

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Canoe atau Sampan

Canoe adalah sebuah sampan yang telah berabad-abad digunakan sejak jaman kenabian. Bahannya bisa dibuat dari kayu, komposit dan bahan-bahan ringan lainnya (Anonim 2013). Bahan aluminium sekarang banyak digunakan disebabkan tahan terhadap korosi dan ringan, hanya diperlukan proses penyambungan menggunakan las TIG (Anonim 2013). Penyambungan dengan las perlu dilakukan pengecekan terhadap cacat-cacat las yaitu dengan NDT (*Non Destructive Test*) dan pengujian merusak (Davis, et.all, 1982). Pengujian NDT yang utama pengujian ultrasonik dan radiografi, sedangkan pengujian destruktif meliputi pengujian tarik, bending, dan impak. Pemeriksaan metalografi juga perlu dilakukan untuk mengetahui distribusi fasa, porositas, dan kemampuan terjadinya fusi antara logam induk dan logam las (Wiryosumarto, H., 1976)

2.2 Klasifikasi Aluminium dan Paduannya

Material aluminium merupakan logam kedua setelah baja yang digunakan dalam konstruksi dan manufaktur, oleh sebab itu *logam non ferrous*

... di antara logam-logam ini adalah logam aluminium

2.2.1 Pengertian dasar aluminium

Aluminium (dalam bentuk bauksit) adalah suatu mineral yang berasal dari *magma* asam yang mengalami proses pelapukan dan pengendapan secara *residual*. Proses pengendapan *residual* sendiri merupakan suatu proses pengkonsentrasian mineral bahan galian di tempat. Aluminium merupakan suatu metal reaktif, dan tidak terjadi secara alami. Oleh karena itu, aluminium tak dikenal sebagai unsur terpisah sampai tahun 1820-an, walaupun keberadaannya telah diramalkan oleh beberapa ilmuwan yang telah belajar aluminium campuran. Aluminium pertama kali diproduksi dengan bebas oleh ahli kimia dan ahli ilmu fisika yang berasal dari Denmark, Hans Oersted Kristen, dan ahli kimia Jerman, Frederich Wohler, pada pertengahan tahun 1820-an. Nama aluminium diperoleh dari bahasa latin: *alumen*, yang berarti tawas (suatu aluminium sulfat mineral).

1. Aluminium Murni

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

2. Aluminium Paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan

serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam. Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya hingga aluminium siap digunakan, apakah dengan penempaan, perlakuan panas, penyimpanan, dan sebagainya. Paduan Aluminium dapat digolongkan menjadi beberapa kelompok utama, yaitu:

a. Paduan Aluminium Tempa (*Aluminium Wrought Alloy*)

Paduan ini dibuat untuk dikerjakan dengan proses *forming* untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan seperti pelat, lembaran, atau kawat.

b. Paduan Aluminium Cor (*Aluminium Casting Alloy*)

Pada paduan ini, bentuk benda yang diinginkan diperoleh dari logam cair yang dituang pada cetakan dengan bentuk yang diinginkan dan dibiarkan membeku, sehingga didapatkan produk yang mendekati bentuk aslinya untuk kemudian *difinishing*.

c. Paduan aluminium yang dapat diberi perlakuan panas (*Heat-Treatable Aluminium Alloy*)

Pada paduan ini ditambahkan beberapa elemen untuk memperkuat aluminium, elemen yang ditambahkan biasanya *copper* (seri 2xxx), magnesium dan silikon (seri 6xxx) dan *zinc* (seri 7xxx) dalam hal ini

dan kekuatan paduannya tergantung pada pemanasan, *quenching* dan *artificial aging*.

- d. Paduan aluminium yang tidak dapat diberi perlakuan panas (*Non-Heat-Treatable Aluminium Alloy*)

Pada paduan ini ditambahkan beberapa elemen untuk memperkuat paduan aluminium dan ada yang murni aluminium (seri 1xxx), elemen yang ditambahkan pada jenis paduan ini adalah mangan (seri 3xxx), silikon (4xxx), magnesium (5xxx) dalam meningkatkan kekuatan dari paduan aluminium ini dilakukan dengan memvariasikan suhu dari *cold working* (pendinginan) atau *strain hardening*.

Dalam hal pengelasan paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sulit untuk memanaskan dan mencairkan sebagian kecil.
- b. Aluminium mempunyai titik cair dan viskositas yang rendah, maka daerah yang terkena pemanasan mudah mencair dan menetes.
- c. Paduan aluminium mudah sekali teroksidasi dan membentuk oksida aluminium yang mempunyai titik cair tinggi. Karena sifat ini maka peleburan antara logam dasar dengan logam las menjadi terhalang.
- d. Karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hidrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan

e. Paduan aluminium mempunyai berat jenis yang rendah karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Keadaan ini memudahkan terkandungnya zat-zat yang tidak dikehendaki kedalamnya.

2.2.2 Sifat-sifat mekanik aluminium

Sifat teknik bahan aluminium murni dan aluminium paduan dipengaruhi oleh konsentrasi bahan dan perlakuan yang diberikan terhadap bahan tersebut. Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida dilogam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun, pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukandengan logam yang bersifat lebih *katodik*, karena dapat mencegah oksidasi aluminium. Logam aluminium mempunyai karakteristik tersendiri dibandingkan dengan logam lain diantaranya adalah :

1. Permukaan mengkilap (3 kali lebih mengkilap dari pada besi).
2. Tahan korosi (terdapat lapisan oksida).
3. Mempunyai kekuatan yang tinggi.
4. Mudah dibentuk.
5. *Melting point* rendah.
6. Penghantar panas dan arus yang baik.

7. Aluminium semakin banyak pada suhu rendah

8. Tidak beracun.

9. Kecepatan rambat panas tinggi.

2.2.3 Unsur – Unsur Paduan Logam Aluminium

1. Besi (Fe) : Penambahan unsur besi pada aluminium dapat mengurangi terjadinya keretakan panas.
2. Manganase (Mn) : Aluminium yang ditambahi unsur mangan dapat perbaiki ductility pada logam aluminium.
3. Silicön : Penambahan unsur silikön akan mempengaruhi aluminium tahan terhadap korosi tetapi sulit dimachining.
4. Copper : Unsur copper dapat mempengaruhi logam aluminium mudah dimachining.
5. Magnesium : Penambahan unsur magnesium pada logam aluminium akan memperbaiki sifat kekuatan, tetapi sulit pada pekerjaan proses penuangan.
6. Zinc : Penambahan unsur seng akan memperbaiki sifat logam aluminium tahan terhadap korosi dan mengurangi terjadinya keretakan panas dan pengerutan.

2.2.4 Standarisasi dan Kodefikasi

Pengkodean aluminium tempa berdasarkan *International Alloy Designation System* adalah sebagai berikut:

Sumber (www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium#scribd)

1. Seri 1xxx merupakan aluminium murni dengan kandungan minimum

- a. Memiliki kemurnian antara 99.0% dan 99.9%
 - b. Tahan karat
 - c. Konduksi panas dan konduksi listrik
 - d. Memiliki kekuatan yang rendah.
2. Alumunium Copper (Al-Cu) Seri 2xxx adalah paduan dengan tembaga. Terdiri dari paduan bernomor 2010 hingga 2029.
- a. Tahan korosinya rendah
 - b. Sifat mampu lasnya kurang baik, sehingga banyak digunakan pada konstruksi keling, pesawat terbang.
3. Alumunium Maganase (Al-Mn) Seri 3xxx adalah paduan dengan mangan. Terdiri dari paduan bernomor 3003 hingga 3009.
- a. Tidak dapat diperlakukan panas sehingga penaikkan kekuatan hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin dalam proses pembuatannya
 - b. Tahan korosi
 - c. Sifat potong dan sifat mampu lasnya
 - d. Memiliki kekuatan yang tinggi.
4. Alumunium Silicon (Al-Si) Seri 4xxx adalah paduan dengan silikon. Terdiri dari paduan bernomor 4030 hingga 4039
- a. Tidak dapat diperlakukan panas
 - b. Jika dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembuatannya tidak terjadi retak

5. Alumunium Magnesium (Al-Mg) Seri 5xxx adalah paduan dengan magnesium. Terdiri dari paduan dengan nomor 5050 hingga 5086.
 - a. Tidak dapat diperlakukan panas
 - b. Tahan korosi terutama korosi oleh air laut
 - c. Memiliki sifat mampu lasnya yang baik
6. Alumunium magnesium Dan Silicon (Al-Mg-Si) Seri 6xxx adalah paduan dengan silikon dan magnesium. Terdiri dari paduan dengan nomor 6061 hingga 6069
 - a. Dapat diperlakukan panas
 - b. Memiliki sifat mampu potong
 - c. Memiliki sifat mampu las
 - d. Daya tahan korosi yang cukup
7. Alumunium Zinc (Al-Zn) Seri 7xxx adalah paduan dengan seng. Terdiri dari paduan dengan nomor 7070 hingga 7079.
 - a. Dapat diperlakukan panas
 - b. Unsur yang ditambahkan pada paduan ini adalah Mg, Cu dan Cr.
 - c. Tahan korosi
 - Seri 8xxx adalah paduan dengan lithium.

Perlu diperhatikan bahwa pengkodean aluminium untuk keperluan penempatan seperti di atas tidak berdasarkan pada komposisi paduannya, tetapi berdasarkan pada sistem pengkodean terdahulu, yaitu sistem alcoa yang menggunakan urutan 1 sampai 79 dengan akhiran S,

akhirnya dua digit di belakang setiap kode pada pengkodean di atas diberi

angka sesuai urutan alcoa terdahulu. Pengecualian ada pada paduan *magnesium* dan *lithium*. Pengkodean untuk alumunium cor berdasarkan alumunium Association adalah sebagai berikut:

Sumber (www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium#scribd)

- a. Seri 1xx.x adalah alumunium dengan kandungan minimal 99% alumunium.
- b. Seri 2xx.x adalah paduan dengan tembaga
- c. Seri 3xx.x adalah paduan dengan silikon tembaga dan magnesium.
- d. Seri 4xx.x adalah paduan dengan silikon
- e. Seri 5xx.x adalah paduan dengan magnesium
- f. Seri 7xx.x adalah paduan dengan seng
- g. Seri 8xx.x adalah paduan dengan lithium

Perlu di perhatikan bahwa pada digit kedua dan ketiga menunjukkan presentase alumuniumnya. Sedangkan digit terakhir setelah titik adalah keterangan apakah aluminium dicor setelah dilakukan pelelehan pada produk aslinya, atau dicor segera setelah aluminium cair dengan paduan tertentu. Ditulis hanya dengan dua angka, yaitu 1 atau 0.

Klasifikasi alumunium pada Standar Nasional Indonesia (SNI) tidak berdasarkan pada konsentrasi paduan maupun pelakunya. Klasifikasi alumunium paduan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) didasarkan pada aplikasi alumunium tersebut. Berikut ini adalah contoh penomoran

alumunium pada Standar Nasional Indonesia :

- a. 03-2583-1989 aluminium lembaran bergelombang untuk atap dan dinding
- b. 07-0417-1989 ekstrusi aluminium paduan
- c. 03-0573-1989 jendela aluminium paduan
- d. 07-0603-1989 aluminium ekstrusi untuk arsitektur
- e. 07-0733-1989 ingot aluminium primer
- f. 07-0734-1989 aluminium ekstrusi untuk arsitektur, terlapis bahananodisasi
- g. 07-0828-1989 ingot aluminium sekunder

2.2.5 Ciri-ciri aluminium:

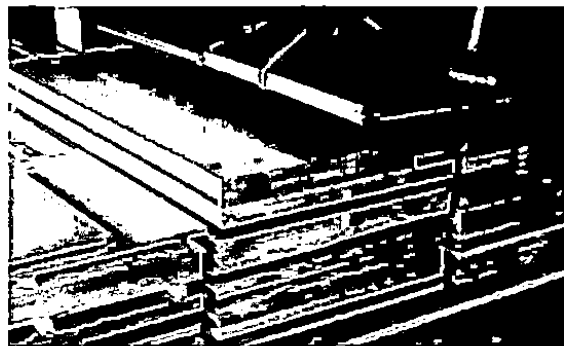
- a. Aluminium merupakan logam yang berwarna perak-putih.
- b. Aluminium dapat dibentuk sesuai dengan keinginan karena memiliki sifat plastisitas yang cukup tinggi.
- c. Merupakan unsur metalik yang paling berlimpah dalam kerak bumi setelah setelah silisium dan oksigen.

2.2.6 Klasifikasi Aluminium

Tabel 1. Klasifikasi Aluminium

Warna	Putih
Kepadatan	2,7
Diaphaniety	Buram
Kekerasan	1,5- antara talk dan gipsum
Kilau	Metalik - tumpul
Rumusan kimia	AL

Komposisi	Bobot molekular = 26.98 gm
Rumusan empiris	AL
Lingkungan pembentukan	Fase minor pada lingkungan yang kandungan oksigennya rendah
IMA status	IMA yang disetujui 1978
Tempat	Tolbachik gunung api, Kamchatka, Rusia
Asal nama	Dari latin, Alumen = "tawas"
Shinonim	Alumunium



Gambar 2.1 Plat Alumunium

2.3 Pengelasan

Las menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1994), " adalah penyambungan besi dengan cara membakar. Dalam referensi-referensi teknis, terdapat beberapa definisi dari Las, yakni sebagai berikut :

Berdasarkan defenisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN) dalam Harsono dkk (1991), mendefinisikan bahwa " las adalah ikatan metalurgi

cair ". Sedangkan menurut Maman (2001) mengatakan tentang pengertian mengelas yaitu salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas. Sedangkan Sriwidartho (2006), Las adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa kerja las adalah menyambung dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas.

Proses pengelasan berkaitan dengan lempengan baja yang dibuat dari kristal besi dan karbon sesuai struktur mikronya, dengan bentuk dan arah tertentu. Lalu sebagian dari lempengan logam tersebut dipanaskan hingga meleleh. Kalau tepi lempengan logam itu disatukan, terbentuklah sambungan. Umumnya, pada proses pengelasan juga ditambahkan dengan bahan penyambung seperti kawat atau batang las. Kalau campuran tersebut sudah dingin, molekul kawat las yang semula merupakan bagian lain kini menyatu.

Proses pengelasan tidak sama dengan menyolder di mana untuk menyolder bahan dasar tidak meleleh. Sambungan terjadi dengan melelehkan logam lunak misalnya timah, yang meresap ke pori-pori di permukaan bahan yang akan disambung. Setelah timah solder dingin maka terjadilah sambungan. Perbedaan antara solder keras dan lunak adalah pada suhu kerjanya di mana batas kedua proses tersebut ialah pada suhu 450 derajat Celcius. Pada pengelasan suhu yang digunakan jauh lebih tinggi, antara 1500° hingga 1600°

2.4 Macam-macam Pengelasan

Karena di penelitian ini penulis menggunakan metode pengelasan TIG (*tungsten inert gas*), maka penulis akan menjelaskan secara rinci tentang las Tig. Ada macam pengelasan yaitu

2.4.1 Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Pengelasan TIG (*tungsten inert gas*) adalah teknik pengelasan berkualitas tinggi dengan kecepatan peleburan/penyatuan yang rendah. Arc terbakar antara elektroda tungsten dan bagian yang dikerjakan; elektrodanya tidak meleleh, jadi hanya berfungsi sebagai penghantar arus dan pembawa arc. Untuk pekerjaan lembaran logam yang tipis, pengelasan TIG dapat digunakan tanpa filler logam. Untuk pekerjaan dengan lembaran logam yang lebih tebal atau ketika menggabungkan bahan yang berbeda, filler logam digunakan dalam bentuk kawat batangan atau kawat gulungan yang dipasok oleh alat pengumpan yang terpisah biasanya tanpa arus listrik. Dalam pengelasan TIG standar, api dikeluarkan dengan bebas tetapi sebuah varian yang dikenal dengan pengelasan plasma menggunakan *nozzle* sekunder untuk mengecilkan arc. Lelehan logam, elektroda tungsten yang panas dan bagian ujung dari filler logam yang meleleh dilindungi dari atmosfer dengan menggunakan gas inert. Biasanya, menggunakan argon, meskipun ada manfaat kualitas dan produktivitas jika menggunakan campuran baik argon dan helium atau *argon* dan *hydrogen*. Seiring dengan kemajuan teknologi dewasa ini peranan logam sangat penting terutama dalam bidang konstruksi baik untuk konstruksi bangunan maupun

konstruksi mesin. Untuk keperluan konstruksi sering memerlukan proses penyambungan las. Pengelasan adalah proses penyambungan secara permanen satu atau lebih material logam dengan ikatan metalurgi yang dilaksanakan pada waktu logam dalam keadaan padat atau cair. Guna memperoleh hasil yang maksimal diperlukan pengetahuan yang mendalam baik pengetahuan tentang material maupun pengetahuan tentang proses pengelasan. Banyak parameter yang harus diperhatikan. Penetapan nilai-nilai parameter yang tidak tepat berdampak pada hasil las yang tidak optimal. Mengingat pentingnya nilai parameter yang tepat, sejauh ini berbagai penelitian telah berlangsung bahkan di masa-masa akan datang penelitian itu akan terus berlanjut.

Logam yang dilas temperaturnya akan berubah meningkat secara drastis. Dengan adanya panas yang tinggi, maka bagian logam yang berada di sekitar lasan akan mengalami perubahan struktur mikro dengan sendirinya sifatnya juga akan berubah. Daerah bagian logam yang terpengaruh oleh panas disebut daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).

Pada pengelasan TIG (*Tungsten inert Gas*) tinggi rendahnya temperatur salah satunya ditentukan oleh tinggi rendahnya arus listrik yang dialirkan. Perubahan struktur mikro logam salah satu dampaknya berpengaruh pada kekuatan logam. Perubahan kekuatan logam pada hasil pengelasan dua logam yang berbeda juga akan berbeda bila dibandingkan dengan

guak bagai mana pengaruh perubahan arus yang dialirkan saat pengelasan dua logam berbeda terhadap perubahan kekuatan impaknya.

Cacat Pengelasan

Semua proses pengelasan dapat menghasilkan cacat pengelasan antara lain: Inklusi, Porositas, Underfilling, Pembekuan tidak sempurna dan retak. Penyebab terjadinya cacat antara lain :

1. Teknik dan alat pengelasan yang kurang sempurna (persiapan dan pelaksanaan pengelasan).

2. Pemilihan parameter pengelasan yang tidak tepat.

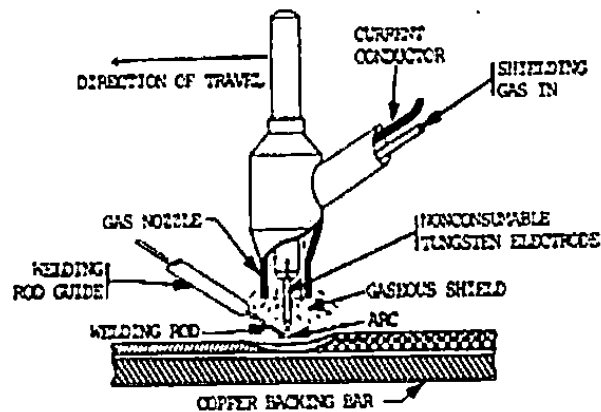
3. Pemilihan material yang tidak tepat: base metal, filler metal, gas pelindung dan fluks.

Keunggulan las TIG

1. Memberikan hasil las dengan kualitas sangat baik, umumnya bebas cacat.
2. Dapat digunakan dengan dan tanpa kawat las.
3. Memungkinkan mengontrol proses rootweid penetration.
4. Dapat menghasilkan *auto geneous weld* yang murah pada kecepatan tinggi.
5. Memungkinkan kontrol variabel proses yang akurat.
6. Dapat digunakan untuk mengelas hampir semua logam termasuk pengelasan logam tak sejenis.

5. TIG adalah :

2. Diperlukan skill operator yang lebih tinggi dibandingkan dengan SMAW atau MIG yang dilakukan secara manual.
3. Tidak ekonomis untuk pengelasan material dengan ketebalan > 10mm.



Gambar 2.2 Pengelasan TIG

Sumber (<http://fannowidy.blogspot.com/2012/10/metode-pengelasan-part-i.html>)

2.4.2. Las MIG (GMAW)

Las MIG adalah pengelasan dengan gas nyala yang dihasilkan berasal dari busur nyala listrik, yang dipakai sebagai pencair metal yang dilas dan metal penambah. Sebagai pelindung oksidasi dipakai gas pelindung yang berupa gas kekal (inert) atau CO₂. MIG digunakan untuk mengelas besi atau baja, sedangkan gas pelindungnya adalah menggunakan *Karbon dioxida* CO₂. Seperti halnya pada las listrik TIG, pada las listrik MIG juga panas ditimbulkan oleh busur listrik antara dua elektron dan bahan dasar. Elektroda merupakan gulungan kawat yang berbentuk rol yang gerakannya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik. Gerakan dapat diatur sesuai dengan keperluan. Tangkai las dilengkapi dengan nosel

melalui slang gas. Gas yang dipakai adalah CO₂ untuk pengelasan baja lunak dan baja. Argon atau campuran *argon* dan *heli* untuk pengelasan aluminium dan baja tahan karat. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai bersama-sama dengan gas pelindung. Pengelasan MIG (metal inert gas) secara luas digunakan setiap kali dibutuhkan peleburan/penyatuan logam dengan kecepatan tinggi dan sedang. Teknik ini menggunakan arc DC yang nyala di antara bagian yang dikerjakan dan kawat elektroda, dimana elektroda ini fungsinya secara simultan adalah sebagai pembawa tenaga dan sumber filler logam. Gas pelindung melingkupi arc, proses pemindahan tetesan dan peleburan logam dari pengaruh atmosfer. Proses pengelasan GMAW disebut juga dengan MIG (Metal Inert Gas). Prinsip dasar dari proses GMAW ini tidak jauh berbeda dengan SMAW, yaitu penyambungan yang diperoleh dari proses pencairan sambungan logam induk dan elektroda yang nantinya membeku membentuk logam las. Perbedaan lain yang cukup terlihat antara GMAW dan SMAW adalah pada pemakaian jenis pelindung logam gas. Pada SMAW pelindung logam las berupa *fluks*, sedangkan pada GMAW pelindung ini berupa gas. Gas yang dimaksud bisa *Inert* atau *Active*. Dengan demikian karena tidak menggunakan fluks, maka hasil pengelasannya tidak terdapat terak. Proses GMAW ini selain dipakai untuk mengelas baja karbon

ini juga dapat dipakai untuk mengelas baja tahan karat atau *Stainless Steel*

serta mengelas logam-logam lain yang afinitas terhadap Oksigen sangat besar seperti Aluminium (Al) dan Titanium (Ti). Untuk pengelasan MIG, gasnya adalah gas inert : argon atau campuran argon-helium. Pengelasan MAG menggunakan campuran argon dengan gas aktif seperti oksigen, CO atau keduanya. Dalam pengelasan jenis ini antara benda kerja dan elektroda terumpan dilindungi dengan gas pelindung. Efisiensi pengelasan jenis ini lebih tinggi dan kecepatan pengelasan jauh lebih baik. Pengelasan ini umumnya dilakukan secara otomatis. Gas karbon dioksida sering digunakan sebagai gas pelindung untuk pengelasan logam baja karbon dan baja paduan rendah. Banyak orang merujuk pada pengelasan MIG sebagai GMAW atau gas pengelasan busur logam. Seringkali kedua istilah ini digunakan secara bergantian. Jenis pengelasan ini dianggap otomatis atau semi-otomatis karena hal itu terjadi dengan cepat. Proses bekerja untuk bergabung dengan dua keping logam dengan terus melewati kawat las melalui pistol. Kabel tersambung ke arus searah dan kemudian melewati senapan dengan gas inert seperti Argon. Kawat bertindak sebagai elektroda dan gas inert bertindak sebagai perisai sebagai pengelasan dilakukan. Ini berarti bahwa markan adalah ditanggung ra bukannya dimasukkan ke dalam *zona weld*. Seorang tukang las MIG akan menggunakan metode ini untuk menyatukan logam lebih cepat daripada tongkat biasa pengelasan terutama ketika mereka ingin untuk mengelas logam ringan seperti aluminium. Ketika metode ini pertama kali memulai *gas inert* terlalu mahal untuk

digunakan sebagai pengganti gas yang lebih mahal dan membuat metode ini lebih hemat biaya.

A. Keunggulan dari las MIG:

1. Las mig lebih cepat dari pada metode pengelasan tradisional dan menghasilkan hasil yang lebih tahan lama, terus-menerus.
2. Dapat digunakan dengan berbagai paduan dan logam yang membuatnya menjadi panutan dalam proses serbaguna.
3. MIG digunakan untuk mengelas besi dan baja.

B. Kelemahan dari las MIG Welding :

Walaupun ini adalah proses yang sangat khusus yang bekerja secara efisien untuk banyak proyek ada beberapa kekurangan yang dimiliki antara lain :

1. peralatan pengelasan yang kompleks dan besar untuk digunakan.
2. Peralatan yang memerlukan sumber arus kontinu dan terus-menerus memberi makan kawat melalui pistol.
3. Ini merupakan proses yang sangat berbeda dari pengelasan tradisional sehingga ada kurva belajar bagi semua tukang las yang menggunakan teknik ini.
4. Karena gas inert, pengelasan MIG tidak dapat digunakan di daerah terbuka karena angin akan menyebabkan gas lebih banyak bermasalah untuk tukang las MIG.

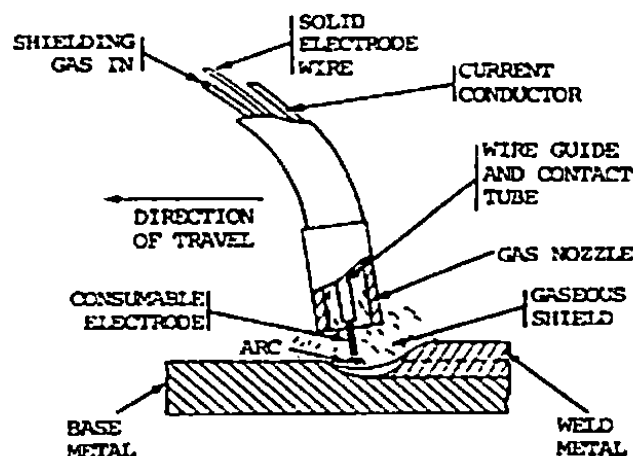
5. Mengelas kurang bersih dengan menghasilkan seperti hujan rintik-

industri karena kemampuannya untuk mengelas logam dengan cepat. Jenis pengelasan ini dilakukan di berbagai macam industri yang mencakup industri otomotif dan industri nuklir. Mig welding merupakan cara pengelasan yang dapat menghemat biaya. Mereka menggunakan waktu lebih sedikit untuk menyelesaikan pekerjaan. Misalnya ARC TIG atau mengelas mengkonsumsi waktu lebih besar daripada waktu yang diperlukan untuk mengelas dalam metode Mig.

C. Cacat Pengelasan

Semua proses pengelasan dapat menghasilkan cacat pengelasan antara lain: Inklusi, Porositas, Underfilling, Pembekuan tidak sempurna dan retak. Penyebab terjadinya cacat antara lain :

- a. Teknik dan alat pengelasan yang kurang sempurna (persiapan dan pelaksanaan pengelasan).
- b. Pemilihan parameter pengelasan yang tidak tepat.
- c. Pemilihan material yang tidak tepat: base metal, filler metal, gas pelindung dan fluks.



Gambar 2.3 Pengelasan GMAW / MIG

2.4.3. Las SMAW

SMAW merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik berbentuk busur arus dan elektroda berselaput. Tipe-tipe lain dari pengelasan dengan busur arus listrik adalah *submerged arc welding* (SAW), gas metal arc welding GMAW-MIG, gas tungsten arc welding G dan plasmaarc. Didalam pengelasan SMAW ini terjadi gas penyelimut ketika elektroda terselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan/pressure gas inert untuk mengusir oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung didalam hasil las-lasan. Proses pengelasan terjadi karena arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las membentuk panas sehingga dapat mencapai 3000°C, sehingga membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair. Berdasarkan jenis arus-nya, pengelasan ini dibagi atas arus AC dan DC, dimana arus DC dibedakan atas *Straight polarity- polaritas* langsung dan *Reverse polarity - polaritas* terbalik. Sedang mesin lasnya terbagi atas dua jenis yaitu *constant current* - arus tetap dan *constant voltage* - tegangan tetap, dimanapada setiap pengelasan busur arus listrik jika terjadi busur yang membesar akan menurunkan arus dan menaikkan tegangan serta pada busur yang memendek akan meningkatkan arus dan menurunkan tegangan.

Untuk mendapatkan pengelasan yang baik harus :

1. menggunakan elektroda yang tepat
2. jenis arus yang tepat

4. hindari gerakan pengelasan kiri kanan selama mengelas
5. bentuk busur arus yang pendek, lakukan pengelasan secara mantap dan teratur
6. laju pengelasan yang sesuai dengan kecepatan elektroda yang mencair.

Masalah-masalah yang sering timbul pada pengelasan busur arus adalah :

1. elektrode membeku / pengelasan terhenti
2. bentuk kampuh las yang jelek
3. busur arus las yang jelek karena mengembang
4. Sedang selaput elektroda/fluks umumnya terbuat dariserat kayu/sellulosa
5. titanium oksida
6. titanium + senyawa basa
7. Mn + Fe + Si
8. Besi oksida
9. CaCO₃, yang akan membentuk jebnis-jenis elektrode berupa type : E, R, ER, EC, EW, B, RB, RG dan F.

Pemilihan elektroda ini berdasarkan :

1. sifat dari bahan yang akan dilas
2. posisi pengelasan
3. type sambungan kampuh I
4. jumlah pengelasan
5. kerapatan sambungan pengelasan
6. jenis arus yang tersedia.

A. Bagian-bagian mesin las SMAW

1. Lampu sinyal sebagai indikator apakah mesin sudah berfungsi atau tidak.
2. Tombol pemutar berfungsi untuk menghidupkan mesin las (transformator)
3. Pengatur arus berfungsi mengatur besarnya kuat arus yang diijinkan.
4. Kutub + sebagai sumber arus positif atau setrum.
5. Kutub – sebagai sumber arus negatif atau masa.
6. Penjepit benda kerja berfungsi untuk menjepit benda kerja yang akan dilas.
7. Penjepit elektroda berfungsi menjepit elektroda yang digunakan sebagai logam pengisi.
8. Klem tiga fase berfungsi untuk pengaturan arus jauh dari mesin las.

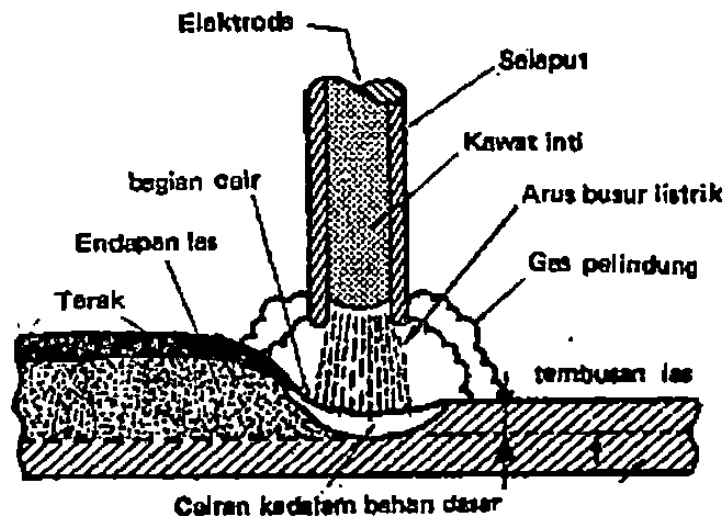
B. Keunggulan SMAW

1. Dapat dipakai dimana saja
2. Dapat mengelas berbagai macam tipe dari material
3. Set-up yang cepat dan sangat mudah untuk diatur
4. Dapat dipakai mengelas semua posisi
5. Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter.

C. Kelemahan SMAW

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya slag harus dibersihkan
3. Tidak dapat digunakan untuk mengelas bahan baja non ferrous

4. Mudah terjadi oksidasi akibat perlindungan logam cair hanya busur las dari fluks
5. Diameter elektroda tergantung dari plat dan posisi pengelasan



Gambar 2.4 Pengelasan SMAW

Sumber (<http://fannowidy.blogspot.com/2012/10/metode-pengelasan-part-1.html>)

2.5. Perangkat yang dipakai dalam pengelasan las gas tungsten

2.5.1 Beberapa perangkat yang di pakai dalam pengelasan TIG

1) Mesin las AC/ DC

Mesin las AC/DC merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan di dalam pengelasan las gas tungsten. Pemilihan arus AC atau DC biasanya tergantung pada jenis logam yang akan dilas.

2) Tabung gas lindung

Tabung gas lindung adalah tabung tempat penyimpanan gas lindung seperti argon dan helium yang digunakan di dalam mengelas gas

Regulator gas lindung adalah pengatur tekanan gas yang digunakan di dalam pengelasan gas *tungsten*. Pada regulator ini biasanya ditunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung.

4) *Flowmeter* untuk gas

Flowmeter dipakai untuk menunjukkan besarnya aliran gas lindung yang dipakai di dalam pengelasan gas tungsten.

5) Selang gas dan perlengkapan pengikatnya

Selang gas dan perlengkapannya berfungsi sebagai penghubung gas dari tabung menuju pembakar las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las.

6) Kabel elektroda dan selang

Kabel elektroda dan selang gas berfungsi menghantarkan arus dari mesin las menuju stang las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju stang las.

7) Stang las (*welding torch*)

Stang las (*welding torch*) berfungsi untuk menyatukan sistem las yang berupa penyalaan busur dan perlindungan gas lindung selama dilakukan proses pengelasan.

8) Elektroda *tungsten*

Elektroda *tungsten* berfungsi sebagai pembangkit busur nyala selama dilakukan pengelasan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai bahan

... Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terapan

(*nonconsumable electrode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala saja yang digunakan untuk mencairkan kawat las yang ditambahkan dari luar dan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang biasa dipakai pada elektroda batang las busur metal maupun elektroda gulungan pada las MIG. Ada beberapa tipe elektroda *tungsten* yang biasa dipakai didalam pengelasan sebagaimana yang tersaji dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Elektroda Tungsten (Cary,1994)

Klasifikasi AWS	Perkiraan Komposisi	Kode warna
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Oranye
EWLa-1	98,3% tungsten, 1% lanthanum oksida	Hitam
EWTh-1	98,3% tungsten, 1% thorium oksida	Kuning
EWTh-2	97,3% tungsten, 2% thorium oksida	Merah
EWZr-1	99,1% tungsten, 0,25% zirconium Oksida	Coklat
EWG	94,5% tungsten, sisa tidak disebut	Abu-abu

W : *wolfram* atau *tungsten*

P : tungsten murni (*pure tungsten*)

G : umum (*general*) dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut.

C e - 2 , La-1, Th-1, Th-2, dan Zr-1 masing-masing adalah komposisi tambahan sebagaimana yang dapat dilihat pada tabel.

Elektroda *tungsten* murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan aluminium maupun magnesium. Elektroda *tungstenthorium* digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda *tungsten Zirconium* digunakan untuk AC- HF Argon dan AC *Balanced Wave Argon*.

Elektroda tungsten disediakan dalam berbagai ukuran diameter dan panjang. Untuk diameter dari mulai ukuran 0,254 mm sampai dengan 6,35 mm. Untuk panjang disediakan mulai dari 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm.

Pengasahan elektroda *tungsten* dilakukan membujur dengan arahputaran gerinda. Pengasahan dengan arah ini akan mempermudah aliran arus yang akan digunakan di dalam pengelasan, sebaliknya jika penggerindaan dilakukan melintang dengan arah putaran batu gerinda akan mengakibatkan terhambatnya jalannya arus yang digunakan untuk mengelas.

9) Kawat las

Kawat las berfungsi sebagai bahan tambah. Tambahkan kawat las jika

- 10) Assesories pilihan dapat berupa sistem pendinginan air untuk pekerjaan pengelasan berat, rheostat kaki, dan pengatur waktu busur.

2.5.2 Gas Argon

Gas lindung (*inert gas*) adalah gas yang tidak bereaksi dengan logam maupun gas yang lain. Gas ini dipakai sebagai pelindung busur dan logam panas ketika dilakukan proses pengelasan. Gas lindung yang biasa dipakai didalam las gas *tungsten* dapat berupa gas argon, helium, dan campuran argon-hidrogen. Argon lebih sering dipakai di dalam las gas tungsten berdasar atas beberapa pertimbangan yang antara lain:

- a. Busur lebih tenang dan halus.
- b. Membutuhkan tegangan busur yang lebih rendah bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain untuk panjang busur dan arus yang digunakan.
- c. Busur mudah sekali dinyalakan.
- d. Harga lebih murah
- e. Dengan arus AC, pengelasan aluminium dan magnesium mudah sekali dilakukan karena aksi pembersihan permukaan logam yang lebih besar.
- f. Karena berat atom yang besar (40), konsumsi gas lindung dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan gas lindung yang lain.

Argon yang dipakai sebagai gas lindung di dalam pengelasan gas

dalam silinder baja berukuran 330 cu. ft. (9,34 m³) yang biasanya mirip dengan silinder baja untuk gas oksigen.

2.5.3 Penentuan arus AC/ DC

Arus AC maupun DC yang digunakan di dalam pengelasan didasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain jenis logam yang akan dilas maupun kedalaman penetrasi yang akan dicapai dalam pengelasan. Untuk jenis logam yang permukaannya terbentuk oksid seperti aluminium dan magnesium serta logam-logam non ferro yang lain arus AC (*alternating current*) dan DCEP (*direct current electrode positive*) digunakan. Arus AC dan DCEP ini digunakan untuk mengelupas lapisan oksid yang akan terjadi akibat adanya aliran elektron dari benda kerja menuju elektroda pada arus DCEP maupun pada setengah siklus AC. Selain dengan kedua arus di atas hampir tidak mungkin logam yang bersangkutan dapat dilas dengan baik mengingat titik cair oksid logam tadi jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan titik cair logam yang bersangkutan.

Penggunaan jenis arus juga mempengaruhi kedalaman penetrasi yang akan dibentuk. Pada arus AC distribusi panasnya terjadi 1/2 untuk benda kerja dan 1/2 untuk elektroda. Pada arus DCEP 2/3 panas terjadi pada elektroda dan 1/3 sisanya terjadi pada benda kerja, sedangkan pada arus DCEN terjadi sebaliknya yaitu 1/3 panas untuk elektroda dan 2/3 panas sisanya terjadi pada benda kerja. Konsekuensi distribusi panas yang berbeda ini akan berpengaruh pada kedalaman penetrasi yang berbeda.

DCEP, lebar kawah lebih besar dengan kedalaman penetrasi lebih dangkal bila dibanding AC. Pada DCEN, Lebar kawah lebih sempit dan kedalaman penetrasi lebih dalam bila dibandingkan AC.

Tabel 2 di bawah ini menyarankan jenis logam dan jenis arus yang mungkin digunakan di dalam pengelasan gas tungsten

Tabel 3. Logam dan Jenis Arus yang Sesuai untuk Las Gas Tungsten

Logam Dasar	Arus		
	DCEP	DCEN	AC
Aluminium sampai dengan tebal 3/32"	J	B	S
Aluminium tebal di atas 3/32"	J	J	S
Aluminium perunggu	J	B	S
Aluminium tuang	J	J	S
Tembaga beryllium	J	B	S
Paduan tembaga	S	J	B
Paduan berbasis tembaga	S	J	B
Besi tuang	S	J	B
Tembaga deoksidasi	S	J	J
Logam-logam tak sejenis (dissimilar metals)	S	J	B
Permukaan keras (hard facing)	B	J	S
Baja paduan tinggi	S	J	B
Baja karbon tinggi	S		B
Baja paduan rendah	S	J	B
Baja karbon rendah	S	J	B
Magnesium ketebalan sampai dengan 1/8"	J	B	S
Magnesium ketebalan di atas 1/8"	J	J	S
Magnesium tuang	J		S

		B	
Nikel dan paduan nikel	S	J	B
Baja tahan karat	S	J	B
Silikon perunggu	S	J	J
Titanium	S	J	B
Keterangan: S: sempurna, B:bagus, J: jelek			

(Althouse, Turnquist, Bowditch, Bowditch, 1984:328)

2.5.4 Cara Mengeset Mesin

Untuk mengeset mesin las gas *tungsten* perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Periksalah kabel-kabel las apakah sudah terpasang kencang pada sambungannya. Periksalah juga apakah kabel yang bersangkutan terdapat keausan pada sambungan. Jika ada segera perbaiki karena serabut yang putus akan berakibat pada kerusakan dalam kabel konduksi. Jika kabel melintang di jalan, sebaiknya dilindungi dengan baja kanal.
- Periksalah selang gas lindung apakah sudah kencang terpasang pada salurannya. Hal ini akan melindungi dari kebocoran gas yang mahal. Sambungan yang kendur juga akan mengakibatkan udara mudah masuk ke dalam saluran gas lindung yang berakibat pada terjadinya

2.5.5 Cara Menentukan Ampere

Tabel-tabel di bawah ini menunjukkan jenis logam yang akan dilas, bentuk sambungan berikut dengan ketebalan dan ampere yang sesuai.

Tabel 4. Pengelasan Aluminium dengan Arus AC

Tebal Gas Plat (mm)	Bentuk Sambungan	Diameter Tungsten (mm)	Diameter Kawat Las (mm)	Arus (A)	Gas		
					Type	Aliran CFH	L/menit
1,59	Tumpul	1,59	1,59	60-85	Argon	15	7,08
	Tumpang	1,59	1,59	70-90	Argon	15	
	Sudut	1,59	1,59	60-85	Argon	15	
	Fillet	1,59	1,59	75-100	Argon	15	
3,18	Tumpul	2,38-3,18	2,38	125-150	Argon	20	9,44
	Tumpang	2,38-3,18	2,38	130-160	Argon	20	
	Sudut	2,38-3,18	2,38	120-140	Argon	20	
	Fillet	2,38-3,18	2,38	130-160	Argon	20	
4,76	Tumpul	3,18-4,0	3,18	180-225	Argon	20	11,80
	Tumpang	3,18-4,0	3,18	190-240	Argon	20	
	Sudut	3,18-4,0	3,18	180-225	Argon	20	
	Fillet	3,18-4,0	3,18	190-240	Argon	20	
6,35	Tumpul	4,0-4,76	4,76	240-280	Argon	25	14,16
	Tumpang	4,0-4,76	4,76	250-320	Argon	25	
	Sudut	4,0-4,76	4,76	240-290	Argon	25	
	Fillet	4,0-4,76	4,76	250-320	Argon	25	

(Althouse, Turnquist, Bowditch, Bowditch, 1984:329)

Tabel 5. Pengelasan Stainless Steel dengan Arus DCEN

Tebal Gas Plat	Bentuk Sambungan	Diameter Tungsten (mm)	Diameter Kawat Las	Arus (A)	Gas		
					Type	Aliran CFH	L/menit

(mm)			(mm)				
1,59	Tumpul	1,59	1,59	40-60	Argon	15	7,08
	Tumpang	1,59	1,59	50-70	Argon	15	
	Sudut	1,59	1,59	40-60	Argon	15	
	Fillet	1,59	1,59	50-70	Argon	15	
3,18	Tumpul	2,38	2,38	65-85	Argon	15	7,08
	Tumpang	2,38	2,38	90-110	Argon	15	
	Sudut	2,38	2,38	65-85	Argon	15	
	Fillet	2,38	2,38	90-110	Argon	15	
4,76	Tumpul	2,38	3,18	100-125	Argon	20	9,44
	Tumpang	2,38	3,18	125-150	Argon	20	
	Sudut	2,38	3,18	100-125	Argon	20	
	Fillet	2,38	3,18	125-150	Argon	20	
6,35	Tumpul	3,18	4,0	135-160	Argon	20	9,44
	Tumpang	3,18	4,0	160-180	Argon	20	
	Sudut	3,18	4,0	135-160	Argon	20	
	Fillet	3,18	4,0	160-180	Argon	20	

(Althouse, Turnquist, Bowditch, Bowditch, 1984:330)

2.5.6 Cara Memahami Panel Kontrol Mesin Las

Panel kontrol berisi tombol-tombol pengatur sebagai berikut:

- a. Tombol pengatur besar kecilnya arus yang dipergunakan untuk mengatur besarnya arus yang disesuaikan dengan pengelasan.
- b. Tombol pengatur jenis arus yang akan digunakan seperti AC maupun DC.
- c. Tombol on/ off untuk menghidupkan dan mematikan mesin

2.6 Posisi Pengelasan

Posisi mengelas terdiri dari empat macam yaitu:

1. Posisi di Bawah Tangan

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

2. Posisi Tegak (*Vertikal*)

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah dapat diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar $10^{\circ} - 15^{\circ}$ terhadap garis *vertikal* dan $70^{\circ} - 85^{\circ}$ terhadap benda kerja.

3. Posisi Datar (*Horisontal*)

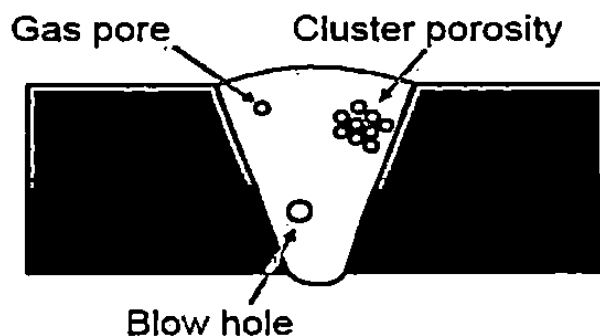
Mengelas dengan *horisontal* biasa disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horisontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar $5^{\circ} - 10^{\circ}$ terhadap garis vertikal dan $70^{\circ} - 80^{\circ}$ kearah benda kerja.

4. Posisi di Atas Kepala (*Over Head*)

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antara lain: Baju las, sarung tangan, sepatu kulit dan sebagainya. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar $5^{\circ} -$

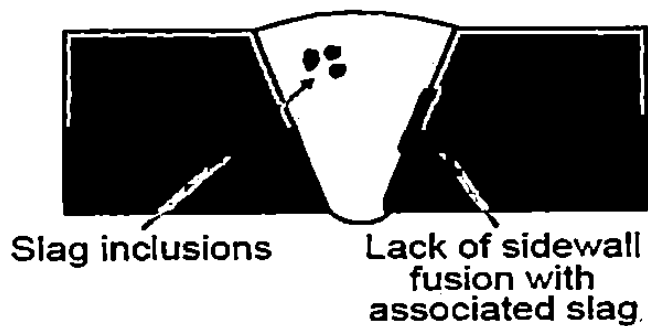
2.7 Macam-Macam Cacat Las

- a. *Porositas*, cacat ini merupakan cacat yang dikarenakan adanya gas yang terperangkap di daerah lasan dalam jumlah yang melebihi syarat batas.



Gambar 2.5 *Porositas*

- b. *Slag Inclusion*, dapat terjadi akibat pembersihan pada saat pengelasan yang berlapis kurang bersih. Hal ini juga dapat diakibatkan penggunaan flux pada pengelasan yang berlapis.



Gambar 2.6 *Slag Inclusion*

- c. *Incomplete Fusion*, cacat ini dapat diakibatkan oleh kesalahan penggunaan

..... incorrect electrode manipulation

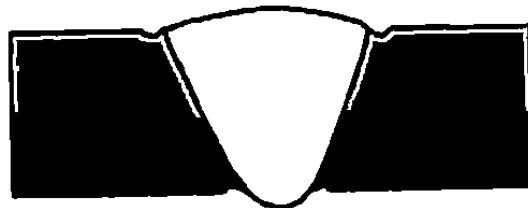


Gambar 2.7 *Incomplete Fusion*

d. *Undercut*

Cacat ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, antara lain:

- *Excessive amps/volts*
- *Excessive travel speed*
- *Incorrect electrode angle*
- *Excessive weaving*
- *Incorrect welding technique*
- *Electrode too large*

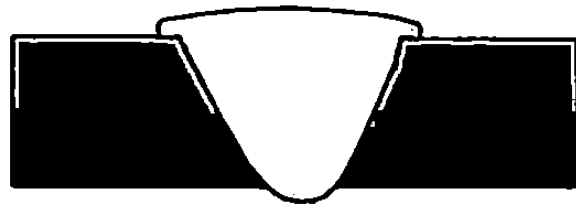


Gambar 2.8 *Undercut*

e. *Overlap*

Cacat ini dikarenakan:

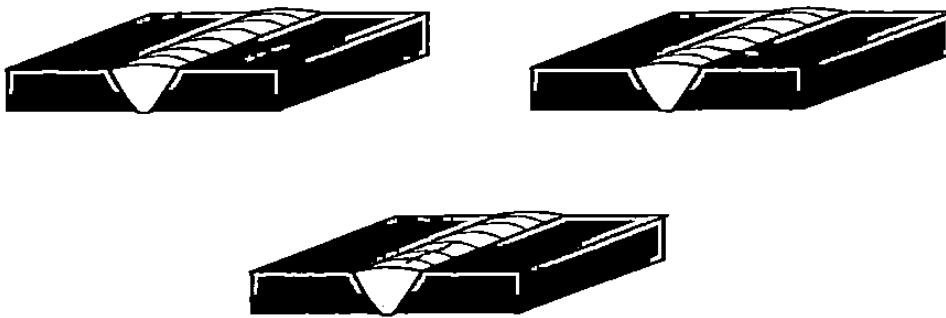
- Arus terlalu rendah
- Kecepatan pengelasan rendah
- Kesalahan teknik mengelas



Gambar 2.9 *Overlap*

f. *Crack* (retak)

Banyak hal yang dapat menyebabkan cacat ini. contoh bentuk *crack* adaah seperti berikut:



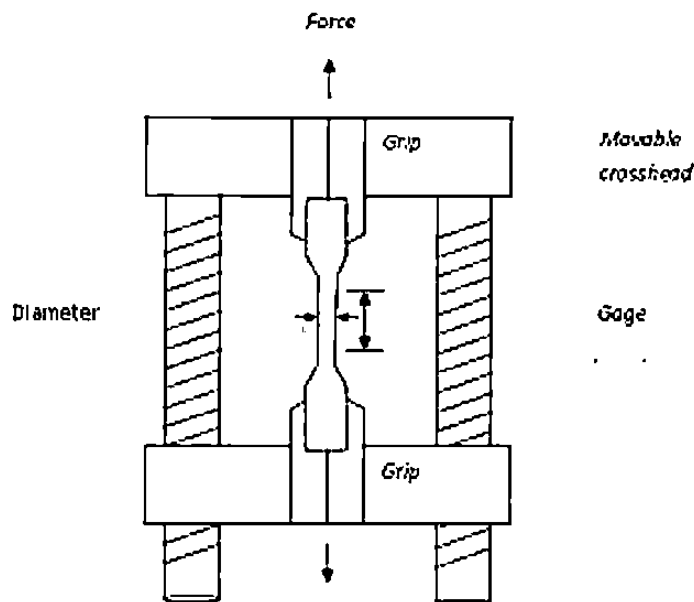
Gambar 2.10 *Crack*

2.8 Klasifikasi Pengujian Tarik

2.8.1 Dasar Pengujian Logam

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985]. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur

1. Uji tarik dilakukan pada spesimen uji tarik dengan cara statis yang diberikan secara



Gambar 2.11 . Mesin uji tarik dilengkapi spesimen

Sumber (<http://terasepte.blogspot.com/2013/10/laporan-material-teknik-uji-tarik.html>)

Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan *uniaxial* sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah; bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan *grips* dan lain-lain.

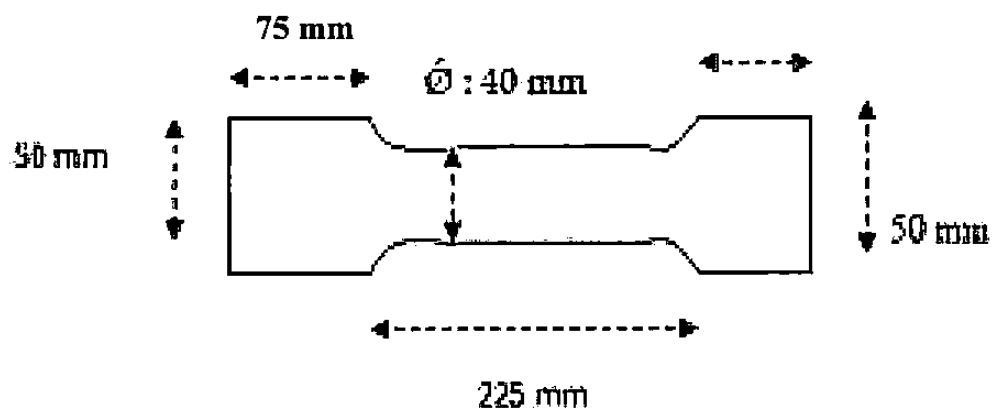
A. Bentuk dan Dimensi Spesimen uji

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM E8 atau D638. Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah *grip* atau yang lainnya. Jadi

B. Grip and Face Selection

Face dan *grip* adalah faktor penting. Dengan pemilihan setting yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah *grip (jaw break)*. Ini akan menghasilkan hasil yang tidak *valid*. *Face* harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan *face*.

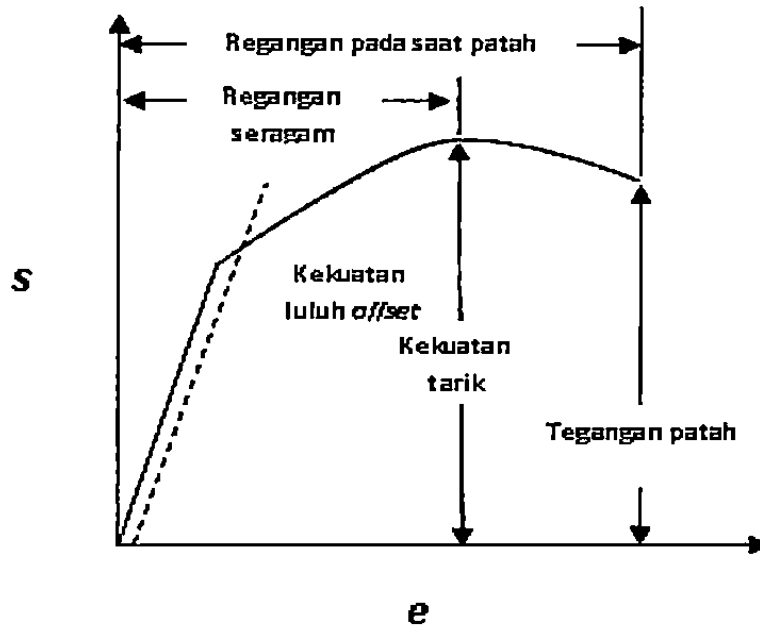
Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan stándar baku pengujian.



Gambar 2.12 Dimensi dan ukuran spesimen untuk uji tarik

Sumber (<http://terasepte.blogspot.com/2013/10/laporan-material-teknik-uji-tarik.html>)

Walaupun demikian, gambar tersebut dibuat dari hasil pengujian yang



Gambar 2.13 Contoh kurva uji tarik

Sumber (<http://terasepte.blogspot.com/2013/10/laporan-material-teknik-uji-tarik.html>)

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan teknik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Dituliskan seperti dalam persamaan di bawah ini.

$$\sigma = \frac{P}{A} \times g \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan ;

P : beban yang diberikan (kg)

A : Luas penampang awal benda uji (mm^2)

G : Gravitasi Bumi (m/s^2)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan teknik

diambil dari titik awal elastisitas yang diperoleh dengan cara membagi

perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Dituliskan seperti dalam persamaan berikut.

$$\epsilon = \frac{L_t - L_o}{L_o} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan ; ϵ : Besar regangan

L_t : Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

L_o : Panjang awal benda uji (mm)

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keuletan bahan.

Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah remangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis bruto. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan berikut

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan ; E : Besar modulus elastisitas (kg/mm²),

e : regangan

σ : Tegangan (kg/mm²)

Pada mulanya pengerasan regang lebih besar dari yang dibutuhkan untuk mengimbangi penurunan luas penampang lintang benda uji dan tegangan teknik (sebanding dengan beban F) yang bertambah terus, dengan bertambahnya regangan. Akhirnya dicapai suatu titik di mana pengurangan luas penampang lintang lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regang. Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa beban. Seluruh deformasi plastis berikutnya terpusat pada daerah tersebut dan benda uji mulai mengalami penyempitan secara lokal. Karena penurunan luas penampang lintang lebih cepat daripada pertambahan deformasi akibat pengerasan regang, beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan teknik pada persamaan (1) akan berkurang hingga terjadi patah.

Dari kurva uji tarik yang diperoleh dari hasil pengujian akan didapatkan

1. Kekuatan tarik
2. Kuat luluh dari material
3. Keuletan dari material
4. *Modulus elastic* dari material
5. Kelentingan dari suatu material
6. Ketangguhan.

2.8.2 Hukum Hooke (*Hooke's Law*)

Hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan *Hooke* yaitu rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan.

“*Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan”

“*strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan”

Maka, hubungan antara stress dan strain dirumuskan:

$$E = \sigma/\epsilon$$

2.8.3 Istilah Pada Uji Tarik

Pengujian tarik yang dilakukan pada suatu material padatan (logam dan nonlogam) dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Informasi penting yang bisa didapat adalah:

Merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional dalam hubungan linier $\sigma = E\varepsilon$ (bandingkan dengan hubungan $y = mx$; dimana y mewakili tegangan; x mewakili regangan dan m mewakili slope kemiringan dari modulus kekakuan).

b. Batas elastis (*elastic limit*)

Daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali kepada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah proporsionalitas merupakan bahagian dari batas elastik ini. Selanjutnya bila bahan terus diberikan tegangan (deformasi dari luar) akan menyebabkan terjadinya deformasi permanen (plastis) pertama kalinya. Kebanyakan material teknik memiliki batas elastis yang hampir berimpitan dengan batas proporsionalitasnya.

c. Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*)

Titik ini merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut *tegangan luluh (yield stress)*. Gejala luluh umumnya hanya ditunjukkan oleh logam-logam ulet dengan struktur *Kristal BCC* dan *FCC* yang membentuk interstitial solid solution dari atom-atom carbon, boron, hidrogen dan oksigen. Interaksi antara dislokasi dan atom-atom tersebut

bawah (*lower yield point*) dan titik luluh atas (*upper yield point*). Baja berkekuatan tinggi dan besi tuang yang getas umumnya tidak memperlihatkan batas luluh yang jelas. Untuk menentukan kekuatan luluh material seperti ini maka digunakan suatu yang dikenal sebagai *Metode Offset*. Dengan metode ini *kekuatan luluh (yield strength)* ditentukan sebagai tegangan dimana bahan memperlihatkan batas penyimpangan/deviasi tertentu dari proporsionalitas tegangan dan regangan. Kekuatan luluh atau titik luluh merupakan suatu gambaran kemampuan bahan menahan deformasi permanen bila digunakan dalam penggunaan struktural yang melibatkan pembebanan mekanik seperti tarik, tekan bending atau puntiran. Di sisi lain, batas luluh ini harus dicapai ataupun dilewati bila bahan (logam) dipakai dalam proses manufaktur produk- produk logam seperti proses *rolling, drawing, stretching* dan sebagainya. Dapat dikatakan bahwa titik luluh adalah suatu tingkat tegangan yang:

- Tidak boleh dilewati dalam penggunaan struktural (*in service*)
- Harus dilewati dalam proses manufaktur logam (*forming process*)

d. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya peretakan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum σ_{uts} ditentukan dari beban maksimum F_{maks} dibagi luas penampang awal A_0 .

$$UTS = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(4)$$

e. Kekuatan Putus (*breaking strength*)

Kekuatan putus ditentukan dengan membagi beban pada saat benda uji putus ($F_{breaking}$) dengan luas penampang awal A_0 . Untuk bahan yang bersifat ulet pada saat beban maksimum M terlampaui dan bahan terus terdeformasi hingga titik putus B maka terjadi mekanisme (*necking*) sebagai akibat adanya suatu deformasi yang terlokalisasi. Pada bahan ulet kekuatan putus adalah lebih kecil daripada kekuatan maksimum sementara pada bahan getas kekuatan putus adalah sama dengan kekuatan maksimumnya.

f. Keuletan (*ductility*)

Keuletan merupakan suatu sifat yang menggambarkan kemampuan logam menahan deformasi hingga terjadinya perpatahan. Sifat ini, dalam beberapa tingkatan, harus dimiliki oleh bahan bila ingin dibentuk (*forming*) melalui proses *rolling*, *bending*, *stretching*, *drawing*, *hammering*, *cutting* dan sebagainya. Pengujian tarik memberikan dua metode pengukuran keuletan bahan yaitu:

- Persentase perpanjangan (*elongation*) Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perpatahan terhadap panjang. dimana L_f adalah panjang akhir dan L_0 panjang awal dari benda uji.

$$Elongation (\%) = \frac{(L_f - L_0)}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

- Persentase pengurangan/reduksi penampang (*Area Reduction*).
Diukur sebagai pengurangan luas penampang (cross-section) setelah perputahan terhadap luas penampang awalnya. dimana A_f adalah luas penampang akhir dan A_o luas penampang awal.

$$\text{Reduksi penampang, } R (\%) = [(A_o - A_f) / A_o] \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

g. Modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas atau *modulus Young* merupakan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari *slope* kemiringan garis elastis yang linier, diberikan oleh:

$$E = \sigma/\epsilon \text{ atau } E = \tan \alpha \dots\dots\dots(7)$$

Dimana α adalah sudut yang dibentuk oleh daerah elastis kurva teganganregangan. *Modulus elastisitas* suatu material ditentukan oleh energi ikat antar atomatom, sehingga besarnya nilai modulus ini tidak dapat diubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan