

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

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

Penelitian yang berbentuk Skripsi yang ditulis oleh Danang Septianto Nugroho (2009) meneliti tentang pengaruh kecepatan *torch* dan jenis nyala api terhadap kekerasan permukaan baja karbon pada proses automatic flame surface hardening. Dalam penelitian ini membahas tentang mencari harga kekerasan tertinggi dari permukaan baja karbon yang dikenai perlakuan panas flame hardening. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengerasan permukaan dapat terbentuk dengan baik pada spesimen dengan kecepatan *torch* 28 mm/menit dan menggunakan nyala karburasi. Kekerasan permukaan pada spesimen mencapai 879,19 HV sedangkan pada bagian bawah spesimen kekerasannya adalah 232,80 HV.

Penelitian yang dilakukan oleh Nofriady Handra dan Peri Indra Yudi (2011) meneliti tentang kekuatan hasil las *oxy-acetylene* pada variasi kampuh pada baja ST 37 dengan ketebalan 5mm. Dalam penelitian tersebut diketahui bahwa kekuatan tarik hasil pengujian terbesar terjadi pada sambungan las dengan kampuh V yaitu sebesar 317,7 N/mm sedangkan kekuatan tarik

terkecil terjadi pada sambungan las dengan kampuh U yaitu sebesar 268,3 N/mm.

Penelitian yang dilakukan Kusmanto, Budi Harjanto dan Suharno (2010) mengenai kualitas hasil repair welding pada cast wheels aluminium dengan metode pengelasan oksidasi asetilin, TIG, MIG terhadap sifat fisis dan mekanis. Dari penelitian tersebut menyatakan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan oksidasi asetilin sebesar 54,80 BHN pada daerah lasan sedangkan pada pengelasan TIG dan MIG hanya mencapai 30,47 BHN dan 44,18 BHN.

2.2 Sejarah Las *Oxy-Acetylene*

Las oxy-gas pada mulanya kurang menarik perhatian para pengusaha logam karena 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 1539⁰.

Era baru las oxy-gas dimulai dengan beberapa penemuan yang saling mendukung. Pertama pada tahun 1889 James T Morehead. Seorang pengusaha tekstil di Spray USA, mulai tertarik pada pemanfaatan tenaga air yang berlebihan diperusahaannya. Tenaga air tersebut diubah menjadi tenaga listrik. Listrik yang dihasilkan dipakai untuk menghidupkan dapur listrik (*electric Furnace*) sebagai sarana melaksanakan berbagai percobaan. Pada tahun 1891 ia mulai mengadakan kerjasama dengan Thomas L Wilson, seorang pengusaha aluminium, dalam usaha memperbaiki produksi aluminium. Pada percobaannya mereka memanaskan aluminium oksida dan

carbon dengan suhu sangat tinggi. Percobaan tersebut menghasilkan *crystallime*, zat semacam metalik. Melalui analisa kimia diperoleh kesimpulan bahwa zat tersebut adalah calcium carbide, suatu zat yang tidak tersedia secara alami.

Dalam penelitian lebih lanjut diketahui bahwa calcium carbide tersebut 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*.

Kedua, pada lulang mei 1895, Dr Carl Von Linde dari German berhasil mengoperasikan mesin yang dapat memproduksi *oxygen* cair yang secara prinsip masih dipakai sampai sekarang. Lahirnya industri *oxygen* dengan skala besar selanjutnya mendukung pengembangan pemakaian gas *acetylene* untuk pengelasan.

Pada waktu yang hampir bersamaan, pada tahun 1895, Le Chatelier seorang ahli kimia dari Prancis mengungkapkan hasil, percobaannya. Dia mengatakan bahwa pembakaran campur seimbang *Oxygen* dan *Acetylene* dapat menghasilkan api yang cukup panas 3300 sampai dengan 3500⁰c, suhu yang belum pernah dicapai dengan pembakaran gas lain sebelumnya. Dalam makalahnya yang disampaikan pada bakaran 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.

Reaksi bertingkat tersebut bisa dimanfaatkan, pada proses pengelasan, untuk melindungi kawah lasan dari proses oksidasi. Reaksi bertingkat tersebut selanjutnya menempatkan las *oxy-acetylene* diatas las tempa dan las listrik elektroda carbon dan segi kualitas lasan.

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

Edmund fouche dan Picard, juga dari Perancis, berusaha mengatasi masalah tersebut. Pada tahun 1901 mereka berhasil menciptakan satu pembakar yang memungkinkan dilaksakannya pembakaran campuran seimbang *oxy-acetylene* sehingga teori Le Chatelier bisa menjadi kenyataan. Setelah melalui beberapa penyempurnaan, pembakaran tersebut akhirnya diproduksi 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 dipakai 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 pemotongan besi sebelumnya.

Karena kelebihanannya dalam menghindari adanya oksidasi pada pengelasan maka selama beberapa puluh tahun las *oxy-acetylene* mendominasi pemakaian proses pengelasan. Ditangan pengelasan yang trampil, las *oxy-acetylene* dapat menghasilkan lasan yang baik. Walaupun sekarang sudah tergeser oleh pengelasan yang lain namun penelitian dan pengembangan las *oxy-acetylene* masih tetap dilanjutkan. Kenyataan dilapangan menunjukan bahwa *oxy-acetylene* masih banyak dipakai untuk reparasi.

2.3 Teori Dasar Las Oxy-Gas

Las *Oxy-Gas* adalah semua proses pengelasan yang menggunakan campuran oxygen dan bahan bakar gas untuk membuat api sebagai sumber panas untuk mencairkan benda kerja. *Oxygen* dan gas campur dalam suatu alat dengan komposisi tertentu sehingga api yang dihasilkan bisa mencapai suhu maksimum. Api tersebut berada pada moncong alat pembakar sehingga dapat secara efektif kearah bagian benda kerja yang 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 dibanding proses yang lain adalah pengelesan dapat mengontrol dengan mudah panas yang masuk ke benda kerja, keenceran cairan logam, besar kawah yang ter bentuk dan volume endapan lasan karena

bahan lasa tambah terpisah dengan sumber panas. Las *oxy-gas* sesuai untuk mengelas benda kerja tipis dan pekerjaan reparasi. Ditinjau dari segi biaya awal dan oprasional las ini lebih jauh murah. Disamping itu, peralatan yang murah tersebut dapat dipakai untuk keperluan yang lain seperti brasing, las brass, soldering, pemanasan awal, pemanasan akhir proses pengelasan lain dan memanasi pipa yang bengkok serta keperluan lainnya. Volume peralatan yang relatif kecil dan portabel memungkinkan dibawa kelapangan dan tidak tergantung keberadaan sumber energi yang lain.

Keterbatasana adalah tidak ekonomis untuk benda kerja tebal dan besar serta kurang sesuai untuk bahan benda kerja yang relatif terhadap gas bahan bakar maupun yang menghasilkan dari proses pembakaran.

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

a. *Acetylene* (Gas Karbit)

Acetylene adalah gas tidak berwarna dengan komposisi unsur *hydrogen* (7,7%) dan *carbon* (92,3%). Gas ini termasuk salah satu dari kelompok zat ysng hanya mengandung unsur *hydrogen* dan *carbon*. *Acetylene* harus diperlakukan dengan hati-hati karena termasuk gas yang muda meledak bila bertemu dengan udara atau disimpan dalam tabung dengan tekanan lebih dari 15 psi (1,05 kg/cm²). Pada tekanan 28 psi (1,97 kg/cm²) *Acetylene* akan terurai menjadi karbon dan *hydrogen*. Pada kondisi demikian sangat sensitip terhadap goncangan atau kejutan yang kecil sekalipun yang mengenai tabung,

apalagi ada bungan api. Maka *Acetylene* tidak boleh disimpan pada tekanan lebih dari $1,05 \text{ kg/cm}^2$.

Gas ini akan berbau keras (menyolok) bila bertemu dengan udara. Bau inilah yang bisa dipakai sebagai tanda adanya *Acetylene* disekitar kita. Oleh karena itu harap waspada dan sensitip terhadap tanda adanya gas yang sangat mudah terbakar. Api *acetylene* menghasilkan panas cukup tinggi. *Acetylene* mempunyai angka kalor 1433 Btu/ft^3 .

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

b. *Methlacetylene propdiene* (Mapp)

Ditinjau dari sifat mudahnya terbakar, Mapp mirip dengan *acetylene* walaupun tidak sensitif terhadap guncangan tabungan. Oleh karena penyimpanan gas ini tidak memerlukan acetone sebagai pelarut sehingga mengurangi berat total tabung atau pada berat total yang sama bisa mempunyai volume lebih besar. Dengan kata lain gas ini lebih mudah dihandle.

Methlacetylene Propdiene mempunyai angka kalor 2450 Btu/ft^3 ($21,8 \text{ kcal/liter}$). Bila dipakai untuk mengelas tidak mudah timbul ledakan balik namun apinya kurang padat. Api gas ini cenderung membesar, lebih panjang dan lebih lebar, mudah menyebar dan berlidah tidak seperti api *acetylene* yang mempunyai inti kecil dan padat. Bila dipakai untuk memotong, gas ini lebih murah dan menghasilkan potongan yang lebih halus.

c. *Propylene*

Propylene adalah hasil ikutan tambang minyak sehingga disebut juga gas minyak (petroleum gas) dan sering disimpan dalam kondisi cair. Gas ini memang tidak sesuai untuk bahan bakar las tetapi baik bila dipakai sebagai bahan bakar potong, *brassing* maupun *soldering*. Sering juga dipakai untuk *flame spraying*.

d. *Propane*

Propane juga merupakan hasil ikutan tambang minyak dan gas alam. Gas ini disimpan dalam tabung baja dengan kapasitas 45 kg pada kondisi cair. Oleh karena itu lebih dikenal dengan nama LPG (*liquified Petroleum Gas*). Gas ini juga tidak dipakai untuk mengelas tetapi untuk pemanasan awal atau yang sejenis.

e. *Methane (Gas Alam)*

Gas ini sebenarnya hampir sama dengan LPG, hanya saja sudah terbentuk menjadi gas (memisahkan diri dari bahan minyak) sewaktu punya angka kalor relatif tinggi yaitu 1200 btu/ft^3 (302 kcal/liter) hampir sama dengan acetylene (361 kcal/liter). Gas ini sebenarnya bisa dipakai untuk mengelas namun jarang dipakai karena menghasilkan carbon monoksida yang beracun atau kurang baik terhadap kesehatan. Bila dipakai untuk mengelas maka katub harus segera ditutup sesaat setelah pengelasan selesai.

f. *Hydrogen*

Hydrogen adalah gas yang sangat ringan, tidak mempunyai rasa tidak berbau dan tidak berwarna. Bila dicampur dengan oksigen akan menghasilkan api yang bisa dipakai untuk pemanasan awal. Kadungan *Hydrogen* diudara bebas 4 sampai dengan 75% sudah mudah menyala, oleh karena itu tabung *Hydrogen* harus benar- benar tidak bocor, sebab kebocoran *Hydrogen* tidak terdeteksi kecuali kalau sudah terbakar. Tabungan gas ini biasanya diletakan di ruang terbuka atau berventilasi dengan baik sehingga bila ada kebocoran maka kandunga *Hydrogen* tidak lebih dari 4 %.

Disamping kelebihan dan ketebatasan masing-masing gas seperti telah disebut di atas, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan bakar gas untuk mengelas yaitu:

- a. Suhu api yang dihasilkan
- b. Kecepatan pembakaran
- c. Gas hasil reaksinya dengan oksigen (gas hasil pembakaran).

Kecepatan pembakaran merupakan sifat yang dimiliki gas dan menentukan panas yang dihasilkan. Pada proses pengelasan, kecepatan panas sangat ber[engaruh terhadap pemanasan benda kerja melewati gas yang belu terbakar dantidak menimbulkan nyala balik. Kecepatan pembakaran sangat dipengaruhi oleh proporsi campuran bahan bakar dengan oksigen sebagai zat pembakar.

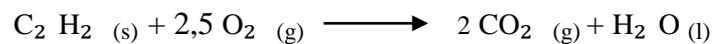
Suhu api dan nilai kalor telah digunakan sebagai kriteria bahan bakar secara *exclusive* namun sebenarnya belum menggambarkan panas yang sebenarnya. Intensitas pembakaran memang memperhitungkan kedua aspek tersebut tetapi masih ditambah besarnya volume api yang keluar dari pembakar.

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa gas acetylene merupakan bahan bakar yang paling baik untuk gas karena suhu api yang dihasilkan relatif tinggi, pembakaran berlangsung relatif cepat dengan intensitas cukup tinggi dan gas hasil reaksinya dengan oksigen (pembakaran) adalah carbon dioksida dan zat air. Keduanya bukan gas atau zat yang berbahaya bagi pengelas dan tidak pula reaktif terhadap benda kerja. Beberapa gas lain yang telah disebut di atas secara prinsip bisa dipakai sebagai bahan bakar las gas, namun karena panasnya lebih kecil dari *acetylene* sehingga jarang digunakan kecuali untuk pemanasan awal atau akhir atau untuk pemotongan *oxy-gas*.

Karena las gas cenderung memakai acetylene maka lebih di kenal dengan nama las *acetylene*. Di indonesia *acetylene* untuk pengelesan di bengkel-bengkel kecil cenderung diproduksi sendiri oleh pengelesan dengan bahan utama batu karbid (*calcium carbide*) maka las gas lazim disebut las karbid.

2.4 Api *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 reaksi 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 air (uap air).

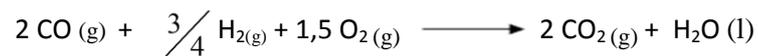
Dalam kenyataan reaksi tersebut tidak berlangsung sekali tetapi dua tahap. Tahap pertama (reaksi primair) terjadi nyala inti dengan persamaan reaksi.



Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa satu volume *acetylene* memerlukan hanya satu volume oksigen. Oksigen ini diperoleh dari tabung oksigen. Hasil reaksi primair adalah dua volumen carbon monoksida dan satu volum *hidrogen*.

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

Reaksi tahap kedua terjadi diluar kelompok 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 beriku:



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 dibanding suhu pada jauh lebih tinggi, karena suplay oksigen murni dari botol yang bertekanan, sehingga suhu lebih tinggi.

Nyala api *oxy-acetylene* bisa dikontrol dengan mudah memakai katub yang ada pada pembakar. Perubahan proporsi campuran oksigen dan *acetylene* 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.

Perubahan proporsi campuran *oxy-acetylene* juga mempengaruhi suhu api yang dihasilkan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Hubungan antara proporsi campuran oxy-acetylene dengan suhu api yang dihasilkan.

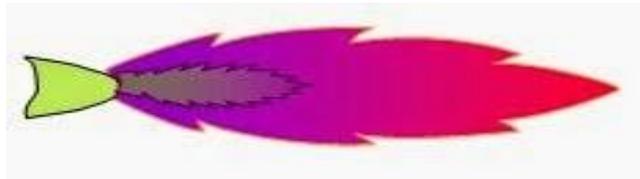
| Proporsi campuran <i>Oksigen-acetylene</i> | Suhu api (C) | Karakteristik api |
|---|----------------|-------------------|
| 0.8 to 1.0 | 5,550 (3066) | Carburizing |
| 0.9 to 1.0 | 5,700 (3149) | Carburizing |
| 1.0 to 1.0 | 5,850 (3232) | Neutral |
| 1.5 to 1.0 | 6,200 (3427) | Oxidizing |
| 2.0 to 1.0 | 6,100 (3371) | Oxidising |
| 2.5 to 1.0 | 6,000 (3315) | Oxidising |

Berbagai macam api yang diperoleh dari berbagai proposal campuran *oxy-acetylene* tersebut secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga yaitu api *carburizing*, *oxidizing* dan nertal.

a. Api *Carburizing*

Api *carburizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak acetylene atau kekurangan oksigen sehingga unsur carbon yang terurai pada reaksi tahap pertama tidak habis terbakar. Sebagai akibatnya sebagai unsur carbon tersebut akan masuk ke cairan benda kerja. Setelah dingin benda kerja menjadi lebih keras dari semula. Kemungkinan lain, lasan retak sewaktu membeku karena tingginya unsur C, atau lasan menjadi brittle. tidak selamanya api *carburizing*

berdampak, negatif, api ini baik untuk mengelas baja lunak kadar carbon rendah, untuk memperkeras permukaan untuk membrasing, menyoldir dan las aluminium.



Gambar 2.1 Nyala Karburasi (Untung Witjaksono, 1991)

Ciri-ciri api carburizing dapat dikenali dari bentuk, dimensi dan warnanya. Pada api *carburizing*, ujung api inti tumpul. Api ini mempunyai api *acetylene* dan lidah api (api luar) yang semakin panjang bila proporsi *acetylene* semakin besar. Katakan panjang api inti sama dengan x maka panjang api *acetylene* sama dengan x . Bila proporsi *acetylene* diperbesar, panjang api inti tetapi panjang api *acetylene* menjadi tiga x . Demikian pula lidah apinya juga semakin panjang dan semakin berjelega.

b. Api Oxidizing

Api ini merupakan kebalikan api *carburizing*. Api *oxidizing* dihasilkan oleh campuran yang terlalu banyak oksigen atau kekurangan *acetylene*. Sebagai, oksigen murni yang berasal dari tabung tidak terserap oleh reaksi tahap pertama. oksigen murni yang tidak terikat ini akan bereaksi dengan benda kerja, misal membakar sebagai unsur c dari benda kerja sehingga bila untuk mengelas baja lunak akan semakin lunak. Oksigen bebas bisa masuk ke dalam sehingga menimbulkan krops atau oksidasi.

Api *oxidizing* memang jarang dipakai kecuali untuk menbrasing besi galvanis, las dan pemanasan awal pada pengelesan besi taung.

Ciri-ciri api *oxidizing* juga kebalikan api *carburing* yaitu api inti runcing dan pendek. Api acetylene boleh dikatakan tidak ada, sedang lidah apinya pendek. Api ini mengeluarkan suara gemerisik (mendesis).

c. Api Netral

Api netral dihasilkan oleh campuran seimbang, satu bading satu, antara oksigen dan *acetylene* 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 disekitar api inti.

Api netral inilah yang diharapkan dipakai untuk mengelas semua jenis bahan kecuali yang telah disebut pada api *oxidizing* atau api *carburing* dan bahan tertentu yang sensitif terhadap gas *acetylene* atau hasil reaksi dengan oksigen, misal titanium. Api netral tidak akan menambah unsur c atau unsur lain kedalam benda kerja, tetapi juga tidak akan mengambil unsur c atau unsur lain benda kerja.

2.5 Oksigen

Oksigen diperlukan untuk setiap proses pembakaran, termasuk juga las gas. Untuk las gas dipakai oksigen murni supaya pembakaran berlangsung cepat, sempurna dan gas yang dihasilkan lebih terkontrol sehingga tidak mempengaruhi kualitas lasan. Pembakaran yang cepat dan sempurna akan menghasilkan suhu maksimum sehingga pengelasan berlangsung cepat.

Oksigen murni diperoleh dengan mendestilasi udara bebas yang mempunyai komposisi:

| | |
|-----------|-----------------|
| 78,03 % | Nitrogen |
| 20,99 % | Oksigen |
| 0,94 % | Argon |
| 0,03 % | Carbon Dioksida |
| 0,01 % | Hydrogen |
| 0,00123 % | Neon |
| 0,0004% | Helium |
| 0,00005% | Krypton |
| 0,000006% | Xenon |

Disamping unsur tersebut, masih ada unsur lain yaitu uap air. Kadungan uap air diudara bebas bervariasi tergantung suhu udara dan humidity relatif namun tidak lebih dari satu persen (*speight*).

Data tersebut berasal dari analisis udara kering di permukaan air laut.

Ditinjau dari beratnya udara bebas terdiri dari:

| | |
|--------|----------|
| 75, 5% | Nitrogen |
| 33, 2% | Oxygen |
| 1, 3% | Argon |

Unsur-unsur dalam udara tersebut dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Misalnya udara mendidih pada suhu $-182,77^{\circ}\text{C}$. Udara yang sudah dipisahkan disimpan pada suhu $-195, 55^{\circ}\text{C}$ (Muhamad Alip,1989).

Pemisahan udara tidak saja menghasilkan oksigen tetapi juga beberapa gas lain yang diperlukan pada proses pengelesan lain yaitu carbon dioksida, argon dan helium. Gas tersebut dipakai untuk gas pelindung pada las busur eletrada tidak terbungkus. Prinsip kerja pemisah oksigen dari udara dapat dilihat pada diagram kerja berikut, prinsip kerja tersebut sejak dulu hingga sekarang tidak banyak berubah kecuali perbaikan mesin dan unit kontrolnya yang sekarang yang secara elektronik.

Produksi oksigen dimulai dengan menempatkan udara bebas sampai tekanan sekitar 20 Mpa (3000 psig). Pada tekanan tersebut karbon dioksida dan kotoran lain dipisahkan. Selanjutnya, udara dilewatkan saluran dan biarkan mengembang sehingga tekanannya berkurang. Proses pemuaian ini akan menurunkan suhunya. Udara suhunya sampai mengembun dan mencair udara tersebut selanjutnya dilewatkan papan penguapan. Nitrogen dan gas lain yang titik didihnya lebih rendah dari oksigen akan menguap lebih dulu sehingga pada pase ini tinggalah oksigen.

Oksigen murni adalah gas tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Oksigen bukan zat berbahaya bagi manusia dan kehidupan lainnya tetapi justru dibutuhkan, namun oksigen murni ini biasanya disimpan dalam tabung bertekanan relatif tinggi sehingga perlu juga diperlakukan dengan hati-hati. Tabung bertekanan tinggi harus selalu dijauhkan dari sumber panas, tumbukan dan kemungkinan jatuh terguling.

Oksigen adalah zat pembakaran, oleh karena itu harus juga dijauhkan dari bahan-bahan mudah terbakar. Bertemunya oksigen, apalagi oksigen murni, dengan bahan mudah terbakar merupakan sumber potensial kebakaran.

Oksigen murni didistribusikan dalam botol bertekanan tinggi untuk meningkatkan efisiensi transportasi dan pemakaian. Pengelasan tidak perlu memproduksi sendiri oksigen yang diperlukan karena biasanya tidak sulit mendapatkan oksigen dalam botol. Hampir di setiap kota besar terdapat agen penjualan oksigen murni yang tidak saja mensuplai kebutuhan industri tetapi juga rumah sakit.

2.6 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 di simpan dalam tabung.

Kekurangan dalam memproduksi gas *acetylene* sendiri adalah tekanan gas yang kurang stabil dan karena itu *acetylene* diproduksi dipabrik dan dikemas dalam tabung agar mudah dibawa kemana saja. *Acetylene* disimpan dalam tekanan tinggi sehingga dapat digunakan cukup lama dengan tekanan kerja yang relatif stabil.

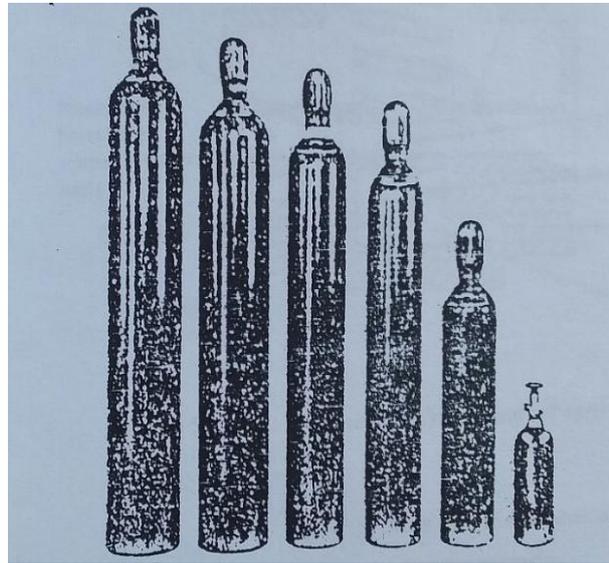


Gambar 2.2 Tabung Acetylene

b. Tabung *oxygen*

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 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 Oxygen (Muhamad Alip,1989)

c. Regulator

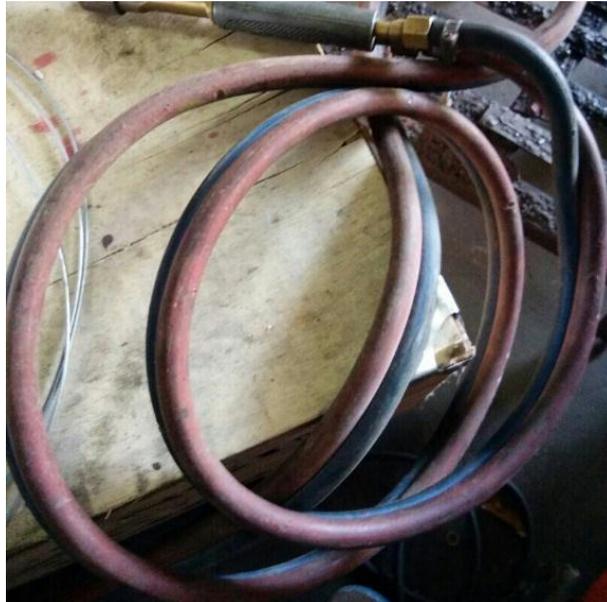
Untuk memperoleh api yang diharapkan sepanjang pengelasan diperlukan proporsi campuran *oxygen-acetylene* yang tertentu dan tetap. Tekanan *acetylene* berbeda dengan tekanan *oxygen* sehingga pada pengelasan *oxy-acetylene* diperlukan dua buah regulator *acetylene* dan regulator *oxygen*. Secara prinsip kerja regulator untuk *acetylene* maupun *oxygen* sama namun berbeda kapasitasnya. Agar tidak tertukar, maka regulator *acetylene* memakai ulir kiri sedangkan *oxygen* memakai ulir kanan.



Gambar 2.4 Regulator

d. 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 pada pembakaran ataupun terjadi nyala balik selang mampu menahan kenaikan tekanan yang terjadi. Dibeberapa negara industri dianjurkan memakai selang dengan kapasitas 28 kg/cm² berdasarkan hasil test pabrik pembuat.



Gambar 2.5 Selang Oxygen dan Acetylene

e. 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 Ada 3 jenis ujung torch : 1, 3, 5, dan 9

| REGULATOR SETTING | | | | |
|-------------------|----------|-----------|--------|------------|
| Material | Tip Size | Acetylene | Oxygen | Filler Rod |
| 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" |

Tabel 2.2 Ukuran ujung torch tergantung pada jenis filler yang digunakan

2.7 Bahan Tambah

Mengelas bisa dilakukan dengan atau tanpa bahan tambah. Persyaratan kualitas bahan tambah yang diperlukan pada prinsipnya adalah samadengan benda kerja. Bahan tambah tersedia dipasaran berbentuk batangan

berpenampang bulat seperti kawat sepanjang satu meter. Besarnya diameter adalah 1,5 : 2 : 2,5 : 3 : 4 : 5 : 6,5 dan 8 mm. Klasifikasi bahan tambah hingga kini belum ada kesepakatan yang bisa diterima secara luas oleh berbagai pihak yang berkepentingan dengan lasan. Pengelompokan yang ada baru berdasar jenis bahannya misal baja lunak (mild steel), besi tuang (cast iron), baja tahan karat (stainless steel) , campuran tembaga-kuningan, aluminium gilas, aluminium ekstruksi dan aluminium tuang. Masing – masing di bedakan lagi menurut kekuatan mekanisnya, misal 300 Mpa, 450 Mpa dan 750 Mpa. Kode yang di pakai RG kependekan dari Rod Gas. Rod adalah batangan dan Gas adalah *Welding* Gas berarti las gas.

2.8 Baja Karbon Rendah

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefenisian ASM *handbook* vol 1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah perentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni ada baja karbon rendah (*low carbon steel*), baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*).

Adapun baja karbon yang digunakan disini adalah baja karbon rendah (*low carbon steel*) merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,025% - 0,25% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai

bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil dan lain-lainnya. Baja karbon rendah ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan.

Tabel 2.3 Logam Ferro d

an Non-Fero yang dapat di las dengan oksidasi asetilen (ASM Handbook, 1998)

| Base Metal | Filler-metal type | Flame type | Flux type |
|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------|
| Alumuniums | (a) | Slightly reducing | Alumunium |
| Brasses | Navy brass | Slightly axidizing | 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 |

Keteranagaan :

(a) Jenis logam pengisian (*filler-metal type*) sama dengan logam induk (base metal)

(b) Tidak diperlukan fluk (*no flux required*)

Adapun komposisi senyawa pada Baja Karbon Rendah yang di gunakan yaitu :

Tabel 24 komposisi Baja Karbon rendah

| Unsur | Kadar % |
|------------|---------|
| Fe | 99,67 |
| C | 0,0169 |
| Unsur lain | 0,3131 |

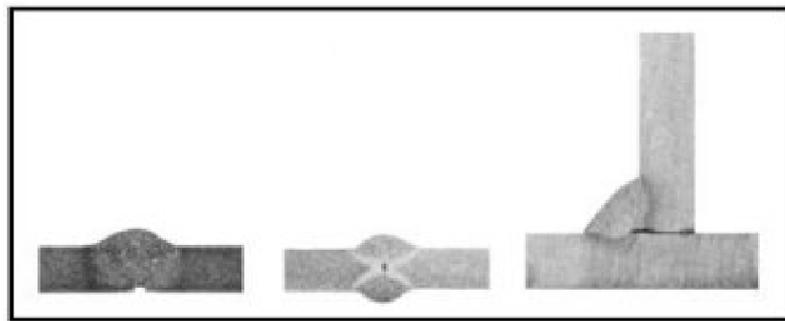
2.9 Cacat Pada Las *Oxy-acetylene*

Dengan kondisi pengelasan yang benar, teknik dan material sesuai standar akan menghasilkan pengelasan yang sangat berkualitas. Tetapi seperti proses pengelasan yang lain cacat las dapat terjadi, cacat yang sering terjadi pada proses pengelasan *oxy-acetylene* antara lain:

a. Penetrasi yang kurang sempurna

Jenis cacat las ini dapat terjadi karena :

- Ketika melakukan pengelasan tidak melakukan penetrasi ke seluruh ketebalan dari logam dasar (*base steel*)
- Ketika dua *weld bead* yang berhadapan tidak melakukan interpenetrasi
- Ketika *weld bead* tidak melakukan penetrasi keujung dari *filler weld* tetapi hanya menyebrangi.

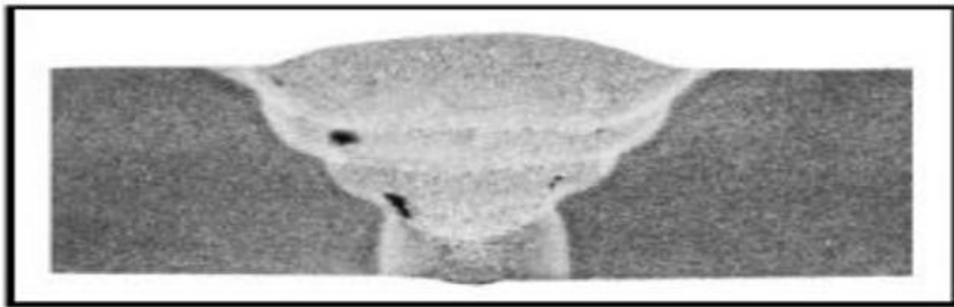


Gambar 2.7 Penetrasi yang kurang sempurna

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 tabungan gas. Selain itu cacat ini dapat disebabkan oleh kecepatan pengelasan yang terlalu lambat dan penggunaan *torch* yang salah atau tidak sesuai.

b. Kurangnya peleburan

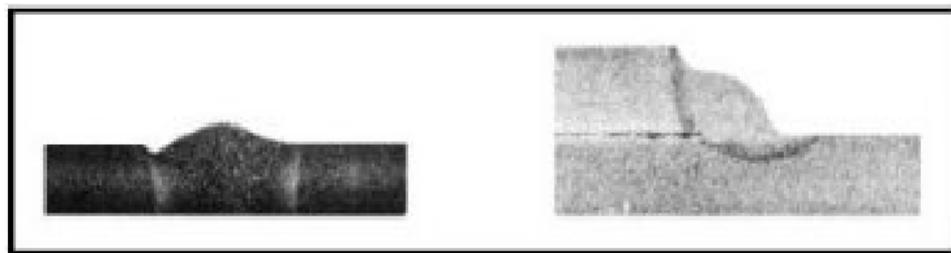
Cacat las ini terjadi karena kurang atau tidak terjadi peleburan diantara logam las dan permukaan dari base metal. Biasanya diakibatkan oleh kecepatan pengelasan terlalu lambat. Terkadang juga diakibatkan pengaturan tekanan gas yang rendah.



Gambar 2.8 Kurang peleburan (Fusi)

c. 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 menghilangkannya.

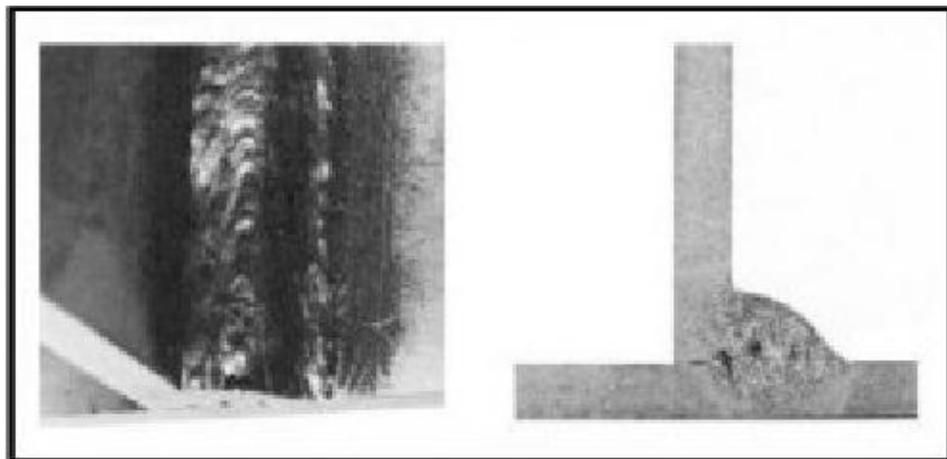


Gambar 2.9 Undercutting

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

d. Porositi

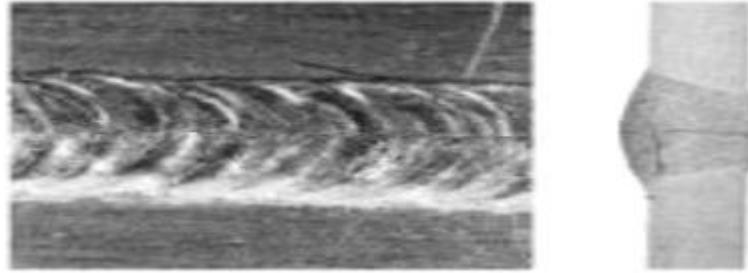
Porositi adalah lubang yang diakibatkan oleh gelembung gas yang telah membeku. Penyebab utama dari porositi adalah kontaminasi atmosfer, sehingga terjadi oksidasi yang tinggi pada permukaan benda kerja.



Gambar 2.10 Porositi

e. 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 membalikan arah pengelasan pada akhir pengelasan.



Gambar 2.12 Keretakan dingin

2.10 Pengujian Struktur Mikro

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro. Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya. Persiapan yang dilakukan sebelum mengamati struktur mikro adalah pengefraisan spesimen, pengampelasan, pemolesan dan pengetsaan. Setelah dipilih, bahan uji diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin

frais, dalam pendinginan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang mempengaruhi struktur mikro. Setelah rata digosok dengan menggunakan ampelas mulai dari yang kasar sampai yang halus. Arah pengampelasan tiap tahap harus diubah, pengampelasan yang lama dan penuh kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Bahan yang halus dan rata itu diberi autosol untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. Langkah terakhir sebelum dilihat struktur mikro adalah dengan mencelupkan spesimen kedalam larutan etsa dengan penjepit tahan karat dan permukaan menghadap keatas. Kemudian spesimen dicuci, dikeringkan dan dilihat struktur mikronya.

2.11 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva teganganregangan.

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan–pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan regangan. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

Dimana: σ_u = Tegangan nominal (kg/mm²)

F_u = Beban maksimal (kg)

A_o = Luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana : ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L_o = Panjang awal (mm)

Modulus elastisitas (E) adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya

diterapkan pada benda. Modulus elastis suatu beban didefinisikan sebagai kemiringan dari kurva tegangan regangan deformasi elastis.

$$E = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon}$$

Dimana : E = modulus elastis

ε = regangan

2.12 Pengujian Kekerasan

Tipe pengujian kekerasan material ini adalah dengan mengukur tahanan plastis dari permukaan suatu material konstruksi mesin dengan *specimen* standar terhadap penetrator. Adapun beberapa bentuk penetrator atau cara pengetesan ketahanan permukaan yang dikenal adalah :

a. Metode Brinell

Pengujian menggunakan metode *brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (indentor) yang ditekan 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 0,102 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* biasa dinyatakan dalam (contoh) : HB 5 / 750 / 15 hal ini berarti bahwa kekerasan *brinell* hasil pengujian dengan bola baja (Indentor) berdiameter 5 mm, beban uji adalah sebesar 750 N per 0,102 dan lama pengujian 15 detik. Mengenai lama pengujian itu tergantung pada material yang akan diuji, untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedangkan untuk material bukan besi lama pengujian adalah 30 detik.

b. Vickers

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136° 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 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Secara matematis dan telah disederhanakan, HVN sama dengan 1,854 dibalikan 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 hal ini berarti kekerasan *vickers*

hasil pengujian dengan beban uji (F) sebesar 30 N per 0,102 dan lama pembebanan 15 detik.

$$\text{VHN} = \frac{1,8540 \times P}{\frac{(d1+d2)^2}{2}}$$

Dimana : P = Beban (kg)

d1 = panjang diagonal rata – rata (mm)

d2 = Sudut piramida 136°

c. Rockwell

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 yang sedang). Indentor berupa kerucut intan dengan sudut puncak 120 drajat dan beban uji sebesar 150 Kgf.

Pengujian menggunakan metode *rockwell* bertujuan menentukan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap beban uji (*speciment*) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut.