

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Observasi terhadap analisis *oxy acetylene* dengan variabel *torch* netral terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las pada pelat baja karbon rendah mencari yang berkaitan dengan judul penelitian yaitu sebagai berikut :

Penelitian ini berbentuk jurnal yang ditulis oleh Joko Tri Wardoyo pada tahun 2005 yang berjudul “Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah melalui Baja Fasa Ganda”. Jurnal ini berisi tentang kekuatan tarik pada baja fasa ganda titik luluh 9200 N/mm<sup>2</sup>.

Penelitian ini berbentuk jurnal yang ditulis oleh Tiwan, MT yang merupakan Dosen Prodi Teknik Mesin FT UNY yang berjudul “Analisis Sambungan Lasan Logam Besi Tuang Kelabu Dengan Menggunakan Las Oksi Asetilin” . pengujian menggunakan uji Tarik sambungan antara 122-160 N/mm. Nilai kekerasan pada daerah lasan bervariasi antara 150-200 VHN, sedangkan pada daerah HAZ mencapai kekerasan 350 VHN.

Penelitian ini berbentuk jurnal yang ditulis oleh Saripudin M, Dedi Umar Lauw Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Makasar yang berjudul “Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan kekerasan dan Struktur mikro Baja ST 42. Dari penelitian diperoleh kekuatan tarik 43,802 Kg/mm<sup>2</sup> dan Regangan patah 4,883%.

## **2.2 Klasifikasi Baja**

Besi dan baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam paduan antara elemen besi (Fe) dengan unsur yang lain seperti dengan karbon, silikon, fosfor, belerang, mangan, dan lain-lain. Besi dan baja karbon dibedakan menurut kandungan kadar karbonnya, dengan baja yang memiliki kadar karbon relatif lebih kecil dari 1,7% sedangkan besi memiliki kadar karbon lebih tinggi dari 1,7%. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pepadu yang dapat mempengaruhi sifat dari baja.

Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat. Untuk memperoleh suatu sifat tertentu pada baja harus dimasukkan campuran unsur-unsur lainnya, seperti : mangan, vanadium, silikon, kromium, molybdenum dan kobalt serta unsur-unsur lainnya yang merupakan campuran yang sulit dihilangkan ketika dilakukan proses pembuatan baja terjadi. Secara umum dapat disebutkan beberapa sifat baja antara lain : kekerasan, keuletan, ketangguhan dan kekuatan. Sifat-sifat baja yang digunakan dapat diatur sesuai dengan komposisi yang diberikan terutama dalam kadar karbonnya.

## **2.3 Baja Karbon Rendah**

Baja karbon rendah adalah salah satu jenis baja karbon, di mana presentase unsur karbonnya di bawah 0,25%, untuk lebih jelas ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan unsur pembentuk lainnya seperti Mn tidak lebih dari 0,8%, Si tidak lebih dari 0,5%, demikian pula unsur Cu tidak lebih dari 0,6%. Baja

Hypoeutektoid kurang dari 0,8% C, baja eutektoid 0,8% C, sedangkan baja Hypereutektoid lebih besar dari 0,8% C.

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon berdasar kandungan karbon

No.	Jenis Baja Karbon	Prosentase Unsur Carbon (% C )
1	Baja Karbon Rendah	$\leq 0,25 \%$
2	Baja Karbon Medium	$0,25 \% + 0,55 \%$
3	Baja Karbon Tinggi	$\geq 0,55 \%$

Dengan memperhatikan diagram fasa tersebut maka baja karbonrendah adalah jenis baja *hypoeutektoid* karena *prosentase* unsur pemandu karbonnya tidak melebihi 0,8% dan hanya mengandung 0,112% C.

Tabel 2.2 Komposisi Baja Karbon Rendah

Unsur	Prosentase (%)	Unsur	Prosentase (%)
C	0,112	Ni	0,0143
Si	< 0,117	Mo	0,0065
Mn	0,443	Cu	0,0176
P	< 0,0008	Al	0,0381
S	< 0,0002	Fe	99,350
Cr	0,0085	-	-

## 2.4 LANDASAN TEORI

### 2.4.1 Sejarah Las *Oxy Acetylene*

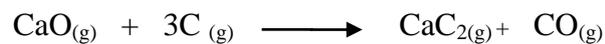
Las *oxy acetylene* pada mulanya kurang menarik perhatian para pengusaha logam karna api yang dihasilkan relatif belum panas. Bila dipakai untuk menyambung logam memerlukan waktu relatif lama. Apalagi untuk mengelas besi yang titik cairnya cukup tinggi yaitu 1539°C.

Era baru las *oxy acetylene* dimulai dengan beberapa penemuan yang saling mendukung. Pertama pada tahun 1889 *James T Morehead*, seorang pengusaha textile di Spray USA, mulai tertarik pada pemanfaatan tenaga air yang berlebihan diperusahaannya. Tenaga air tersebut diubah menjadi tenaga listrik. Listrik yang dihasilkan untuk dipakai untuk menghidupkan dapur listrik (*electric furnace*) sebagai sarana melaksanakan berbagai percobaan. Pada tahun 1891 ia mulai mengadakan kerja sama dengan *Thomas L Willson*, seorang pengusaha alumunium, dalam usaha memperbaiki produksi alumunium. Pada percobaannya mereka memanaskan alumunium oksida dan *carbon* dengan suhu sangat tinggi percobaan tersebut gagal memperbaiki mutu alumunium tetapi menghasilkan suatu *metallic calcium* yang mengundang percobaan lebih lanjut. Pada tahun 1892 mereka memanaskan campuran kapur (*lime*) dan carbon. Percobaan tersebut menghasilkan *crystallime*, zat semacam metalic. Melalui analisa kimia di peroleh kesimpulan bahwa zat tersebut adalah *calcium carbide*, suatu zat yang tidak tersaedia sebagai bahan tambang, suatu zat yang tidak tersaedia secara alamia.

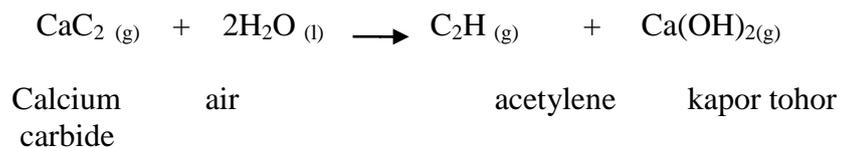
Dalam penelitian lebih lanjut diketahui bahwa *carcium carbide* tersebut mudah sekali bereaksi dengan air dan menghasilkan suatu gas yang mudah

terbakar. Gas ini diyakini bukan gas *hydrogen* yang sudah dikenal sebelumnya. Untuk selanjutnya gas ini dinamakan *acetylene*.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut akhirnya Morehead dan Willson sepakat memproduksi *calcium carbide* (lazim kita sebut batu karbit) berdasar reaksi kimia sebagai berikut:



Batu kapur carbon *calcium carbide carbon monoksida* bila bereaksi dengan air, setiap kg *calcium carbide* dapat menghasilkan 0,28 m<sup>3</sup> gas *acetylene* (The Oxwelder`s Handbook).



Pembakaran campuran seimbang *oxigen* dan *acetylene* dapat menghasilkan api yang cukup panas 3300 sampai dengan 3500°C, suhu yang belum pernah dicapai dengan pembakaran gas lain sebelumnya. Dalam makalahnya yang disampaikan pada seminar *Academic des Sciences* ia menjelaskan lebih lanjut bahwa pembakaran campuran seimbang *oxy acetylene* juga menghasilkan hydrogen dan carbon monoksida. Kedua macam gas tersebut, diluar nyala inti, mengikat *oxygen* dari udara bebas untuk membentuk uap air dan carbon dioksida. (*Le Chatelier* 1895).

Reaksi bertingkat tersebut bisa di manfaatkan, pada proses pengelasan, untuk melindungi kawah lasan dari proses oksidasi. Reaksi bertingkat tersebut selanjutnya menenmpatkan las *oxy acetylene* di atas las tempa dan las listrik elektroda carbon dari segi kualitas lasan.

Teori Le Chatelier tersebut untuk sementara masih bersifat laboratorium karena belum ada peralatan yang bisa dipakai untuk mengaplikasikannya menjadi kegiatan nyata di industri secara komersial.

Edmund Fouche dan Picard 1901 mereka berhasil menciptakan satu pembakar yang memungkinkan dilaksanakannya pembakaran campuran seimbang *oxy acetylene* sehingga teori Le Chatelier bisa menjadi kenyataan. Setelah melalui beberapa penyempurnaan, pembakaran tersebut akhirnya di produksi secara komersial pada tahun 1903.

Hasil karya Fouche dan Picard tersebut mendorong pemakaian *acetylene* untuk proses pengelasan yang segera menyebar secara luas diseluruh penjuru dunia dan masih dipakai hingga sekarang. Industri *acetylene* yang semula hanya di pakai untuk lampu penerangan berkembang semakin besar dan dapat menghasilkan *acetylene* dalam botol sehingga semakin mendorong perkembangan dan pemakaian las *oxy acetylene* ke skala yang lebih besar.

Pecahnya perang dunia pertama turut mendorong penyebaran pemakaian las *oxy acetylene* karena permintaan peralatan perang yang membengkak diluar kemampuan peralatan yang ada. Pada masa perang itu pula dikembangkan pemotong *oxy acetylene* yang jauh lebih cepat dari alat potong besi sebelumnya.

Karena kelebihanannya dalam menghindari adanya oksidasi pada lasan maka selama berpuluh tahun las *oxy acetylene* mendominasi pemakaian proses pengelasan. Ditangan pengelas yang terampil, *oxy acetylene* dapat menghasilkan lasan yang baik. Walaupun sekarang sudah tergeser oleh proses pengelasan yang lain namun penelitian dan pengembangan las *oxy acetylene* masih tetap

dilanjutkan. Kenyataannya dilapangan menunjukan bahwa las *oxy acetylene* masih banyak dipakai untuk reparasi.

#### **2.4.2 Penjelasan *Acetylene***

Las *Oxy acetylene* adalah semua proses pengelasan yang menggunakan campuran oksigen dan bahan bakar gas untuk membuat api sebagai sumber panas untuk mencairkan benda kerja. Oksigen dan gas dicampur dalam suatu alat dengan komposisi tertentu sehingga api yang dihasilkan bisa mencapai suhu maksimum. Api tersebut berada pada moncong alat pembakar sehingga dapat diarahkan secara efektif kearah bagian benda kerja yang akan disambung. hanya sebagian kecil (bagian ujung) benda kerja yang mencair dan menyatu sehingga setelah membeku membentuk suatu sambungan yang kuat, kalau bisa menyamai kekuatan benda tersebut.

Keuntungan las ini dibandingkan dengan proses yang lain adalah pengelas dapat mengontrol dengan mudah panas yang masuk ke benda kerja, keenceran cairan logam, besar kawah yang terbentuk dan volume endapan lasan karna bahan tambah terpisah dengan sumber panas. Las Oxy Gas juga sesuai untuk mengelas benda kerja yang tipis dan pekerjaan reparasi. Ditinjau dari segi biaya awal dan operasional las ini jauh lebih murah. Di samping itu, peralatan yang murah tersebut dapat juga dipakai untuk keperluan yang lain seperti brasing, las brass, *soldering*, pemanasan awal, pemanasan akhir proses pengelasan lainnya, dan memanasi pipa yang akan dibengkok serta keperluan lainnya. Volume peralatan yang relatif kecil dan portabel memungkinkan dibawah kelapangan dan tidak tergantung keberadaan sumber energi yang lain.

Keterbatasannya adalah tidak ekonomis untuk benda kerja tebal dan besar serta kurang sesuai untuk bahan benda kerja yang reaktif terhadap gas bahan bakar maupun yang dihasilkan dari proses pembakaran.

Bahan bakar gas yang bisa dipakai untuk las oxy gas yaitu *acetylene*, *methylacetylene-propadiene*, *propylene*, *propane*, natural gas (*methane*) dan *hydrogen*.

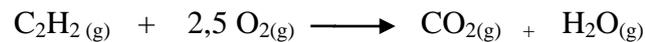
*Acetylene* adalah gas tidak berwarna dengan komposisi unsur *hydrogen* (7,7%) dan carbon (92,3%). Gas ini termasuk salah satu dari kelompok zat yang hanya mengandung unsur *hydrogen* dan carbon. *Acetylene* harus diperlukan dengan hati-hati karena termasuk gas yang mudah meledak bila bertemu (campur) dengan udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan lebih dari 15 psi (1,05 kg/cm<sup>2</sup>). Pada tekanan 28 psi (1,97 kg/cm<sup>2</sup>) *acetylene* akan terurai menjadi carbon dan hydrogen. Pada kondisi demikian sangat sensitif terhadap guncangan atau kejutan yang kecil sekalipun yang mengenai tabung, apa lagi ada bunga api. Maka *acetylene* tidak boleh disimpan pada tekanan lebih dari 1,05 kg/cm<sup>2</sup>.

Gas ini akan berbau keras (mencolok) bila bertemu dengan udara. Bau inilah yang bisa dipakai sebagai tanda adanya *acetylene* disekitar kita. Oleh karna itu harap waspada dan sensitip terhadap tanda adanya *acetylene* untuk menghindari bahaya kebakaran. Api *acetylene* menghasilkan panas cukup tinggi. *Acetylene* mempunyai angka kalor 1433 Btu/ft<sup>3</sup>.

Pada kondisi tertentu *acetylene* juga mudah meledak bila membentuk ikatan dengan tembaga, perak, dan mercury. Oleh karna itu *acetylene* hendaknya dijauhkan dari adanya konsentrasi unsur tersebut.

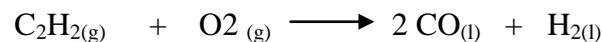
### 2.4.3 Nyala Api Las Oxy Acetylene

Peralatan utama las *oxy acetylene* adalah api *oxy acetylene* sehingga las ini sering disebut las api. kualitas api sangat berpengaruh terhadap lasan. Secara teoritis, pembakaran sempurna *acetylene* berlangsung menurut kimia sebagai berikut:



Dari persamaan reaksi tersebut diketahui bahwa satu volume *acetylene* memerlukan 2,5 volume oksigen menghasilkan dua volume carbon dioksida dan satu volume zat cair (uap air)

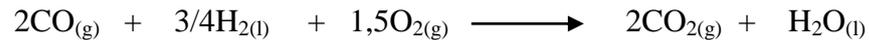
Dalam kenyataan reaksi tersebut tidak berlangsung sekali tetapi dua tahap. Tahap pertama (reaksi primair) terjadi nyala inti dengan persamaan reaksi.



Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa satu volume acetylene memerlukan hanya satu volume oksigen. Oksigen ini diperoleh dari tabung oksigen. Hasil reaksi primier adalah dua volume carbon monoksida dan satu volume *hydrogen* serta panas sebesar tertulis pada tabel 1. Panas diperoleh dari penguraian *acetylene* dan oksidasi carbon yang berasal dari *acetylene* yang terurai.

Nyala inti tersebut relatif kecil, bersinar terang berwarna kebiru-biruan. Nyala inti inilah yang menghasilkan panas cukup tinggi yang diperlukan untuk pengelasan. Jika semua carbon yang terurai pada tahap pertama habis terbakar pada tahap itu pula maka api dikatakan api netral. Tidak ada unsur yang lepas dan bereaksi dengan benda kerja.

Reaksi tahap kedua terjadi diluar kelopak nyala inti. Pada tahap kedua ini carbon monoksida dan hydrogen hasil reaksi tahap pertama terbakar oleh oksigen dari udara bebas menghasilkan carbon dioksida dan uap air seperti persamaan reaksi berikut

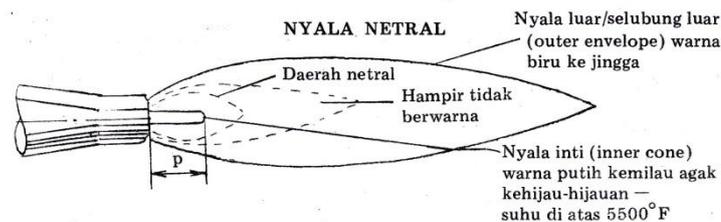


Panas yang dihasilkan dari reaksi kedua ini sebenarnya lebih besar dari tahap pertama, namun karena kecepatan pembakaran rendah dan volumenya besar sehingga suhunya lebih rendah dibandingkan suhu pada nyala inti. Sebaliknya, nyala inti kecil tapi kecepatan pembakaran jauh lebih tinggi, karena suplai oksigen murni dari botol yang bertekanan, sehingga suhu lebih tinggi.

Nyala api *oxy-acetylene* bisa dikontrol dengan mudah memakai katup yang ada pada pembakar, perubahan proporsi campuran oksigen dan *acetylene* yang mengalir keujung pembakar akan merubah karakteristik kimiawi nyala inti yang akan mempengaruhi pencairan dan komposisi benda kerja. Berbagai kualitas api bisa diperoleh dengan merubah besar kecilnya pembukaan katub pada pembakar. Nyala api dalam pengelasan *acetylene* ada tiga macam oksidasi, karburasi, netral.

Nyala hasil pembakaran dalam las *oxy-acetylene* dengan nyala *torch* netral dapat berubah tergantung dari perbandingan antara gas oksigen dan gas *acetylene*. Nyala api netral ialah nyala api yang di hasilkan oleh campuran seimbang, satu banding satu, antara *acetylene* dan oksigen seperti yang dibutuhkan reaksi tahap pertama. Semua unsur C yang terurai pada tahap pertama habis terbakar oleh oksigen pada tahap pertama, tetapi juga tidak ada oksigen yang bebas.

Api netral ini tidak mempunyai api *acetylene*, tidak berjelaga tidak berdesis tetapi intinya tidak runcing. Bila diperhatikan dengan seksama (memakai kaca mata las) terlihat sedikit kelopak di sekitar api inti.



Gambar 2.1 *Tocrh* Netral

Api netral inilah yang diharapkan dipakai untuk mengelas semua jenis bahan kecuali yang telah disebut pada api oksidasi atau api karburasi dan bahan tertentu yang sensitif terhadap gas *acetylene* atau hasil reaksinya dengan oksigen, misalnya titanium. Api netral tidak akan menambah unsur C atau unsur lainnya kedalam benda kerja, tetapi tidak akan mengambil unsur C atau unsur lainnya dari benda kerja.

## 2.5 Komponen Las *Oxy Acetylene*

Peralatan utama las *oxy acetylene* yaitu tabung *acetylene*, tabung *oxygen*, regulator, selang *acetylene* dan *oxygen*, dan brander. Adapun fungsi dari masing-masing alat tersebut yaitu :

### a. Tabung *Acetylene*

Pemakaian generator untuk memproduksi sendiri gas *acetylene* yang digunakan untuk mengelas memang lebih murah dibanding membeli gas *acetylene* yang sudah siap dipakai dan disimpan dalam tabung. Kekurangan dalam memproduksi gas *acetylene* sendiri adalah tekanan gas yang kurang

stabil dan karena itu *acetylene* diproduksi di pabrik dan dikemas dalam tabung agar mudah dibawa. *Acetylene* disimpan dalam tekanan tinggi sehingga dapat digunakan cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif stabil.



Gambar 2.2 Tabung *Acetylene*

Ditinjau dari zatnya *oxygen* tidak berbahaya, namun karena *oxygen* disimpan pada tekanan relatif tinggi maka tabung *oxygen* harus memenuhi beberapa ketentuan yang ada. Sebagai zat pembakar, *oxygen* bertekanan tinggi akan mudah bereaksi dengan minyak, oli ataupun *grease*. Oleh karena itu perlengkapan tabung *oxygen* tidak boleh dilumasi pada sambungan-sambungan berulir yang sering dilepas terbuat dari bahan-bahan yang tidak mudah berkarat, seperti kuningan sehingga tidak perlu pelumasan. Pada keadaan terisi dengan tekanan penuh ( $150\text{kg/cm}^2$ ), jadi harus disimpan pada tempat yang aman karena apabila jatuh dan menimpa benda lain yang menyebabkan tabung retak atau pecah akan menimbulkan ledakan yang sangat besar seperti bom.



Gambar 2.3 Tabung Oksigen

#### b. Regulator

Regulator atau lebih tepat dikatakan Katup Penutup Tekan, dipasang pada katub tabung dengan tujuan untuk mengurangi atau menurunkan tekanan hingga mencapai tekanan kerja *torch*. Regulator ini juga berperan untuk mempertahankan besarnya tekanan kerja selama proses pengelasan atau pemotongan. Bahkan jika tekanan dalam tabung menurun, tekanan kerja harus dipertahankan tetap oleh regulator.



Gambar 2.4 Regulator

Pada regulator terdapat bagian-bagian seperti saluran masuk, katup pengaturan tekan kerja, katup pengaman, alat pengukuran tekanan tabung, alat pengukuran tekanan kerja dan katup pengatur keluar gas menuju selang.

c. Selang *Acetylene* dan *Oxygen*

Selang las digunakan untuk menyalurkan gas yang keluar dari generator atau regulator ke pembakar. Selang las harus kedap terhadap gas (tidak bocor), mampu menahan tekanan gas, tahan terhadap minyak maupun pelumas dan tidak kaku. Selang harus tahan terhadap tekanan gas dengan angka keamanan minimal 5 kali tekanan kerja, sehingga apabila terjadi penyumbatan pada pembakaran ataupun terjadi nyala balik selang mampu menahan kenaikan tekanan yang terjadi. Dibeberapa negara industri dianjurkan memakai selang dengan kapasitas 28 kg/cm<sup>2</sup> berdasarkan hasil test pabrik pembuat.



Gambar 2.5 Slang

d. Brander

Brander berfungsi untuk mencampur *oxygen* dengan *acetylene* lalu membakarnya serta untuk mengarahkan api yang dihasilkan. *Brander* sering disebut pembakar, walaupun sebutan ini tidak salah namun kurang tepat karena pembakaran baru merupakan salah satu fungsi brander. Bagian utama

dari brander meliputi katup pengatur api, tangkai (pegangan), pencampur gas dan moncong brander.



Gambar 2.6 Torch

Tabel 2.3 Ukuran ujung torch

<b>REGULATOR SETTING</b>				
<b>Material</b>	<b>Tip Size</b>	<b>Acetylene</b>	<b>Oxygen</b>	<b>Filler Rod</b>
22-18 gauge	1	8 psi	8 psi	1/16"
16-14 gauge	3	8 psi	8 psi	3/32"
12-10 gauge	5	8 psi	8 psi	1/8"
1/4"-3/8"	9	8 psi	8 psi	3/16"

## 2.6 Bahan Tambahan

Pengelasan *oxy-acetylene* bisa dilakukan dengan atau tanpa bahan tambahan persyaratan kualitas bahan yang diperlukan pada prinsipnya adalah sama dengan benda kerja. Bahan tambahan berbentuk batangan berpenampang bulat seperti kawat ukuran meteran, besarnya diameter adalah 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6,5 ; dan 8 mm. Adapun jenis bahannya seperti baja lunak (*mild steel*), besi tuang (*cast*

*iron*) baja tahan karat (*stainless steel*), campuran tembaga-kuningan, aluminium gilas, aluminium ekstrusi dan aluminium tuang. Masing-masing dibedakan lagi menurut kekuatan mekanisnya, misal 300 MPa, 450 MPa, dan 750 Mpa. Adapun kode yang dipakai yaitu RG kependekan Rod Gas yaitu Rod adalah batangan sedangkan Gas adalah welding gas berarti las gas.

pemandu karbonnya tidak melebihi 0,8% dan hanya mengandung 0,112%

C.

Tabel 2.4 Logam Fero dan Non-Fero yang dapat di las dengan oksidasi asetilen

(ASM Handbook, 1998)

<b>Base Metal</b>	<b>Filler-metal type</b>	<b>Flame type</b>	<b>Flux type</b>
Aluminiums	(a)	Slightly reducing	Aluminium
Brasses	Navy brass	Slightly oxidizing	Borax
Bronzes	Copper tin	Slightly oxidizing	Borax
Copper	Copper	Neutral	(b)
Copper nickel	Copper nickel	Reducing	(b)
Inconel	(a)	Slightly reducing	Flouride
Iron, cast	Cast iron	Neutral	Borex
Iron, wrought	Steel	Neutral	(b)
Lead	Lead	Slightly reducing	(b)
Monel	(a)	Slightly reducing	Monel
Nickel	Nickel	Slightly reducing	(b)
Nickel silver	Nickel silver	Reducing	(b)
Low-alloy steel	Steel	Slightly reducing	(b)
Hight-carbon steel	Steel	Reducing	(b)
Low-carbon steel	Steel	Neutral	(b)

Medium-carbon steel	Steel	Slightly reducing	(b)
Stainless steel	(a)	Slightly reducing	Stainless steel

Keterangan :

- (a) Jenis logam pengisian (*filler-metal type*) sama dengan logam induk (base metal)
- (b) Tidak diperlukan fluk (*no flux required*)

Tabel 2.5 Komposisi Baja Karbon Rendah

Unsur	Kadar %
C	0,0169
F	99,67
Unsur Lainnya	-0,3131

## 2.7 Cacat-Cacat Pada Las Asetilin

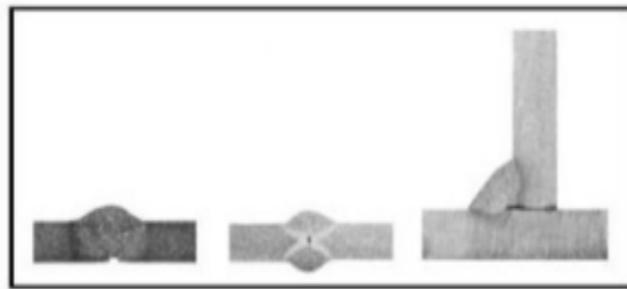
Dengan kondisi pengelasan yang benar, teknik dan meterial sesuai standar, akan menghasilkan pengelasan yang sangat berkualitas. Tetapi seperti pada proses pengelasan yang lain, cacat las dapat terjadi. Cacat yang sering terjadi pada proses pengelasan Oksi-Asetilin antara lain :

- Penetrasi yang kurang sempurna
- Fusi yang kurang sempurna
- *Undercutting*
- *Porosity*
- *Longitudinal crack*

### 2.7.1 Penetrasi yang kurang sempurna

Adapun beberapa jenis cacat las ini dapat terjadi karena :

- Ketika melakukan pengelasan tidak melakukan penetrasi ke seluruh ketebalan dari logam dasar (base metal)
- Ketika dua *weld bead* yang berhadapan tidak melakukan inter-penetrasi
- Ketika *weld bead* tidak melakukan penetrasi ke ujung dari *fillet weld* tetapi hanya menyeberanginya



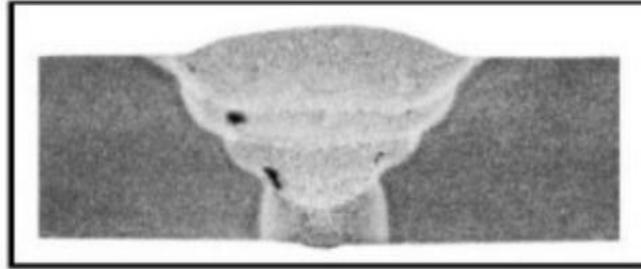
Gambar 2.7 Penetrasi yang kurang sempurna

Gas memiliki peranan yang sangat penting dalam penetrasi. Penetrasi yang kurang sempurna biasanya disebabkan oleh tekanan gas yang rendah, dan dapat dihilangkan dengan cara menaikkan tekanan pada manometer yang terdapat pada tabung gas. Selain itu cacat ini dapat disebabkan oleh kecepatan pengelasan yang terlalu lambat dan penggunaan *torch* yang salah atau tidak sesuai.

### 2.7.2 Kurangnya Peleburan

Cara las ini terjadi karena kurang atau tidak terjadi peleburan diantara logam las dan permukaan dari base metal. Biasanya diakibatkan oleh kecepatan

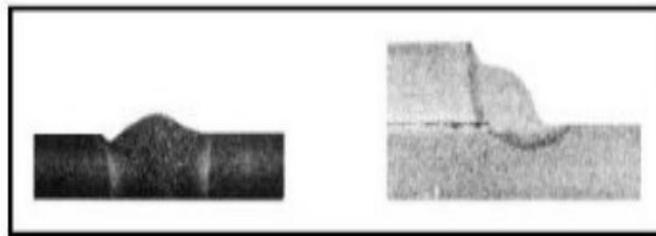
pengelasan terlalu lambat. Terkadang juga diakibatkan pengaturan tekanan gas yang rendah.



Gambar 2.8 Kurang Peleburan (fusi)

### 2.7.3 Undercutting

Cacat las ini diakibatkan oleh penggunaan parameter tekanan gas yang kurang tepat, khususnya kecepatan pengelasan dan tekanan gas yang tidak sesuai. Kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan undercutting terjadi. Dengan mengurangi kecepatan pengelasan akan dapat mengurangi besarnya *undercutting* bahkan menghilangkan.

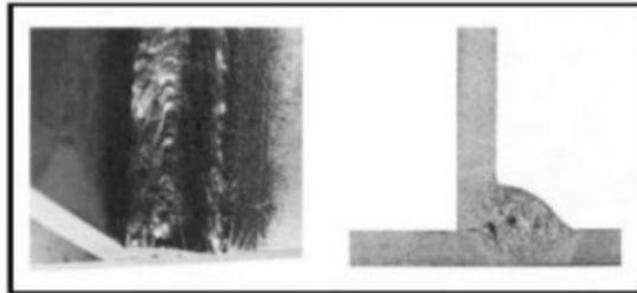


Gambar 2.9 Undercutting

Jika hanya terdapat sedikit *Undercutting*, maka kita dapat menaikkan tekanan gas, tetapi jika tekanan gas dinaikkan terlalu tinggi, maka *undercutting* dapat terjadi.

#### 2.7.4 Porositi

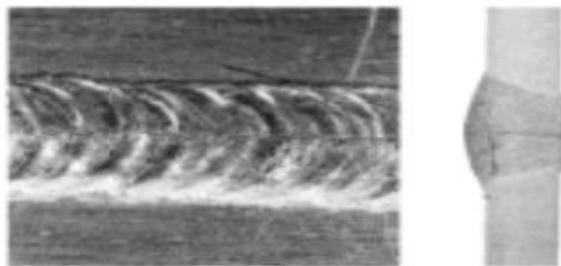
Porositi adalah lubang yang diakibatkan oleh gelembung gas yang telah membeku. Penyebab utama dari porositi adalah kontaminasi atmosfer, oksidasi yang tinggi pada permukaan benda kerja.



Gambar 2.10 Porositi

#### 2.7.5 Keretakan membujur

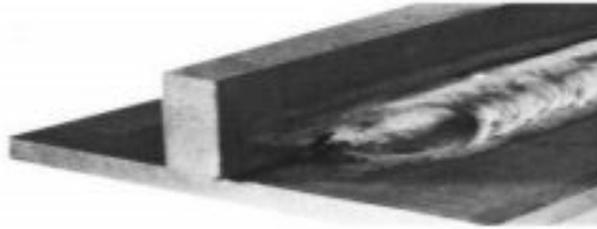
Keretakan dapat dibagi menjadi dua, yaitu keretakan-panas dan keretakan-dingin. Keretakan panas dapat terjadi ketika *weld bead* berada antara temperatur meleleh dan membeku.



Gambar 2.11 Keretakan Panas

Keretakan-dingin biasanya terjadi pada saat *weld bead* membeku. Keretakan lainnya yang dapat terjadi adalah keretakan karena kesalahan dalam penggunaan teknik pengelasan. Keretakan yang terjadi pada ujung hasil pengelasan disebabkan

oleh kesalahan dalam teknik akhir pada saat mengelas, hal ini dapat diatasi dengan cara membalikkan arah pengelasan pada akhir pengelasan.



Gambar 2.12 Keretakan Dingin

## 2.8 Pengujian Struktur Mikro



Gambar 2 .13 Mesin Penguji Struktur Mikro

Struktur mikro adalah gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan adalah mikroskop optik dan elektron.

Setiap logam dengan jenis yang berbeda memiliki struktur mikro yang berbeda. Dengan melalui diagram fasa, dapat dilihat struktur mikronya dan dapat mengetahui fasa yang akan diperoleh pada komposisi dan temperatur tertentu.

Dari pengujian struktur mikro dapat dilihat, antara lain ;

- a. Ukuran dan bentuk butir
- b. Distribusi fasa yang terdapat dalam material
- c. Pengotor yang terapat dalam material

## 2.9 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah merupakan pengujian yang paling efektif karena dengan pengujian ini, kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji kekerasan, material dapat dengan digolongkan sebagai material ulet atau getas. Ada pun beberapa macam bentuk uji kekerasan yaitu sebagai berikut:

- a. Metode Brinell

Pengujian menggunakan metode *brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indekator) yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut (*Speciment*). Idealnya, pengujian brinell diperuntukan bagi material yang memiliki kekerasan brinell sampai 400 HB, jika lebih dari nilai tersebut maka disarankan menggunakan metode pengujian *Rockwell* ataupun *Vickers*. Angka kekerasan *brinell* (HB) didefinisikan hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,012 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam

milimeter persegi. Indentor (bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan *Karbida Tungsten*. Jika diameter indentor 100 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 3000 N sedangkan jika diameter indentornya 5 mm maka beban yang digunakan (pada mesin uji) adalah 750 N. Dalam praktiknya, pengujian *brinell* biasanya dinyatakan dalam contoh: HB 5 / 750 /15 hal ini bahwa kekerasan *brinell* hasil pengujian dengan bola baja (indentor) berdiameter 5 mm, beban uji adalah sebesar 750 N per 0,012 dan lama pengujian 15 detik. Mengenai lama pengujian itu tergantung material yang akan diuji, untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedangkan untuk material bukan besi lama pengujian adalah 30 detik.

b. Rocwell

Skala yang umum dipakai dalam pengujian *rockwell* adalah:

- Hra ( untuk material yang sangat halus )
- HRb ( untuk material yang lunak ). Indentor berupa bola baja dengan diameter 1/16 Inchi dan beban uji 100 Kgf
- HRc ( untuk material dengan kekerasan sedang ). Indentor berupa kerucut intan dengan sudut puncak 120 drajat dan beban uji sebesar 150 Kgf.

Pengujian menggunakan metode *rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap beban uji (*Speciment*) yang berupa bola baja ataupun

kerucut intan yang ditekankan pada permukaan meterial benda uji tersebut.

c. Vickers

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak  $136^\circ$  yang ditentukan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan *Vickers* (HVN) didefinisikan sebagai hasil bagi ( koefisien) dari beban uji (F) dalam *Newton* yang dikalikan dengan angka faktor 0,012 dan luas permukaan bekas tekan ( injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Secara matematis dan telah disederhanakan, HVN sama dengan 1,854 dibalikkan beban uji (F) dibagi dengan diagonal intan yang dikuadratkan. Beban uji (F) yang biasa dipakai adalah 5 N per 0,102 N ; 10 N per 0,102 N ; 30 N per 0,102 N ; 50 N per 0,102 N. Dalam praktiknya, pengujian *Vickers* bisa dinyatakan dalam contoh : HVN 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 15 detik.

Adapun mesin yang digunakan dalam pengujian ini *Micro Hardnesstester* adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 14 *Micro Hardnesstester*

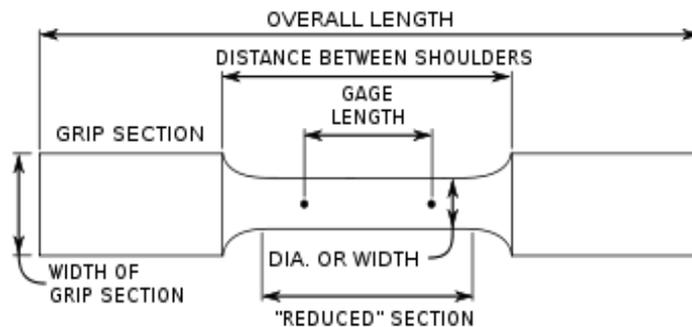
## 2.10 Uji Tarik

Pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam/besi/baja. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja. Perbandingan ini terus berlanjut sampai bahan mencapai titik *propotionality limit*. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih beasr dan suatu saat terjadi penambahan beban, batang uji bertambah panjang dengan sendirinya. Hal ini dikatakan batang uji mengalami *yield* (luluh). Keadaan ini haynya berlangsung sesaat dan setelah itu akan naik lagi.



Gambar 2 .15 Mesin Uji Tarik (*Servo pulse*)

Adapun pengujian disini menggunakan standar ASTM E8, seperti sebagai berikut :



Gambar 2 .16 Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Kenaikan beban ini akan berlangsung sampai mencapai maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar *necking* tersebut. Pada batang getas tidak terjadi *necking* dan batang akan putus pada saat beban maksimum.

Pada pengujian tarik nantinya akan diperoleh sifat mekanik dari logam.

Beberapa sifat mekanik tersebut adalah :

a. Sifat mekanik di daerah elastis

- Kekuatan elastis : kemampuan batang untuk menerima beban atau tegangan tanpa berakibat terjadinya *deformasi plastis* (perubahan bentuk yang permanen). Ditunjukkan oleh titik luluh (*yield*)
- Kekakuan (*stiffness*) : suatu batang yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastisnya) akan mengalami *deformasi plastis*, tetapi hanya sedikit.
- Resilience : kemampuan bahan untuk menyerap energi tanpa menyebabkan terjadinya *deformasi plastis*. Dinyatakan dengan besarnya luasan di bawah grafik daerah elastis (*Modulus Resilien*)

b. Sifat mekanik di daerah palstis :

- Kekuatan tarik (*Tensile strength*)  
Kemampuan batang untuk menerima beban/tegangan tanpa mengakibatkan batang rusak atau putus. Kekuuatan tarik maksimum ditunjukkan sebagai tegangan maksimum (*ultimate strees*) pada kurva tegangan-regangan.
- Ketangguhan (*Ductility*)  
Kemampuan bahan untuk berdeformasi tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya tegangan plastis yang terjadi setelah batang uji putus. Ditunjukkan sebagai garis elastik pada grafik tegangan-regangan.

- Ketangguhan (*Toughness*)

Kemampuan menyerap energi tanpa mengakibatkan patah, dapat diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan batang uji. Ketangguhan dinyatakan dengan modulus ketangguhan yaitu banyaknya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan satu satuan volume bahan. Ditunjukkan sebagai keseluruhan luasan dibawah kurva tegangan-regangan.