

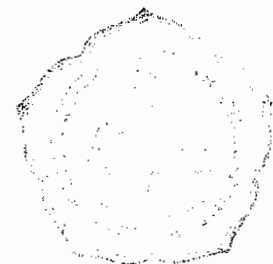
PENGARUH LAS MAG DAN TIG TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PELAT BODI MOBIL

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik mesin**



**Disusun oleh :
STEFANUS HENDARTO YUWONO
NIM : 98 5214 092**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2005**

THE INFLUENCE OF MAG AND TIG WELDING ON TENSILE STRENGTH, HARDNESS AND MICRO STRUCTURE OF CAR BODY PLATE

FINAL PROJECT

**Presented as Partial Fulfillment of the
Requirements to Obtain the Sarjana Teknik
Degree in Mechanical Engineering**



By
STEFANUS HENDARTO YUWONO
Student Number : 98 5214 092

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
SANATA DHARMA UNIVERSITY
YOGYAKARTA
2005**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LAS MAG DAN TIG TERHADAP
KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR
MIKRO PELAT BODI MOBIL**

**Disusun oleh :
Stefanus Hendarto Yuwono
NIM : 98 5214 092**

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Budi Setyahandana, S.T., M.T.

Tanggal : 18 Juli 2005

TUGAS AKHIR

PENGARUH LAS MAG DAN TIG TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PELAT BODI MOBIL

Dipersiapkan dan ditulis oleh :
Stefanus Hendarto Yuwono
NIM : 98 5214 092

Telah dipertahankan di depan panitia penguji
Pada tanggal 20 Juli 2005
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Susunan panitia penguji

Ketua : I Gusti Ketut Puja, S.T, M.T.

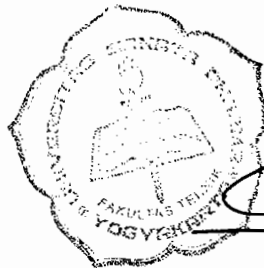


Sekretaris : Wibowo Kusbandono, S.T, M.T.

benar


Anggota : Budi Setyahandana, S.T, M.T.

Yogyakarta, 25 Juli 2005
Fakultas Teknik
Universitas Sanata Dharma
Dekan



(Ir. Greg Heliarko, S.J., S.S., B.S.T., M.A., M.Sc.)

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Mei 2005
Penulis

Stefanus Hendarto Yuwono

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. *Tuhan Yesus Kristus*
2. *Bapak dan Ibu Florensius Marjono yang tidak pernah berhenti mendukung saya dengan doa dan materi.*
3. *Gregorius Amadeo Abdiel Pandita dan Teresa Nina yang selalu setia menemani saya dalam menyelesaikan studi.*
4. *Hendro dan Hendri yang selalu memberi suport, moril dan materiil.*
5. *Ibu M. Harsini, terima kasih atas doa-doanya.*
6. *Semua kerabat yang banyak membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini*
7. *Diri saya sendiri*
8. *Temân-temân semua*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat yang dianugerahkan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Terwujudnya penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, oleh karena itu sudah sepantasnya penulis menghaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Budi Setyahandana, S.T., M.T., dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktu memberi bimbingan dan pengarahan sampai Tugas Akhir ini selesai.
2. Bapak Ir. FA.Rusdi Sambada, M.T., dosen pembimbing akademik angkatan 1998 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
3. Seluruh Dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta yang telah memberi ilmusebagai dasar yang sangat berguna bagi penulis.
4. Seluruh karyawan Laboratorium Teknik Mesin yang telah sudi memberi bantuan informasi dan penggunaan peralatan yang digunakan.
5. Kedua orang tua, kakak dan adik yang telah memberikan bantuan moril dan materiil selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

6. Semua teman-teman Angkatan 1998 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta atas semua bantuan yang telah penulis terima.
7. Penghuni kost bu Domo (Agus, josa, gerard) yang memberikan bantuan hiburan dan fasilitas bagi penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha maksimal agar dapat terselesaikan dengan sempurna. Namun penulis mengertimasih ada hal-hal yang jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan yang terdapat dalam penulisan ini. Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca demi perbaikan di kemudian hari.

Penulis

ABSTRACT

This study was aimed to find out the effect MAG and TIG welding toward the physical and mechanical characteristic in example tensile strength, hardness and micro structure of car body plate. Plate A had the following substances: (C 0.18%, Mn 0.592%, P 0.018%, Si < 0.002%). Plate B (C 0.048%, Mn 0.198%, P 0.014%, Si < 0.002%). Plate C (C 0.04%, Mn 0.025%, P 0.012%, Si 0.001%). The steel material was in form of thin plate with 0.8 mm.

The study of physical and mechanical characteristic of steel plate was carried out in two stages. The first was tested before welding and the second stage was tested after welding. The welding was using MAG (Metal Active Gas) and TIG (Tungsten Inert Gas) arch weld with constant variable. The tensile test was using Gotech Testing Machine with maximum burden of 1000 kg. The hardness testing was using Vickers Microhardness testing with burden of 1 kgf. The micro structure of the material observed was using a microscope and camera to take pictures of material's micro structure.

The result of the study showed increasing tensile strength (after the welding) in Plate A and Plate C about 4 % - 12 %, while the reduce of tensile strength shown in plate B about 32 %. The result of hardness testing showed an increase of hardness in all of the plate. In HAZ (Heat Affected Zone) area the micro structure formed was very dense between the ferrite matrix and pearlite matrix with very soft grain pattern and unclear HAZ area limit. In the welding area, there were still black holes causing porous.

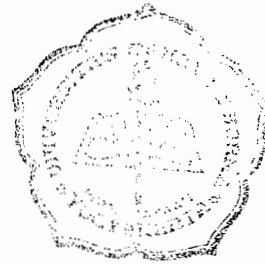
INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh las MAG dan TIG terhadap sifat fisis dan mekanis yang meliputi kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro pada pelat bodi mobil. Pelat yang digunakan pada mobil adalah pelat A mempunyai kandungan unsur: (C 0,18%, Mn 0,592%, P 0,018%, Si < 0,002%) , pelat B (C 0,048%, Mn 0,198%, P 0,014%, Si < 0,002%), dan pelat C (C 0,04%, Mn 0,025%, P 0,012%, Si 0,001%). Pelat baja berupa pelat tipis dengan ketebalan 0,8 mm.

Penelitian sifat-sifat fisis dan mekanis pelat baja dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian sebelum pengelasan dan tahap kedua adalah pengujian sesudah pengelasan. Pengelasan menggunakan las busur MAG (Metal Active Gas) dan TIG (Tungsten Inert Gas) dengan variabel konstan. Uji tarik menggunakan Gotech Testing Machine dengan beban maksimal 1000 kg. Pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan Vickers Microhardness dengan pembebanan 1 kgf. Struktur mikro bahan diteliti menggunakan mikroskop yang dilengkapi dengan kamera yang berguna untuk mengambil gambar struktur mikro bahan.

Terjadi kenaikan kekuatan tarik setelah pengelasan pada pelat A sekitar 12 % dan pelat C sekitar 4 %, sedangkan penurunan kekuatan tarik ditunjukkan pada pelat B sekitar 32 %. Hasil uji kekerasan menunjukkan kenaikan kekerasan dari ketiga macam pelat. Pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) struktur mikro yang terbentuk sangat rapat antara matrik ferrit dan perlit dengan susunan butiran sangat halus dan batasan daerah HAZ yang tidak jelas. Pada daerah sambungan las masih terdapat lubang-lubang hitam atau bopeng-bopeng yang menyebabkan keropos.

DAFTAR ISI



	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR NOTASI / LAMBANG	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan masalah	1
1.3 Tujuan penelitian	3
1.4 Batasan masalah	4
BAB II : LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengetian baja	5

2.2	Proses produksi baja	6
2.3	Struktur mikro besi dan baja	6
2.3.1	Diagram fasa besi karbon	6
2.4	Klasifikasi baja	11
2.4.1	Baja karbon biasa	11
2.4.2	Baja paduan rendah	12
2.4.2.1	Pengaruh unsur-unsur paduan baja	13
2.5	Karakteristik fabrikasi dari baja karbon dan baja paduan	16
2.5.1	Mampu mesin	16
2.5.2	Mampu bentuk	16
2.5.3	Mampu las	17
2.6	Pengelasan	19
2.6.1	Las busur nyala listrik	22
2.6.2	Prinsip kerja	23
2.6.3	Elektroda	24
2.6.4	Standarisasi elektroda	25
2.6.5	Sifat-sifat penutup elektroda	26
2.7	Disain sambungan	29
2.7.1	Disain	30
2.8	Mesin las	34
2.8.1	Mesin las otomatis	34
2.8.2	Mesin las arus bolak-balik	35
2.8.3	Mesin las arus searah	36

2.8.3.1	Las TIG (Tungsten Inert Gas)	36
2.8.3.2	Daerah pemakaian las TIG	37
2.8.3.3	Las MAG (Metal Active Gas)	38
2.8.4	Mesin las titik	39
2.8.5	Pesawat las roda	40
2.8.6	Mesin las karbit	41
2.9	Pengujian baja	42
2.9.1	Pengujian bersifat merusak benda uji	43
2.9.1.1	Pengujian tarik	43
2.9.2	Pengujian bersifat tidak merusak benda uji	46
2.9.2.1	Pengujian kekerasan Vickers	46
2.9.2.2	Pengujian struktur mikro	48
 BAB III : PELAKSANAAN PENELITIAN		 50
3.1	Tahap penelitian	50
3.2	Persiapan bahan	50
3.3	Diagram alir penelitian	51
3.4	Pembuatan spesimen dan proses pengujian	51
3.4.1	Persiapan benda uji	51
3.4.2	Pengelasan	52
3.4.3	Uji tarik	53
3.4.4	Uji kekerasan	54
3.4.5	Uji struktur mikro	55

3.4.5.1 Pembuatan sampel uji	55
3.4.5.2 Proses pengujian	56
3.5 Analisa statistik data pengujian	56
BAB IV : HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Hasil pengujian tarik.	58
4.1.1 Spesimen awal tanpa pengelasan	58
4.1.2 Spesimen sambung las TIG	60
4.1.3 Spesimen sambung las MAG	64
4.2 Hasil pengujian kekerasan	66
4.2.1 Spesimen awal tanpa pengelasan	66
4.2.2 Spesimen sambung las TIG	67
4.2.3 Spesimen sambung las MAG	67
4.3 Hasil pengujian struktur mikro	67
4.3.1 Spesimen awal tanpa pengelasan	68
4.3.2 Spesimen sambung las TIG	69
4.3.3 Spesimen sambung las MAG	70
4.4 Pembahasan	72
4.4.1 Pengujian tarik	72
4.4.2 Pengujian kekerasan	74
4.4.3 Struktur mikro	75

BAB V : KESIMPULAN DAN PENUTUP	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Penutup	79
5.3 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	82

DAFTAR NOTASI / LAMBANG

ΔL	=	Pertambahan panjang, (mm)
L	=	Panjang benda uji, (mm)
l	=	Lebar spesimen, (mm)
ε	=	Regangan, (mm)
Ψ	=	Kontraksi, (mm^2)
A_0	=	Luas penampang benda uji, (mm^2)
A_f/A_U	=	Luas penampang akhir benda uji, (mm^2)
σ	=	Tegangan, (kgf/mm^2)
σ_p	=	Tegangan proporsional, (kgf/mm^2)
σ_y	=	Yielding stress (tegangan elastis), (kgf/mm^2)
σ_l	=	Tegangan luluh, (kgf/mm^2)
σ_t	=	Tegangan tarik, (kgf/mm^2)
σ_B	=	Tegangan patah, (kgf/mm^2)
HB	=	Nilai kekerasan Brinnel, (kgf/mm^2)
HV	=	Nilai kekerasan Vickers, (kgf/mm^2)
HRB	=	Nilai kekerasan Rockwell dengan peluru, (kgf/mm^2)
HRC	=	Nilai kekerasan Rockwell dengan kerucut, (kgf/mm^2)
F	=	Gaya desak intan, (kgf)
d	=	Diameter bekas pijakan intan, (μm)

P = Gaya desak intan pada spesimen, (kgf)

σ = Standart deviasi sampel

d_i = Penyimpangan atau deviasi

x_m = Purata data sampel

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
4.1	Deviasi data eksperimen pelat A	58
4.2	Rasio deviasi terhadap deviasi standar	58
4.3	Deviasi data baru	59
4.4	Hasil uji tarik pelat A	59
4.5	Hasil uji tarik pelat A setelah analisa	59
4.6	Hasil uji tarik pelat B	60
4.7	Hasil uji tarik pelat C	60
4.8	Deviasi data sambung las TIG pelat A	60
4.9	Rasio deviasi terhadap deviasi standar	61
4.10	Deviasi data baru	61
4.11	Hasil uji tarik pelat A sambung las TIG	62
4.12	Hasil uji tarik pelat A sambung las TIG setelah analisa	62
4.13	Hasil uji tarik pelat A sambung las TIG	62
4.14	Deviasi data sambung las TIG pelat C	63
4.15	Rasio deviasi terhadap deviasi standar	63
4.16	Deviasi data baru	64
4.17	Hasil uji tarik pelat C sambung las TIG	64
4.18	Hasil uji tarik pelat A sambung las TIG setelah analisa	65
4.19	Hasil uji tarik pelat A sambung las MAG	65
4.20	Deviasi data sambung las MAG pelat B	65
4.21	Rasio deviasi terhadap deviasi standar	65
4.22	Deviasi data baru	66
4.23	Hasil uji tarik pelat B sambung las MAG	66
4.24	Hasil uji tarik pelat B sambung las MAG setelah analisa	67
4.25	Hasil uji tarik pelat C sambung las MAG	67
4.26	Hasil uji kekerasan tanpa pengelasan	67
4.27	Hasil uji kekerasan dengan pengelasan TIG	68
4.28	Hasil uji kekerasan dengan pengelasan MAG	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Diagram fasa besi-karbon	7
2.2	Stuktur mikro baja karbon	10
2.3	Skema proses las tempa	20
2.4	Peralatan las busur nyala listrik, th 1885	23
2.5	Berbagai bentuk sambungan	30
2.6	Lasan grove	32
2.7	Macam dan jenis kampuh penyambungan ujung	33
2.8	Mesin las otomatis	35
2.9	Mesin las arus bolak (AC)	36
2.10	Skema las tungsten (TIG)	38
2.11	Skema las busur gas (MAG)	39
2.12	Mesin las titik tetap	40
2.13	Mesin las titik yang dapat dipindah-pindah	40
2.14	Mesin las roda	41
2.15	Tabung gas	41
2.16	Mesin las karbit	42
2.17	Diagram hubungan σ dan ϵ uji tarik benda liat	44
2.18	Uji struktur mikro	49
3.1	Diagram alir penelitian	51
3.2	Spesimen uji tarik	52
3.3	Spesimen uji kekerasan	54
3.4	Spesimen uji struktur mikro	56
4.1	Foto struktur mikro pelat baja A	69
4.2	Foto struktur mikro pelat baja B	69
4.3	Foto struktur mikro pelat baja C	69
4.4	Foto struktur mikro sambungan las TIG pelat A	70
4.5	Foto struktur mikro sambungan las TIG pelat B	70

4.6	Foto struktur mikro sambungan las TIG pelat C	70
4.7	Foto struktur mikro sambungan las MAG pelat A	71
4.8	Foto struktur mikro sambungan las MAG pelat B	71
4.9	Foto struktur mikro sambungan las MAG pelat C	71
4.10	Grafik hasil pengujian tarik pelat baja	72
4.11	Grafik hasil pengujian kekerasan pelat baja	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan teknologi dewasa ini khususnya di bidang industri mengakibatkan banyak pula komponen-komponen logam yang dibutuhkan. Komponen-komponen logam yang diperlukan tersebut tentunya harus memiliki sifat-sifat yang baik. Kebutuhan akan bahan dengan sifat yang baik itulah yang mendorong penulis ingin mempelajari tentang keliatan, kekerasan dan struktur mikro suatu bahan. Dalam tugas akhir ini, penulis meneliti tiga jenis pelat pada kendaraan berbeda yang digunakan pada bodi kendaraan.

Penggunaan baja dalam bidang teknik, sering mengalami suatu problem atau masalah. Sebagai contoh, jika baja tersebut berfungsi sebagai bodi kendaraan dalam hal ini mobil dan mengalami kerusakan akibat suatu benturan atau adanya korosi, terjadi kecenderungan untuk menyambung atau menempel pelat baru dengan cara mengelas. Hal tersebut terjadi karena biaya operasional untuk mereparasi hanya pada bagian yang rusak lebih murah dibanding membeli komponen bodi yang baru.

1.2 Perumusan Masalah

Pada umumnya baja yang telah diproduksi, khususnya yang diperdagangkan di Indonesia telah memiliki standar internasional khususnya hak paten, misalnya standard menurut AISI, JIS, DIN, AFNOR, ASSAB, ODS, dan lain-lain. Hal ini

dilakukan untuk memudahkan penentuan jenis dan golongan baja. Baja yang telah diproduksi tersebut mengalami suatu pengujian sebelum hasil produk dipatenkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis komposisi kimia penyusun, tingkat kekerasan, kekuatan tarik, temperatur hardening dan sebagainya.

Sifat-sifat khas bahan industri dalam hal ini baja, perlu dikenal secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai kondisi. Sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, termasuk dalam hal ini : sifat-sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, ketangguhan, keuletan, kepekaan takikan atau kekuatan impak dan sebagainya), sifat-sifat listrik (hantaran listrik dielektrisitasnya dan sebagainya), sifat-sifat magnetnya (permeabilitas, koersivitas, histresis, dan sebagainya), sifat-sifat thermal (panas jenis, pemuaian, konduktivitas, dan sebagainya), sifat-sifat kimianya (reaksi kimia, kombinasi, segregasi, ketahanan korosi, dan sebagainya), sifat-sifat fisik (ukuran, massa jenis, struktur mikro, dan sebagainya), sifat-sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras, mampu las, dan sebagainya) dan masih banyak lagi lainnya.

Kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom-atom yang membentuk bahan, yaitu unsur-unsur dan komposisinya. Sebagai contoh, kadar suatu unsur yang sangat rendah terabaikan dalam suatu ketakmurnian bahan memberikan pengaruh terhadap sifat-sifatnya, sifat-sifat mekanik yaitu kekuatannya demikian juga sifat ketahanan korosi termasuk reaksi kimianya, dipengaruhi oleh adanya sedikit ketakmurnian, inklusi atau cacat mikro.

Bertitik tolak dari permasalahan tersebut, dalam penulisan ini penulis akan mengulas, membahas dan membandingkan tiga jenis pelat pada kendaraan yang berbeda. Ketiga macam pelat baja ini digunakan pada bagian bodi kendaraan. Pelat A mempunyai kandungan unsur sebagai berikut : (C 0,18%, Mn 0,592%, P 0,018%, Si < 0,002%) . Pelat B (C 0,048%, Mn 0,198%, P 0,014%, Si < 0,002%). Pelat C (C 0,04%, Mn 0,025%, P 0,012%, Si 0,001%). Mengingat bahwa tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik, disini arti mampu las yang baik yaitu apakah logam tersebut dapat dapat dengan mudah disambung dengan las, atau harus mendapat perlakuan khusus dalam pengelasan, misalnya harus dipanaskan dahulu atau tidak.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh las MAG dan TIG terhadap kekuatan tarik pelat baja bodi mobil.
2. Mengetahui pengaruh las MAG dan TIG terhadap kekerasan pelat baja bodi mobil.
3. Mengetahui pengaruh las MAG dan TIG terhadap struktur mikro pelat baja bodi mobil.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini tidak semua jenis sifat fisis dan mekanis diteliti. Penelitian sifat mekanis hanya meliputi: kekuatan tarik, kekerasan, sifat fisis hanya struktur mikro. Pengujian-pengujian ini dilakukan pada kondisi sebelum dan sesudah pengelasan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Baja

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi (Fe), karbon (C) dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

Besi dan baja merupakan logam yang banyak dipakai dan digunakan dalam dunia teknik, dan meliputi 95% dari seluruh produksi logam dunia, baik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang profil dan sebagainya. Untuk penggunaan tertentu, besi dan baja merupakan satu-satunya logam yang memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomis, tetapi yang paling penting karena sifat-sifatnya yang bervariasi. Yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras dan tajam sekalipun pisau potong dapat dibuat, atau apa saja dengan bentuk struktur logam dapat dibuat dengan metode pengecoran. Dari unsur besi (Fe) berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, itulah sebabnya mengapa besi dan baja disebut bahan yang kaya dengan sifat-sifat. Namun di beberapa bidang lainnya logam ini mulai mendapat persaingan dari logam bukan besi. Diperkirakan bahwa besi telah dikenal manusia disekitar tahun 1200 SM.

2.2 Proses produksi baja

Untuk memproduksi baja dapat ditempuh dengan cara pengecoran (*casting*), atau cara metalurgi serbuk (*powder metalurgy*). Pengecoran dilakukan dengan cara melebur biji besi yang diperoleh dari tambang dalam dapur tinggi (*blast furnance*). Dengan cara metalurgi serbuk kembali baja *scraps* dalam dapur pengolahan baja (*steel furnance*) atau melebur kembali baja *scraps* dalam dapur pengolahan baja (*steel furnance*). Dengan cara metalurgi serbuk (*powder metalurgy*), baja diperoleh dengan cara memadatkan (*compacting*) campuran serbuk besi lainnya dalam suatu wadah tertentu dan selanjutnya dilakukan pemanasan (*sintering*) terhadap hasil *compacting*.

2.3 Struktur mikro besi dan baja

2.3.1 Diagram fasa besi karbon

Diagram besi-karbon disebut juga diagram fasa atau diagram keseimbangan antara dua fasa, yaitu: larutan padat α yang disebut "*ferrit*" dan senyawa logam Fe_3C yang disebut "*cementite*". Paduan besi-karbon ini sebagai dasar dari bahan yang berupa besi baja. Selain karbon pada besi dan baja terkandung kira-kira 0,25%Si, 0,3-1,5%Mn dan unsur pengotor lain seperti P, S, dan sebagainya. Karena unsur-unsur ini tidak memberikan pengaruh utama pada diagram fasa, maka diagram tersebut dapat dipergunakan tanpa menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut. Titik-titik penting pada diagram fasa ini adalah:

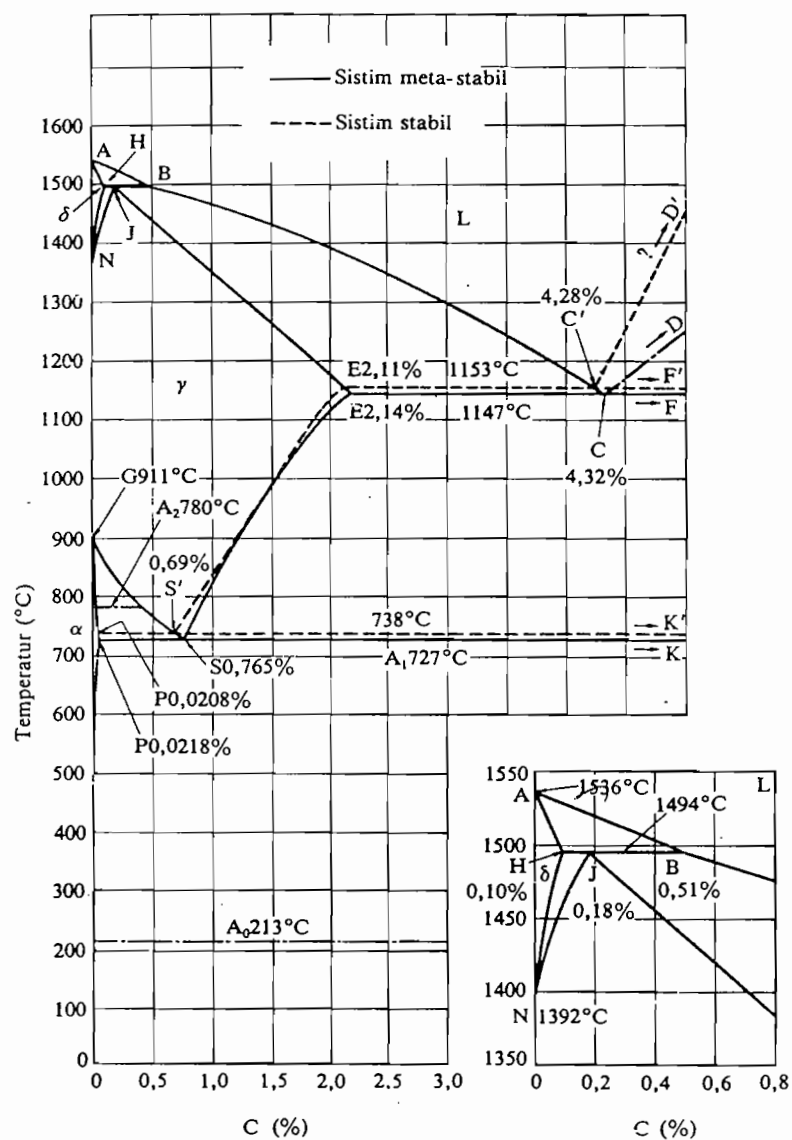
A : Titik cair besi

B : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik

H : Larutan padat α yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik.

Kelarutan karbon maksimum adalah 0,1%.

G : Titik transformasi γ dari dan ke α . Titik transformasi A_3 untuk besi.

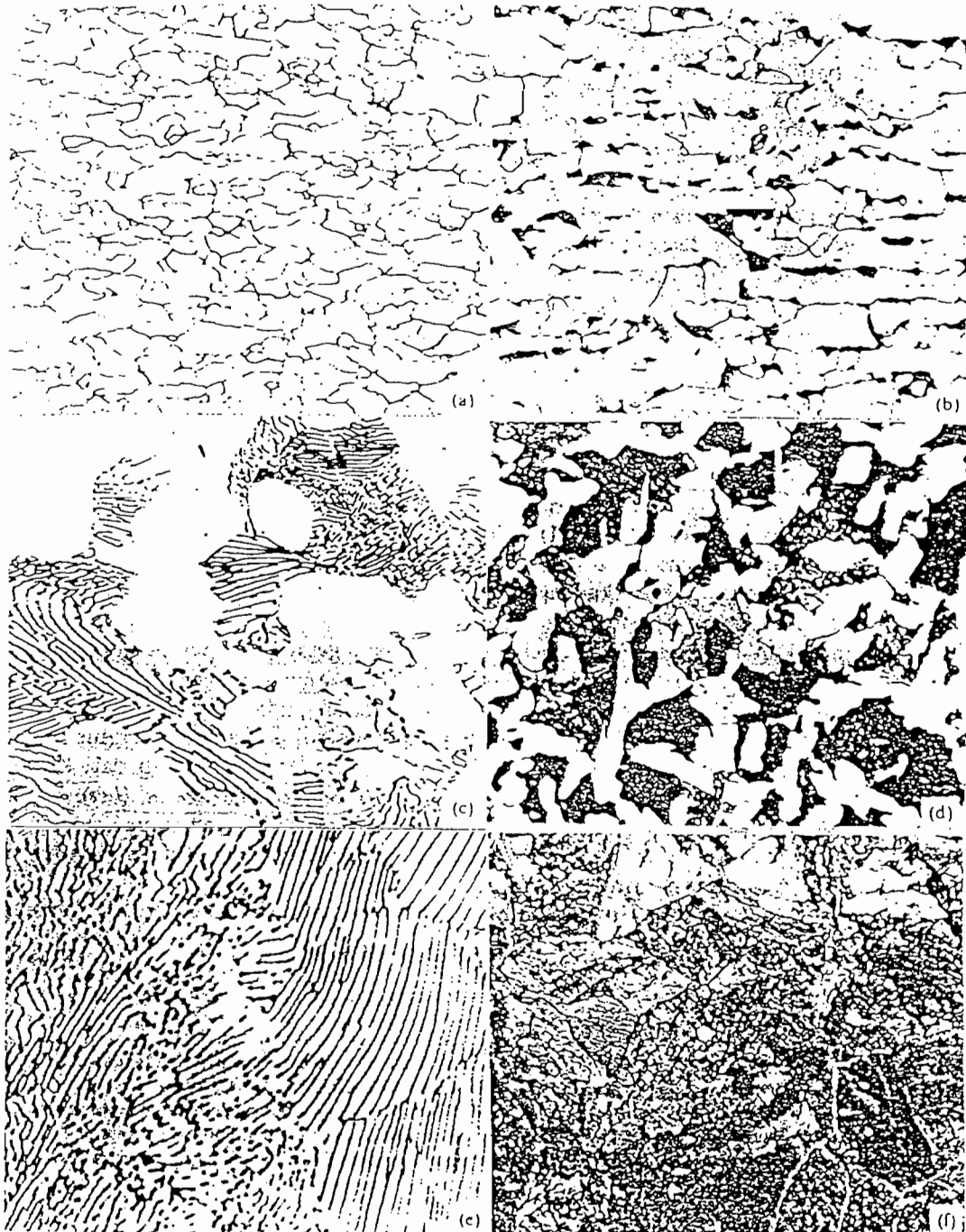


Gambar 2.1 Diagram fasa besi-karbon
(Surdia, T., Pengetahuan Bahan Teknik, hal 70)

- J : Titik peritektik. Selama pendinginan austenit pada komposisi J, fasa γ terbentuk dari larutan padat δ pada komposisi H dan cairan pada komposisi B.
- N : Titik transformasi dari besi δ dari dan ke besi γ , titik transformasi A_4 dari besi murni.
- C : Titik autektik, selama pendinginan fasa γ dengan komposisi E dan sementit pada posisi F (6,67%C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa eutektik ini disebut ledeburit.
- E : Titik yang menyatakan fasa γ , ada hubungan dengan reaksi eutektik. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14%. Paduan besi karbon sampai pada posisi ini disebut baja.
- P : Titik yang menyatakan ferit, fasa α , ada hubungan dengan reaksi eutektoid. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 0,02%C.
- S : Titik eutektoid. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan sementit pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari austenit pada komposisi S. Reaksi eutektoid ini dinamakan transformasi A_1 , dan fasa eutektoid ini dinamakan perlit.
- GS : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dan komposisi, dimana mulai terbentuk ferit dari austenit. Garis ini disebut garis A_3 .
- ES : Garis yang menyatakan hubungan antara temperatur dan komposisi, dimana mulai terbentuk sementit dari austenit, dinamakan garis A_{cm} .
- A_2 : Titik transformasi magnetic untuk besi atau ferit.

A_0 : Titik transformasi magnetic untuk sementit.

Baja yang berkadar karbon sama dengan komposisi eutektoid dinamakan baja eutektoid, yang berkadar karbon kurang dari komposisi eutektoid disebut baja hypoeutektoid, dan yang berkadar karbon lebih rendah dari komposisi eutektoid disebut baja hypereutektoid.



Gambar 2.2 : Struktur mikro baja karbon
(Surdia, T., Pengetahuan Bahan Teknik, hal 71)

2.4 Klasifikasi Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Berdasarkan unsur paduannya, klasifikasi baja mengikuti SAE (*Society of Automotive Engineers*) dan AISI (*American Iron and Steel Institute*), seperti tabel klasifikasi baja (terlampir).

Macam-macam kategori baja diantaranya sebagai berikut :

- a. Baja karbon biasa (*plain-carbon steel*)
- b. Baja paduan rendah (*high-strength, low alloy steel*)
- c. *Low-alloy steel structural steel*
- d. Baja tahan karat (*stainless steel*)
- e. Baja tuang / cor (*cast steel*)
- f. Baja perkakas (*tool steel*)
- g. Baja penggunaan spesial / khusus (*special purpose steel*)

2.4.1 Baja karbon biasa

Baja karbon biasa merupakan jenis baja yang paling awal dikenal orang. Baja ini mempunyai komponen utama Fe dan C, baja ini dibedakan lagi menjadi :

1. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon berkisar 0,05 – 0,30%.
2. Baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,30 – 0,50%.
3. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon lebih besar dari 0,5%.

Sifat umum baja karbon berdasarkan kadar % C :

1. Baja karbon rendah (0,05 – 0,3%)
 - a. Kekuatan sedang, liat dan tangguh tapi lunak.
 - b. Untuk komponen dengan tegangan rendah.
 - c. Mudah dimesin dan dilas.
2. Baja karbon sedang (0,3 – 0,6%)
 - a. Lebih keras dari pada baja karbon rendah.
 - b. Lebih kuat dan tangguh.
 - c. Sifat dapat dirubah dengan *heat treatment*.
3. Baja karbon tinggi (0,6 – 0,95%)
 - a. Lebih keras tetapi kurang liat dan tangguh.
 - b. Dapat di *heat-treatment* untuk memperkeras dan mempertinggi ketahanan aus.
 - c. Untuk $C > 0,96\%$ digunakan untuk *tool steel*.

2.4.2 Baja paduan rendah

Baja paduan rendah mengandung unsur-unsur paduan sebagai elemen tambahan pada Fe dan C. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa : Mn (Mangan), Ni (Nickel), Cr (Kromium), Mo (Molibden), Si (Silikon) dan lain-lain. Umumnya kandungan masing-masing elemen paduan lebih kecil dari 5 %. Baja ini pada umumnya mendapat perlakuan panas (*heat treatment*) oleh pabrik pembuatnya.

Baja paduan dipisah menjadi :

1. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus $< 8,0\%$)
2. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus $> 8,0\%$)

Pada umumnya baja paduan memiliki :

1. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik.
2. Kemampuan kekerasan sewaktu dicelup kedalam minyak atau udara, dan dengan demikian kemungkinan retak atau distorsinya kurang.
3. Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung pada jenis paduannya.
4. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti sifat fisisnya tidak banyak berubah.
5. Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi, seperti butir yang halus.

Maksud penambahan unsur-unsur paduan :

1. Meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja.
2. Memperbaiki sifat-sifat baja.

2.4.2.1 Pengaruh Unsur-unsur Paduan Baja

Dibawah ini merupakan pengaruh unsur-unsur paduan pada baja antara lain :

a. Unsur paduan Karbon (C)

Karbon dengan unsur-unsur lain membentuk karbid kecuali dengan Ni dan Mn, yang bersifat keras tapi getas, tahan goresan dan tahan suhu.

b. Unsur paduan Molibden (Mo) dan Wolfram (W)

Molibden dan wolfram menambah kekerasan dan kekuatan terutama pada suhu tinggi serta menambah mampu keras.

c. Unsur paduan Sulfur (S) dan Phospor (P)

Semua baja mengandung unsur S dan P. Unsur-unsur ini sebagian berasal dari kotoran yang terbawa dari biji besi sebelum diolah dalam dapur tinggi. Kadar S dan P harus dibuat sekecil mungkin karena akan menurunkan kualitas dari baja. Kadar S dalam jumlah banyak menjadikan baja rapuh pada suhu tinggi sedangkan unsur P menjadikan baja rapuh pada suhu rendah. Kadang-kadang unsur P perlu ditambahkan agar mudah dikerjakan dengan mesin perkakas dan juga untuk mendapatkan ukuran tatal lebih kecil ketika dikerjakan dengan mesin otomatis.

d. Unsur paduan Mangan (Mn)

Semua baja mengandung unsur mangan, karena Mn sangat diperlukan dalam pembuatan baja. Kadar Mn lebih kecil dari 0,6% tidak dianggap sebagai unsur paduan sebab tidak mempengaruhi sifat baja secara menyolok. Bila kadar Mn rendah dapat juga menurunkan kecepatan pendinginan kritis.

e. Unsur paduan Silikon (Si)

Unsur Si selalu terdapat dalam baja walaupun dalam jumlah yang sangat kecil. Si memberikan sifat mampu las dan mampu tempa. Silikon dapat menurunkan laju perkembangan gas sehingga

mengurangi pori-pori baja. Unsur Si dapat juga menaikkan tegangan tarik, menurunkan kecepatan pendinginan kritis.

Unsur-unsur paduan pada baja dapat digolongkan menjadi :

1. Membuat baja lebih kuat dan ulet yang bereaksi dengan Fe seperti Ni, Mn, Cr dan Mo.
2. Membuat baja lebih keras jika bereaksi dengan C seperti Cr, W, Mo, V.

Penggolongan 1 terutama digunakan untuk baja konstruksi, sedang 2 terutama digunakan untuk baja perkakas dan baja pembentuk seperti pembentuk huruf nama.

Dari segi ilmu bahan, unsur-unsur paduan pada baja akan memberi pengaruh dalam hal :

1. Perubahan struktur fcc – bcc, suhu kritis akan berpindah ke atas (Cr, W, Mo, Si) atau ke bawah (Ni, Mn). Penyimpangan diagram sebanding dengan kadar unsur-unsur paduan yang terdapat pada baja. Peningkatan cukup banyak kadar Mn dan Ni (12 – 14%) dapat mengubah suhu kritis bawah, di bawah suhu kamar.
2. Titik eutektik (titik dimana suhu kritis atas dan bawah berada pada tempat yang sama) akan bergeser ke kiri pada diagram Fe-C.
3. Kecepatan pendinginan kritis akan lambat.

Pengaruh spesifik unsur paduan pada baja dapat dilihat pada tabel pengaruh unsur-unsur paduan pada baja (lampiran).

2.5 Karakteristik fabrikasi dari baja karbon dan baja paduan.

2.5.1 Mampu mesin

1. Baja karbon rendah (0,05 – 0,3%)

Machinability rating 55% - 60% dari C1112 (AISI), hal ini dikarenakan baja jenis ini memiliki sifat lunak dan ulet selama dipotong baja ini timbul panas yang perlu diperhatikan karena bisa menimbulkan kecenderungan untuk terjadinya *built up* disisi potong dari pahat. Sehingga pemotongan menjadi tidak efesiensi.

2. Baja karbon sedang (0,3% - 0,6%)

Machinability rating 55% - 70% dari B1112 (AISI). Baja dengan karbon sedang dapat dipotong lebih baik/mudah dibandingkan baja karbon rendah, tetapi gaya potong lebih besar.

3. Baja karbon tinggi (0,6% - 0,95%)

Machinability rating sedikit lebih rendah dibandingkan baja karbon sedang. Baja ini keras, tetapi jika dibutuhkan permukaan yang halus dan dimensi yang akurat dipergunakan baja ini.

2.5.2 Mampu bentuk

Mampu bentuk dari baja karbon rendah bagus. Semakin rendah kadar karbon dari suatu baja, maka semakin baik mampu bentuk dari baja tersebut. Untuk baja karbon sedang yang dibentuk dengan pengerolan dingin, memiliki keuletan rendah.

2.5.3 Mampu las

Konstruksi baja biasanya dibuat dengan jalan mengelas. Tidak dapat dihindari bahwa adanya perubahan sifat bahan disebabkan karena panas pada waktu pengelasan. Jadi didaerah pengelasan atau di daerah yang dipengaruhi oleh panas bisa terjadi pengerasan atau retakan. Derajat dari kesukaran, apakah sambungan dari lasan dapat memuaskan dan apakah konstruksi yang dibuat dengan jalan pengelasan dapat memenuhi maksud yang diinginkan, dinamakan mampu las. Hal yang terpenting, terutama terjadinya retakan atau terjadinya pengerasan atau turunnya keuletan pada sambungan las.

Antar muka antara logam penyambung dan logam induk pada daerah pengelasan dinamakan bagian pengikat, selanjutnya daerah yang dipengaruhi panas dari logam induk adalah daerah terpanaskan pada temperatur yang tinggi terdinginkan secara cepat yang menyebabkan daerah itu menjadi lebih keras. Baja karbon mempunyai mampu las yang baik, hanya jika presentase karbon dinaikkan, akan cenderung akan timbul *crack* (retak) dan mengeras pada saat dilas. Untuk menghindari terjadinya retak dan pengerasan, setelah pengelasan, maka untuk pengelasan medium dan high carbon steel perlu dilakukan *preheating* antara 500 - 600⁰F dan preheating antara 1100 - 1200⁰F, sehingga pembekuan yang cepat dapat dihindari.

Ada beberapa cara untuk mencegah retaknya lasan baja campuran. Pertama adalah pemanasan awal untuk menurunkan kecepatan pendinginan. Pemanasan awal biasanya sekitar 260⁰C yang dilakukan sepanjang pengelasan. Cara lain adalah meniadakan adanya kontak kawah dengan hidrogen. Pada las

elektroda terbungkus, hendaknya memakai elektroda dengan kadar hidrogen rendah.

Proses pengelasan bebas hidrogen bisa diperoleh melalui las busur terpendam dan las busur-gas (TIG atau MAG). Pemakaian gas pelindung seperti argon, helium atau CO₂ dapat membatasi kontak hidrogen terhadap kawah lasan.

Dapat disimpulkan bahwa pada pengelasan baja campuran hendaknya dihindari pendinginan cepat. Bila pendinginan berlangsung cepat akan terbentuk martensite dengan struktur kristal yang getas (brittle). Lasan atau daerah cair benda kerja mudah retak atau getas. Disain sambungan, dimensi benda kerja dan komposisi campuran juga mempengaruhi kecepatan pendinginan. Konstruksi benda kerja secara keseluruhan berpengaruh terhadap timbulnya beban dalam.

Klasifikasi baja mampu las :

- 1) Baja yang berubah hampir seluruhnya pada suhu tinggi menjadi ferrite dan cementite pada waktu pendinginan biasanya berubah saat dilas. Kelompok ini adalah baja karbon rendah dan sedang serta plain karbon. Biasanya baja ini tidak memerlukan pemanasan awal, apalagi bila menggunakan elektroda dengan kadar hidrogen rendah. Untuk benda kerja besar dan tebal diperlukan pemanasan awal antara 93 s/d 120⁰C.
- 2) Baja yang menjadi martensite pada waktu pendinginan biasanya berubah pada pengelasan benda besar bila tidak diberi pemanasan awal. Pemanasan awal sampai 240⁰C sudah cukup untuk menurunkan kecepatan pendinginan sehingga terjadi transformasi sebagian ke ferrite dan cementite. Kelompok ini adalah baja yang mengandung karbon antara 0,30 s/d 0,40% dan mangan 1 s/d

2%, baja campuran chromium s/d 1% dan molybdenum serta nickel kurang dari 1%.

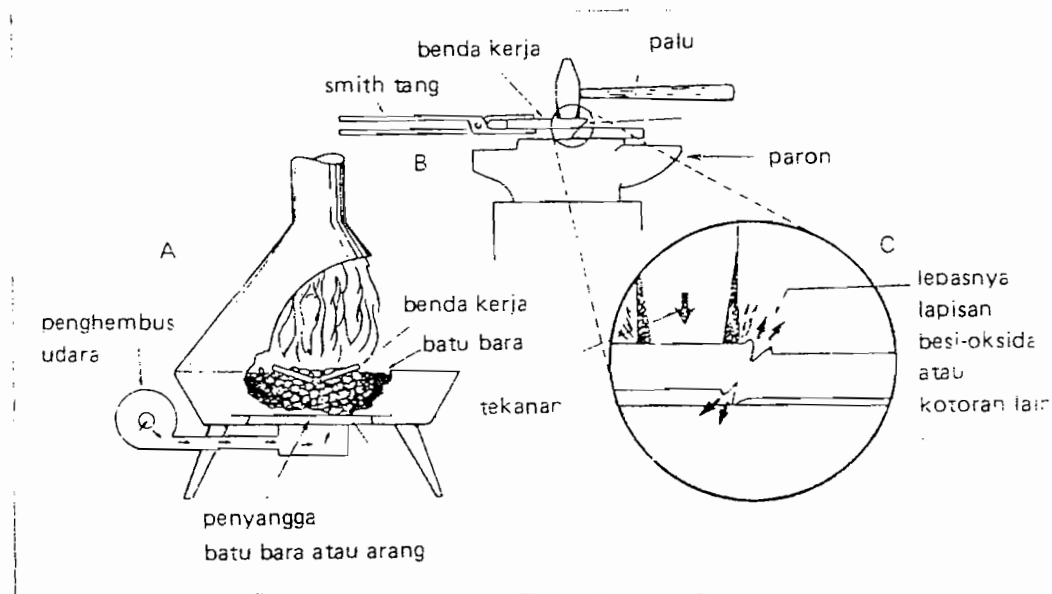
- 3) Baja yang hampir seluruhnya berubah menjadi martensite setelah pengelasan. Kekerasannya naik karena pendinginan yang cepat dan transformasi parsial kecuali diberi pemanasan awal. Pada pengelasan benda besar dengan restraint yang tinggi diperlukan pemanasan awal dan akhir. Masuk kelompok ini adalah baja yang mengandung Cr 2 s/d 9% Mo s/d 1%, baja chromium, baja martensite tahan karat, baja karbon tinggi dengan unsur campuran Ni – Cr – Mo, dan *high strength* Mn – Mo – V.
- 4) Baja campuran kadar tinggi dengan unsur campuran Cr – Ni, Cr – Ni – Mo, atau Cr – Ni – Mn austenic tahan karat. Pendinginan setelah pengelasan hampir tidak berpengaruh terhadap kualitas lasan. Retak mungkin timbul bila terjadi kesalahan kimiawi atau struktur kristalnya terlalu besar.

2.6 Pengelasan

Asal mula dipakainya las untuk menyambung logam berada jauh di abad perunggu dan sulit dilacak kapan istilah “LAS” (*WELD*) mulai dipakai. Pada tahun 3000 SM bangsa Mesopotamia telah menerapkan proses solder lunak. Tanduk rusa disolderkan sebagai relief hiasan. Dua ratus kemudian, 2800 SM, solder perak dipakai dalam proses pembuatan vas bunga di Entemena.

Beberapa ahli sependapat bahwa 4000 tahun yang lalu bangsa Mesir sudah mengenal cara menyambung logam dengan cara proses pemanasan dan penekanan. Salah satu bukti ditemukannya dilembah daerah kerajaan pada tahun

1922 yang mengisyaratkan bahwa peti jenazah Raja Tutankhaman diperkirakan dibuat sekitar tahun 1360 SM dengan melibatkan proses pengelasan. Contoh lain adalah patung raksasa Rhoudes setinggi 35 meter yang kini termasuk salah satu dari tujuh keajaiban dunia dibuat sekitar tahun 290 SM ternyata kerangkanya dibuat dari besi dengan konstruksi las. Satu lagi, sebuah pedang baja yang diperkirakan dibuat sekitar 1200 tahun yang lalu di Ukraina dan hingga kini masih baik juga merepkan proses las. Era awal perkembangan peradaban teknologi las diawali dengan diketemukannya proses las tempa.



Gambar 2.3 : Skema proses las tempa
(Alip, M., Teori dan Praktek Las, hal 2)

Dari tahun ke tahun pengelasan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin menyebut

pembangunan suatu pabrik atau mereparasi suatu komponen permesinan tanpa melibatkan unsur pengelasan. Peran las dalam produksi pun semakin hari semakin meningkat. Sebagai contoh, dalam proses produksi sarana transportasi, hampir semua orang mau tak mau pernah atau harus memakai sarana transportasi, las berperan sebagai proses penyambungan logam yang paling handal dalam dunia industri.

Prinsip daripada proses pengelasan dibagi dua yaitu :

1. Las penggabungan
2. Las bukan penggabungan

Las penggabungan dibagi menjadi dua yaitu :

1. Yang dibangkitkan secara listrik, jenis dan macam dari las dengan metode ini, diantaranya, seperti : *electron beam, inert gas, submerged arc, fluxcored arc, shielded metal arc, carbon arc, electro gas, plasma arc, atomoc hydrogen, laser beam* dan *stud welding*.
2. Yang dibangkitkan dengan energi kimia, jenis dan macam dari yang menggunakan metode ini, diantaranya seperti : *thermit welding, oxyacetylene*.

Las yang bukan penggabungan dibagi menjadi :

1. *Brazing*, jenis las dengan metode ini seperti : *torch, induction, resistance* dan *dip brazing*.
2. *Force welding*, jenis las dengan metode ini, dibagi lagi menurut sumber yang dipakai :

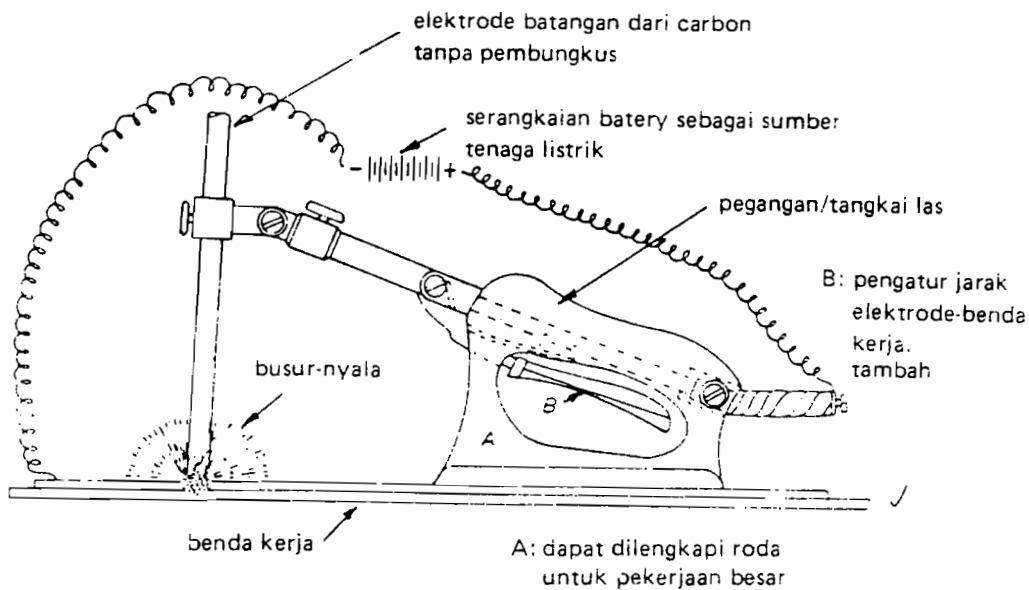
- a. Pembangkit energi kimia, seperti *black smith, explosive, water gas* dan *pressure gas welding*.
- b. Pembangkit energi mekanik, seperti : *friction, ultrasonic, cold* dan *pressure welding*.
- c. Pembangkit energi listrik, seperti : *resistance, flash* dan *electro slag welding*.

Namun untuk membatasi permasalahan penulis hanya akan membahas mengenai las listrik, sesuai dengan dalam pelaksanaan penelitian.

2.6.1 Las busur nyala listrik

Las busur nyala listrik ini, ditemukan sekitar awal abad 19, dengan memperkenalkan metode baru, yaitu las busur-nyala listrik (*Electric Arc Welding*) dengan elektroda karbon batangan tanpa pembungkus dengan menggunakan battery sebagai sumber tenaga listrik. Disain peralatannya pun masih sederhana. Kelemahan utama proses las listrik- karbon adalah oksidasi yang sangat tinggi pada lasan (lasan mudah karatan) sehingga las ini belum banyak dipakai.

Namun jenis las elektroda busur nyala api ini mampu bertahan cukup lama. Selama beberapa dekade las busur elektroda batangan mendominasi pasaran menggeser las oxy-acetylene karena kemampuannya lebih besar dan prosesnya lebih cepat. Terutama untuk benda-benda tebal. Keterbatasan las busur elektroda batangan adalah panjang elektroda relatif terbatas, sehingga setiap periode tertentu pengelasan harus berhenti mengganti elektroda. Efisiensi bahan tambah jauh dari 100% karena mesti ada keuntungannya.



Gambar 2.4 Peralatan las busur nyala listrik, th 1885
(copy of British patent, 1885)

2.6.2 Prinsip kerja

Pada dasarnya instalasi pengelasan busur logam terdiri dari bagian-bagian penting sebagai berikut :

1. Sumber daya, menggunakan arus bolak-balik (ac) atau arus searah (dc)
2. Kabel timbel las dan pemegang elektroda
3. Kabel balik las (bukan timbel hubungan ke tanah) dan penjepit
4. Hubungan ke tanah

Dua tipe arus las yang digunakan : arus bolak-balik (ac) yang mengubah dari negatif menjadi positif pada frekuensi jaringan dan arus searah (dc) yang mengalir hanya dalam satu arah.

Sumber jaringan ac tidak sesuai dengan pengelasan karena voltase terlalu tinggi dan arus terlalu rendah. Transformator digunakan untuk mengubah

ini ke nilai yang sesuai untuk pengelasan, yakni voltase rendah, kekuatan arus (ampere) tinggi, tapi masih merupakan arus bola-balik.

2.6.3 Elektroda

Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas, kawat elektroda dibedakan menjadi lima grup besar, yaitu :

1. Elektroda untuk baja lunak.
2. Elektroda untuk baja karbon tinggi.
3. Elektroda untuk baja paduan.
4. Elektroda untuk besi tuang.
5. Elektroda untuk logam non ferro.

Karena filler metal harus mempunyai kesamaan dengan logam induk, berarti tidak ada elektroda yang dapat dipakai untuk semua jenis pengelasan. Demikian pula untuk ukuran diameternya. Didalam kenyataannya pemilihan ukuran diameter tergantung pada perencanaan, ukuran las, posisi pengelasan, input panas serta pengalaman tukang las. Atau dengan kata lain bahwa tiap ukuran diameter elektroda mempunyai kaitan dengan besarnya amper yang harus lewat pada elektroda tersebut.

2.6.4 Standarisasi elektroda

Biasanya pabrik yang memproduksi elektroda untuk pengelasan, telah mengategorikan produk elektroda tersebut sesuai dengan kebutuhan, missal untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan dan lain-lain. Elektroda-

elektroda tersebut sebelum dipatenkan terlebih dahulu, dicek apakah suatu produk elektroda tersebut telah sesuai standar secara nasional maupun internasional. Banyak sertifikat standarisasi secara internasional, seperti standarisasi menurut : ASME, AWS, BS, DIN, ISO, NBN, NEN, NF dan lain sebagainya. Namun yang umum beredar dipasaran khususnya di Indonesia, standarisasinya menurut AWS (American Welding Society) dan BS (British Standard). Standarisasi ini dimaksudkan untuk memperlihatkan apakah pabrik telah memenuhi standar yang telah dikeluarkan untuk pekerjaan yang khusus. Bagian pertama pemberian kode adalah wajib (sampai dengan huruf penutup). Selebihnya dapat ditambahkan pada kebijaksanaan pabrik.

Sebagai contoh : kode lengkap E5133B16020(H)

Bagian wajib E5133B

Keterangan kode selengkapnya diberikan dalam tabel keterangan kode elektroda (lampiran).



2.6.5 Sifat-sifat penutup elektroda

Kode huruf A. Elektroda-elektroda tipe asam mempunyai penutup sedang atau tebal dan menghasilkan oksidasi besi/oksida mangan/terak silika, yang sifat metalurginya asam. Penutup terdiri dari, selain oksida besi atau mangan, suatu presentase besi mangan yang agak tinggi dan atau pereduksi. Terak mengeras dalam struktur sarang madu yang khas dan mudah terlepas. Tipe elektroda ini biasanya mempunyai tingkat peleburan yang tinggi dan dapat digunakan dengan

intensitas arus yang tinggi. Penetrasi akan baik khususnya, jika penutup tebal. Elektroda ini paling cocok untuk pengelasan dalam posisi mendatar akan tetapi dapat juga dipergunakan dalam posisi lain. Baik arus searah maupun bolak-balik dapat dipakai. Dengan elektroda tipe ini kemampuan las induk harus baik, karena jika tidak peretakan akibat pembekuan dapat terjadi. Kepekaan terhadap peretakan pembekuan terutama lebih ditandai dalam las horizontal vertikal atau las sudut tegak bila kadar karbon sebenarnya melampaui kira-kira 0,24%, baja yang dipukul lebih peka daripada baja yang dirim, dan bila kadar sulfur melampaui 0,05% pada baja yang dipukul dan 0,06% pada baja yang dirim.

Kode huruf AR. Elektroda tipe ini asam rutil biasa mempunyai suatu penutup yang tebal, yang menghasilkan suatu terak yang sangat menyerupai terak yang diuraikan dalam tipe A. Biasanya terak ini agak bersifat sulfida. Sifat-sifat tipe AR umumnya sangat menyerupai tipe A dalam semua aspek, keadaan yang berbeda adalah penutup yang mengandung titanium oksida, jumlahnya tidak lebih dari 35%. Diantara kedua tipe A dan AR, beberapa campuran mungkin terjadi, akan tetapi bila jumlah oksida lebih besar daripada jumlah total besi dan atau oksida mangan, penutup dianggap tipe AR. Jika sebagai ganti campuran oksida besi dan oksida titanium, ilmenit yang dipergunakan, aturan yang sama dikenakan.

Kode huruf B. Elektroda tipe dasar yang biasanya mempunyai penutup yang tebal yang mengandung jumlah kalsium yang banyak atau karbonat dasar lainnya dan fluorspar, sehingga secara metalurgi merupakan sifat dasarnya. Terdapat terak sedang tebal, yang sering kali berwarna coklat sampai coklat tua dan mempunyai rupa yang megkilap. Mudah terlepas, dan karena dengan cepat

ke permukaan las, termasuknya terak tidak mungkin terjadi. Tipe elektroda jenis ini menghasilkan suatu busur api untuk penetrasi rata-rata, dan secara umum cocok untuk pengelasan dalam segala posisi. Tipe ini sering dipergunakan untuk arus searah, elektroda positif, akan tetapi ada elektroda yang dapat digunakan pada arus bolak-balik.

Karena logam yang mengendap bersifat melawan terhadap pembekuan dan peretakan dingin, elektroda ini khususnya cocok untuk pengelasan bagian-bagian berat dan struktur baja yang sangat kaku. Juga dianjurkan untuk pengelasan baja tarik sedang dan baja kadar karbon dan sulfurnya lebih tinggi daripada baja karbon yang berkualitas mampu las baik. Penutup elektroda dasar haruslah sangat kering, karenanya elektroda ini perlu disimpan didalam tempat yang sangat kering atau, jika elektroda ini sudah menghisap air, dikeringkan sebelum digunakan, sesuai dengan rekomendasi pabrik. Ini menjamin logam yang mengendap akan memiliki kadar hydrogen yang rendah, dan berkurangnya resiko keretakan lapisan bawah pada waktu pengelasan baja mungkin memperlihatkan suatu pengerasan yang nyata didaerah yang dipengaruhi panas.

Kode huruf C. Elektroda dari tipe ini selulosa yang mempunyai suatu penutup yang mengandung sejumlah besar bahan-bahan organik yang mampu bakar, sehingga endapan yang terakhir pada busur api menghasilkan perisai gas yang terbal. Jumlah terak yang diproduksi kecil dan terak mudah terlepas. Tipe elektroda ini ditandai dengan busur berpenetrasi tinggi dan kadar peleburan yang agak tinggi. Kehilangan percikan agak besar dan permukaan las agak kasar,

dengan kerutan yang jaraknya tidak sama. Elektroda ini biasanya cocok untuk pengelasan segala posisi.

Kode huruf O. Elektroda dari tipe oksidasi yang mempunyai suatu penutup yang tebal yang terutama dari oksida besi dengan atau tanpa oksida mangan. Penutup menimbulkan suatu terak oksidasi sehingga logam yang mengendap mengandung hanya sejumlah kecil karbon dan mangan. Terak berat, padat dan sering terlepas sendiri. Tipe elektroda ini menghasilkan penetrasi yang tidak baik dan genangan fluida cair, dan terutama cocok apabila dibutuhkan suatu las yang kecil. Biasanya kegunaan terbatas pada pengelasan posisi las sudut horisontal vertikal dan posisi las sudut. Elektroda ini dipergunakan terutama untuk pengelasan baja bila rupa las lebih penting daripada kekuatan mekanik sambungan.

Kode huruf R dan RR. Elektroda tipe rutil yang mempunyai suatu penutup yang terdiri dari sejumlah besar rutil atau komponen-komponen yang diterima dari oksida titanium. Biasanya jumlah ini sampai 50% per kelompok (dengan tidak memperhitungkan jumlah selulosanya). Tipe R dapat dibedakan dari tipe AR melalui teraknya yang lebih berat. Kadang-kadang perbedaan ini tidak dapat dengan mudah dikenali, terutama elektroda yang mempunyai penutup sedang, akan tetapi jumlah rutil pada penutup yang baik adalah diatas 45%.

Karena perbedaan aplikasi dan juga sifat-sifat mekanik, sub bagian sebagai berikut :

1. R penutup dengan ketebalan sedang. Sejumlah kecil bahan selulosa, sampai dengan maksimum sebesar 15% mungkin ada pada penutup.

Elektroda ini khususnya cocok untuk pengelasan pada posisi vertikal dan diatas kepala.

2. RR penutup dengan ketebalan berat. Sejumlah kecil bahan selulosa, sampai dengan maksimum sebesar 5%, kadang-kadang ada pada penutup. Terak berat, padat dan biasanya terlepas sendiri.

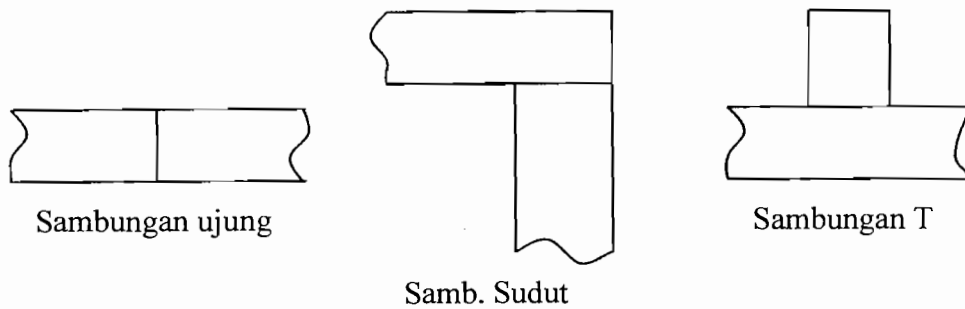
2.7 Disain sambungan

Berbagai macam bentuk kampuh atau cara penyambungan lasan, sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dalam pengelasan. Cara metode penyambungan tersebut, telah distandarisasikan yang dibuat oleh berbagai kelompok profesional antara lain American Welding Society (AWS), American Society of Mechanical Engineers (ASME), dan American Petroleum Institute (API). Ketiganya merupakan kelompok profesional di Amerika yang bersifat non pemerintah, tetapi dipatuhi bersama antara produsen dan konsumen. Untuk standar Jepang ada Japan Industry Standard (JIS) dan di Indonesia ada Standard Industry Indonesia (SII). Namun dalam bahasan ini, hanya akan diurai mengenai disain dan simbol menurut standar AWS.

2.7.1 Disain sambungan geometris

Geometris sambungan lebih banyak ditentukan oleh hubungan antar bagian struktur benda kerja yang akan disambung. Geometris lasan ditentukan oleh geometris sambungan, ketebalan bagian yang disambung, efisiensi pengelasan dan kekuatan yang diharapkan. Konfigurasi bentuk sambungan

dibedakan menjadi lima, yaitu : sambungan ujung (bult), sambungan T, sambungan sudut, sambungan tumpang dan sambungan tepi, seperti tampak pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Berbagai bentuk sambungan
(Alip, M., Teori dan Praktek Las, hal 142)

Sambungan ujung dipakai bila :

1. Kerataan permukaan kedua bagian yang disambung merupakan persyaratan atau dikehendaki, misal sambungan gelagar, rangka lantai dan sebagainya.
2. Penembusan bisa sempurna sehingga kekuatan bisa disamakan dengan benda asli.
3. Kekuatan mekanis yang diminta tidak terlalu besar atau sudah memenuhi syarat.

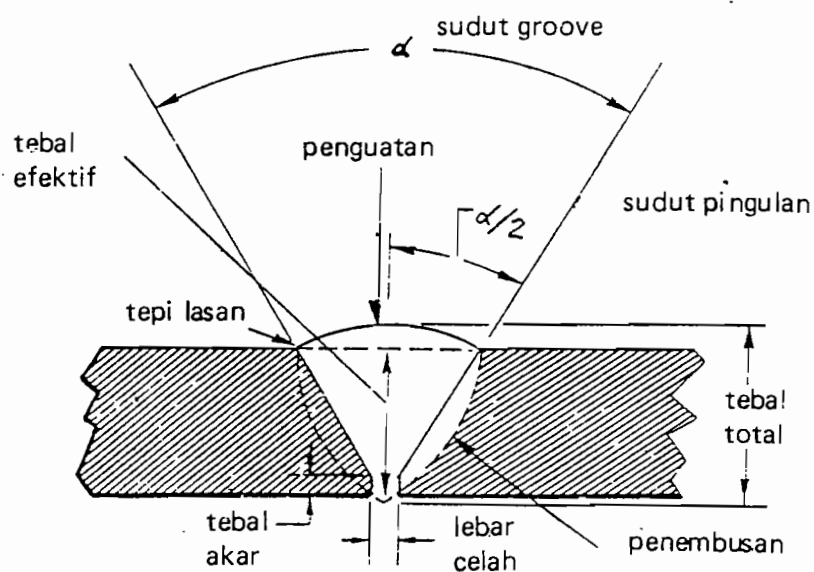
Sambungan T dan sambungan sudut sudah cukup jelas. Dibuat untuk menyambung dua bagian benda yang berpotongan ditengah atau diujungnya. Kedua bagian benda relatif tebal sehingga diperhitungkan mampu menumpu beban mekanis yang ada. Sambungan tumpang dipakai untuk menyambung dua bagian benda dengan karakteristik :

1. Kedua bagian relatif tipis untuk dibuat sambungan ujung.

2. Bila dibuat sambungan, ujung diperhitungkan lasan tidak mampu menahan beban mekanis yang ada.
3. Kerataan permukaan sambungan tidak dipersoalkan.

Sambungan tepi dibuat sebagai bentuk lain dari sambungan ujung, T atau sambungan sudut. Salah satu atau kedua bagian benda kerja terlalu tipis sehingga diperhitungkan kurang kuat bila dilas dengan salah satu dari tiga bentuk sambungan tersebut. Tepi plat ditekuk sebelum dilas. Tekukan tersebut menambah ketegaran sambungan disamping menahan atau menghindari timbulnya defleksi yang sering timbul pada lasan pelat tipis.

Konfigurasi lasan dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu *groove* dari *fillet*, tampak seperti gambar 2.6.



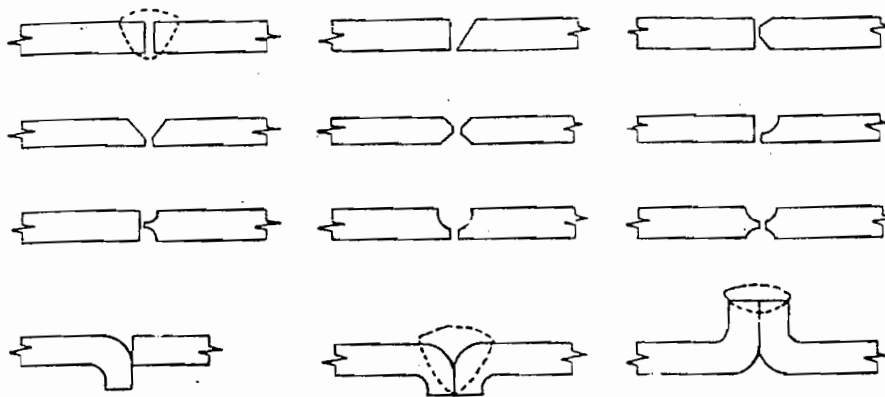
Gambar 2.6 : Alur las
(Alip, M., Teori dan Praktek Las, hal 144)

Lasan *grove* dapat dijumpai pada sambungan ujung dan tepi. Lasan fillet dipakai pada sambungan T, tumpang dan tepi. Untuk memenuhi kekuatan mekanis lasan, lasan *grove* sering dikombinasikan dengan fillet. Lasan kombinasi dapat dipakai bersama pada sambungan tepi. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelasan. Untuk *grove* meliputi tebal efektif, penguatan, tebal total, tebal akar, lebar celah, sudut pinggul (sudut *grove*), penembusan dan tepinya. Komponen-komponen lasan fillet yang perlu diperhatikan meliputi tebal riil terhadap tebal teoritis, penembusan, akar, kaki (tegak dan datar), penguatan dan permukaan lasan.

Untuk meningkatkan tercapainya penembusan, sebagai salah satu faktor utama kekuatan lasan, pada berbagai tebal benda kerja, maka dikembangkan berbagai bentuk *grove*. *Grove* dapat dibedakan menjadi bentuk :

1. Bentuk I
2. Setengah I (bentuk T)
3. Bentuk V
4. V ganda (bentuk X)
5. Setengah V
6. Setengah V ganda (bentuk K)
7. Bentuk U
8. U ganda
9. Bentuk J (setengah U)
10. J ganda

Kombinasi berbagai bentuk lasan pada berbagai bentuk sambungan untuk berbagai tebal bahan dapat dilihat seperti pada gambar 2.7 berikut :



Gambar 2.7 : Macam dan jenis kampuh penyambungan ujung
(Alip, M., Teori dan Praktek Las, hal 147)

Untuk menentukan bentuk lasan berdasar tebal benda kerja, bukanlah pekerjaan mudah, untuk memudahkan hal tersebut terdapat standarisasi dari metode pengelasan yang tepat, seperti pada tabel hubungan antara bentuk sambungan, lasan dan tebal bahan serta dimensi lasan (lampiran).

2.8 Mesin las

Mesin las digunakan untuk membagi tegangan untuk dapatkan busur nyala yang memberikan panas untuk digunakan mencairkan/melumerkan logam-logam yang dilas/disambung.

Mesin las memperoleh sumber tenaga atau dinamo las digerakan oleh :

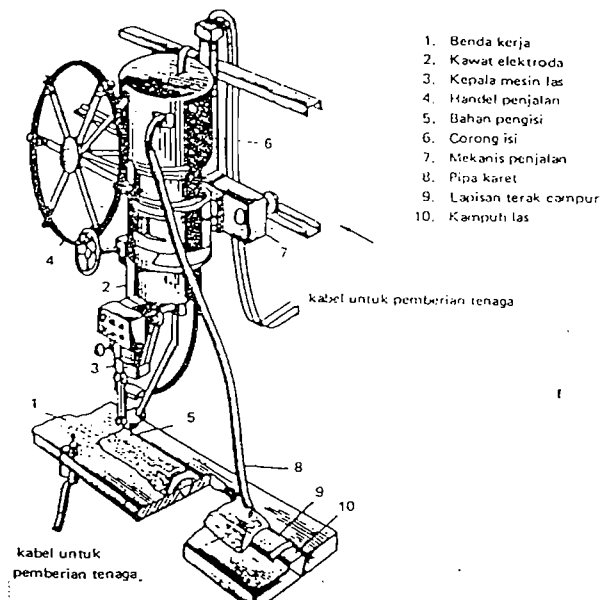
1. Aliran listrik dari gardu listrik (jaringan kabel) dimana arus listrik dari gardu listrik masih mempunyai tegangan listrik yang tinggi yang

belum dapat digunakan arus las, sehingga arus listrik ini harus diubah dulu menjadi arus las/searah melalui transformator.

2. Motor listrik, motor bensin atau motor diesel melalui generator.

2.8.1 Mesin las otomatis

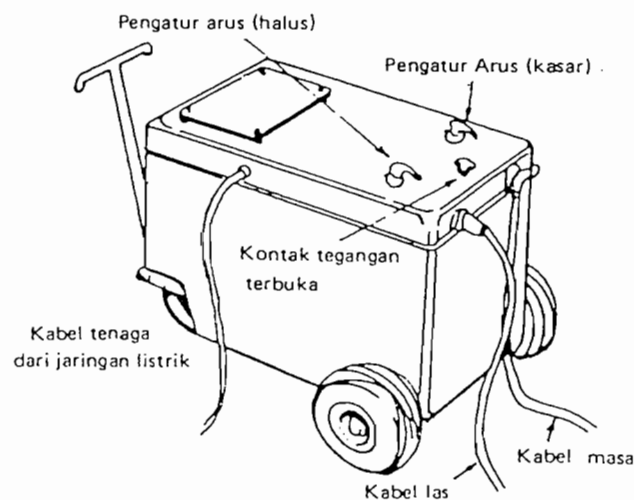
Mesin las otomatis memberikan busur nyala dari pengisian kampuh las sewaktu mengelas dilakukan dengan pengaturan mekanik-mekanik spesial yang terdapat pada unit mesin las tersebut. Mesin las otomatis ini dapat menyelesaikan pengelasan secara produksi (massal) dan dapat mengelas benda kerja dan mesin-mesin berat yang berguna dalam industri.



Gambar 2.8 : Mesin las otomatis
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 13)

2.8.2 Mesin Las Arus Bolak-balik (AC)

Mesin las arus AC memperoleh busur nyala dari transformator dimana didalam pesawat ini arus dari jaring-jaring listrik diubah menjadi arus bolak-balik oleh transformator yang sesuai dengan arus yang digunakan untuk mengelas sehingga mesin las ini disebut juga mesin transformator. Transformator las mempunyai dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder dimana kumparan primer dililit oleh kawat tembaga yang berukuran kecil dengan jumlah yang banyak, sedangkan kumparan sekunder dililit oleh kawat tembaga yang berukuran lebih besar dengan jumlah yang lebih sedikit dan dalam transformator terdapat sebuah inti besi (regulator) yang dapat digerakan untuk mengatur besarnya arus listrik dalam pengelasan.



Gambar 2.9 : Mesin las arus bolak-balik (AC)
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 11)

2.8.3 Mesin Las Arus Searah

Pesawat las arus searah (DC) dapat berupa pesawat transformator rectifier, pembangkit listrik motor diesel atau motor bensin maupun pesawat pembangkit listrik yang digerakan oleh motor listrik. Salah satu jenis dari pesawat las ini adalah yang digerakan oleh motor listrik. Dalam penelitian ini penulis menggunakan dua macam mesin las arus searah, yaitu :

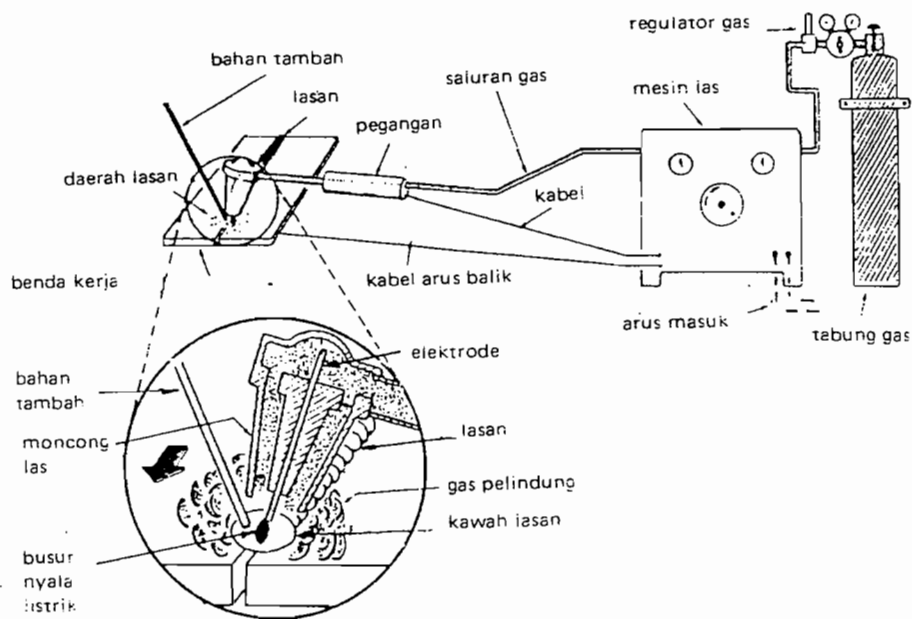
1. Las TIG (Tungsten Inert Gas).
2. Las MAG (Metal Active Gas).

2.8.3.1 Las TIG (Tungsten Inert Gas)

TIG adalah singkatan dari Tungsten Inert Gas, dimana pada pengelasan ini busur menyala diantara tungsten/wolfram elektroda (yang tidak mencair) dengan benda kerja. Sebagai gas pelindung dipakai gas mulia (Inert) yang berarti tidak bereaksi kimia dengan sekitarnya, misalnya : Argon, Helium. Pada panas yang tinggi dapat dihindarkan terjadinya proses oksidasi antara elektroda, benda kerja dengan udara sekitarnya. Fungsi gas pelindung sama dengan mantel pada las busur elektroda yaitu menjauhkan pengaruh buruk udara luar terhadap kampuh las. Didalam busur listrik akan dibangkitkan temperatur yang sangat tinggi yang melampaui titik cair logamnya, busur akan mencairkan sisi kampuh dan menyatu satu sama lainnya, yang akhirnya membeku tanpa halangan menjadi kampuh las. Untuk mengisi kampuh las atau menambal diperlukan bahan tambahan yang digerakan dengan tangan seperti halnya pada gas welding, akan tetapi dapat pula digerakan secara otomatis.

2.8.3.2 Daerah pemakaian las TIG

Las TIG dapat menjangkau pada proses pengelasan yang sangat luas, dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyatukan kampuh, serta dapat pula mengelas pada logam dengan kepadatan yang tinggi, daya busurnya tidak tergantung pada bahan tambahan yang diperlukan, sehingga dimungkinkan las TIG dapat dipakai secara universal yaitu dapat mengelas paduan logam. Secara ekonomis TIG dipakai pada ketebalan pelat 0,5 sampai dengan 4,0 mm.



Gambar 2.10 : Skema las tungsten (TIG)
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 14)

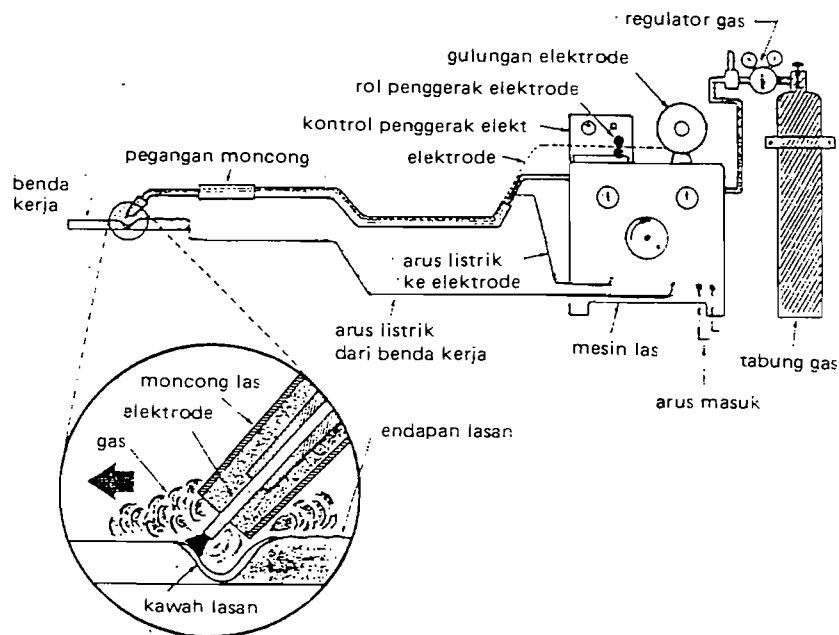
2.8.3.3 Las MAG (Metal Active Gas)

Las dengan gas pelindung adalah jenis pengelasan tingkat lanjut. Aliran gas pelindung digunakan untuk melindungi daerah pengelasan dari pengaruh buruk udara sekitarnya. Busur listrik di dalam jenis pengelasan ini digunakan

sebagai sumber panas pengelasan. Busur listrik menyala diantara ujung kawat elektroda dan benda kerja. Kawat elektroda juga berfungsi sebagai bahan tambahan. Ia berbentuk gulungan dan bergerak diarah busur listriknya. Disitulah kawat elektroda mencair menjadi satu dengan bahan induknya. Gas pelindung yang digunakan mempengaruhi reaksi kimia selama pengelasan, sehingga ia disebut aktif. Yang digunakan sebagai gas pelindung adalah CO_2 atau campuran dari Argon, CO_2 dan O_2 , sehingga baja murni, baja paduan rendah, dan baja paduan tinggi dapat dilas.

Keuntungan dari pemakaian las MAG :

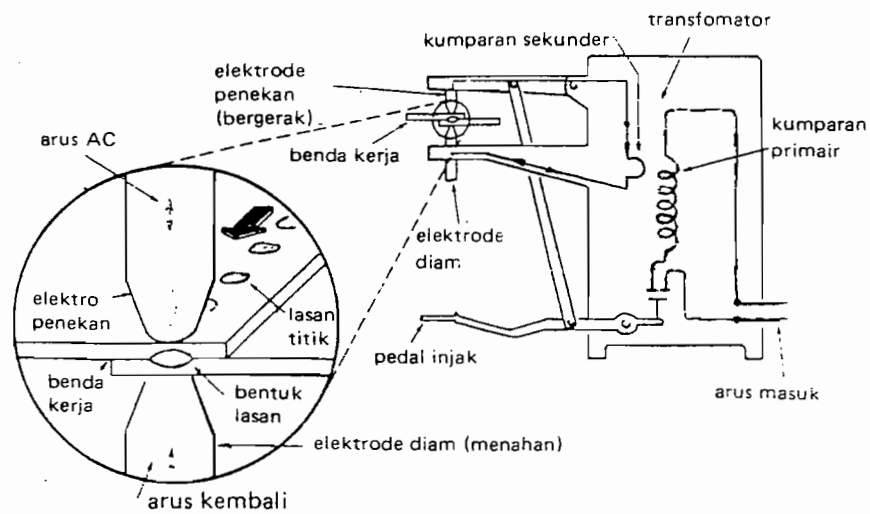
1. Dapat digunakan untuk pengelasan material dengan ketebalan mulai dari 0,7 mm.
2. Memiliki kemampuan cair yang tinggi.
3. Panas terkonsentrasi.
4. Tidak ada (hanya sedikit) terak.
5. Deformasi kecil.
6. Tidak memerlukan waktu sampingan (waktu untuk mengganti elektroda).



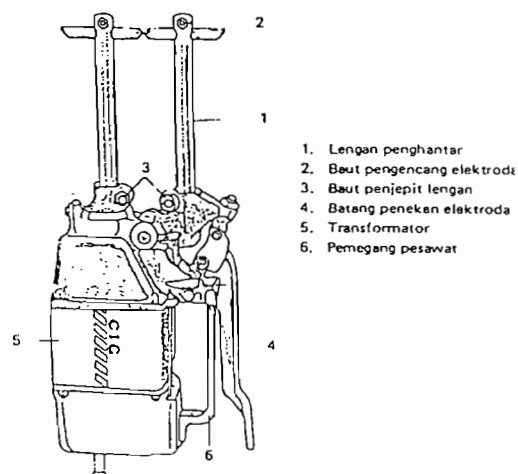
Gambar 2.11 : Skema las busur-gas (MAG)
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 15)

2.8.4 Mesin las titik

Pesawat las titik hanya digunakan untuk mengelas sambungan pada pelat tipis dimana benda kerja yang akan dilas dijepit diantara dua elektroda yang bentuknya runcing, elektroda ini dihubungkan dengan sumber arus, biasanya sebuah transformator yang dapat memberikan arus yang besar dengan tegangan yang sangat rendah. Untuk benda-benda yang kecil dipakai las titik yang tetap sedangkan untuk benda-benda kerja yang besar dipakai las titik yang dapat dipindah-pindahkan.



Gambar 2.12 : Mesin las titik tetap
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 6)

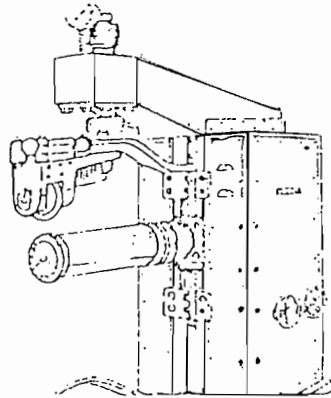


Gambar 2.13 : Mesin las titik yang dapat dipindah
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 7)

2.8.5 Pesawat Las Roda

Prinsip kerjanya sama dengan pesawat las titik, hanya perbedaannya terletak pada ujung elektroda yang berbentuk roda yang dapat berputar dimana

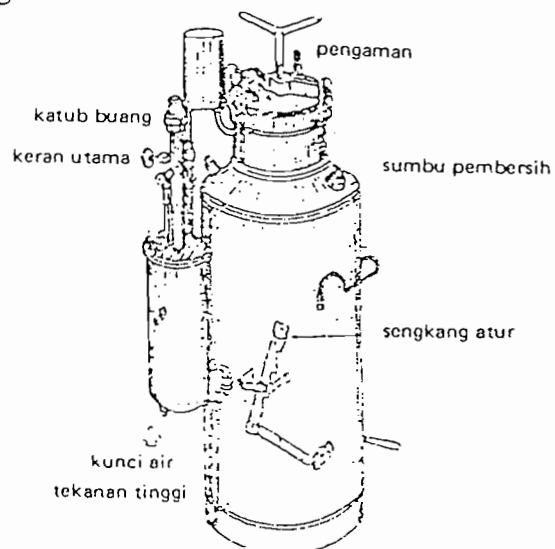
hasil pengelasannya adalah pada benda kerja pada penyambungan kampuh secara memanjang.



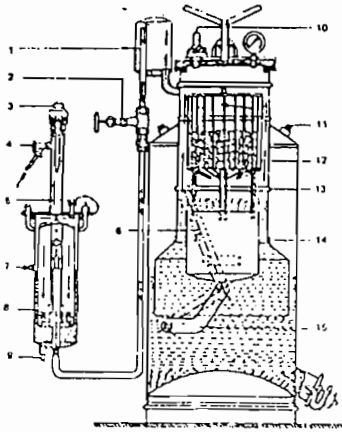
Gambar 2.14 : Mesin las roda
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 20)

2.8.6 Mesin Las Karbit

Pesawat ini dipakai untuk membangkitkan gas karbit dalam pengelasan las karbit/gas otogen/gas asitelin.



Gambar 2.15 : Tabung gas
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 10)



1. Periuk kondensasi
2. Keran utama
3. Katup buang
4. Keran pembuang gas
5. Sumbat isi
6. Sengkang atar
7. Keran permukaan
8. Kunci air tekanan tinggi
9. Sumbat keluar
10. Pengaman
11. Sumbat pembersih
12. Tempat karbit
13. Kedudukan air yang tepat
14. Pengumpul gas
15. Pengangkat keranjang

Gambar 2.16 : Mesin las karbit
(Alip, M., Teori Dan Praktek Las, hal 10)

2.9 Pengujian Baja

Sifat-sifat mekanik suatu logam, dapat ditentukan dengan dilakukannya eksperimen-eksperimen terhadap benda uji. Secara garis besarnya pengujian terhadap material dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu :

1. Pengujian rusak.
2. Pengujian nir rusak.

Pengujian mekanik logam dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut :

1. *Static* bila benda uji dikenai beban konstan atau beban ditambah secara perlahan.
2. *Dynamic*, bila beban bertambah sesaat, misalnya dalam pengujian impak.
3. Berulang, bila beban secara berulang berubah arah dan besarnya.

2.9.1 Pengujian Bersifat Merusak Benda Uji

2.9.1.1 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik suatu benda uji, dapat ditentukan dengan menarik sebuah benda sampai putus. Keterangan-keterangan yang diperoleh pada penarikan sampai putus itu, dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran-ukuran benda uji itu. Untuk memperoleh nilai-nilai yang dapat dibandingkan, adalah perlu untuk membuat ketentuan-ketentuan mengenai ukuran-ukuran dan bentuk dari benda uji itu, yaitu batang uji tarik. Ketentuan-ketentuan itu ditetapkan dalam norma-norma ini. Norma-norma ini mengulas bagaimana bentuknya batang uji tarik itu untuk berbagai bahan, dan bagaimana keterangan-keterangan yang bersangkutan harus diukur.

Batang uji tarik yang dipakai merupakan sebuah batang yang bundar atau pelat, dengan ujung-ujung tebal untuk pemasangan pada mesin uji tarik.

Benda uji dijepit pada mesin dengan pembebanan secara perlahan, dan terus meningkat sampai suatu beban tertentu dan akhirnya benda uji patah. Beban tarik yang bekerja pada benda uji menimbulkan pertambahan panjang disertai pengecilan diameter atau lebar pada tengah benda uji. Perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang benda uji (L) disebut regangan (ϵ).

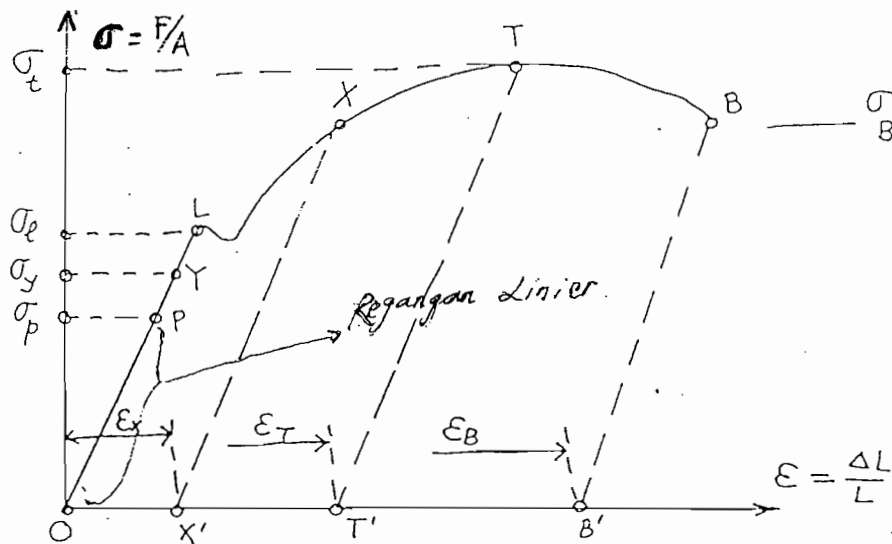
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.1)$$

Perbandingan antara perubahan penampang setelah pengujian dan penampang awal (sebelum pengujian) disebut kontraksi (Ψ) atau pelentikan.

$$\Psi = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \quad \text{atau} \quad Z = \frac{A_0 - A_{f'}}{A_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan : A_0 : luas penampang awal benda uji

A_f/A_u : luas penampang akhir benda uji



Gambar 2.17 : Diagram hubungan σ dan ϵ uji tarik benda liat
(Setyahandana, B., Diktat kuliah Bahan Teknik Manufaktur, hal 47)

Hubungan antara tegangan yang timbul σ ($\sigma = F/A$) dan regangan yang timbul (ϵ) selama pengujian digambarkan seperti gambar 2.17.

Dengan :

σ_p : tegangan proporsional

σ_y : yielding stress (tegangan elastis)

σ_l : tegangan luluh

σ_t : tegangan tarik

σ_B : tegangan patah

$\varepsilon_x, \sigma_t, \sigma_B$: masing-masing merupakan regangan pada saat pembebanan berada pada titik-titik X, T, B (XX', //TT', //BB', PO').

Tegangan pada titik P disebut tegangan batas proporsional (σ_p) yaitu tegangan tertinggi dimana hukum Hooke berlaku/dipenuhi.

Hukum Hooke :

$$\Delta L = \frac{1}{E} \frac{F.L}{A} = \frac{F.L}{E.A} \quad (2.3)$$

dengan mengambil $\sigma = \frac{F}{A}$ dan $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$, maka hukum Hooke diatas dapat dinyatakan dalam bentuk $\sigma = \varepsilon.E$.

Apabila beban tarik diperbesar sampai titik y (ada pertambahan panjang ΔL), kemudian beban diturunkan sampai titik O (beban ditiadakan), maka benda uji akan kembali ke panjang semula (L). Tetapi bila pembebanan berada diatas titik Y (dengan pertambahan panjang tertentu), kemudian diturunkan sampai titik O (beban ditiadakan), maka benda uji tidak akan kembali ke panjang semula. Dalam hal ini benda uji telah mempunyai regangan plastis. Dalam kondisi ini dapat disimpulkan bahwa titik Y merupakan titik batas elastis benda uji dan tegangan pada titik Y disebut tegangan elastis bahan (σ_y).

Tegangan maksimum σ_t disebut juga tegangan tarik (tensile strenght = ultimate stress) merupakan tegangan tertinggi yang dimiliki benda uji sebagai reaksi terhadap beban yang diberikan. Tegangan tarik adalah nilai yang paling sering dituliskan sebagai hasil uji tarik, tetapi pada kenyataannya nilai tersebut kurang bersifat mendasar dalam kaitannya dengan kekuatan bahan. Untuk logam-

logam yang liat kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum, dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Setelah titik T, tegangan turun dan akhirnya benda uji putus pada saat tegangan σ_B . Selama pembebanan berlangsung dari titik O sampai titik T, diameter atau lebar benda uji mengecil secara seragam (terjadi pertambahan panjang). Selama pembebanan berlangsung dari titik T sampai titik B, diameter atau lebar benda uji berubah tidak seragam, melainkan terjadi pengecilan setempat lebih cepat dibandingkan dengan tempat-tempat lainnya. Pengecilan diameter setempat disebut “necking” dan pada akhirnya benda uji putus pada daerah *necking* tersebut.

2.9.2 Pengujian bersifat tidak merusak benda uji

2.9.2.1 Pengujian kekerasan Vickers

Uji kekerasan adalah tahanan yang dilakukan oleh bahan terhadap desakan ke dalam yang tetap, disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu di bawah pengaruh gaya tertentu. Suatu desakan kecil (atau tidak dalam) menunjukkan kekerasan yang besar. Terdapat beberapa metode kekerasan yang sering dipakai, seperti :

1. Menurut Brinnel, dinyatakan dengan HB.
2. Menurut Vickers, dinyatakan dengan HV.
3. Menurut Rockwell :
 - a. Dengan peluru, dinyatakan dengan HRB.
 - b. Dengan kerucut, dinyatakan dengan HRC.

Namun untuk memudahkan dalam pembahasan, penulis hanya akan mengurai untuk uji kekerasan menurut Vickers, sesuai dengan metode yang dipakai dalam penelitian.

Pada pengujian kekerasan menurut Vickers sebuah intan yang berbentuk limas (piramid) yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dengan sudut puncak 136° ditekankan pada bahan uji, dengan suatu gaya tertentu. Maka pada bahannya terdapat cetakan (afdruk) dari intan. Bekas injakan intan tersebut bertambah besar, kalau bahannya bertambah lunak, dan kalau bebannya bertambah besar. Beban itu biasanya dipilih 30 kgf (= 294 N), dengan asumsi 1 kgf = 9,8 N. Kekerasan Vickers dihitung dari perbandingan antara gaya dan luas yang dihitung dari pendesakan berbentuk limas sebagai berikut :

$$HV = \frac{0,102.F}{A} \quad (F \text{ dalam kgf}) \quad (2.4)$$

Atau :

$$HV = \frac{F}{A} \quad (F \text{ dalam kgf}) \quad (2.5)$$

Dengan :

- HV = nilai kekerasan menurut Vickers
- F = gaya pendesakan masing-masing dalam N dan kgf
- A = luas pendesakan berbentuk limas dalam mm^2
- 0.102 = faktor perhitungan yang diperlukan, oleh karena untuk satuan gaya, beralih dari kgf ke N.s.

Keuntungan-keuntungan dari metode Vickers adalah :

1. Dengan benda pendesak yang sama, baik kekerasan bahan yang keras maupun yang lunak dapat ditentukan.
2. Pendesakan yang kecil (kira-kira 0,5 mm) pada benda kerja yang harus diukur, hanya menyebabkan kerusakan kecil.
3. Pengukuran kekerasan adalah teliti.
4. Kekerasan benda uji yang amat tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan memilih gaya yang kecil.
5. Penentuan kekerasan pada benda-benda tipis adalah mungkin dengan memilih gaya yang kecil.

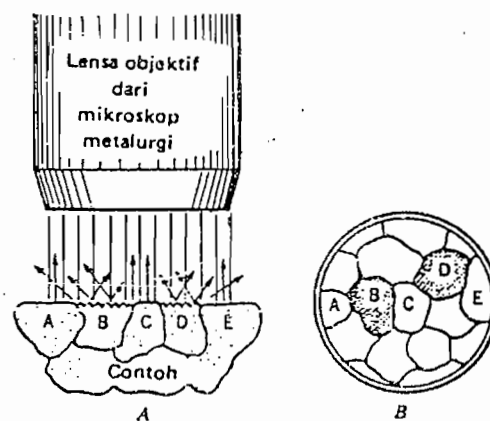
Kerugian-kerugian dari metode ini adalah :

1. Bahan-bahan tidak homogen, seperti besi tuang dan perunggu tidak dapat dipertanggung jawabkan untuk diukur dengan metode Vickers.
2. Dibandingkan dengan pengukuran kekerasan menurut Rockwel, metode ini cukup memakan waktu lama karena adanya dua penanganan yang terpisah.
3. Permukaan harus dikerjakan licin, sehubungan dengan pendesakan yang sangat kecil.

2.9.2.2 Pengujian struktur mikro

Sifat-sifat suatu logam dan paduannya dapat dipelajari dari struktur mikronya. Struktur mikro dapat dilihat dibawah mikroskop, untuk itu logam perlu dietsa. Dengan cara memoles logam sampai terbentuk permukaan yang halus

seperti cermin. Kemudian diberi zat kimia tertentu untuk beberapa detik. Atom-atom di daerah transisi diantara butiran akan lebih mudah larut dibandingkan atom-atom lainnya, dan akan meninggalkan gambar, seperti dibawah ini.



Gambar 2.18 : Uji struktur mikro
(Panduan Praktikum Proses Produksi II, hal 11)

Keterangan :

- A- contoh yang sedang di etsa sedang diperiksa dengan mikroskop
- B- penampilan contoh melalui mikroskop.

Batas butir yang di etsa tidak lagi merupakan permukaan yang halus sebagai bagian lainnya dari butiran, tapi pori dari struktur baja tersebut akan terbuka.

BAB III

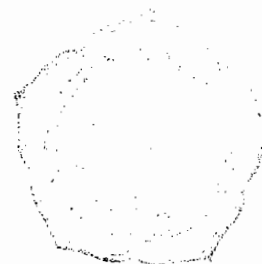
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Tahap Penelitian

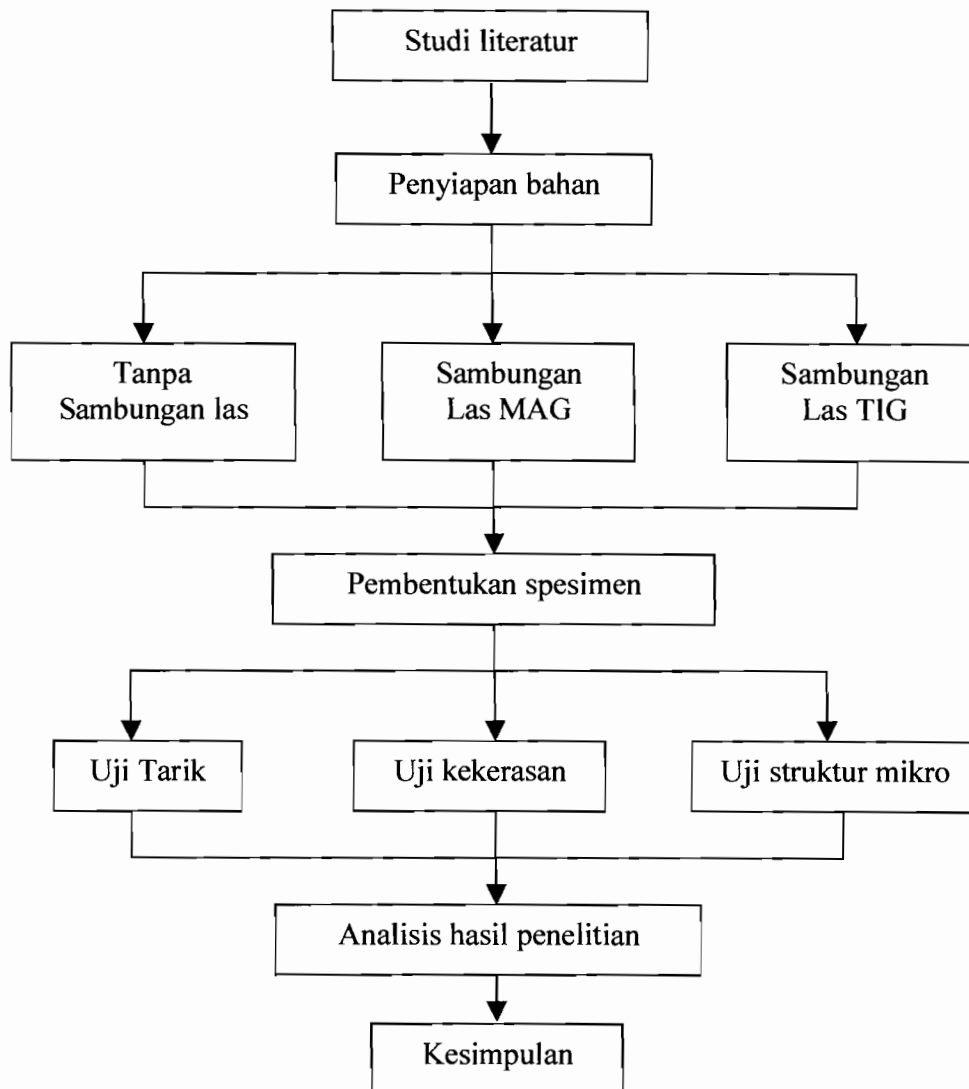
Penelitian sifat-sifat fisis dan mekanis pelat baja dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro sebelum pengelasan. Tahap kedua adalah pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro sesudah pengelasan. Pada tahap pertama, pengujian dilakukan untuk mengetahui kekerasan, keuletan dan struktur mikro dari pelat baja sebelum dilakukan pengelasan. Sedangkan pada tahap kedua merupakan tahap pengujian untuk mengetahui kekerasan, keuletan dan struktur mikro dari pelat baja setelah penyambungan atau penggabungan bahan dengan cara pengelasan (pengelasan TIG dan MAG).

3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang akan diuji adalah pelat baja tipis yang digunakan untuk bodi kendaraan dengan tiga merek yang berbeda. Masing-masing pelat mempunyai kandungan unsur paduan yang hampir sama, pelat A mempunyai kandungan unsur sebagai berikut : (C 0,18 %, Mn 0,592 %, P 0,018 %, Si < 0,002 %) . Pelat B (C 0,048 %, Mn 0,198 %, P 0,014 %, Si < 0,002 %). Pelat C (C 0,04 %, Mn 0,025 %, P 0,012 %, Si 0,001 %). Material baja berupa pelat tipis dengan ketebalan 0,8 mm.



3.3 Diagram alir penelitian



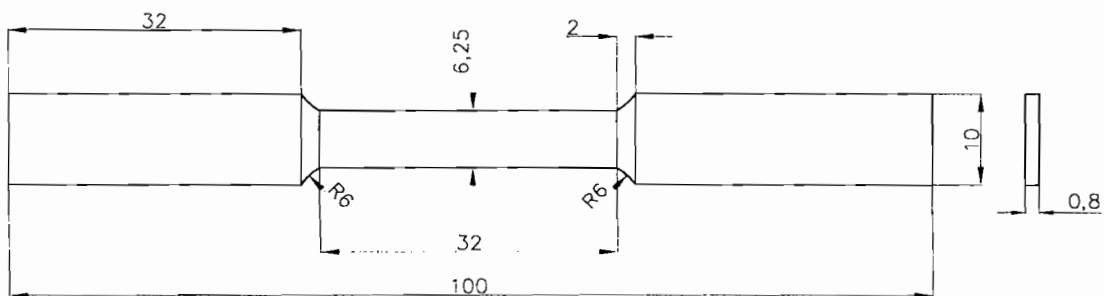
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Pembuatan spesimen dan proses pengujian

3.4.1 Persiapan benda uji

Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin Frais (Milling machine) yang ada di Laboratorium Teknologi Mekanik FT-USD. Jumlah spesimen

yang akan direncanakan sebanyak 45 buah. Terdapat banyak standarisasi pengujian tarik, karena keterbatasan bahan dan banyaknya spesimen yang akan dibuat maka penulis memilih standar ASTM A 370 (pada lampiran).



Gambar 3.2 Spesimen uji tarik

3.4.2 Pengelasan

Untuk uji sambung las digunakan metode sebagai berikut :

1. Benda uji dipotong sepanjang 100 mm dengan menggunakan pemotong pelat.
2. Benda uji tersebut dibagi dua dengan potongan yang sama panjang. Dilakukan pembuatan kampuh penyambungan, dalam penelitian ini penulis menggunakan kampuh I, untuk membentuk kampuh I dilakukan pemotongan pada tengah-tengah spesimen yaitu berjarak 50 mm dari ujung tiap spesimen. Hasil potongan diratakan permukaannya dengan kikir.
3. Pelaksanaan pengelasan.

Dalam pengelasan pelat baja dengan kadar karbon (0,05%-0,30% C), termasuk baja karbon rendah. Pengelasan menggunakan jenis elektroda ER 70S-6 dengan diameter elektroda 0,8 mm.

3.4.3 Uji tarik

Dalam pengujian ini, menggunakan mesin uji tarik Gotech Testing Machine di Laboratorium Ilmu Logam, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, prosesnya sebagai berikut :

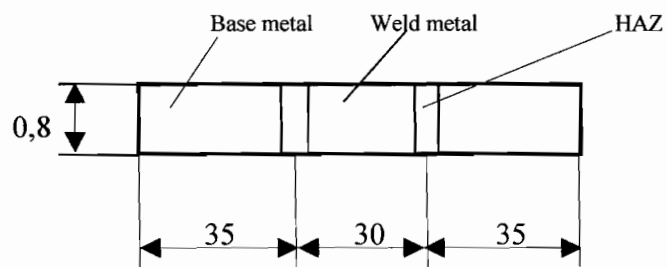
1. Benda uji dipasang pada penjepit spesimen, dengan bantuan kaca yang diberi garis lurus untuk menyenter spesimen. Dengan mengatur tombol pada *control panel* agar kedudukan spesimen betul-betuk vertikal. Jika tampilan indikator pada panel penjepit menunjukkan angka mendekati 0,0 berarti spesimen sudah terjepit secara tepat.
2. Kertas milimeter dipasang pada alat ukur pencatat grafik.
3. Mesin diset pada beban 1000 kg.
4. Kemudian tombol pembebanan dihidupkan, dan pembebanan akan berlangsung sampai benda uji putus.
5. Indikator dicatat pada mesin, disaat spesimen putus.

3.4.4 Uji kekerasan

Dalam pengujian kekerasan ini, penulis menggunakan alat uji kekerasan Vickers mikro pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada. Proses pengujian sebagai berikut :

1. Spesimen diletakan pada dudukan pada mesin, posisi spesimen diusahakan benar-benar rata.

2. Setelah posisi spesimen benar-benar sesuai yang diinginkan, pembebanan disetting dengan memutar panel pada beban hingga menunjuk ke angka 1000 g atau 1 kgf.
3. Tombol pembebanan (load) ditekan, maka mesin akan bekerja, selama pembebanan berlangsung lampu indikator pada (load) akan menyala merah, ditunggu sampai lampu berwarna hijau (pembebanan selesai).
4. Pada mesin, panel diputar maka berganti dengan mikroskop, sehingga bekas injakan dapat dilihat.
5. Panel pengukuran diputar pada posisi mendatar untuk melihat diagonal bekas injakan



Gambar 3.3 : Spesimen uji kekerasan

3.4.5 Uji struktur mikro

Untuk pengujian struktur mikro, penyiapan spesimen sama dengan proses penyiapan untuk pengujian kekerasan.

3.4.5.1 Pembuatan sampel uji

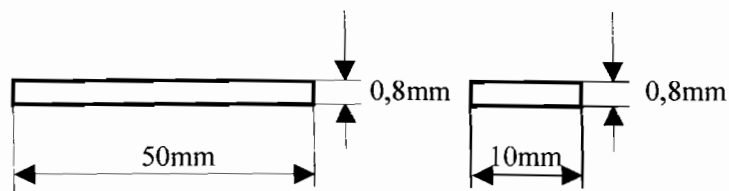
Langkah-langkah pembuatan sampel uji untuk pengujian struktur mikro, yaitu:

1. Baik untuk yang kondisi normal maupun sambungan las, dilakukan pengampelasan, pada satu sisi yang akan difoto, ampelas yang digunakan dari yang paling kasar sampai yang paling halus (Ampelas duko dengan urutan nomor 1000 dan 1200), mulai pengampelasan dengan ampelas 1000 menggunakan bantuan air, hal ini untuk menghilangkan kotoran supaya larut dan tidak menggores pada spesimen.
2. Setelah permukaan sudah nampak halus dan tidak ada goresan, maka dilakukan proses penggosokan dengan menggunakan Autosol, supaya diperoleh permukaan yang halus dan mengkilap seperti cermin. Tujuan pemakaian Autosol untuk menghilangkan kotoran, serta mengkilapkan spesimen. Penggosokan dengan autosol dilakukan satu arah dengan alas kain berserat halus.
3. Spesimen dietsa dengan menggunakan campuran larutan HNO_3 5% + Alkohol 95%.

3.4.5.2 Proses pengujian

Dalam pengujian struktur mikro ini, penulis menggunakan mikroskop metalografi pada laboratorium ilmu logam di Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta. Prosesnya sebagai berikut :

1. Setelah dietsa, spesimen ditempatkan pada dudukan mikroskop, spesimen diusahakan dalam kondisi benar-benar rata.
2. Dengan menggunakan mikroskop, gambar yang fokus dicari dengan pembesaran yang sesuai, pencahayaan diatur dengan memutar panel pencahayaan.
3. Setelah fokus diperoleh dan pencahayaan tepat, spesimen dilihat pula dengan menggunakan kamera yang dirangkai satu dengan mikroskop, dengan kamera pencahayaan dicek ulang, jika lampu menunjukan tanda (-) berarti pencahayaan kurang, jika menunjuk tanda (+) berarti pencahayaan berlebihan, jika menunjuk tanda (0) berwarna hijau, pencahayaan tepat.
4. Untuk menghindari kaburnya gambar diusahakan waktu terjadi pemotretan kondisi alat setenang mungkin.



Gambar 3.4 : Spesimen uji struktur mikro

3.5 Analisa statistik data pengujian

Analisa data statistik digunakan untuk mendapatkan data yang konsisten. Terutama dari data hasil pengujian tarik masih terdapat data yang terlalu besar penyimpangannya. Rumus-rumus yang digunakan dalam analisa data :

$$d_i = x_i - x_m \quad (3.1)$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

Keterangan :

σ = deviasi standar sampel

x_i = hasil dari setiap pengujian

n = jumlah data

x_m = purata aritmetik

d_i = deviasi atau penyimpangan

Kriteria penolakan data statistik berdasarkan kriteria Chauvenet, jika jumlah bacaan atau data adalah 5 maka harga deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar adalah 1,65 (sumber : J. P. Holman, Metode Pengukuran Teknik, 1985. hal 72). Tabel kriteria Chauvenet untuk menolak suatu bacaan terdapat pada lampiran hal 99.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian tarik

4.1.1 Spesimen awal tanpa pengelasan

Tabel 4.1 Penyimpangan data eksperimen pelat A

No	x_i	d_i	$(x_i - x_m)^2$
1	38,27	-3,34	11,16
2	37,58	-4,03	16,24
3	40,04	-1,57	2,46
4	35,44	-6,17	38,07
5	56,73	15,12	228,61
Σ	208,06		296,54

Dari persamaan 3.2 diperoleh :

$$x_m = \frac{1}{5}(208,06) = 41,61 \text{ kg/mm}^2$$

Dari persamaan 3.3 diperoleh :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1}(296,54)}$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(17,22) = 8,61 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.2 Rasio deviasi terhadap deviasi standar

No	d_i / σ	Keterangan
1	0,388	Data valid
2	0,468	Data valid
3	0,182	Data valid
4	0,717	Data valid
5	1,76	Data tidak valid

Sesuai dengan Tabel 11 (lampiran), jika jumlah bacaan atau data adalah 5 maka harga deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar adalah 1,65. Berdasarkan harga tersebut maka data nomor 5 yang harus ditolak. Setelah data nomor 5 dihilangkan, nilai purata baru berdasarkan persamaan 3.2 adalah

$$x_m = \frac{1}{4}(151,32) = 37,83 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.3 Penyimpangan data eksperimen (baru)

No	$d_i = x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$
1	0,44	0,194
2	-0,25	0,063
3	2,21	4,88
4	-2,39	5,71
Σ		10,85

Deviasi standar sampel baru berdasarkan persamaan 3.3 adalah

$$\sigma = \sqrt{\frac{1 \times (10,85)}{4-1}} = 1,90 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi, dengan dihilangkan satu titik, deviasi standar berkurang dari 8,61 menjadi 1,90 kg/mm^2 . Hal ini berarti terjadi penurunan 77,93 persen.

Tabel 4.4 Hasil pengujian tarik pelat A setelah dianalisa (bahan dasar)

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm^2)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ_{max} (kg/mm^2)
1	6,20	0,8	4,96	189,8	L ₀	38,27
2	6,25	0,8	5,00	187,9	L ₀	37,58
3	6,35	0,8	5,08	203,4	L ₀	40,04
4	6,25	0,8	5,00	177,2	L ₀	35,44
Rata-rata						37,83
Deviasi standar sampel						2,15

Tabel 4.5 Hasil pengujian tarik pelat B (bahan dasar)

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ_{\max} (kg/mm ²)
1	6,15	0,8	4,92	273,6	L ₀	55,61
2	6,30	0,8	5,04	283,4	L ₀	56,23
3	6,10	0,8	4,88	318	L ₀	65,16
4	6,25	0,8	5,00	298,6	L ₀	59,72
5	6,30	0,8	5,04	295,1	L ₀	58,55
Rata-rata						59,05

Tabel 4.6 Hasil pengujian tarik pelat C (bahan dasar)

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ_{\max} (kg/mm ²)
1	6,35	0,8	5,08	189,2	L ₀	37,24
2	6,20	0,8	4,96	229,1	L ₀	46,19
3	6,10	0,8	4,88	183,5	L ₀	37,60
4	6,25	0,8	5,00	209,3	L ₀	41,86
5	6,20	0,8	4,96	216,4	L ₀	43,63
Rata-rata						41,30

4.1.2 Spesimen sambung las TIG

Analisa data hasil uji tarik karena dicurigai ada data yang tidak konsisten.

Tabel 4.7 Deviasi data sambung las TIG pelat A

No	x_i	d_i	$(x_i - x_m)^2$
1	41,09	-4,74	22,47
2	59,09	13,26	175,83
3	43,61	-2,22	4,93
4	42,78	-3,05	9,30
5	42,58	-3,25	10,56
Σ	229,15		223,09

Dari persamaan 3.2 diperoleh :

$$x_m = \frac{1}{5}(229,15) = 45,83 \text{ kg/mm}^2$$

Dari persamaan 3.3 diperoleh :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1} (223,09)}$$

$$\sigma = \frac{1}{2} (14,94) = 7,47 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.8 Rasio deviasi terhadap deviasi standar

No	d_i / σ	Keterangan
1	0,63	Data valid
2	1,77	Data tidak valid
3	0,29	Data valid
4	0,41	Data valid
5	0,44	Data valid

Sesuai dengan Tabel 11 (lampiran), jika jumlah bacaan atau data adalah 5 maka harga deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar adalah 1,65. Berdasarkan harga tersebut maka data nomor 2 yang harus ditolak ($1,77 > 1,65$). Setelah data nomor 2 dihilangkan, nilai purata baru dengan persamaan 3.2 diperoleh :

$$x_m = \frac{1}{4} (170,06) = 42,51 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.9 Deviasi data baru

No	$d_i = x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$
1	-1,42	2,02
2	1,1	1,21
3	0,27	0,0729
4	0,07	0,0049
Σ		3,308

Deviasi standar sampel data yang baru berdasarkan persamaan 3.3 adalah

$$\sigma = \sqrt{\frac{1 \times (3,308)}{4-1}} = 1,05 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi, dengan dihilangkan satu titik, deviasi standar berkurang dari 7,47 menjadi

1,05 kg/mm². Hal ini berarti terjadi penurunan 85,94 persen.

Tabel 4.10 Hasil pengujian tarik pelat A sambung las TIG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,20	0,8	4,96	203,8	Base metal	41,09
2	5,95	0,8	4,76	207,6	Base metal	43,61
3	6,15	0,8	4,92	210,5	Base metal	42,78
4	6,20	0,8	4,96	211,2	Base metal	42,58
Rata-rata						42,51
Deviasi standar						1,05

Tabel 4.11 Hasil pengujian tarik pelat B sambung las TIG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,15	0,8	4,92	263,5	Base metal	53,56
2	6,30	0,8	5,04	250,3	Weld metal	49,66
3	6,25	0,8	5,00	275,3	Base metal	55,06
4	6,30	0,8	5,04	278,7	Base metal	55,30
5	6,20	0,8	4,96	269,1	Base metal	54,25
Rata-rata						53,57

Analisa data uji tarik pelat C sambung las TIG.

Tabel 4.12 Deviasi data sambung las TIG pelat C

No	x _i	d _i	(x _i - x _m) ²
1	40,95	5,78	33,41
2	41,23	6,06	36,72
3	46,62	11,45	131,10
4	42,42	7,25	52,56
5	4,63	-30,54	932,69
Σ	175,85		1186,48

Dari persamaan 3.2 diperoleh :

$$x_m = \frac{1}{5}(175,85) = 35,17 \text{ kg/mm}^2$$

Dari persamaan 3.3 diperoleh :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1}(1186,48)}$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(34,45) = 17,23 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.13 Rasio deviasi terhadap deviasi standar

No	d_i / σ	Keterangan
1	0,34	Data valid
2	0,35	Data valid
3	0,66	Data valid
4	0,42	Data valid
5	1,77	Data tidak valid

Sesuai dengan Tabel 11 (lampiran), jika jumlah bacaan atau data adalah 5 maka harga deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar adalah 1,65. Berdasarkan harga tersebut maka data nomor 5 yang harus ditolak ($1,77 > 1,65$). Setelah data nomor 5 dihilangkan, nilai purata baru dengan persamaan 3.2 adalah

$$x_m = \frac{1}{4}(171,22) = 42,81 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.14 Deviasi data baru

No	$d_i = x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$
1	-1,86	3,42
2	-1,58	2,50
3	3,81	14,51
4	-0,39	0,152
Σ		20,582

Deviasi standar sampel data yang baru berdasarkan persamaan 3.3 adalah

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{3}}(20,582) = 2,62 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi, dengan dihilangkan satu titik, deviasi standar berkurang dari 17,23 menjadi

2,62 kg/mm². Hal ini berarti terjadi penurunan 84,80 persen.

Tabel 4.15 Hasil pengujian tarik pelat C sambung las TIG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,30	0,8	5,04	206,4	Weld metal	40,95
2	6,30	0,8	5,04	207,8	Base metal	41,23
3	6,10	0,8	4,88	227,5	Weld metal	46,62
4	6,20	0,8	4,96	210,4	Weld metal	42,42
Rata-rata						42,81
Deviasi standar						2,62

4.1.3 Spesimen sambung las MAG

Tabel 4.16 Hasil pengujian tarik pelat A sambung las MAG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,20	0,8	4,96	177,8	Weld metal	35,85
2	6,30	0,8	5,04	189,1	Base metal	37,52
3	6,10	0,8	4,88	212,3	Base metal	43,50
4	6,20	0,8	4,96	254,3	Base metal	51,27
5	6,30	0,8	5,04	213,8	Base metal	42,42
Rata-rata						42,11

Analisa data hasil uji tarik dengan sambung las MAG pelat B.

Tabel 4.17 Deviasi data uji tarik sambung las MAG pelat B

No	x _i	d _i	(x _i - x _m) ²
1	58,40	14,51	210,54
2	39,43	-4,46	19,89
3	40,93	-2,96	8,76
4	39,74	-4,15	17,22
5	40,97	-2,92	8,53
Σ	219,94		264,94

Dari persamaan 3.2 diperoleh :

$$x_m = \frac{1}{5}(219,45) = 43,89 \text{ kg/mm}^2$$

Dari persamaan 3.3 diperoleh :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{5-1}(264,94)}$$

$$\sigma = \frac{1}{2}(16,277) = 8,13 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.18 Rasio deviasi terhadap deviasi standar

No	d_i / σ	Keterangan
1	1,78	Data tidak valid
2	0,55	Data valid
3	0,36	Data valid
4	0,51	Data valid
5	0,36	Data valid

Sesuai dengan Tabel 11 (lampiran), jika jumlah bacaan atau data adalah 5 maka harga deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar adalah 1,65. Berdasarkan harga tersebut maka data nomor 1 yang harus ditolak ($1,78 > 1,65$). Setelah data nomor 1 dihilangkan, nilai purata baru dengan persamaan 3.2 adalah

$$x_m = \frac{1}{4}(161,08) = 40,27 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 4.19 Deviasi data baru

No	$d_i = x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$
1	-0,84	0,71
2	0,66	0,44
3	-0,53	0,28
4	0,7	0,49
	Σ	1,92

Deviasi standar sampel data yang baru berdasarkan persamaan 3.3 adalah

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{3}}(1,92) = 0,8 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi, dengan dihilangkan satu titik, deviasi standar berkurang dari 8,13 menjadi

0,8 kg/mm². Hal ini berarti terjadi penurunan 90,15 persen.

Tabel 4.20 Hasil pengujian tarik pelat B sambung las MAG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,10	0,8	5,00	192,4	Weld metal	39,43
2	6,20	0,8	4,88	203,0	Weld metal	40,93
3	6,30	0,8	4,96	200,3	Weld metal	39,74
4	6,20	0,8	5,04	203,2	Weld metal	40,97
Rata-rata						40,27
Deviasi standar						0,8

Tabel 4.21 Hasil pengujian tarik pelat C sambung las MAG

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	A (mm ²)	P _{max} (kg)	Lokasi patah	σ _{max} (kg/mm ²)
1	6,15	0,8	4,92	228,3	Base metal	46,40
2	6,30	0,8	5,04	219,5	Base metal	43,55
3	6,20	0,8	4,96	181,5	Weld metal	36,59
4	6,20	0,8	4,96	201,1	Base metal	40,54
5	6,30	0,8	5,04	213,6	Base metal	42,38
Rata-rata						41,89

4.2 Hasil pengujian kekerasan

4.2.1 Spesimen dasar (tanpa pengelasan)

Tabel 4.22 Hasil perhitungan uji kekerasan pelat tanpa pengelasan

No	Jenis pelat	Lokasi penekanan	P (kgf)	d (μ m)	HV (kg/mm ²)
1	A	Base metal	1	113,15	145
		Base metal	1	116,75	136
		Base metal	1	116,8	136
Rata-rata					139
2	B	Base metal	1	118,5	132
		Base metal	1	117,75	134
		Base metal	1	116,65	136
Rata-rata					134
3	C	Base metal	1	135,85	100
		Base metal	1	136,65	99,2
		Base metal	1	138,20	97,1
Rata-rata					98,77

4.2.2 Spesimen sambung las TIG

Tabel 4.23 Hasil perhitungan uji kekerasan pelat dengan las TIG

No	Jenis pelat	Lokasi penekanan	P (kgf)	d (μ m)	HV (kg/mm ²)
1	A	HAZ	1	98,6	191
		Weld metal	1	99,7	187
		HAZ	1	100	185
Rata-rata					187,67
2	B	HAZ	1	106,2	164
		Weld metal	1	107,25	161
		HAZ	1	108,2	158
Rata-rata					161
3	C	HAZ	1	97,45	195
		Weld metal	1	94,85	206
		HAZ	1	95	205
Rata-rata					202

4.2.3 Spesimen sambung las MAG

Tabel 4.24 Hasil perhitungan uji kekerasan pelat dengan las MAG

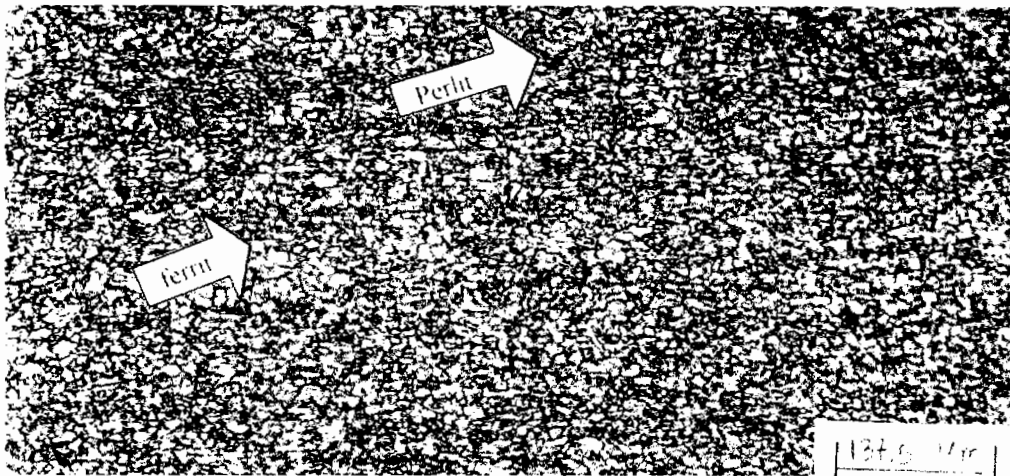
No	Jenis pelat	Lokasi penekanan	P (kgf)	d (μm)	HV (kg/mm^2)
1	A	HAZ	1	100,55	183
		Weld metal	1	100,40	184
		HAZ	1	103,25	174
Rata-rata					180,33
2	B	HAZ	1	105,10	168
		Weld metal	1	105,15	168
		HAZ	1	105,60	166
Rata-rata					167,33
3	C	HAZ	1	112,75	146
		Weld metal	1	113,05	145
		HAZ	1	104,85	168
Rata-rata					153

4.3 Hasil pengujian struktur mikro

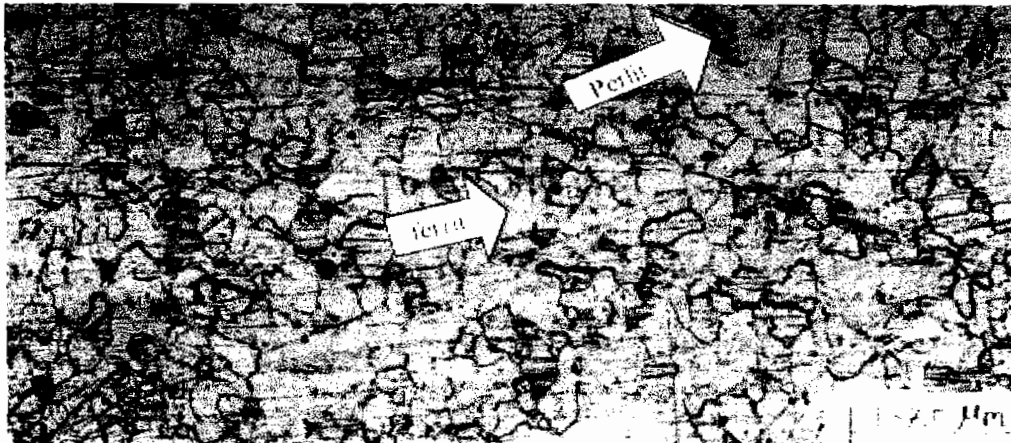
4.3.1 Spesimen normal (tanpa pengelasan)



Gambar 4.1 : Foto struktur mikro pelat baja A perbesaran 100 X

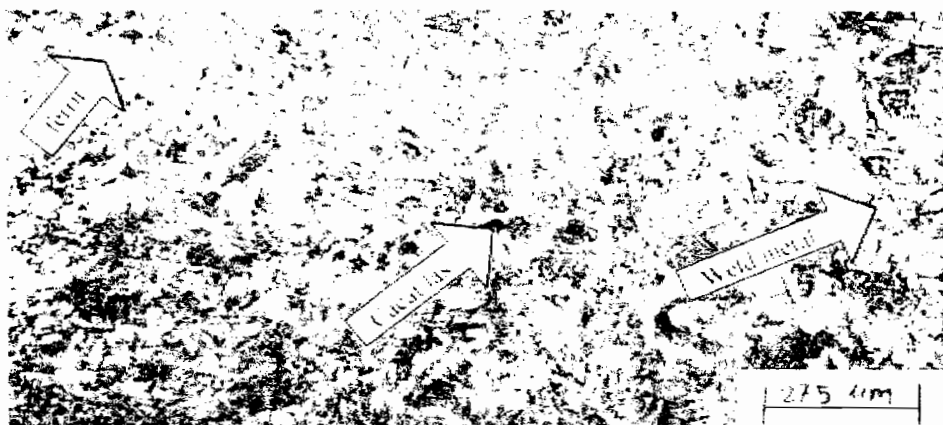


Gambar 4.2 : Foto struktur mikro pelat baja B perbesaran 100 X

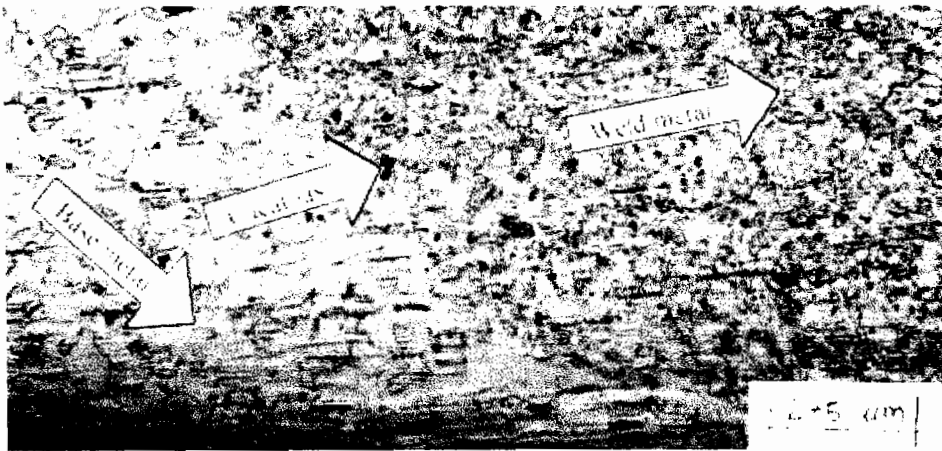


Gambar 4.3 : Foto struktur mikro pelat baja C perbesaran 100 X

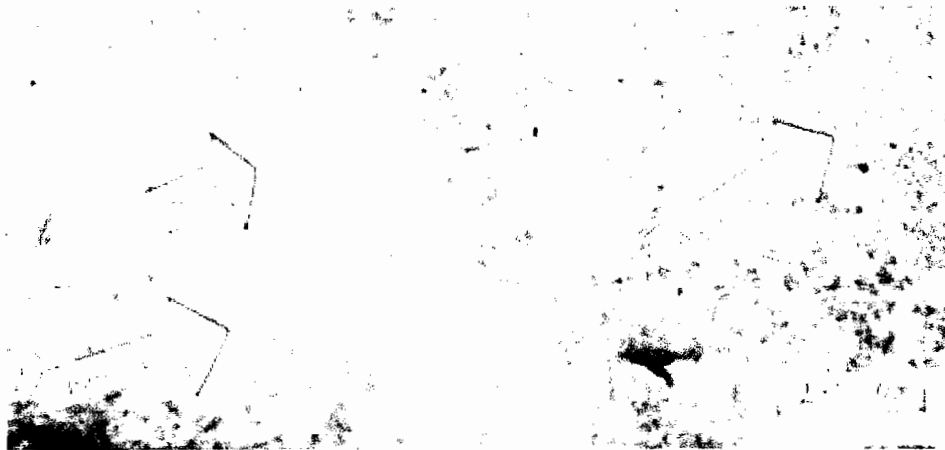
4.3.2 Spesimen sambung las TIG



Gambar 4.4 : Struktur mikro sambungan las pelat baja A perbesaran 50 X



Gambar 4.5 : Struktur mikro sambungan las pelat baja B perbesaran 50 X

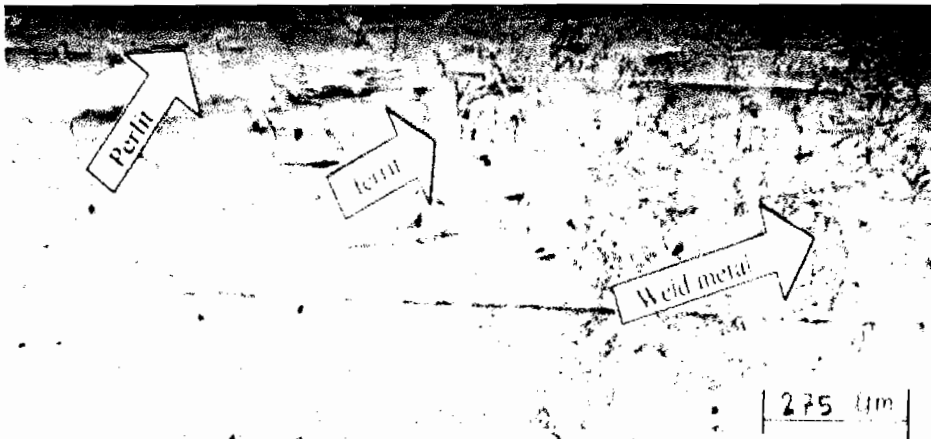


Gambar 4.6 : Struktur mikro sambungan las pelat baja C perbesaran 50 X

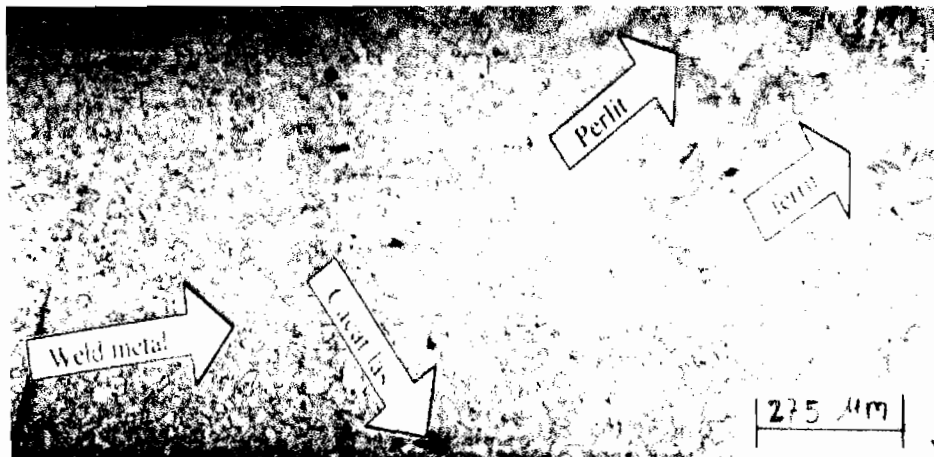
4.3.3 Spesimen sambung las MAG



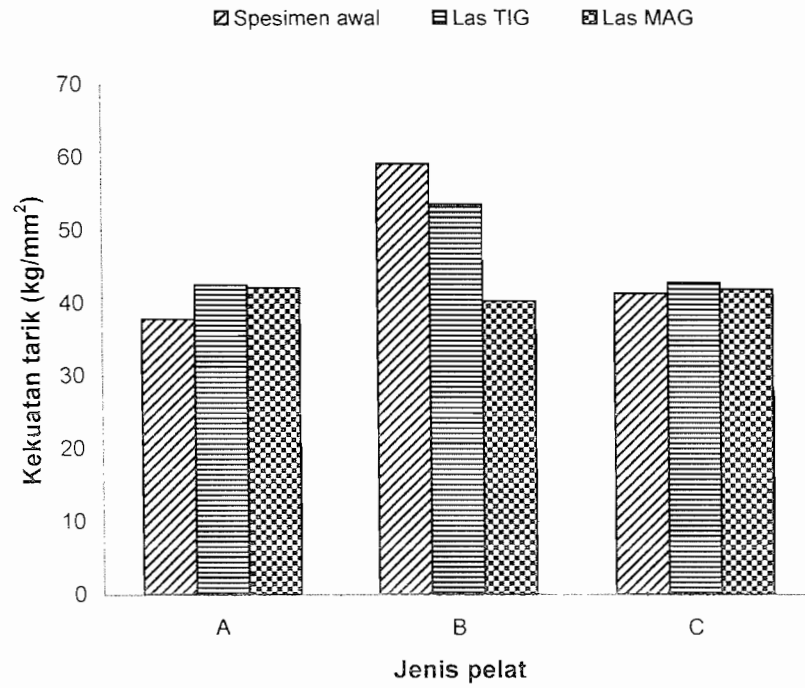
Gambar 4.7 : Struktur mikro sambungan las pelat baja A perbesaran 50 X



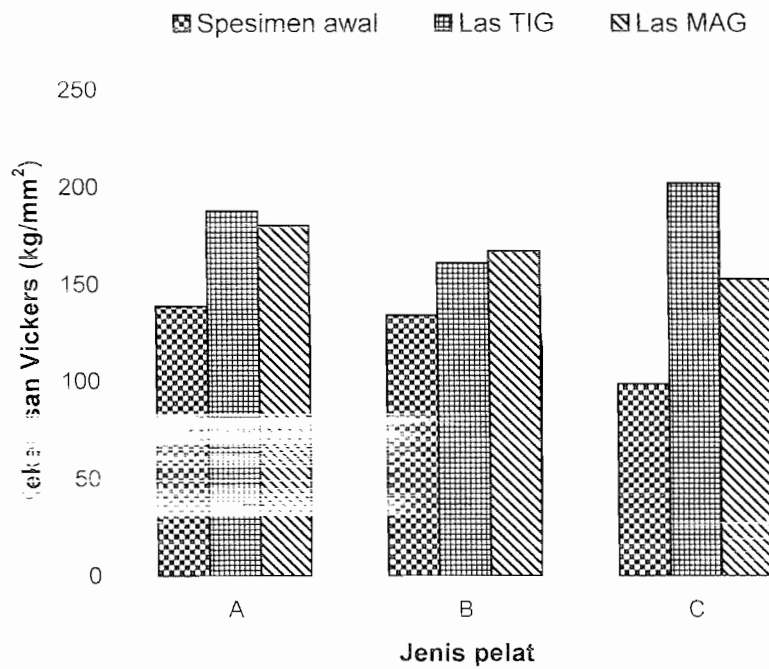
Gambar 4.8 : Struktur mikro sambungan las pelat baja B perbesaran 50 X



Gambar 4.9 : Struktur mikro sambungan las pelat baja C perbesaran 50 X



Gambar 4.10 : Grafik pengujian tarik pelat baja



Gambar 4.11 : Grafik pengujian kekerasan pelat baja

4.4 Pembahasan

4.4.1 Pengujian tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan tarik maksimum dari ketiga pelat baja pada kondisi mula-mula dan kondisi setelah pengelasan. Dalam konstruksi las umumnya digunakan logam las yang mempunyai kekuatan dan keuletan yang lebih baik atau paling tidak sama dengan logam induk. Unsur Si (Silikon), Ni (Nikel), Mo (Molibden), Mn (Mangan) dalam bahan tambah adalah unsur yang dapat menaikkan kekuatan tarik. Pengaruh panas selama proses pengelasan menjadi penyebab turunnya nilai kekuatan tarik.

Hasil dari pengujian tarik ini menunjukkan bahwa pengaruh pengelasan dapat menaikkan dan menurunkan kekuatan tarik suatu pelat. Terjadinya kenaikan kekuatan tarik ditunjukkan pada hasil pengujian pelat A dan pelat C, sedangkan penurunan kekuatan tarik ditunjukkan pada hasil pengujian pelat B. Kenaikan kekuatan tarik pada pelat A dan pelat C diantaranya dipengaruhi oleh bahan tambah yang digunakan. Pada kondisi tanpa pengelasan pelat A mempunyai nilai kekuatan tarik 37.83 kg/mm^2 , pelat B 59.05 kg/mm^2 , dan pelat C 41.3 kg/mm^2 . Pada kondisi setelah disambung dengan las TIG nilai kekuatan tarik pelat A naik sekitar 12 % menjadi 42.51 kg/mm^2 , pelat B turun sekitar 9 % menjadi 53.57 kg/mm^2 , dan pelat C naik sekitar 4 % menjadi 42.81 kg/mm^2 . Dengan las MAG nilai kekuatan tarik pelat A naik sekitar 11 % menjadi 42.11 kg/mm^2 , pelat B turun sekitar 32 % menjadi 40.27 kg/mm^2 , dan pelat C naik sekitar 2 % menjadi 41.89 kg/mm^2 .

Penurunan kekuatan tarik pelat B banyak dipengaruhi oleh panas yang ditimbulkan selama proses pengelasan. Pada pelat B diduga sudah mengalami perlakuan panas dari pabrik pembuatnya, sehingga pengaruh panas pengelasan menyebabkan bentuk struktur penyusunnya menjadi lebih mengembang. Kekuatan tarik logam lasnya lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tarik logam induk maka benda uji lebih banyak putus pada sambungan lasan. Banyak terdapat cacat lasan pada daerah sambungan juga menjadi penyebab turunnya nilai kekuatan tarik. Faktor-faktor yang menyebabkan cacat pengelasan, sebagai berikut :

1. Tegangan tarik logam induk lebih besar daripada tegangan tarik elektroda lasan.
2. Timbulnya keropos pada lasan, keropos pada lasan ini terjadi karena terperangkapnya terak, gas atau bahan lain yang lebih tinggi titik cairnya. Terak terperangkap karena kurang bersih pada jalur sebelumnya. Untuk mengatasi timbulnya terak dilakukan pemukulan pada lajur yang selesai dilas. Supaya terak dan kotoran lainnya dapat terbuang, namun karena bentuk kampuh yang terlalu kecil dan sempit, terak sulit dihilangkan.
3. Selain itu timbulnya retak, lubang-lubang, bopeng-bopeng, meskipun dalam ukuran kecil tetap akan berpengaruh terhadap kekuatan lasan.
4. Kurang tepatnya parameter las, yaitu amperenya kurang besar, atau terlalu kecil, berpengaruh terhadap pencairan elektroda selain itu kurang rata elektroda.

4.4.2 Pengujian kekerasan

Proses pengelasan mengakibatkan terjadinya perubahan sifat bahan yang disebabkan panas pada waktu pengelasan. Perubahan sifat di daerah pengelasan atau daerah yang dipengaruhi panas bisa terjadi pengerasan atau retakan. Hal yang terpenting, terutama terjadinya retakan atau terjadinya pengerasan atau turunnya keuletan pada sambungan las.

Pengujian yang dipakai adalah pengujian kekerasan Vickers Mikro Hardness. Kekerasan benda uji tergantung pada panjang diagonal bekas injakan yang diukur dengan bantuan mikroskop optik. Hasil pengujian dari ketiga jenis pelat setelah pengelasan menunjukkan kenaikan harga kekerasan bahan dibandingkan sebelum dilas. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh selama proses pengelasan. Pengaruh yang ditimbulkan selama proses pengelasan yaitu panas yang ditimbulkan oleh mesin las dan bahan tambah yang digunakan. Panas menyebabkan perubahan bentuk dan mikrostruktur penyusun benda kerja. Selama proses pengelasan unsur C (Karbon) yang terdapat di udara masuk ke dalam logam cair dan ikut membeku pada proses pendinginan, sehingga daerah ini menjadi lebih keras.

Kekerasan di daerah pengelasan juga dipengaruhi oleh bahan tambah yang digunakan dan jenis las yang digunakan. Unsur-unsur pada bahan tambah yang berperan menaikkan nilai kekerasan adalah unsur Si (Silikon) dan C (Karbon). Kenaikan harga kekerasan yang paling besar sekitar 104 % terdapat pada pelat C dengan pengelasan TIG yaitu sekitar 202 kg/mm^2 dibanding dengan bahan tanpa pengelasan yang sekitar $98,77 \text{ kg/mm}^2$.



4.4.3 Struktur Mikro

Dengan dilakukannya uji struktur mikro ini, dapat diketahui struktur dari komposisi kimia penyusun ketiga jenis pelat baja berikut akibat pengaruh panas akibat pengelasan. Dari pengamatan hasil foto struktur mikro terlihat bahwa terdapat perubahan struktur atom pembentuknya. Pada daerah *over heating* dimana kristalnya kasar, dan oleh karenanya logam kehilangan sedikit keuletan. Perubahan kristal penyusun dari ketiga jenis pelat ada yang semakin besar dan ada yang menjadi halus dari sebelum pengelasan. Semakin besar bentuk kristalnya semakin keras bahan tersebut, namun karena bidang kontak antar kristalnya semakin kecil sehingga kekuatannya menurun. Demikian pula sebaliknya bila semakin halus bentuk kristalnya, maka bertambah besar bidang kontak antar kristal, sehingga makin ulet akan tetapi kurang keras. Dari dua macam pengelasan yang dipakai daerah HAZ (Heat Affected Zone) terlihat panjang dan hampir kurang jelas batasannya. Hal ini disebabkan pelat yang digunakan tergolong pelat tipis yaitu 0,8 mm. Pengaruh panas pada pengelasan pelat tipis yaitu penyebaran panas lebih banyak kedua arah saja sehingga menyebabkan daerah HAZ menjadi panjang mengikuti arah panas.

Bahan tambah yang digunakan mempunyai kandungan unsur yang hampir sama dengan bahan induk, sehingga HAZ antara bahan induk dan bahan tambah tidak terlalu terlihat jelas perbedaannya. Pada daerah sambungan las masih terdapat lubang-lubang hitam atau bopeng-bopeng yang menyebabkan kropos, hal ini dapat disebabkan oleh masih terdapatnya kotoran-kotoran pada bagian yang akan dilas atau masih adanya udara dan unsur lain yang masuk selama proses

pengelasan. Udara dan unsur-unsur lain dapat menyebabkan terjadinya oksidasi pada daerah pengelasan.

BAB V

KESIMPULAN DAN PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan data hasil analisis yang telah diperoleh dari dua macam pengelasan TIG dan MAG pada ketiga jenis pelat baja dengan elektroda ER 70S-G maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Terjadi kenaikan kekuatan tarik setelah pengelasan pada pelat A dan C. Kenaikan pelat A sekitar 12 % (menjadi $42,51 \text{ kg/mm}^2$), sedangkan pelat C sekitar 4 % (menjadi $42,81 \text{ kg/mm}^2$). Terjadi penurunan kekuatan tarik sekitar 32 % pada pelat B (menjadi $40,27 \text{ kg/mm}^2$) setelah proses pengelasan.
2. Terjadi kenaikan nilai kekerasan pada ketiga pelat (A, B, dan C) setelah proses pengelasan. Pada pelat A naik sekitar 35 % (menjadi $187,67 \text{ kg/mm}^2$), pelat B naik sekitar 25 % (menjadi $167,33 \text{ kg/mm}^2$), sedangkan pelat C naik sampai sekitar 104 % (menjadi 202 kg/mm^2).
3. Pada kondisi awal bentuk matrik ferrit dan perlit dari ketiga pelat hampir sama dan seragam. Setelah proses pengelasan terdapat perubahan bentuk penyusun pada daerah *base metal* yang terpengaruhi oleh panas atau daerah HAZ (Heat Affected Zone). Daerah HAZ dari ketiga pelat kurang jelas batasannya.

5.2 Penutup

Proses tugas akhir ini adalah proses meneliti suatu logam yang berbentuk pelat tipis dengan bahan dari tiga jenis pelat mobil yang berbeda. Proses ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengelasan TIG dan MAG terhadap pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro sehingga bahan ini dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.

Dengan demikian harus terjadi proses penelitian yang terarah serta berurutan yang dimulai dari pembuatan sampel uji sampai pada perolehan data. Terjadinya angka-angka hasil penelitian yang mungkin tidak stabil atau kurang akuratan data, hal ini disebabkan karena keterbatasan dari peralatan dan kejelian serta ketelitian pengamatan yang dilakukan. Penulis sadar bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, namun yang berarti adalah penulis mencoba semaksimal mungkin untuk dapat mengetahui maksud dan tujuan dari penelitian ini, meskipun masih dalam tahap belajar. Demikian hasil Tugas Akhir ini, semoga hal ini dapat bermanfaat bagi proses belajar kita semua.

5.3 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan serta dari hasil yang diperoleh, penulis ingin menyampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat lebih meningkatkan kualitas penelitian dikemudian hari.

1. Agar diperoleh hasil yang maksimal perlu ketelitian pada langkah kerja, proses kerja dan ketelitian dalam mengolah data.

2. Pemilihan jenis las dan elektroda harus sesuai dengan jenis, bentuk, unsur penyusun dari bahan yang akan digunakan.
3. Literatur sangat berguna sekali untuk penelitian dan pengetahuan. Dengan tersedianya bacaan dipergustakaan USD sangat membantu mahasiswa dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
4. Kelengkapan alat-alat uji sangat membantu mahasiswa untuk lebih fokus dalam mempelajari dan mendalami suatu penelitian.
5. Penelitian tentang pengelasan jika spesimen berbentuk pelat hendaknya semua spesimen dinormalising terlebih dahulu agar diperoleh perbandingan sifat-sifat fisis dan mekanis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Alip, M., 1989, *Teori Dan Praktik Las*, Departemen Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Jakarta.

Holman, J. P., 1985, *Metode Pengukuran Teknik*, Erlangga, Jakarta.

Jensen, A., Sebayang, D., 1991, *Kekuatan Bahan Terapan*, Erlangga, Jakarta.

Suharto, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Rineka Cipta, Jakarta.

Surdia, T., 1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

LAMPIRAN

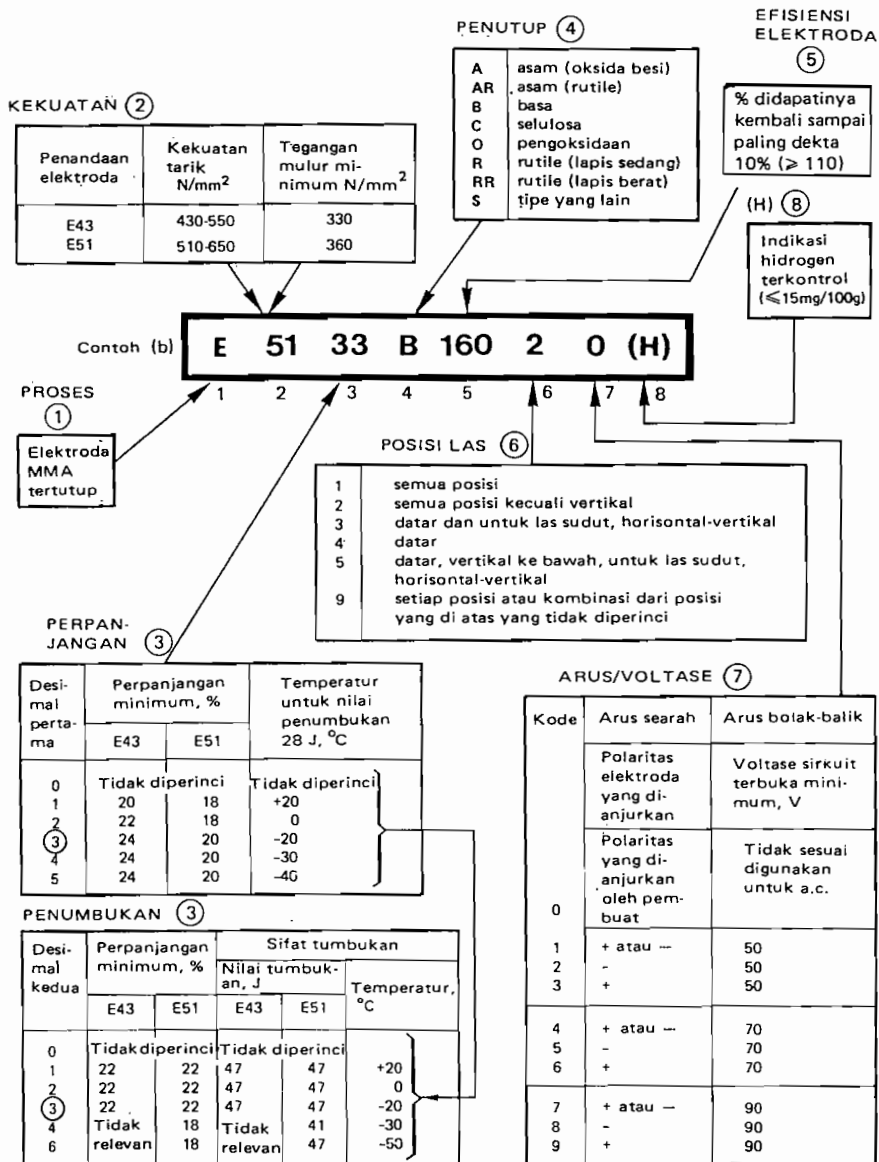
Tabel 1. Jenis-jenis baja menurut AISI dan SAE

Seri	Elemen tambahan	Seri	Elemen tambahan
10xx	Baja karbon tanpa S dan P	48xx	Ni: 3,50 % Mo: 0,25 %
11xx	Baja karbon dengan S	51xx	Cr: 0,80 %
12xx	Baja karbon dengan S dan P	514xx	Corrosion and resisting steels
13xx	Mn: 1,60-1,90 %	515xx	Corrosion and resisting steels
23xx	Ni: 3,50 %	52xx	Cr: 1,50 %
25xx	Ni: 5,00 %	61xx	Cr: 0,78 % V: 0,13 %
31xx	Ni: 1,25 % Cr: 0,60 %	86xx	Ni: 0,55 % Cr: 0,50 % Mo: 0,20 %
32xx	Ni: 1,75 % Cr: 1,00 %	87xx	Ni: 0,55 % Cr: 0,50 % Mo: 0,25 %
33xx	Ni: 3,50 % Cr: 1,50 %	88xx	Ni: 0,55 % Cr: 0,50 % Mo: 0,35 %
34xx	Ni: 3,00 % Cr: 0,8 %	92xx	Mn: 0,80 % Si: 2,00 %
303xx	Corrosion and heat resisting steels	93xx	Ni: 3,25 % Cr: 1,20 % Mo: 0,12 %
40xx	Mo: 0,25 %	94xx	Mn: 0,95 - 1,25 % Ni: 0,45 % Cr: 0,40 % Mo: 0,20 %
41xx	Cr: 1,00 % Mo: 0,20 %	97xx	Ni: 0,55 % Cr: 0,17 % Mo: 0,20 %
43xx	Ni: 1,83 % Cr: 0,80 % Mo: 0,25 %	98xx	Ni: 1,00 % Cr: 0,80 % Mo: 0,25 %
46xx	Ni: 1,75 % Mo: 0,25 %		






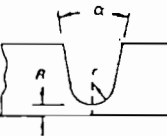
Tabel 2. Pengaruh unsur-unsur paduan pada baja

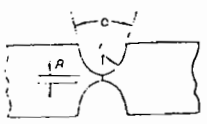
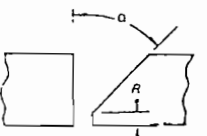
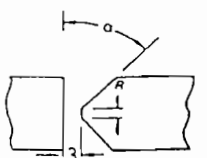
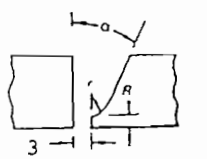
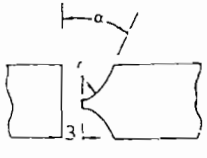
Unsur-unsur paduan	Pengaruh pada baja
S (Sulfur) dan P (Phosfor)	Semua baja mengandung S dan P. Unsur-unsur ini sebagian berasal dari kotoran terbawa bijih besi sebelum diolah dalam dapur tinggi. Kadar S dan P harus dibuat sekecil mungkin karena unsur S dan P akan menurunkan kualitas baja. Kadar S dalam jumlah banyak menjadikan baja rapuh pada suhu tinggi (panas) sedang P menjadikan baja rapuh pada suhu rendah (dingin). Kadang-kadang unsur P perlu ditambahkan pada baja agar mudah dikerjakan dengan mesin perkakas dan juga untuk mendapatkan ukuran tatal lebih kecil ketika dikerjakan dengan mesin otomatis (Pb membawa pengaruh seperti P).
Mn (Mangan)	Semua baja mengandung Mn karena diperlukan dalam proses pembuatan baja. Kadar Mn lebih kecil dari 0,6 % tidak dianggap sebagai unsur paduan karena tidak mempengaruhi sifat-baja secara menyolok. Unsur Mn dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai deoksidizer (pengikat O ₂) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Kadar Mn rendah dapat juga menurunkan kecepatan pendinginan kritis.
Ni (Nikel)	Unsur Ni memberi pengaruh sama seperti Mn, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis. Kadar Ni cukup banyak menjadikan baja austenit pada suhu kamar. Ni membuat struktur butiran halus dan menaikkan keuletan baja.
Si (Silikon)	Unsur Si selalu terdapat dalam baja. Unsur ini menurunkan laju perkembangan gas sehingga mengurangi sifat berpori baja. Si akan menaikkan tegangan tarik, menurunkan kecepatan pendinginan kritis. Unsur Si harus selalu ada dalam baja walaupun dalam jumlah kecil untuk memberi sifat mampu las dan mampu tempa pada baja.
Cr (Chromium)	Cr dapat menundahkan titik eutektik ke kiri. Cr dan C akan membentuk carbide yang akan menaikkan kekerasan baja. Cr akan meningkatkan kemampuan potong dan daya tahan alat perkakas, tetapi menurunkan keuletan. Cr akan menurunkan kecepatan pendinginan kritis dan menaikkan suhu kritis baja.
Co (Cobalt)	Biasanya unsur Co digunakan bersama-sama dengan paduan lainnya. Co menaikkan daya tahan aus dan menghalangi pertumbuhan butiran.
W (Tungsten) Mo (Molibden) V (Vanadium)	Seperti Cr, unsur-unsur ini akan membentuk carbide dalam baja yang akan menaikkan kekerasan, kemampuan potong dan daya tahan aus baja. Unsur-unsur ini juga memberikan daya tahan panas pada alat perkakas yang bekerja dengan kecepatan tinggi. Unsur ini tidak begitu mempengaruhi kecepatan pendinginan baja tetapi menaikkan titik eutektik baja. Unsur paduan ini terutama digunakan pada pahat baja HSS (High Speed Steel)

Tabel 3. Keterangan kode elektroda



Tabel 4. Hubungan antara bentuk sambungan, lasan dan tebal bahan serta dimensi bahan

Bentuk lasan untuk samb. ujung	Sisi lasan	Tebal benda (mm)	Lebar celah (mm)	Tebal akar (mm)	Sudut pinggul
 tertutup	satu dua	s/d 1,5 s/d 3			
 I terbuka	dua	s/d 4,5	1,5		
 I terbuka dng plat dukung	satu	s/d 4,5 s/d 12	4,5 7,5		
 V-tunggal	satu atau dua	4,5 s/d 25 jika dg plat dukung	0 s/d 3 3 s/d 4,5	0 s/d 3	60
 V ganda	dua	lebih dari 12,5	0 s/d 3	0 s/d 3	60
 U tunggal	satu atau dua	lebih dari 18	0 s/d 3	3 s/d 4,5	10 s/d 30

Bentuk lasan untuk samb. ujung	Sisi lasan	Tebal benda (mm)	Lebar celah (mm)	Tebal akar (mm)	Sudut pinggul
 <p>U ganda</p>	dua	Lebih dari 35		3 s/d 4,5	10 s/c 30
 <p>1/2 V tunggal</p>	dua	s/d 25 Maksimum jika dengan plat penumpu	0 s/d 3	0 s/d 3	45 s/d 50
 <p>1/2 V ganda</p>	dua	Lebih dari 12,5	0 s/d 3	0 s/d 3	45 s/d 50
 <p>J tunggal</p>	dua	Lebih dari, 18	3	3 s/d 4,5	20 s/d 30
 <p>J ganda</p>	dua	Lebih dari 35	3	3 s/d 4,5	20 s/d 30

Tabel 5. Karakteristik Elektroda ER 705-6

MG-51TJIS Z3312 YGW-12
AWS A5.18 (ER70S-6)

For gas-shielded metal arc welding of mild steel and 50kgf/mm² high tensile steel.

Applications:

Butt or fillet MAG welding of structures such as vehicles, and industrial machinery.

Characteristics on usage:

MG-51T is a solid wire which is designed to get good usability in all-position welding of steel sheets by the short-circuiting arc with CO₂ gas or Ar+CO₂ gas mixture for shielding. The arc stability is good in the wide range of welding currents.

Higher current can be applied in vertical and overhead positions as compared with MG-50T. It is suitable for all-position welding of pipes. The well-adhered copper plating without flakes and without rusting in long duration storage, glossy wire surface by the special treatment, well-controlled cast and helix to make accurate tracking on the weld seam, rigid spool to prevent insertion of wire into the underlayer wire; these features assure smooth feeding of wire with stable arc, regular beads and higher efficiency in welding.

Notes on usage:

Refer to page 283.

Typical chemical composition of weld metal (%) (Shield gas :CO₂)

C	Si	Mn	P	S
0.11	0.53	1.15	0.011	0.012

Typical mechanical properties of weld metal

YP N/mm ² (kgf/mm ²)	TS N/mm ² (kgf/mm ²)	EI %	IV J (kgf-m)	Shield gas
460 (47)	560 (57)	32	110 (11)	CO ₂
520 (53)	600 (61)	31	160 (16)	80%Ar+20%CO ₂

Sizes available and recommended currents (DC-EP)

Dia. (mm)	0.9	1.0	1.2	
Amp	F	50~200	50~220	80~350
	VU	50~140	50~140	50~160
	OH	50~120	50~120	50~140

HARDNESS CONVERSION TABLE FOR CARBON AND LOW-ALLOY STEELS							
Vickers diamond hardness number	Brinell		Rockwell Hardness		Shore hardness	Tensile strength, tons/sq in.	Tensile strength, kg/sq mm
	Diam. of impression with 3000 kg load in mm	Hardness No.	C Scale 150 kg load, Diamond conc	B Scale 100 kg load			
226	4,00	229	21	98	32	50	79
221	4,05	223	20	97	31	49	77
217	4,10	217	19	96	30	347	74
213	4,15	212	18	95	30	46	72
209	4,20	207	17	94	29	45	71
201	4,25	201	15	93	29	44	69
197	4,30	197	14	92	28	43	68
190	4,35	192	13	91	28	42	66
186	4,40	187	12	90	27	41	65
183	4,45	183	11	89	27	40	63
177	4,50	179	10	88	26	39.5	63
174	4,55	174	9	87	26	39	62
171	4,60	170	8	86	25	38.5	61
165	4,65	167	7	85	25	38	60
162	4,70	163	6	84	24	37.5	59
159	4,75	159	5	83	24	36.5	58
154	4,80	156	4	82	23	36	57
151	4,85	152	3	81	23	35	55
149	4,90	149	2	80	22	34	54
147	4,95	146	1	79	—	33.5	53
144	5,00	143	—	78	—	33	52
—	5,05	140	—	77	—	32	51
—	5,10	137	—	75	—	31.5	50
—	5,15	134	—	74	—	31	49
—	5,20	131	—	73	—	30	48
—	5,25	128	—	72	—	29.5	47
—	5,30	126	—	71	—	29	46
—	5,35	123	—	69	—	28.5	45
—	5,40	121	—	68	—	28	44
—	5,45	118	—	66	—	27	43
—	5,50	116	—	65	—	26.5	42
—	5,55	114	—	64	—	26	41
—	5,60	111	—	62	—	25.5	40
—	5,65	109	—	61	—	25	39
—	5,70	107	—	59	—	24.5	39
—	5,75	105	—	58	—	24	38
—	5,80	103	—	57	—	23.5	37
—	5,85	101	—	56	—	23	37
—	5,90	99	—	54	—	22.75	36
—	5,95	97	—	53	—	22.5	35
—	6,00	95	—	52	—	22	34

HARDNESS CONVERSION TABLE FOR CARBON AND
LOW-ALLOY STEELS

Vickers diamond hardness number	Brinell		Rockwell Hardness		Shore hard- ness	Tensile strength tons/sq in.	Tensile strength kg/sq mm
	Diam. of impression with 3000 kg load in mm	Hard- ness No.	C Scale 150 kg load, Diamond conc	B Scale 100 kg load			
—	2,00	945	—	—	—	—	—
—	2,05	899	—	—	—	—	—
—	2,10	856	—	—	—	—	—
—	2,15	817	—	—	—	—	—
1220	2,20	780	72	—	109	170	268
1114	2,25	745	69	—	102	164	259
1021	2,30	712	67	—	98	156	248
940	2,35	682	65	—	95	149	235
867	2,40	653	63	—	91	144	229
803	2,45	627	61	—	87	140	220
746	2,50	601	59	—	84	134	210
694	2,55	578	58	—	81	120	205
649	2,60	555	56	—	78	125	197
606	2,65	534	54	—	75	120	189
587	2,70	514	52	—	73	115	181
551	2,75	495	51	—	71	112	177
534	2,80	477	49	—	68	109	172
502	2,85	461	48	—	66	104	164
502	2,85	461	48	—	66	104	164
474	2,90	444	47	—	64	100	157
460	2,95	429	45	—	62	94	148
435	3,00	415	44	—	60	91	143
423	3,05	401	43	—	58	88	139
401	3,10	388	41	—	56	84	132
390	3,15	375	40	—	54	82	129
380	3,20	363	39	—	52	79	125
361	3,25	352	38	—	51	76	120
344	3,30	341	37	—	49	74	117
335	3,35	331	36	—	48	72	113
320	3,40	321	35	—	46	70	110
312	3,45	311	34	—	45	68	107
305	3,50	302	33	—	43	66	104
291	3,55	293	31	—	42	64	101
285	3,60	285	30	—	41	62	98
278	3,65	277	29	—	40	60	95
272	3,70	269	28	—	38	59	93
261	3,75	262	27	—	37	57	90
255	3,80	255	26	—	36	55	87
250	3,85	248	25	—	35	54	85
240	3,90	241	23	100	33	52	88
235	3,95	235	22	99	32	51	80

Tabel 7. Nilai kekerasan Vickers Hardness dengan pembebanan 1 kgf

Diagonal (μm)	Load 1000 gf (1 kgf)									
	Vickers Hardness Number									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
35	1513	1505	1496	1488	1479	1471	1463	1455	1447	1439
36	1431	1423	1415	1407	1399	1392	1384	1377	1369	1362
37	1354	1347	1340	1333	1325	1318	1311	1304	1298	1291
38	1284	1277	1271	1264	1257	1251	1244	1238	1232	1225
39	1219	1213	1207	1200	1194	1188	1182	1176	1170	1165
40	1159	1153	1147	1142	1136	1130	1125	1119	1114	1108
41	1105	1098	1092	1087	1082	1076	1071	1066	1061	1056
42	1051	1045	1041	1036	1031	1026	1022	1017	1012	1007
43	1003	998	993	988	984	980	975	971	966	962
44	958	953	949	945	940	936	932	928	924	920
45	916	911	907	903	899	896	892	888	884	880
46	876	872	869	865	861	857	854	850	846	843
47	839	836	832	829	825	822	818	815	811	808
48	805	801	798	795	791	788	785	782	779	775
49	772	769	766	763	760	757	754	751	748	745
50	742	739	736	733	730	727	724	721	718	716
51	713	710	707	704	702	699	696	694	691	688
52	686	683	680	678	675	673	670	668	665	663
53	660	658	655	653	650	648	645	643	641	638
54	636	633	631	629	626	624	622	620	617	615
55	613	611	608	606	604	602	600	598	595	592
56	591	589	587	585	583	581	579	577	575	573
57	571	569	567	565	563	561	559	557	555	553
58	551	549	547	545	544	542	540	538	536	534
59	533	531	529	527	525	524	522	520	518	517
60	515	513	512	510	508	507	505	503	502	500
61	498	497	495	493	492	490	489	487	485	484
62	482	481	479	478	476	475	473	472	470	469
63	467	466	464	463	461	460	458	457	455	454
64	453	451	450	448	447	446	444	443	442	440
65	439	437	436	435	433	432	431	430	428	427
66	426	424	423	422	421	419	418	417	415	414
67	413	412	411	409	408	407	406	405	403	402
68	401	400	399	397	396	395	394	393	392	391
69	389	388	387	386	385	384	383	382	381	379
70	378	377	376	375	374	373	372	371	370	369
71	368	367	366	365	364	363	362	361	360	359
72	358	357	356	355	354	353	352	351	350	349
73	348	347	346	345	344	343	342	341	340	339
74	339	338	337	336	335	334	333	332	331	330
75	330	329	328	327	326	325	324	324	323	322
76	321	320	319	318	318	317	316	315	314	314
77	313	312	311	310	309	309	308	307	306	306
78	305	304	303	302	302	301	300	299	299	299
79	297	296	296	295	294	293	293	292	291	290

Load 1000 gf (1 kgf)

Diagonal (μm)	Vickers Hardness Number									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
125	119	118	118	118	118	118	118	117	117	117
126	117	117	116	116	116	116	116	115	115	115
127	115	115	115	114	114	114	114	114	114	113
128	113	113	113	113	112	112	112	112	112	112
129	111	111	111	111	111	111	110	110	110	110
130	110	110	109	109	109	109	109	109	108	108
131	108	108	108	108	107	107	107	107	107	107
132	106	106	106	106	106	106	105	105	105	105
133	105	105	104	104	104	104	104	104	104	103
134	103	103	103	103	103	102	102	102	102	102
135	102	102	101	101	101	101	101	101	101	100
136	100	100	99.9	99.8	99.7	99.5	99.4	99.2	99.1	98.9
137	95	98.6	98.5	98.3	98.2	98.1	97.9	97.8	97.6	97.5
138	97.4	97.2	97.1	96.9	96.8	96.7	96.5	96.4	96.2	96.1
139	96.0	95.8	95.7	95.5	95.4	95.3	95.1	95.0	94.9	94.7
140	94.6	94.5	94.3	94.2	94.1	93.9	93.8	93.7	93.5	93.4
141	93.3	93.1	93.0	92.9	92.7	92.6	92.5	92.3	92.2	92.1
142	91.9	91.8	91.7	91.6	91.4	91.3	91.2	91.0	90.9	90.8
143	90.7	90.5	90.4	90.3	90.2	90.0	89.9	89.8	89.7	89.5
144	89.4	89.3	89.2	89.0	88.9	88.8	88.7	88.5	88.4	88.3
145	88.2	88.1	87.9	87.8	87.7	87.6	87.5	87.3	87.2	87.1
146	87.0	86.9	86.7	86.6	86.5	86.4	86.3	86.1	86.0	85.9
147	85.8	85.7	85.6	85.4	85.3	85.2	85.1	85.0	84.9	84.8
148	84.6	84.5	84.4	84.3	84.2	84.1	84.0	83.8	83.7	83.6
149	83.5	83.4	83.3	83.2	83.1	83.0	82.8	82.7	82.6	82.5
150	82.4	82.3	82.2	82.1	82.0	81.9	81.7	81.6	81.5	81.4
151	81.3	81.2	81.1	81.0	80.9	80.8	80.7	80.6	80.5	80.4
152	80.2	80.1	80.0	79.9	79.8	79.7	79.6	79.5	79.4	79.3
153	79.2	79.1	79.0	78.9	78.8	78.7	78.6	78.5	78.4	78.3
154	78.2	78.1	78.0	77.9	77.8	77.7	77.6	77.5	77.4	77.3
155	77.2	77.1	77.0	76.9	76.8	76.7	76.6	76.5	76.4	76.3
156	76.2	76.1	76.0	75.9	75.8	75.7	75.6	75.5	75.4	75.3
157	75.2	75.1	75.0	74.9	74.8	74.7	74.6	74.5	74.5	74.4
158	74.3	74.2	74.1	74.0	73.9	73.8	73.7	73.6	73.5	73.4
159	73.3	73.2	73.2	73.1	73.0	72.9	72.8	72.7	72.6	72.5
160	72.4	72.3	72.2	72.2	72.1	72.0	71.9	71.8	71.7	71.6
161	71.5	71.4	71.3	71.3	71.2	71.1	71.0	70.9	70.8	70.7
162	70.6	70.6	70.5	70.4	70.3	70.2	70.1	70.0	70.0	69.9
163	69.8	69.7	69.6	69.5	69.4	69.4	69.3	69.2	69.1	69.0
164	68.9	68.8	68.8	68.7	68.6	68.5	68.4	68.3	68.3	68.2
165	68.1	68.0	67.9	67.9	67.8	67.7	67.6	67.5	67.4	67.4
166	67.3	67.2	67.1	67.0	67.0	66.9	66.8	66.7	66.6	66.6
167	66.5	66.4	66.3	66.2	66.2	66.1	66.0	65.9	65.8	65.8
168	65.7	65.6	65.5	65.5	65.4	65.3	65.2	65.1	65.1	65.0
169	64.9	64.8	64.8	64.7	64.6	64.5	64.5	64.4	64.3	64.2

Load 1000 gf (1 kgf)

Diagonal (μm)	Vickers hardness Number									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
170	64.2	64.1	64.0	63.9	63.9	63.8	63.7	63.5	63.6	63.5
171	63.4	63.5	63.3	63.2	63.1	63.0	63.0	62.9	62.8	62.7
172	62.7	62.6	62.5	62.5	62.4	62.3	62.2	62.2	62.1	62.0
173	61.9	61.9	61.8	61.7	61.7	61.6	61.5	61.4	61.4	61.2
174	61.2	61.2	61.1	61.0	61.0	60.9	60.8	60.7	60.7	60.6
175	60.5	60.5	60.4	60.3	60.3	60.2	60.1	60.1	60.0	59.9
176	59.9	59.8	59.7	59.6	59.6	59.5	59.4	59.4	59.3	59.2
177	59.2	59.1	59.0	59.0	58.9	58.9	58.8	58.7	58.6	58.6
178	58.5	58.4	58.4	58.3	58.3	58.2	58.1	58.1	58.0	57.9
179	57.9	57.8	57.7	57.7	57.6	57.5	57.5	57.4	57.3	57.3
180	57.2	57.2	57.1	57.0	57.0	56.9	56.8	56.8	56.7	56.7
181	56.6	56.5	56.5	56.4	56.3	56.3	56.2	56.2	56.1	56.0
182	56.0	55.9	55.8	55.8	55.7	55.7	55.6	55.5	55.5	55.4
183	55.4	55.3	55.2	55.2	55.1	55.1	55.0	54.9	54.9	54.8
184	54.8	54.7	54.6	54.6	54.5	54.5	54.4	54.3	54.3	54.2
185	54.2	54.1	54.1	54.0	53.9	53.9	53.8	53.8	53.7	53.6
186	53.6	53.5	53.5	53.4	53.4	53.3	53.2	53.2	53.1	53.1
187	53.0	53.0	52.9	52.8	52.8	52.7	52.7	52.6	52.6	52.5
188	52.5	52.4	52.3	52.3	52.2	52.2	52.1	52.1	52.0	52.0
189	51.9	51.8	51.8	51.7	51.7	51.6	51.6	51.5	51.5	51.4
190	51.4	51.3	51.2	51.2	51.1	51.1	51.0	51.0	50.9	50.9
191	50.8	50.8	50.7	50.7	50.6	50.6	50.5	50.5	50.4	50.3
192	50.3	50.2	50.2	50.1	50.1	50.0	50.0	49.9	49.9	49.8
193	49.8	49.7	49.7	49.6	49.6	49.5	49.5	49.4	49.4	49.3
194	49.3	49.2	49.2	49.1	49.1	49.0	49.0	48.9	48.9	48.8
195	48.8	48.7	48.7	48.6	48.6	48.5	48.5	48.4	48.4	48.3
196	48.3	48.2	48.2	48.1	48.1	48.0	48.0	47.9	47.9	47.8
197	47.8	47.7	47.7	47.6	47.6	47.5	47.5	47.4	47.4	47.3
198	47.3	47.2	47.2	47.1	47.1	47.1	47.0	47.0	46.9	46.9
199	46.8	46.8	46.7	46.7	46.6	46.6	46.5	46.5	46.4	46.4
200	46.4	46.3	46.3	46.2	46.2	46.1	46.1	46.0	46.0	45.9
201	45.9	45.8	45.8	45.8	45.7	45.7	45.6	45.6	45.5	45.5
202	45.4	45.4	45.3	45.3	45.3	45.2	45.2	45.1	45.1	45.0
203	45.0	44.9	44.9	44.9	44.8	44.8	44.7	44.7	44.6	44.6
204	44.6	44.5	44.5	44.4	44.4	44.3	44.3	44.2	44.2	44.2
205	44.1	44.1	44.0	44.0	43.9	43.9	43.9	43.8	43.8	43.7
206	43.7	43.6	43.6	43.6	43.5	43.5	43.4	43.4	43.4	43.3
207	43.3	43.2	43.2	43.1	43.1	43.1	43.0	43.0	42.9	42.9
208	42.9	42.8	42.8	42.7	42.7	42.6	42.6	42.6	42.5	42.5
209	42.4	42.4	42.4	42.3	42.3	42.2	42.2	42.2	42.1	42.1
210	42.0	42.0	42.0	41.9	41.9	41.8	41.8	41.8	41.7	41.7
211	41.6	41.6	41.6	41.5	41.5	41.4	41.4	41.4	41.3	41.3
212	41.3	41.2	41.2	41.1	41.1	41.1	41.0	41.0	40.9	40.9
213	40.9	40.8	40.8	40.8	40.7	40.7	40.6	40.6	40.6	40.5
214	40.5	40.4	40.4	40.4	40.3	40.3	40.3	40.2	40.2	40.1

Load 1000 gf (1 kg f)

Diagonal (μm)	Vickers Hardness Number									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
80	290	289	288	288	287	286	285	285	284	283
81	283	282	281	280	280	279	278	278	277	276
82	276	275	274	274	273	272	272	271	270	270
83	269	266	268	267	267	266	265	265	264	263
84	262	262	262	261	260	260	259	258	258	257
85	257	256	255	255	254	254	253	252	252	251
86	251	250	250	249	248	248	247	247	246	246
87	245	244	244	243	243	242	242	241	241	240
88	239	239	238	238	237	237	236	236	235	235
89	234	234	233	232	232	231	231	230	230	229
90	229	228	228	227	227	226	226	225	225	224
91	224	223	223	222	222	221	221	220	220	220
92	219	219	218	218	217	217	216	216	215	215
93	214	214	213	213	213	212	212	211	211	210
94	210	209	209	208	208	208	207	207	206	206
95	205	205	205	204	204	203	203	202	202	202
96	201	201	200	200	200	199	199	198	198	197
97	197	197	196	196	195	195	195	194	194	193
98	193	193	192	192	191	191	191	190	190	190
99	189	189	188	188	188	187	187	187	186	186
100	185	185	185	184	184	184	183	183	182	182
101	182	181	181	181	180	180	180	179	179	179
102	176	178	178	177	177	176	176	176	175	175
103	175	174	174	174	173	173	173	172	172	172
104	171	171	171	170	170	170	169	169	169	168
105	166	168	168	167	167	167	166	166	166	165
106	165	165	164	164	164	163	163	163	163	162
107	162	162	161	161	161	160	160	160	160	159
108	159	159	158	158	158	157	157	157	157	156
109	156	156	155	155	155	155	154	154	154	154
110	153	153	153	152	152	152	152	151	151	151
111	150	150	150	150	149	149	149	149	148	148
112	148	148	147	147	147	146	146	146	146	145
113	145	145	145	144	144	144	144	143	143	143
114	143	142	142	142	142	141	141	141	141	141
115	140	140	140	139	139	139	139	138	138	138
116	138	138	137	137	137	137	136	136	136	136
117	135	135	135	135	135	134	134	134	134	133
118	133	133	133	132	132	132	132	132	131	131
119	131	131	130	130	130	130	130	129	129	129
120	129	129	128	128	128	128	127	127	127	127
121	127	126	126	126	126	126	125	125	125	125
122	125	124	124	124	124	124	123	123	123	123
123	123	122	122	122	122	122	121	121	121	121
124	121	120	120	120	120	120	119	119	119	119

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO								
SAMPLE NAME	: RAJA PLAT B - STEFANUS - SANATADARMA								
FURNACE	: 111119A-02785								
OPERATOR	: MARYADI								
Alloy	: SC	Mode	: PA	15-Sep-2004	Time 11:19				
Burn 1									
Fe	99.12	C	0.180	Si	< 0.002	Mn	0.592	P	0.018
S	0.012	Ni	< 0.012	Cr	0.030	Mo	< 0.004	Cu	< 0.004
Al	0.007	Nb	0.01	V	< 0.00	W	0.03	Ti	< 0.00
Burn 2									
Fe	99.13	C	0.179	Si	< 0.002	Mn	0.581	P	0.018
S	0.012	Ni	< 0.012	Cr	0.029	Mo	< 0.004	Cu	< 0.004
Al	0.006	Nb	0.01	V	< 0.00	W	0.04	Ti	< 0.00
Burn 3									
Fe	99.16	C	0.157	Si	< 0.002	Mn	0.576	P	0.018
S	0.012	Ni	< 0.012	Cr	0.026	Mo	< 0.004	Cu	< 0.004
Al	0.006	Nb	0.01	V	< 0.00	W	0.03	Ti	< 0.00
Average									
Fe	99.13	C	0.172	Si	< 0.002	Mn	0.583	P	0.018
S	0.012	Ni	< 0.012	Cr	0.028	Mo	< 0.004	Cu	< 0.004
Al	0.006	Nb	0.01	V	< 0.00	W	0.03	Ti	< 0.00

PT. ITOKOH CEPERINDO

Tabel 8. Komposisi kimia penyusun bahan (pelat A)

Tabel 9. Komposisi kimia penyusun bahan (pelat B)

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO				
SAMPLE NAME	: BAJA PLAT A - STEFANUS - SANATADARMA				
FURNACE	: 111419A-02/84				
OPERATOR	: MARYADI				
Alloy : SC	Mode : PA	15-Sep-2004	Time	11:12	
Burn 1					
Fe 99.61	C 0.050	Si < 0.002	Mn 0.198	P 0.014	
S 0.012	Ni 0.032	Cr 0.018	Mo < 0.004	Cu < 0.004	
Al 0.006	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.03	Ti < 0.00	
Burn 2					
Fe 99.62	C 0.047	Si < 0.002	Mn 0.195	P 0.014	
S 0.011	Ni 0.034	Cr 0.019	Mo < 0.004	Cu < 0.004	
Al 0.006	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.03	Ti < 0.00	
Burn 3					
Fe 99.62	C 0.047	Si < 0.002	Mn 0.201	P 0.013	
S 0.011	Ni 0.034	Cr 0.022	Mo < 0.004	Cu < 0.004	
Al 0.007	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.03	Ti < 0.00	
Average					
Fe 99.62	C 0.048	Si < 0.002	Mn 0.198	P 0.014	
S 0.011	Ni 0.033	Cr 0.019	Mo < 0.004	Cu < 0.004	
Al 0.007	Nb 0.01	V < 0.00	W 0.03	Ti < 0.00	

PT. ITOKOH CEPERINDO



INSPECTION CERTIFICATE
 THAI COATED STEEL SHEET CO., LTD.

Customer : CS.METAL
 Contractor : SUNITONO
 Reference No. : 128-025
 Commodity : ElectroGalvanized Steel Sheet
 Specification : SECC E16/E16

Tabel 10. Komposisi kimia penyusun bahan (pelat C)

Coil No	Item No	Size (mm) (L x W x Coil)	Quantity Coils	Mass Ton	Chemical Composition (%)								
					C	SI	Mn	P	S	N	SEAL	Nb	Al
					100	100	1000	10000	1000	1000	1000	1000	
0042726	01	0.800*1219*C	1	5.060	4.0	1.0	24	15	08				
0042728	01	0.800*1219*C	2	19.000	4.0	1.0	24	15	08				
		TOTAL	3	24.060									

Tabel 11. Kriteria Chauvenet untuk menolak suatu bacaan

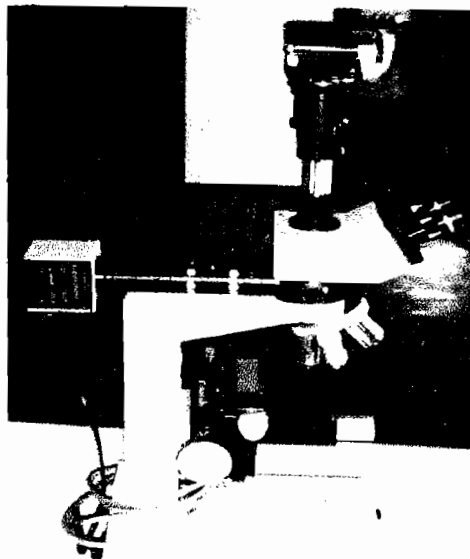
Jumlah bacaan n	Rasio deviasi maksimum yang dapat diterima terhadap deviasi standar, $\hat{\sigma}_{\text{maks}}/\sigma$
3	1,38
4	1,54
5	1,65
6	1,73
7	1,80
10	1,96
15	2,13
25	2,33
50	2,57
100	2,81
300	3,14
500	3,29
1.000	3,48

Mesin uji tarik



Gambar mesin uji tarik


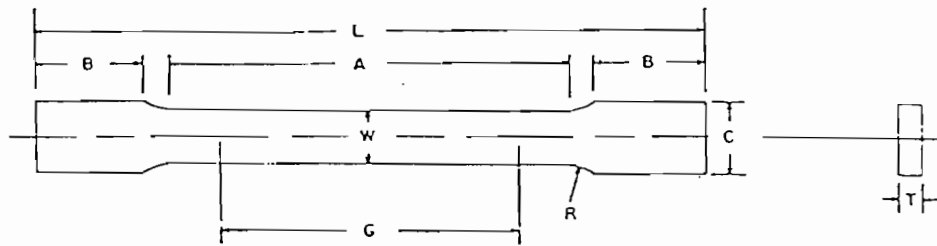
Mikroskop uji struktur mikro



Gambar mikroskop struktur mikro



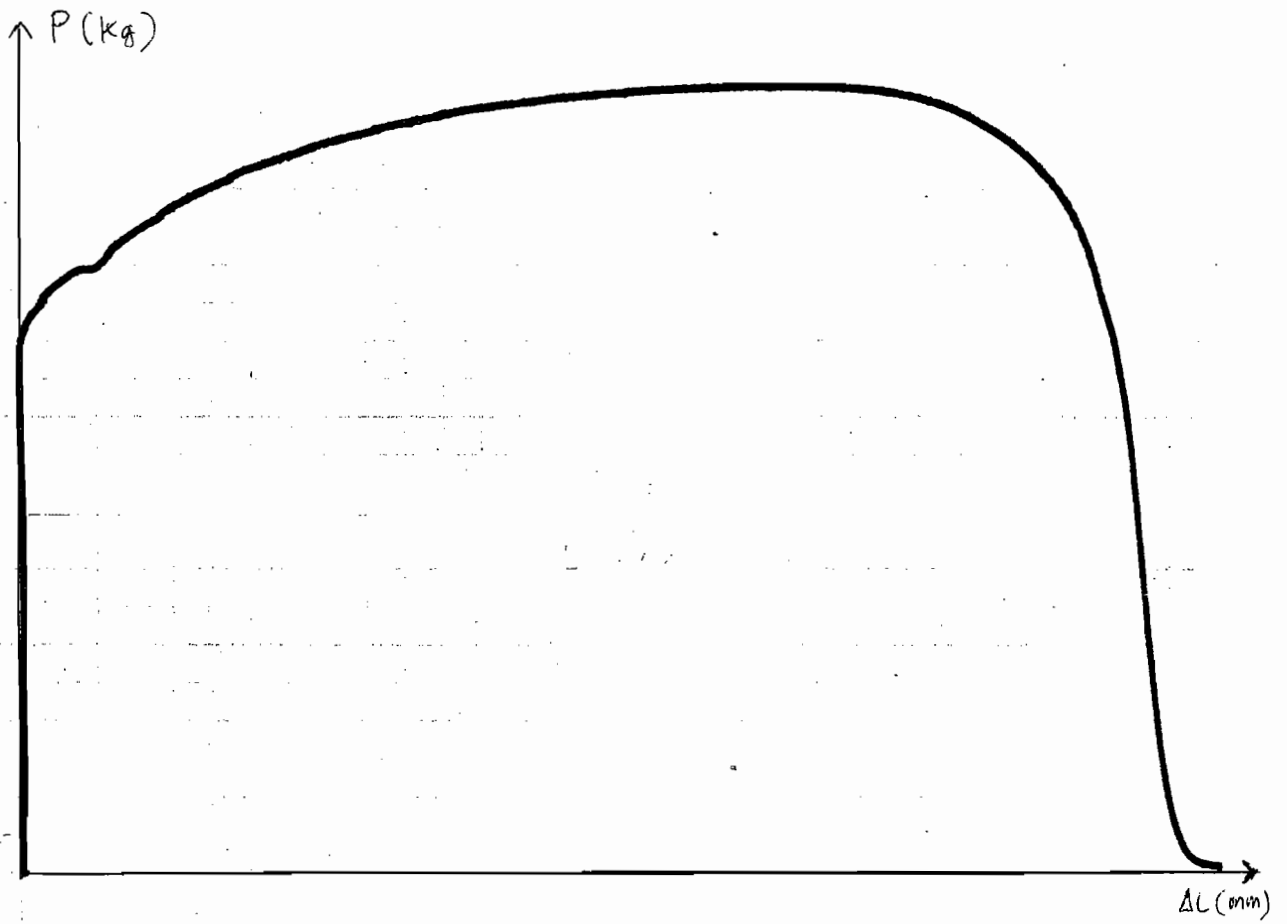
Standar spesimen ASTM (A 370)

 A 370


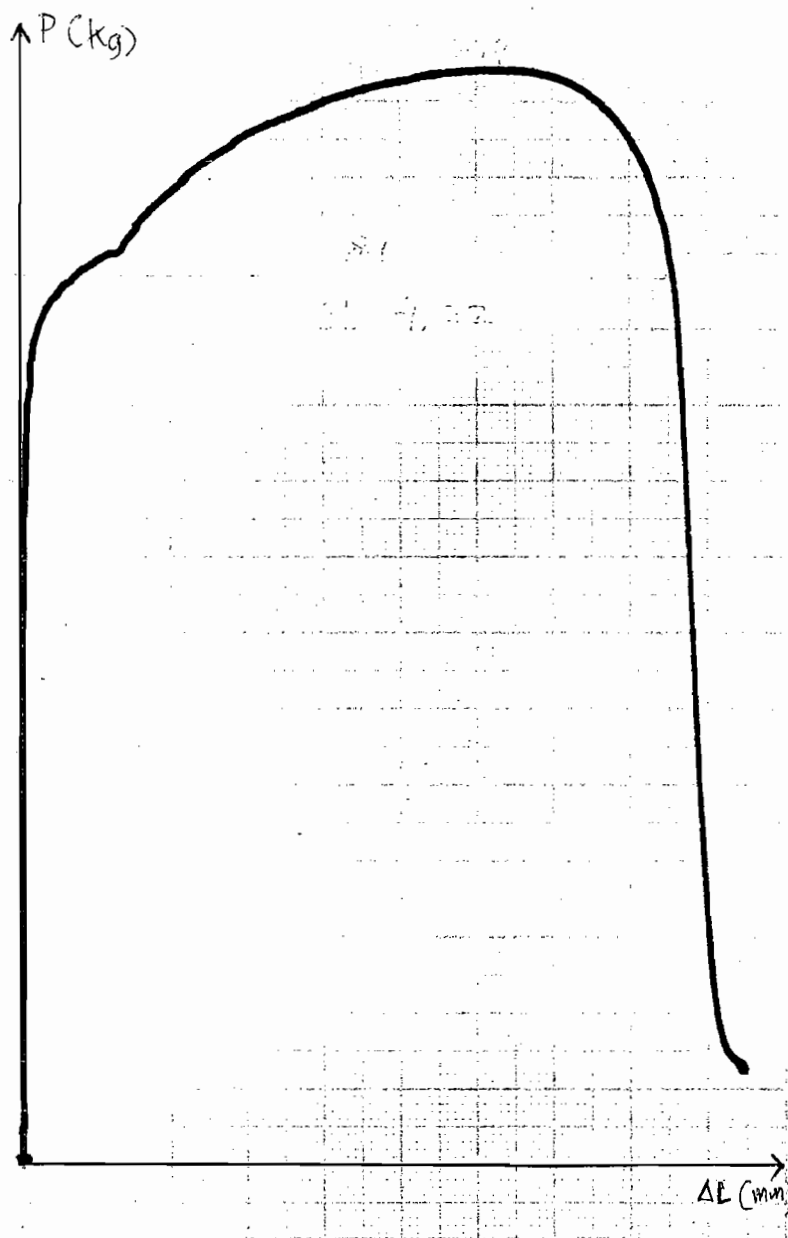
DIMENSIONS

	Standard Specimens				Subsize Specimen	
	Plate-Type, 1½-in. Wide		Sheet-Type, ½-in. Wide		¾-in. Wide	
	in.	mm	in.	mm	in.	mm
G —Gage length (Notes 1 and 2)	8.00 ± 0.01	200 ± 0.25	2.000 ± 0.005	50.0 ± 0.10	1.000 ± 0.003	25.0 ± 0.08
W —Width (Notes 3, 4, and 5)	1½ + ¼ - ¼	40 + 3 - 6	0.500 ± 0.010	12.5 ± 0.25	0.250 ± 0.002	6.25 ± 0.05
T —Thickness (Note 6)			thickness of material			
R —Radius of fillet, min	½	13	½	13	¾	6
L —Over-all length, min (Notes 2 and 7)	18	450	8	200	4	100
A —Length of reduced section, min	9	225	2¼	60	1½	32
B —Length of grip section, min (Note 8)	3	75	2	50	1¼	32
C —Width of grip section, approximate (Notes 4, 9, and 10)	2	50	¾	20	¾	10

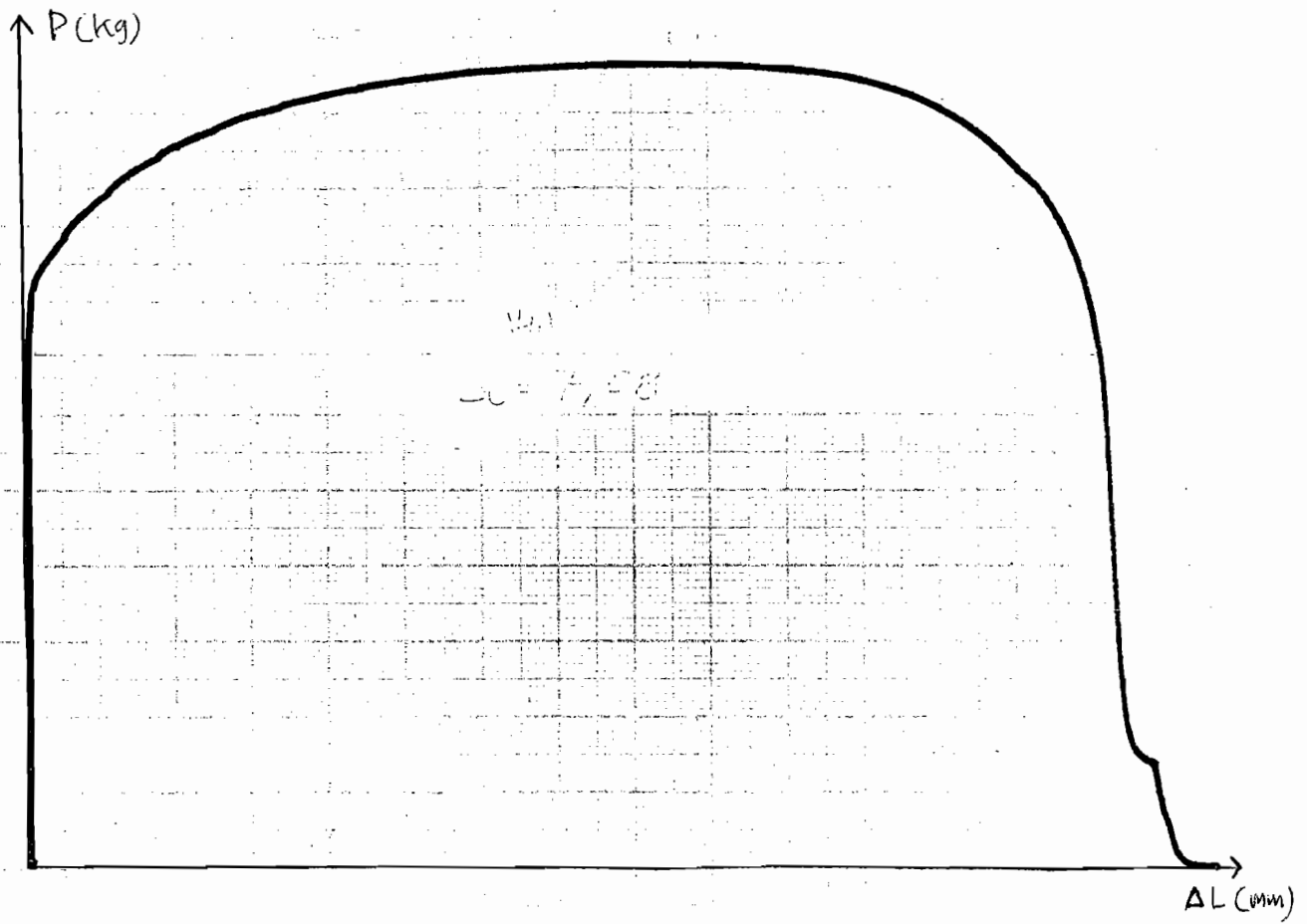
Grafik uji tarik pelat A (awal)



Grafik uji tarik pelat B (awal)



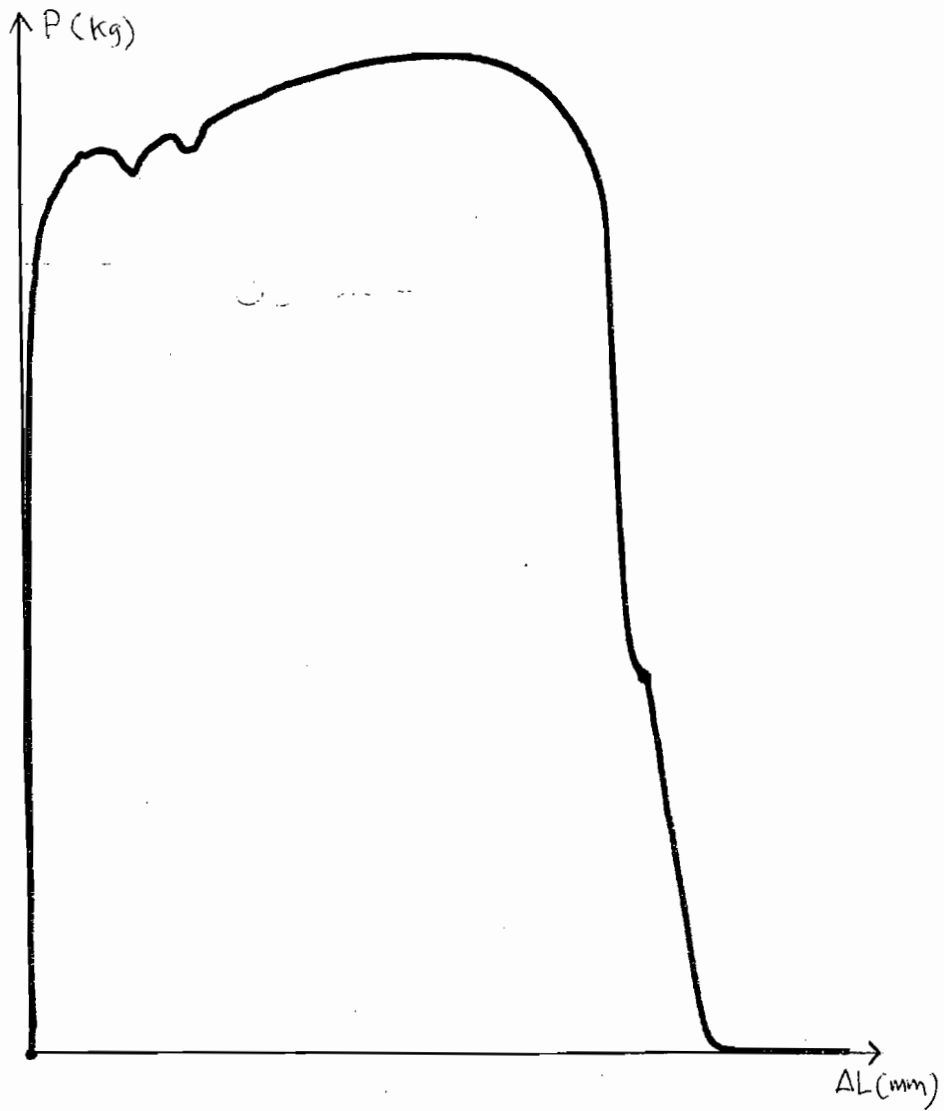
Grafik uji tarik pelat C (awal)



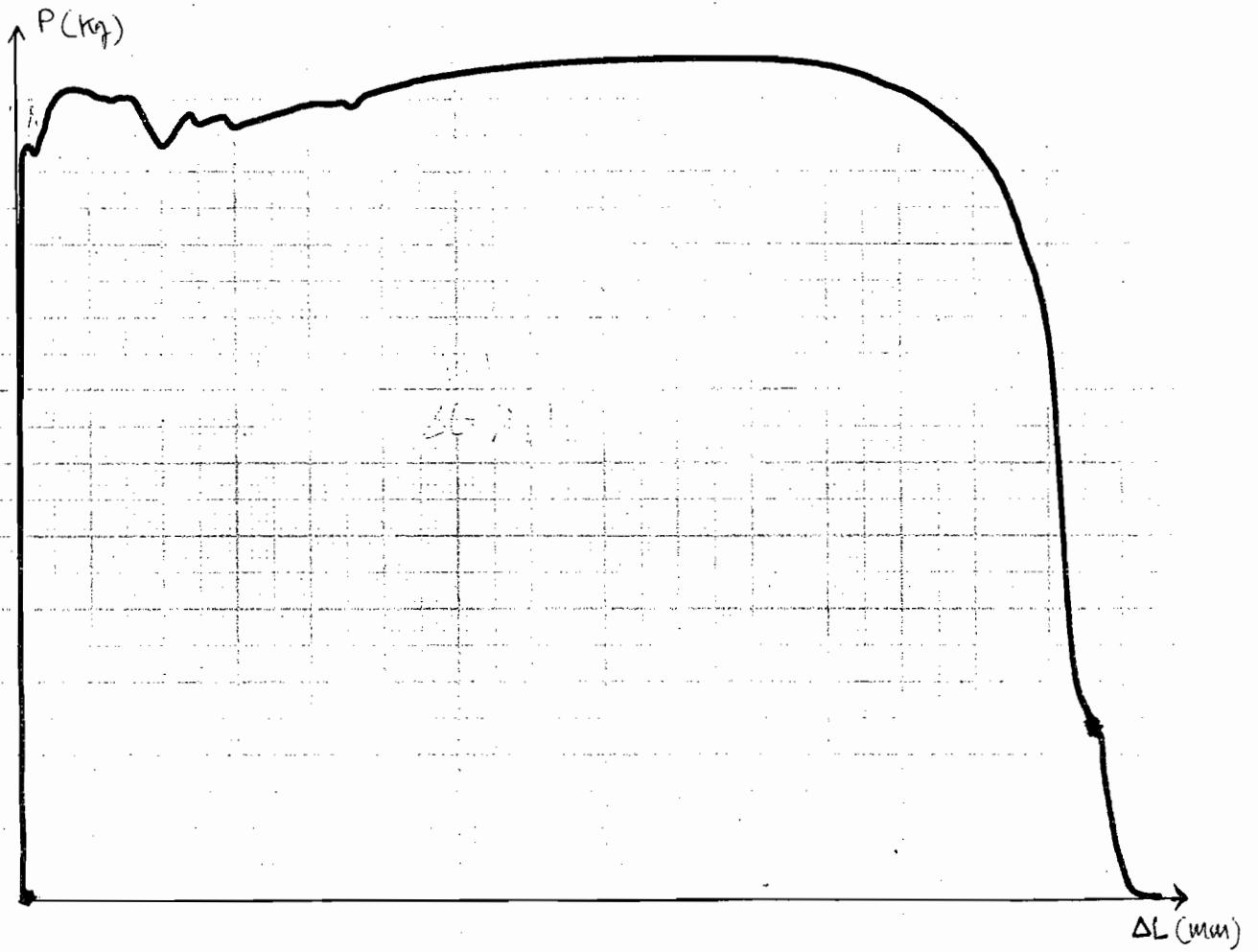
Grafik uji tarik pelat A sambung las TIG



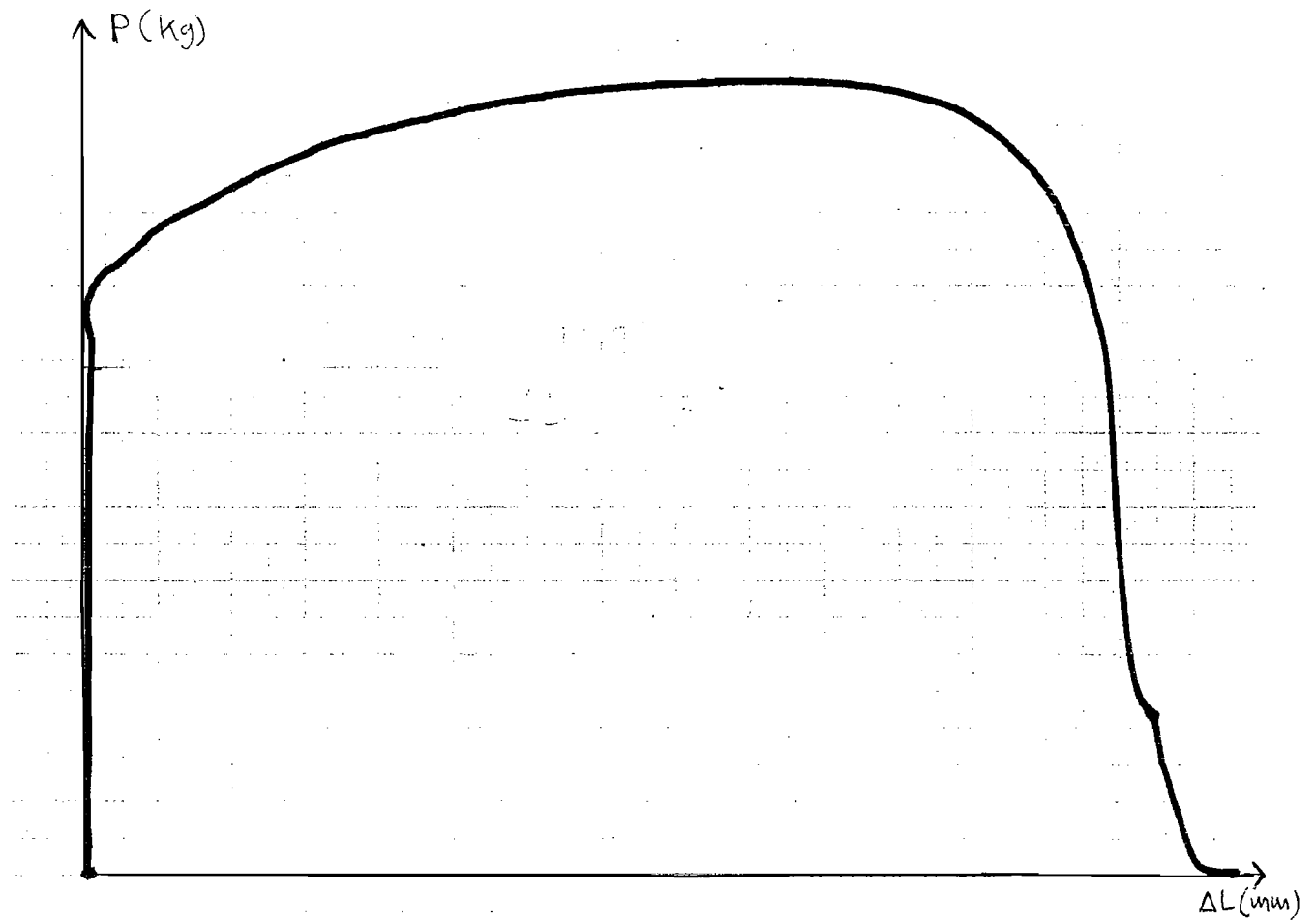
Grafik uji tarik pelat B sambung las TIG



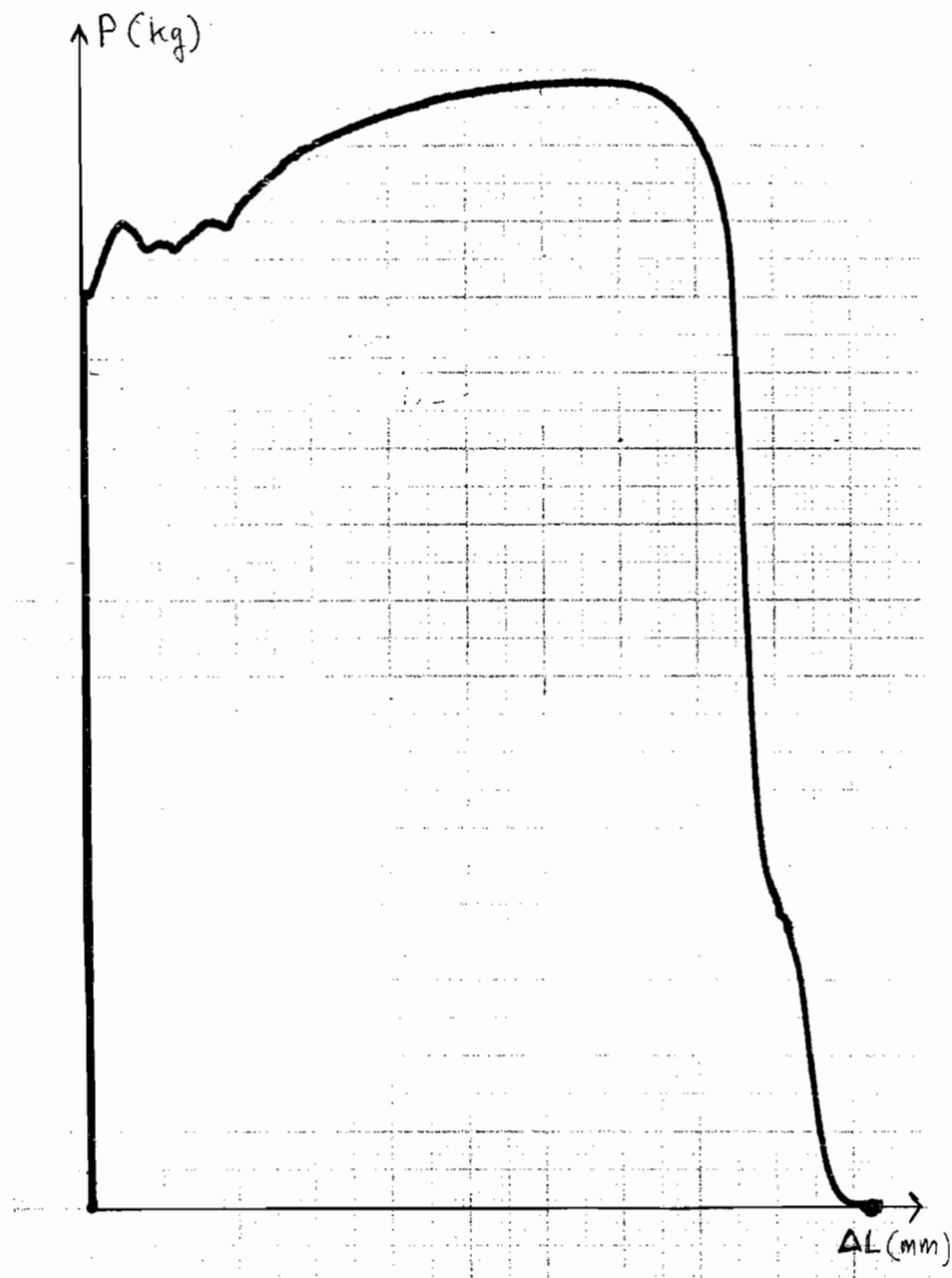
Grafik uji tarik pelat C sambung las TIG



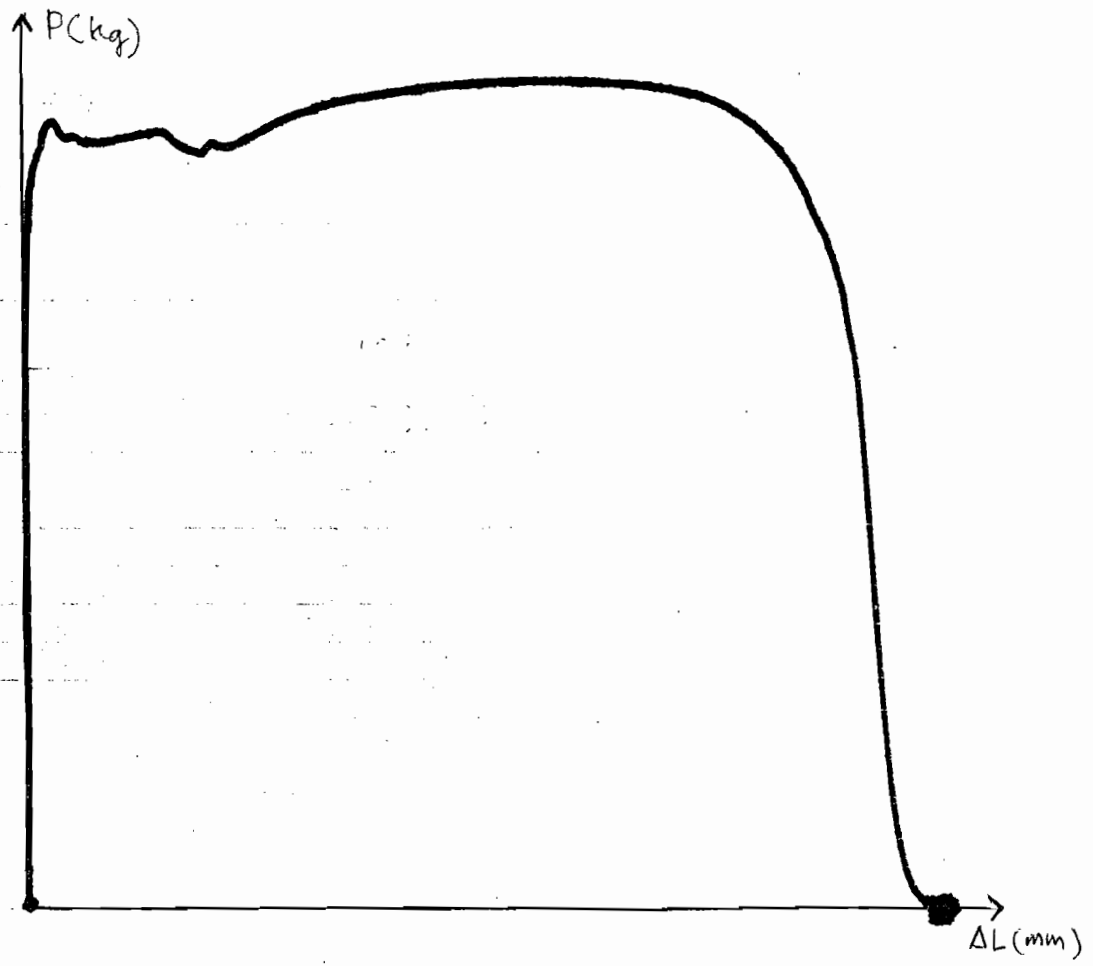
Grafik uji tarik pelat A sambung las MAG



Grafik uji tarik pelat B sambung las MAG



Grafik uji tarik pelat C sambung las MAG





JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SANATA DHARMA
Kampus III, Paingan Maguwoharjo, Sleman -Yogyakarta
Telp.(0274) 883037, 883968, 886530; Fax.(0274) 886529; Email :teknik@staff.usd.ac.id

TUGAS AKHIR/SKRIPSI PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No: 547 / FT .USD / TM / Mei / 2005

NAMA : Stefanus Hendarto Yuwono
NIM : 985214092
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Pengaruh Las MAG dan TIG terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Pelat Body Mobil.

Tanggal dimulai : 6 September 2004

Pembimbing II

Yogyakarta , 12 Mei 2005

Pembimbing I

Budi Setyahardana, S.T.,M.T.



UJIAN PENDADARAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI

TANGGAL : 20 Juli 2005

MA Mhs. : Stefanus Hendarto Yuwono

1 : 985214092

JUL :
*Pengaruh Las MAG dan TIG terhadap Kekuatan Tarik,
Kekerasan dan Struktur Mikro Pelat Bodi Mobil*

nbimbing Utama : Budi Setyahandana, S.T., M.T.

nbimbing Kedua :

USULAN REVISI DARI DOSEN PENGUJI

1. 1 lembar untuk mahasiswa
2. 1 lembar untuk dosen pembimbing

kesimpulan dibuat lebih ringkas dalam bentuk point-point
di halaman 102 - dst grafiknya perlu pengelompokan pada sumbu x & y
di halaman 57 teori statistika di masukkan pada metodologi
di 31 istilah lasan groove kurang tepat.
di 42. Tulisan tidak jelas atau tidak perlu di tampilkan
Gambar 2-16.
disaran : pada kesimpulan perlu di perbaiki





TUGAS AKHIR / SKIPSI PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIV. SANATA DHARMA YOGYAKARTA

No: 547 /FT .USD/TM/ Mei/2005

NAMA : Stefanus Hendarto Yuwono
NIM : 985214092
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik , Univ. Sanata Dharma Yogyakarta
Judul TGA :
Pengaruh Las MAG dan TIG terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Pelat Body Mobil.

Tanggal dimulai : 5 September 2004
Pen.bimbing I : Budi Setyahandana, S.T.,M.T.
Pembimbing II : -

No	Tgl	Uraian	Keterangan	Tanda Tangan
1	6 Sep '04	Soal TGA	PENGARUH LAS MAG DAN TIG TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PELAT BODI MOBIL	
2				
3	25 Sep '04	Pembuatan Spesimen		
4	9 Okt '04	Pengujian bahan	Tarik dan Struktur Mikro	
5	17 Okt '04	Pengujian bahan	Kekerasan	
6	21 Okt '04	Pengolahan data.		
7	19 Nov '04	Pengertian Bab I, II, III.		
8	16 Feb '05	Pengertian Bab IV, V.		
9	5 Mar '05	Pengertian Bab I - V	Pengempurnaan Proposal	
10				
11				
12				