yang longgar dapat menimbulkan panas yang tinggi serta dapat mengganggu kestabilan arus las.
- e. Jangan meletakkan las pada meja las atau pada benda kerja.
- f. Perbaikilah segera kabel-kabel yang rusak.
- g. Pemeliharaan dan perbaikan mesin las sebaiknya ditangani oleh orang yang ahli dibidangnya.
- h. Jangan mengganggu komponen-komponen dari mesin las.

Adapun contoh bentuk model perlengkapan keselamatan kerja adalah seperti pada gambar sebagai berikut :



**Gambar 33.** Perlengkapan Keselamatan Kerja

### C. Elektroda

MIG (*Metal Inert Gas*) adalah salah satu jenis proses las cair (*fusion welding*) yang banyak digunakan pada pengerjaan konstruksi ringan sampai berat. Hasil maksimal akan dapat dicapai apabila jenis kawat elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang di las. Jenis logam yang dapat di las menggunakan MIG (*Metal Inert Gas*) ada beberapa macam antara lain :

1. Baja tegangan tinggi dan menengah
2. Baja paduan rendah
3. Baja tahan karat
4. Aluminium
5. Tembaga
6. Tembaga paduan, dll

Bentuk kawat elektroda yang digunakan pada MIG (*Metal Inert Gas*) secara umum adalah *solid wire* dan *flux cored wire* , di mana penggunaan kedua tipe tersebut sangat tergantung pada jenis pekerjaan. *Solid wire* digunakan secara luas untuk mengelas konstruksi ringan sampai sedang dan dioperasikan pada ruangan yang relatif tertutup, sehingga gas pelindungnya tidak tertiup oleh angin. Sedang *flux cored wire* lebih banyak dipakai untuk pengelasan konstruksi sedang sampai berat dan tempat pengelasannya memungkinkan lebih terbuka (ada sedikit tiupan angin). Untuk menjaga agar kawat elektroda tidak rusak atau berkarat, terutama dalam penyimpanan, maka perlu dikemas. Kemasan / pengepakan yang banyak dijumpai dalam

perdagangan adalah berupa gulungan (*rol*) di mana berat gulungan kawat yang banyak digunakan adalah 15 kg, 17 kg dan 30 kg.

Pada dasarnya terdapat lima faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis elektroda pada proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), yaitu:

1. Komposisi kimia benda kerja
2. Properti mekanik benda kerja
3. Jenis gas pelindung
4. Jenis layanan atau aplikasi yang dibutuhkan
5. Jenis penyambung las

Spesifikasi elektroda MIG (*Metal Inert Gas*) untuk baja karbon berdasarkan jenis dari gas pelindung dan jenis arus yang digunakan terdapat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 6..** Spesifikasi Kawat Elektroda

Klasifikasi	Gas Pelindung	Jenis Arus	Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)
<b>Kekuatan Tarik Terendah Kelompok ER 70 setelah Dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 Kg/ mm<sup>2</sup></b>					
ER70S-2	Ar 1,5% O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	22
ER70S-3	Ar 1,5% O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	22
ER70S-4	CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	22
ER70S-5	CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	22
ER70S-6	CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	22
ER70S-7	CO <sub>2</sub>	DCRP	49,2	40,8	17

Pengelasan MIG memang harus menggunakan elektroda karena tanpa adanya elektroda maka proses MIG tidak bisa dilakukan. Dalam pengelasan jenis ini fungsi elektroda sangat penting karena apabila elektroda bermasalah atau tidak sesuai dengan spesifikasi standar maka hasil las yang didapatkan tidak maksimal atau akan menimbulkan cacat las.

Dalam pengelasan MIG ini menggunakan elektroda ER70S-6, elektroda ini paling banyak dipakai, elektroda ini menggunakan gas pelindung campuran Argon-Oksigen atau CO<sub>2</sub>. Kekuatan tarik terendah setelah dilaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 Kg/ mm<sup>2</sup>. Berikut contoh spesifikasi elektroda ER70S-6:

Spesifikasi elektroda ER70S-6

ER : Elektroda (diameter 1,2 mm)

70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan 70.000 Psi atau samadengan 480 MPa.

S: *Solid Wire*

6 : Komposisi Kimia

#### **D. Baja Karbon**

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,30%, baja karbon sedang mengandung 0,30 sampai 0,45% karbon dan baja karbon tinggi berisi karbon antara 0,45 sampai 1,70%. Bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga

bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun. Spesifikasi baja karbon berdasarkan sifat mekanisnya bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 7.** Spesifikasi Baja Karbon

Jenis dan Kelas		Kadar Karbon (%)	Kekuatan Luluh (Kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tarik (Kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Penggunaan
Baja Karbon Rendah	Baja Lunak Khusus	0,08	18-22	32-36	30-40	Pelat Tipis
	Baja Sangat Lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	30-40	Batang, Kawat
	Baja Lunak	0,12-0,20	22-30	38-48	24-36	Konstruksi Umum
	Baja Setengah Lunak	0,20-0,30	24-36	44-55	22-32	
Baja Karbon Sedang	Baja Setengah Keras	0,30-0,40	30-40	50-60	17-30	Alat-alat Mesin
Baja Karbon Tinggi	Baja Keras	0,40-0,50	34-46	58-70	14-26	Perkakas
	Baja Sangat Keras	0,50-0,80	36-47	65-100	11-20	Rel, Pegas dan Kawat Peegas

(Teknologi Pengelasan Logam, oleh Harsono WiryoSumarto)

Menurut Putri (2010:21) “Secara kadar karbonnya baja karbon terbagi atas tiga jenis yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi”.

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) mengandung 0,3%C

*Low Carbon Steel* atau baja karbon rendah disebut juga baja lunak.

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0 sampai 0,3 %, mempunyai sifat dapat ditempa merupakan jenis baja karbon yang banyak

dipakai pada konstruksi, Hal ini dikarenakan baja karbon rendah merupakan salah satu jenis baja yang diproduksi dalam jumlah besar. Selain itu baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah untuk diproduksi di antara baja karbon yang lainnya. Baja jenis ini juga mempunyai keuletan dan ketangguhan yang tinggi, dan dalam penggunaannya baja jenis ini biasanya sebagai bahan baku untuk pembuatan struktur bangunan, pipa, jembatan, dan lain-lain.

b. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*) mengandung 0,3% C - 0,7% C

Baja karbon menengah atau *Medium Carbon Steel* mengandung unsur karbon antara 0,3% - 0,7% C. Baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan sebagai alat-alat perkakas bagian mesin, roda gigi, pegas dan lain sebagainya.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung 0,7% C - 1,5% C

Baja karbon tinggi atau *High Carbon Steel* mengandung kadar karbon antara 0,7% C - 1,5% C. Baja jenis ini mempunyai tegangan tarik yang tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Baja karbon tinggi banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat, kabel baja, palu, dan gergaji atau pahat potong.

Dalam Pengujian ini menggunakan baja karbon rendah, pemilihan baja karbon rendah sebagai bahan penelitian mengacu pada klasifikasi baja karbon rendah itu sendiri.

1. Klasifikasi Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak banyak sekali digunakan untuk konstruksi umum, penggolongan baja konstruksi di standarisasi menurut kekuatan tarik. Untuk memudahkan pengenalan pemilihannya ada yang mengelompokkan menurut kekuatannya yang dikenal ST 37, ST 50, ST 60 dan seterusnya. Baja karbon rendah ini dibagi lagi dalam baja kil, semi kil dan baja rim, dimana penamaannya didasarkan persyaratan deoksidasi, cara pembekuan dan distribusi rongga

## 2. Sifat Mampu las dari Baja Karbon Rendah

Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu dari baja karbon rendah adalah kekuatan tarik dan kepekaan terhadap retak.

Kekuatan tarik pada plat baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon C dan menaikkan kadar mangan Mn. Suhu dari transisi dari kekuatan menjadi turun dengan naiknya harga perbandingan Mn/C.

Baja karbon rendah mempunyai kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya atau dengan baja karbon paduan. Tapi retak las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan plat tebal atau bila didalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi.

## 3. Cara Pengelasan Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah umumnya dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada dalam praktek dan hasilnya akan baik bila

persiapannya sempurna dan persyaratan dipenuhi. Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas.

Retak las yang mungkin terjadi pada pengelasan plat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elektroda hidrogen rendah.

Baja ST 37 merupakan salah satu kategori baja karbon rendah. ST 37 mempunyai arti *Steel 37* bahwa kekuatan tarik maksimumnya yang diperbolehkan adalah 37 MPa(Kg/mm<sup>2</sup>).

Kelebihan baja jenis ini yakni mudah ditemukan dipasaran dan mempunyai harga yang cukup terjangkau, sehingga baja karbon rendah ini akan banyak digunakan. Kelemahan dari baja ST 37 ini yakni tidak mampu untuk menahan kekuatan tarik yang lebih dari 37 MPa(Kg/mm<sup>2</sup>), sehingga apabila penggunaan pada konstruksi membutuhkan gaya tarik yang tinggi maka harus diganti dengan baja jenis lainnya yang mempunyai nilai kekuatan tarik yang tinggi. Aplikasi dari baja ST 37 biasanya digunakan untuk pembuatan pipa, pelat atau jenis konstruksi umum yang lainnya.

Adapun kandungan komposisi kimia dari baja ST 37 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 8.** Komposisi Kimia ST 37

Komposisi kimia				
Material	C	Mn	S	P
ST 37	0,17%	1,40%	0,045%	0,045%

## E. Pengujian Tarik

Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen / benda uji yang standar. Bahan yang uji tarik mula – mula dibuat menjadi spesimen uji dengan bentuk standar. Pada bagian tengah dari spesimen (pada bagian paralel) merupakan bagian yang menerima tegangan yang uniform, dan pada bagian yang diukurkan panjang uji yaitu bagian yang dianggap menerima pengaruh dari kebebasan, bagian ini yang selalu diukur panjangnya selama proses pengujian.

Spesimen uji dipasang pada mesin tarik, dijepit dengan pencekam dari mesin tarik pada ujung – ujungnya dan ditarik kearah memanjang secara perlahan. Selama penarikan setiap saat dicatat / tercatat dengan grafik yang tersedia pada mesin tarik, besarnya gaya yang bekerja dan besarnya pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat dari gaya tarik tersebut. Penarikan berlangsung terus sampai spesimen uji patah.

Pengukuran tegangan tarik spesimen didasarkan pada teori Hukum Hooke (*Hooke Law*). Teori menyatakan bahwa suatu bahan berkelakuan secara elastis dan memperlihatkan suatu hubungan linier antara tegangan regangan yang disebut elastis secara linier.

$$\text{Tegangan ( )} = \frac{F}{A}$$

$$\text{Regangan ( )} = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ atau } E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana:

$\sigma$  = Kekuatan Tarik (kg/mm<sup>2</sup>)

E = Modulus Elastisitas (kg/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan (%)

F = Gaya dalam Newton.

A = Luas penampang

E = Modulus elastisitas

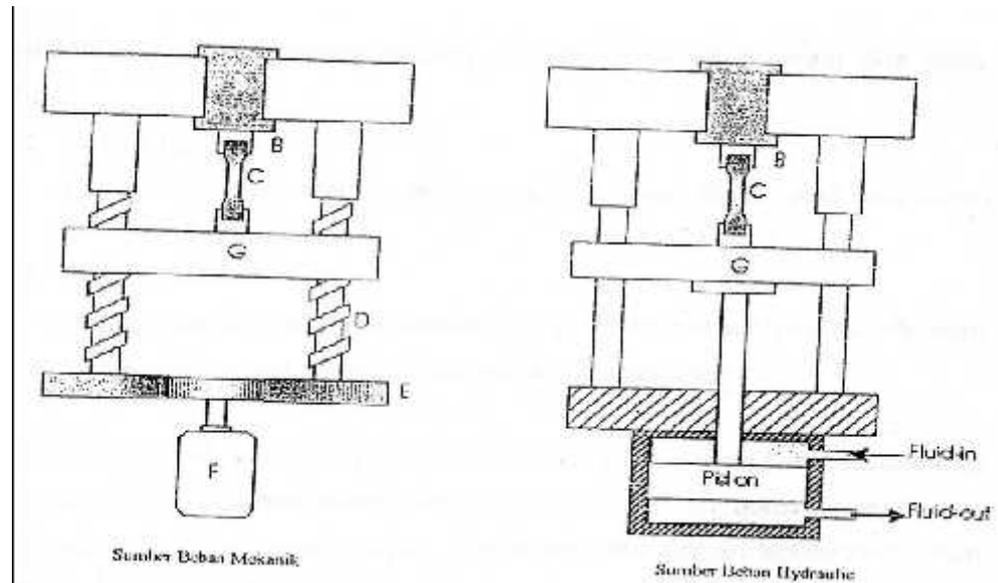
L<sub>0</sub> = Panjang awal

L<sub>1</sub> = Panjang akhir

$\Delta L$  = Perpanjangan

## 1. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik direncanakan untuk menarik spesimen dengan laju tarik yang konstan. Spesimen dicengkram oleh *holding grip*. Selama penarikan, beban sesaat diukur dan dipantau secara seksama oleh *load cell*. Sementara itu, elongasi diukur dan dipantau oleh *extensiometer*.



**Gambar 34.** Mesin Uji Tarik

Keterangan Gambar :

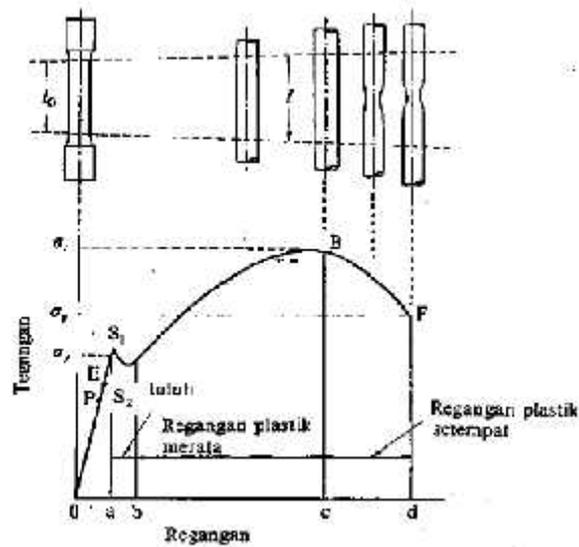
- a. Alat pengukur beban (*Load Cell*)
- b. Alat untuk menarik benda uji (*Gripping Device*)
- c. Spesimen
- d. *Screw*
- e. *Gear*
- f. Motor
- g. *Movable Table*

Pada mesin uji tarik terdapat 4 komponen utama, yaitu :

- a. Alat pengukur beban
- b. Alat untuk menarik benda uji
- c. Alat pengukur perpanjangan benda uji
- d. Alat pencatat grafik

## 2. Kekuatan Tarik Bahan

Kekuatan tarik bahan merupakan batas kekuatan maksimal suatu material untuk menahan suatu tarikan, biasanya untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material yakni dilakukan uji tarik. Uji tarik merupakan salah satu jenis uji rusak (*Destructive Test*) yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekuatan tarik suatu material. Untuk jenis uji ini maka benda atau spesimen akan dijepit kemudian ditarik sampai benda mengalami putus atau patah menjadi dua bagian. Spesimen yang akan diuji tarik harus memenuhi standar uji atau standar yang telah ditetapkan, karena dengan adanya standar yang kita gunakan maka penelitian ini dapat dikatakan valid. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada spesimen tersebut. Pada pengujian tarik ini beban akan diberikan secara kontiniu dan bertahap, selain itu secara bersamaan harus dilakukan juga pengamatan terhadap perpanjangan (*elongation*) yang dialami spesimen. Uji tarik merupakan uji spesimen yang sering digunakan, karena uji tarik juga berfungsi untuk mengetahui sifat mekanis suatu logam. Sifat mekanis ini meliputi batas lumer, kekuatan tarik, kekenyalan, penambahan panjang dan pengecilan luas penampang.



**Gambar 35.** Kurva Tegangan-Regangan

## F. Penelitian Yang Relevan

Adapun penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu:

1. Buyung R. Machmoed (2012) dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah menyimpulkan bahwa tegangan tarik maksimum dan regangan tarik tertinggi terdapat pada spesimen alur V  $70^{\circ}$  sebesar 1938 MPa dan 25.3%. Hasil penelitian ini menunjukkan sifat mekanis yang baik pada pengelasan alur V sudut  $70^{\circ}$  yang menggunakan filler AWS A5.18 ER 70S-6 arus 150 amper.
2. Sendy Angkasa (2015) dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Hasil Uji Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 41 Dengan Sambungan Kampuh V Akibat Variasi Kuat Arus Pengelasan MIG menyimpulkan bahwa variasi pengelompokan dari kuat arus yang digunakan membuat kekuatan tarik dari spesimen semakin meningkat setiap tingkatan arus yang digunakan hanya

saja ketika arus 120 amper kekuatan tarik dari spesimen menurun dari kekuatan tarik di arus 100 amper kemudian di arus 130 amper kembali meningkat dari arus 120 amper dan kemudian kembali kekuatannya meningkat di arus 140 dari arus 130 amper.

3. Abdi Afwandia (2016) dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Kuat Arus Las MIG (*Metal Inert Gas*) Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan V Baja Tahan Karat Aisi 304 menyimpulkan bahwa hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat arus mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap nilai kekuatan tarik. Hasil pengujian tarik yang paling optimal adalah pada arus 110 amper dengan nilai rata-rata 589,71 MPa. Dari variasi arus 90 amper, 110 amper dan 120 amper dapat disimpulkan bahwa arus yang optimum adalah pada 110 amper dengan semakin bertambahnya kuat arus maka kekuatan sambungan las semakin tinggi namun pada arus 120 amper kekuatan sambungan las akan semakin menurun. Hal ini dapat disebabkan karena masukan panas 120 amper yang berlebih sehingga pencairan logam las yang besar dan menjadi getas.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan penelitian sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik pada spesimen yang di las dengan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) lebih tinggi dari spesimen yang tanpa perlakuan (kontrol), kekuatan tarik pada spesimen yang menggunakan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) adalah sebesar ( ) **507.40 N/mm<sup>2</sup>**, sedangkan kekuatan tarik pada spesimen tanpa perlakuan (kontrol) adalah sebesar ( ) **439.04 N/mm<sup>2</sup>**.
2. Regangan tertinggi antara spesimen yang menggunakan pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) dengan spesimen tanpa pengelasan atau (kontrol) berada pada spesimen tanpa perlakuan (kontrol) dengan nilai regangan sebesar ( ) **45.79%**, sedangkan nilai regangan pada spesimen pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu sebesar ( ) **36.36%**.
3. Hasil pengujian tarik dalam kategori nilai Tegangan, spesimen III merupakan nilai yang tertinggi yakni mempunyai nilai sebesar ( ) **550.37 N/mm<sup>2</sup>**, spesimen I mempunyai nilai sebesar ( ) 539.40 N/mm<sup>2</sup>, spesimen II mempunyai nilai sebesar ( ) 523.71 N/mm<sup>2</sup>, spesimen IV mempunyai nilai sebesar ( ) 482.94 N/mm<sup>2</sup>, dan spesimen V mempunyai nilai sebesar ( ) 440.61 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai rata-rata dari tegangan yaitu sebesar ( ) 507.40 N/mm<sup>2</sup>.

4. Hasil pengujian tarik dalam kategori nilai Regangan maka spesimen III merupakan nilai yang tertinggi yakni mempunyai nilai sebesar ( ) **45.61%**, spesimen I mempunyai nilai sebesar ( ) 24.57%, spesimen II mempunyai nilai sebesar ( ) 45.09%, spesimen IV mempunyai nilai sebesar ( ) 32.46 %, dan spesimen V mempunyai nilai sebesar ( ) 34.04 %, sedangkan nilai rata-rata dari regangan yaitu sebesar ( ) 36.36 %.
5. Nilai tertinggi Modulus Elastisitas pada penelitian ini berada pada spesimen I yang mempunyai nilai sebesar (E) **21.97 GPa**, spesimen II mempunyai nilai sebesar (E) 11.62GPa, spesimen III mempunyai nilai sebesar (E) 12.07GPa, spesimen IV mempunyai nilai sebesar (E) 14.88 GPa, dan spesimen V mempunyai nilai sebesar (E) 12.95GPa, sedangkan nilai rata-rata dari Modulus Elastisitas yaitu sebesar (E) 14.70GPa.

## **B. Saran**

Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya ada beberapa saran yang diperhatikan yaitu:

1. Penggunaan baja karbon rendah ST 37 sebaiknya harus dipilih sesuai dengan kebutuhan lapangan, karena nilai Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas tidak selalu sama.
2. Dalam melakukan pengujian untuk pengelasan sebaiknya pengelasan harus dilakukan oleh seseorang yang mempunyai skill dan sertifikat las sehingga hasil pengelasan mempunyai kualitas yang bagus.

3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya meneruskan pengujian spesimen ini untuk proses pengujian uji mikro untuk mengetahui struktur yang ada setelah dilakukan proses pengelasan.
4. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan penelitian yang relevan dan mampu untuk mengembangkan menjadi beberapa pengujian pada spesimen.
5. Untuk penelliti selanjutnya waktu dan finansial harus tetap dikontrol agar penelitian dapat berjalan sesuai target yang direncanakan.