

# **RANCANGAN INSTALASI LAS GAS**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana**

**Oleh**

**PERLI  
NIM : 06.813.0045**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2010**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/8/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)28/8/23

# RANCANGAN INSTALASI LAS GAS

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

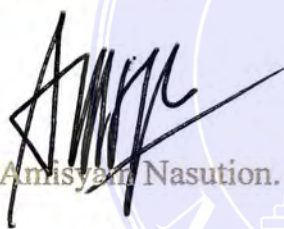
Oleh

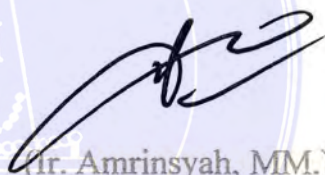
**PERLI**  
**NIM : 06.813.0045**

Pembimbing I

Disetujui,

Pembimbing II

  
(Ir. Amisyah Nasution, MT.)

  
(Ir. Amrinsyah, MM.)

Mengetahui

Dekan

Ka. Program Studi

  
(Ir. Hj. Haniza, MT)

  
(Ir. Amru Siregar, MT.)

Tanggal Lulus : 2 Nopember 2010

## ABSTRAK

Setiap orang menginginkan kemudahan dalam pekerjaannya dan ingin mendapatkan hasil semaksimal mungkin. Dewasa ini hal tersebut telah terlaksana berkat kemajuan teknologi. Perkembangan ilmu dan teknologi yang sangat cepat menghasilkan peralatan yang dapat membantu manusia dalam melakukan pekerjaannya sehingga dicapai suatu efisiensi kerja yang tinggi. Dalam hal ini dibahas mengenai sebuah instalasi las gas, yang dapat memudahkan pekerjaan dalam pengelasan las gas.

Suatu instalasi sering digunakan untuk memudahkan suatu rangkaian pekerjaan, dalam hal ini adalah las gas. Dimana bahan yang digunakan dalam rangkaian instalasi haruslah sesuai dengan jenis aliran yang dikeluarkan. Disini dibahas mengenai instalasi las gas, yang memuat gas oxygen dan acetylene. Gas yang digunakan mengandung asam dan bertekanan tinggi. Oleh karena itu dipilihlah pipa berbahan kuningan untuk ketahanan dari asam yang terkandung dalam gas.

Las gas bekerja melalui laju aliran yang keluar dari tabung, kemudian diedarkan ke pipa-pipa kuningan. Tujuan dari penulisan ini membrikan penjelasan tentang prinsip kerja dari las gas, laju aliran gas beserta hitungannya, proses pembuatan instalasi, analisa biaya dan gambar kerja. Untuk mencapai tujuan ini maka pembahasannya akan menyangkut hal-hal tersebut di atas.

Seluruh perhitungan laju aliran ditentukan berdasarkan tekanan gas yang keluar dari tabung yakni 150 [bar], namun perhitungan dibatasi pada laju aliran gas, keluaran gas pada nozzle dan losess yang terjadi.

**Kata kunci : Instalasi, laju aliran [flow], losess, efisiensi, nozzle**

## ABSTRACT

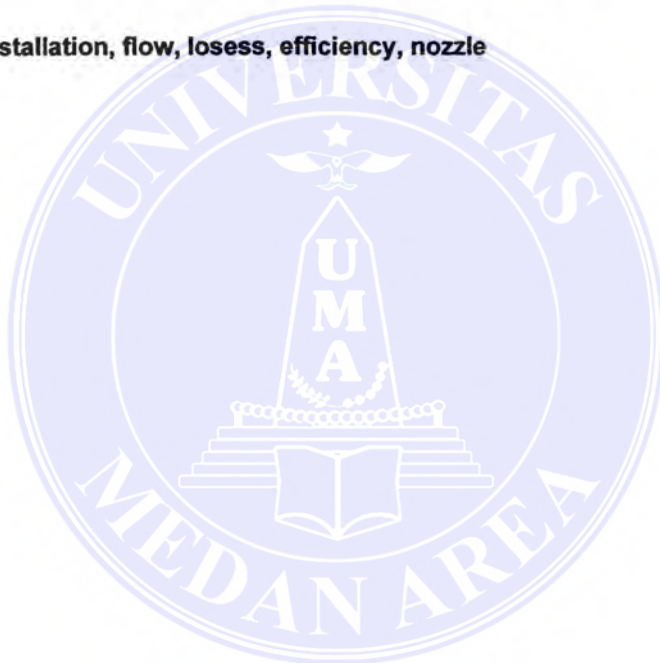
Everyone desire the simple things in their work and wanted the maximum result. Nowadays, we found those happened by a technology. The rapidly growth of science and technology produce the equipment which can assist the human being to do their work so that reached high efficiency.

The installation is often used to facility working process here we studied about the installation of oxyacetylene welding, which consist of oxygen and acetylene gas. The gas which is used contain of acid and high pressure. Therefore, the writer selecting brass material pipe for the resistance from acid which implied in gas.

Oxyacetylene welding work through gas which is out from outlet pipe, than circulated to brass pipe. The purpose of this paper are to explain about work principle of oxyacetylene welding, that flow of gas calculation, the making process of installation, the analysis of expense and job sketch to reach these target the solution therefore will related the things above.

All the calculation of head flow determined by gas pressure which is out from cylinder [150 bar]. But calculation is only limited at gas head flow, output gas at nozzle and loss.

**Keyword : Installation, flow, loss, efficiency, nozzle**





## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan ke hadirat ALLAH SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir/Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UMA. Tugas akhir/Skripsi ini berjudul “ Rancangan Instalasi Las Gas ”

Selama penyusunan Skripsi ini penulis banyak memperoleh saran-saran dan masukan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Ir. Hj. Haniza A. Susanto, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Bapak Ir. Amirsyam Nasution MT., sebagai dosen pembimbing I dan sebagai Wakil Dekan bidang Kemahasiswaan.
3. Bapak Ir. Amru Siregar, MT. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin.
4. Bapak Ir. Amrinsyah, MM. sebagai dosen pembimbing II.
5. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan segala arahan dan dukungannya.
6. Keluarga yang paling saya cintai yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik materi maupun moril, sehingga tugas akhir ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi pembahasan maupun teknik penyusunan laporan. Oleh

karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun sehingga tugas/skripsi ini dapat menjadi lebih sempurna.

Akhir kata penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, terutama bagi penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melindungi kita semua. Amin

Medan. Agustus 2010

Penulis

**PERLI**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Pembahasan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Perancangan .....	3
I.4 Manfaat Perancangan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
II.1 Sejarah Dan Perkembangan Teknologi Las.....	4
1. Ruang lingkup dan defisi .....	4
2. Sejarah pengelasan .....	5
3. Penggunaan teknologi las .....	5
II.2 Las Gas Oxyacetylene .....	6
II.3 Dasar Perancangan Dan Pemilihan Komponen Instalasi Ias Gas7	
1. Pipa kuningan.....	7
2. Elboww L [90 <sup>0</sup> ] dan elbow T [te].....	8
3. Nipple.....	9
4. Oxygen.....	9
5. Acetylene .....	11
6. Manometer [pressure gage].....	12
7. Regulator.....	13
8. Brander.....	13



9. Nozzle-nozzle.....	15
10. Selang gas .....	16
11. Klem gas .....	16
12. Pemercik api.....	17
13. Klem dinding.....	17
14. Kaca mata las .....	17
15. Pakaian las.....	18
16. Sarung tangan.....	19
II.4 Isolasi.....	19
1. Perpindahan panas dengan konduksi.....	21
II.5 Kontrol Korosi.....	22
1. Reaksi kimia/elektrokimia .....	22
2. Lingkungan .....	22
3. Media korosif .....	23
4. Korosi Lubang.....	23
5. Korosi tegangan .....	23
6. Korosi kontak .....	24
7. Korosi fatik.....	24
8. Korosi merata .....	24
9. Korosi galvanic.....	24
10. Korosi celah .....	25
11. Korosi titik .....	25
12. Korosi batas butir .....	25
13. Selective leaching.....	25
14. Errotion corrosion.....	26
15. Stress corrosion .....	26
16. Fatigue corrosion .....	26
17. Fretting corrosion .....	26
18. Imigement .....	27
BAB III METODE PERANCANGAN .....	28
III.1 Gambar Instalasi Dan Komponen Utama .....	28
1. Gambar instalasi las gas.....	28



III.2 Komponen-Komponen Utama Instalasi Las Gas .....	29
1. Kerangka .....	29
2. Elbow .....	30
3. Nipple .....	30
4. Selang gas .....	30
5. Klem .....	30
III.3 Cara Kerja Instalasi Las Gas .....	30
III.4 Cara Menyalakan, mematikan dan macam-macam nyala api....	32
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
IV.1 Perhitungan Keluaran Gas Dan Laju Aliran Gas .....	35
1. Keluaran gas.....	35
2. Menghitung laju aliran gas.....	36
3. Menghitung head loss.....	39
4. Analisa biaya.....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
V.1 Kesimpulan .....	45
V.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang Masalah

Proses pengelasan merupakan pengelasan yang dilakukan untuk memotong atau menyambung benda kerja. Hal ini sering kita jumpai pada proses pengelasan pada pabrik-pabrik maupun bengkel-bengkel perindustrian khususnya di Indonesia. Dalam hal ini masalah yang akan dibahas adalah proses las gas atau yang biasanya lebih dikenal dengan istilah las karbit. Las gas sebenarnya adalah pengelasan yang dilakukan dengan pencampuran dua jenis gas, yaitu gas sebagai pembentuk nyala api dan gas sebagai sumber panas.

Pada instalasi las gas ini, gas yang digunakan adalah campuran dari gas oxygen ( $O_2$ ) dan gas lain sebagai gas bahan bakar (fuel gas). Gas bahan bakar yang paling sering dan paling banyak digunakan di pabrik-pabrik maupun bengkel-bengkel perindustrian adalah gas asetilen (dari kata "acetylene"), dan memiliki rumus kimia ( $C_2H_2$ ), gas ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan gas bahan bakar lain. Kelebihan yang dimiliki gas acetylene antara lain, menghasilkan temperatur nyala api lebih tinggi dari gas bahan bakar lainnya, baik bila dicampur dengan udara ataupun dicampur dengan oxygen.

Sumber panas yang diperoleh dari hasil reaksi pembakaran antara gas oxygen dengan gas acetylene mampu menghasilkan panas hingga  $2500^\circ C$ , sehingga sumber panas pembakaran ini dapat mencairkan bagian-bagian logam yang akan di las, baik logam yang terbuat dari besi baja dapat dicairkan dengan hasil pembakaran ini.

Instalasi las gas adalah sistem saluran gas yang bertujuan untuk

memudahkan proses pengelasan, yang mana instalasi akan membantu proses pengelasan.

Pada instalasi las gas ini pipa yang digunakan adalah pipa-pipa dari bahan kuningan, dimana pipa-pipa ini yang akan mengalirkan gas dari sumber gas ke ujung nozzel las gas. Pipa kuningan dipilih karena dapat mencegah kecelakaan kerja dan memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tekanan gas maupun ketahanan oksidasi, karena gas oxyacetylene mengandung asam yang dapat merusak pipa-pipa las gas tersebut. Pemakaian pipa kuningan ini diharapkan dapat dalam jangka waktu minimal yang direncanakan, atau kemungkinan dapat melampaui waktu yang direncanakan, sehingga diperoleh penghematan biaya perawatan. Ini merupakan penghematan biaya pembelian tabung gas, sebab harga tabung yang berisi gas yang terdapat dipasaran mahal. Jika penggunaan tabung gas tidak dihemat maka gas akan cepat berkurang. Oleh karena itu diperlukan perancangan instalasi las gas yang lebih kecil biaya investasinya, tetapi mempunyai daya tahan yang lebih tahan pada pemakaiannya.

Instalasi las gas ini telas banyak kita jumpai pada beberapa negara seperti Indonesia, dan Malaysia. Instalasi ini di Indonesia dapat kita jumpai di Politeknik Negeri Bandung. Instalasi las gas di Politeknik tersebut menggunakan gas yang dialirkan ke pipa-pipa kuningan yang kemudian dialirkan ke nozzle-nozzle yang ada. Instalasi las gas pada unit-unit tersebut memberikan kemudahan pada proses-proses pengelasan.

## **1.2. Pembahasan Masalah**

Dalam perancangan ini, penulis akan memberikan batasan-batasan



masalah. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pembahasan yang tidak terfokus pada permasalahan yang sebenarnya. Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- (1). Bagaimana prinsip kerja aliran las gas?
- (2). Bagaimana proses pembuatan bagian-bagian Instalasi las gas?
- (3). Apa manfaat pembuatan Instalasi las gas dikalangan pemula?

### **I.3 Tujuan Perancangan**

Adapun tujuan perancangan instalasi gas ini adalah sebagai berikut :

- (1). Untuk mengoptimalkan pemakaian las gas yang biasanya hanya dipakai oleh satu orang saja menjadi lebih dari satu orang.
- (2). Untuk mengetahui proses pembuatan bagian-bagian instalasi las gas.
- (3). Untuk memperluas pengetahuan las, terutama las gas.

### **I.4 Manfaat Perancangan**

Hasil kegiatan penulisan laporan ini diharapkan dapat bermanfaat untuk :

- (1). Memenuhi kebutuhan dalam perbendaharaan bahan rujukan dalam proses belajar-mengajar pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
- (2). Menambah pengetahuan pembaca sebagai bahan masukan dalam bidang pengetahuan las sehingga dapat memperluas pengetahuan dan wawasan di bidang tersebut.
- (3). Menerapkan pengetahuan penulis dalam bidang teori dan praktek yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan.

## BAB II LANDASAN TEORI

### II.1. Sejarah Perkembangan Teknologi Las

#### (1) Ruang Lingkup dan Definisi

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan lain sebagainya. Selain untuk proses produksi komponen-komponen mesin, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi, misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan di sekitarnya.

Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana, tetapi sebenarnya di dalamnya banyak masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek. Secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

Berdasarkan definisi dari Deutche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan



dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pada waktu ini telah digunakan lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan hanya menekan dua logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara atom-atom atau molekul-molekul dari logam yang disambungkan.

## **(2). Sejarah Pengelasan**

Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah dapat diketahui bahwa teknik penyambungan logam telah diketahui sejak dari zaman prasejarah, misalnya pembrasingan logam paduan emas-tembaga dan pematrian paduan timah-timah menurut keterangan yang didapat telah diketahui dan dipraktekkan dalam rentang waktu antara tahun 4000-3000 S.M. Sumber energi panas yang dipergunakan pada waktu itu diduga dihasilkan dari pembakaran kayu atau arang. Berhubung suhu yang diperoleh dengan pembakaran kayu dan arang sangat rendah maka teknik penyambungan ini pada waktu itu tidak dikembangkan lebih lanjut.

Setelah energi listrik dapat dipergunakan dengan mudah, teknologi pengelasan maju dengan pesat sehingga menjadi suatu teknik penyambungan yang mutakhir. Cara-cara dan teknik-teknik pengelasan yang banyak digunakan pada waktu ini seperti las busur, las resistansi listrik, las termit dan las gas, pada umumnya diciptakan pada akhir abad ke 19.

## **(3) Penggunaan dan Penggunaan Teknologi Las**

Las busur logam tidak dapat diabaikan dalam perencanaan bangunan dan



telah memberikan sumbangan dalam memodernisasi bangunan baja di mana lingkup pemakaiannya meliputi bidang-bidang perkapalan, kendaraan rel, jembatan, rangka baja dan lain sebagainya.

Sejarah pemakaiannya dapat ditelusuri dengan melihat hal-hal berikut : pada tahun 1921 telah dibuat kapal laut pertama di dunia yang seluruhnya menggunakan sambungan las. Jembatan kereta api dengan konstruksi baja pertama yang seluruhnya di las dibuat pada tahun 1927 dan dipasang melintasi sungai Turtle Creek di Pennsylvania, Amerika Serikat. Pada tahun yang sama gedung Sharon yang merupakan gedung besar pertama yang menggunakan rangka baja yang seluruhnya dilas juga didirikan di Amerika Serikat.

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

## II.2. Las Gas Oxyacetylene

Oxyacetylene welding (OAW) yang dikenal dengan sebutan las karbit merupakan sejenis las gas yang lazim disebut las gas autogen. Dimana panas yang didapat merupakan hasil pembakaran gas acetylene ( $C_2H_2$ ) dengan zat asam ( $O_2$ ). Ada juga las yang sejenis namun memakai propana sebagai pengganti Acetylene, namun ada juga yang memakai Hidrogen ( $H_2$ ) sebagai campuran gas dan zat asam yang disebut Oxyhydrogen welding.

Untuk pelat tebal diperlukan waktu pemanasan pendahuluan yang cukup

lama sehingga tidak ekonomis. Namun bila zat asam ditambah maka panas akan menjadi tinggi dan dalam waktu singkat dapat mencairkan baja berapapun tebalnya. Oleh sebab itu jenis las ini baik untuk pemotongan baja, kecuali baja paduan seperti stainless steel yang peka terhadap oksidasi.

Pada umumnya mutu las karbit kurang baik karena zat asam yang digunakan dapat mengoksidasi bahan las yang dipakai. Namun dengan ditemukannya flux sebagai pencegah oksidasi (flux, core, atau flux coated rod), maka mutu las ini dapat diperbaiki.

### II.3. Dasar Perancangan dan Pemilihan Komponen Instalasi las Gas

#### (1) Pipa Kuningan

Pipa kuningan dipilih karena mempunyai keuletan dan kekuatan yang sangat tinggi. Kuningan berwarna emas dan mirip tembaga. Kekuatan tarik dan kekerasannya bervariasi tergantung pada jumlah kerja dingin yang dialaminya, kuningan tersebut mampu dituang, ditempa atau diekstruksi. Arsenat ditambah untuk mengurangi "dezinfication" dan sedikit aluminium akan memperbaiki sifat tahan koresi. Oksidasi yang terjadi tidak mempengaruhi pipa kuningan, tetapi melapisi pipa.

Kelompok utama kuningan yaitu :

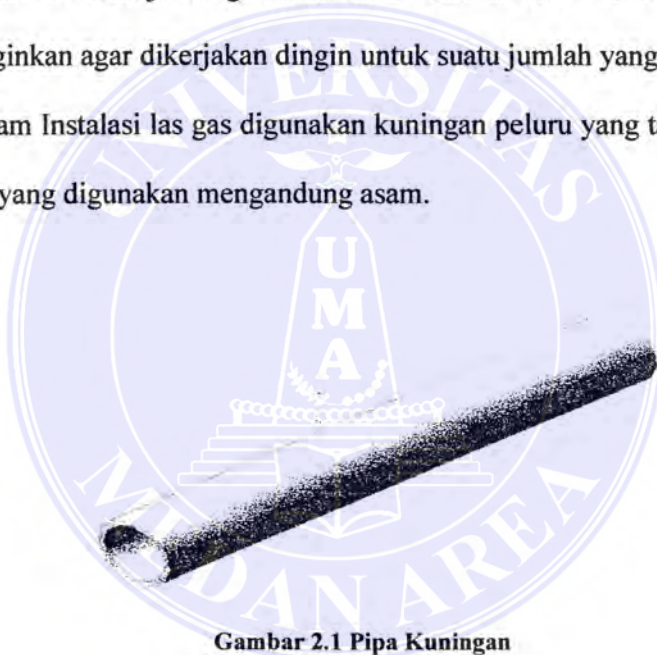
-) Kuningan peluru	Dianel 650-600 ° C	Dikerjakan dingin
10% Cu, 30% Zn	U.T.S. 350 N/mm	590 N/MM2
	Kekerasan 50 Hv	90 Hv

Kuningan ini mempunyai keuletan sangat tinggi dan digunakan apabila operasi penarikan dalam perlu dilaksanakan. Kuningan peluru tersebut mempunyai titik lebur sebesar  $920^{\circ}\text{C}$  dan tahan korosi yang baik terhadap air laut dan korosi udara.

-) Logam Munt	Dianel	Dikerjakan dingin
10% Cu, 30%Zn	U.T.S 480 N/mm <sup>2</sup>	500 N/mm <sup>2</sup>
	Kekerasan 89 Hv	143 Hv

Bahan ini bekerja dengan baik dalam daerah  $650^{\circ}\text{C}$  sampai  $750^{\circ}\text{C}$  dan tidak didinginkan agar dikerjakan dingin untuk suatu jumlah yang berarti.

Dalam Instalasi las gas digunakan kuningan peluru yang tahan dari korosi, karena gas yang digunakan mengandung asam.



Gambar 2.1 Pipa Kuningan

## (2) Elbow L ( $90^{\circ}$ ) dan Elbow T (Te)

Dalam penyambungan pipa pada sudut-sudut dan penyambungan pipa T digunakan elbow L dan T sebagai penyambung. Elbow-elbow yang digunakan juga menggunakan bahan kuningan. Pemakaian pipa bahan kuningan dimaksudkan untuk mencegah korosi yang terjadi akibat pengaliran gas-gas yang



korosif, misalnya gas-gas yang mengandung asam.

### **(3) Nipple**

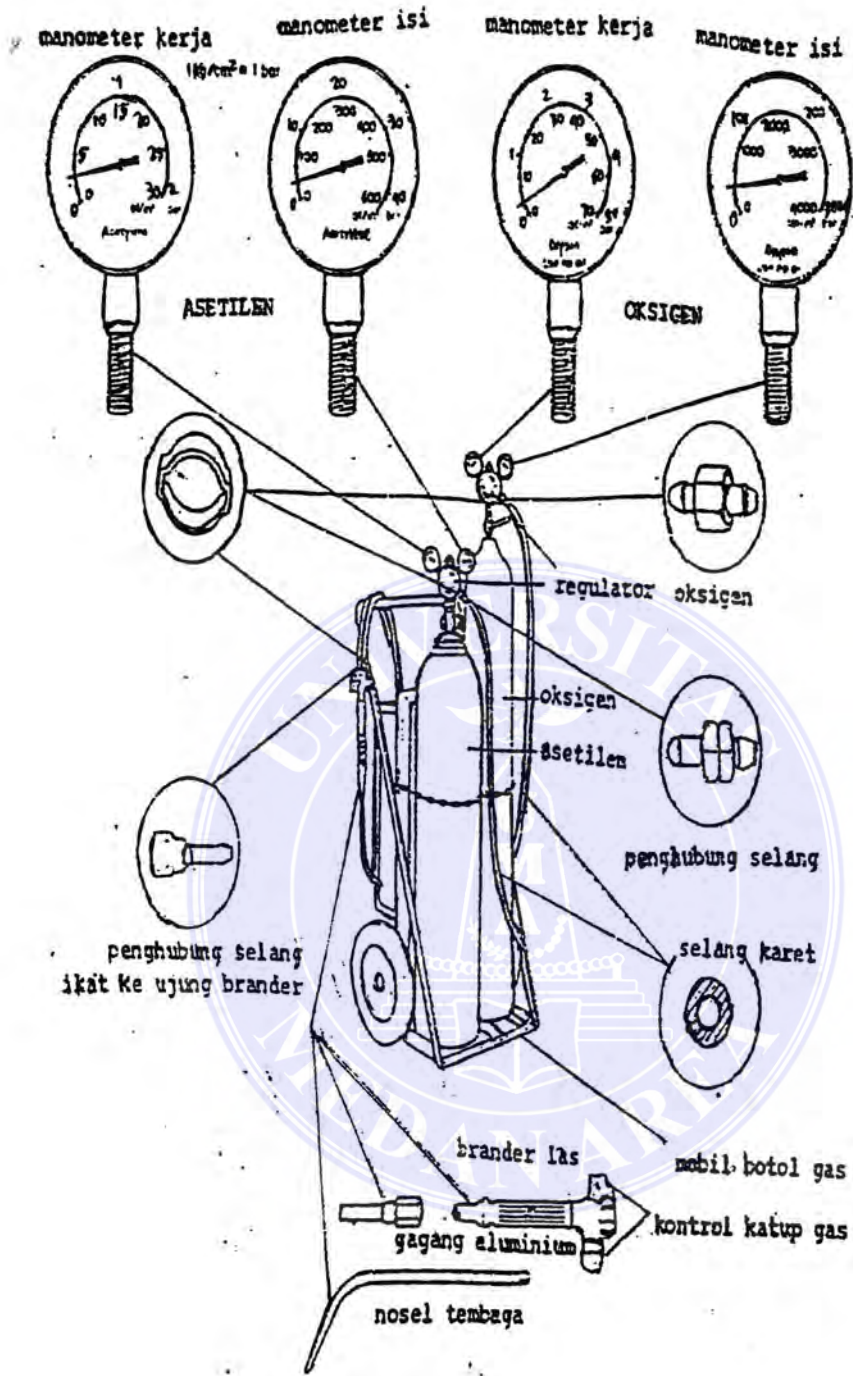
Nipple merupakan alat yang menghubungkan salah satu jalur pipa atau peralatan yang ditap. Alat ini juga memakai bahan kuningan, karena merupakan alat penghubung pressure gage dengan pipa gas. Dalam penyambungan pipa-pipa dan alat bantu, terlebih dahulu pipa diulir, untuk masuknya pipa ke alat Bantu. Tipe ulir dapat digunakan dengan melihat diameter pipa yang digunakan.

### **(4) Oxygen**

Proses pembentukan oxygen didapat dengan cara proses elektrolisa air dan dengan pendinginan udara. Sifat-sifat gas oxygen adalah gas tidak berbau, gas tidak berwarna dan dipelukan untuk pembakaran.

Pemakaian gas Oxygen yaitu untuk pengelasan yang dicampur dengan gas acetylene. Juga dapat digunakan untuk operasi pemotongan logam, heat-reatment baja dan banyak dipergunakan di rumah sakit.

Penyimpanan oxygen biasanya di dalam tabung. Perawatan oxygen dilakukan dengan cara tabung oxygen harus dipindahkan dengan berhati-hati, dinding tabung harus bebas dari oli dan minyak-minyak yang lain dan harus disimpan di tempat teduh.



Gambar 2.2 Peralatan oxygen dan acetylene

## (5) Acetylene

Proses pembuatan acetylene dilakukan di dalam tabung dari pabrik atau perusahaan. Warna untuk tabung acetylene adalah putih, kuning dan merah.

Generator acetylene memiliki 3 macam kerja generator :

### (1) Generator system tetes

- Air diberikan secara berkala ke karbid yang terdapat di dalam kotak.
- Gas yang dihasilkan terkumpul dalam suatu tempat, kemudian.
- Dialirkan melalui suatu tempat filter karena gas ini belum betul-betul bersih.
- Walaupun sudah dialirkan ke filter gas ini masih belum bersih, maka gas dialirkan lagi ke tabung yang berisi air.
- Tabung berisi air ini berfungsi sebagai : pembersih gas acetylene, pengaman (untuk menanggulangi api-api yang membalik), setelah dari tabung air acetylene yang dihasilkan siap untuk dipakai tekanan keluaranya dapat diatur dengan regulator.

### (2) Generator system celup

- Pada system ini kalsium carbide ( $\text{CaC}_2$ ) mengadakan kontak langsung dengan air sehingga terjadi gas acetylene.
- Sebelum melalui tabung penyeimbang gas ini dialirkan melalui filter dan tabung air.

### (3) Generator system lempar

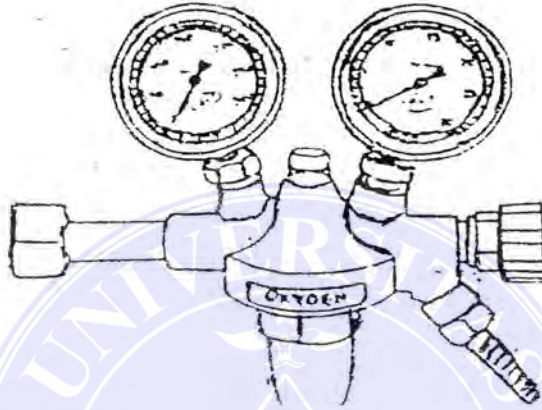
- Pada system ini kalsium carbide ( $\text{CaC}_2$ ) yang sudah dipecah-pecah



menurut ukuran tertentu dijatuhkan ke dalam air.

- Gelembung-gelembung gas yang dihasilkan mengalir melalui pipa, keluar menuju tabung penyimpanan.

### (6) Manometer (Pressure Gage)



Gambar 2.3 Manometer

Dalam tekanan gas kerja perlu diatur, pengaturan ini menggunakan manometer tekanan tinggi/manometer isi, menunjukkan tekanan gas dalam botol dan manometer tekanan rendah, menunjukkan tekanan kerja pada brander.

Ada dua jenis manometer yang sering digunakan yaitu :

- 1) Jenis bulat, hanya dapat mengukur tekanan tinggi atau tekanan rendah (pembacaan vertikal).
- 2) Jenis silinder, tekanan tinggi maupun rendah langsung dapat dibaca (pembacaan horizontal).

Prinsip kerja manometer :

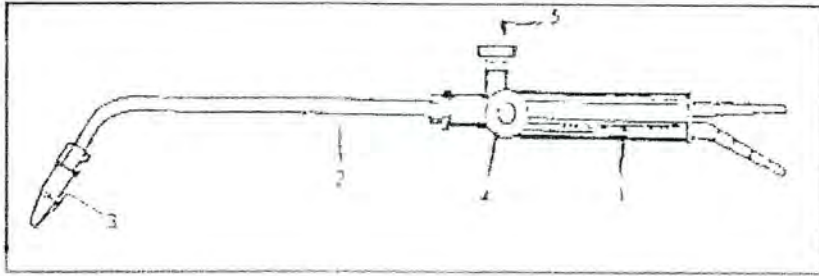
- 1) Manometer bekerja menurut prinsip Bourden tube (pipa bourden).
- 2) Pipa itu terbuat dari perunggu phosphor.
- 3) Salah satu ujungnya, ditutup dan bagian lainnya, dihubungkan dengan gas yang bertekanan.
- 4) Disebabkan tekanan yang masuk ke pipa, mengakibatkan cenderung menuju lurus.
- 5) Gerakan ini diteruskan ke mekanisme roda gigi dan menggerakkan jarum untuk menunjukkan skala tekanan gas.

#### **(7) Regulator**

Regulator adalah suatu alat pengatur tekanan yang dipasang pada katup tabung oxygen dan acetylene. Fungsi regulator : menurunkan tekanan tinggi ke tekanan rendah, dan menjaga tekanan gas yang keluar tetap konstan. Menurut system kerjanya, regulator terbagi dalam regulator system diafragma dan regulator system tuas.

#### **(8) Brander**

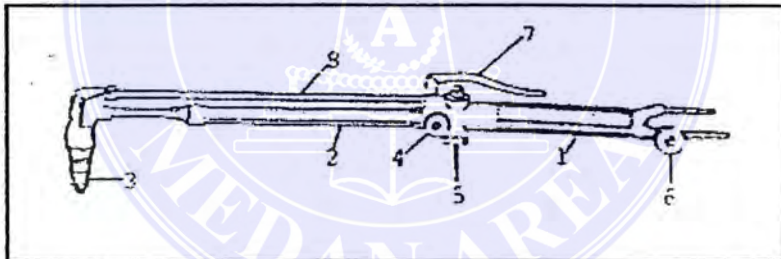
Gas acetylene dan oxygen dicampur pada brander untuk membentuk nyala api guna memanaskan/mencairkan logam, ada dua macam brander : brander las dan brander potong. Penyetelan aliran ini masing-masing gas dapat diatur dengan kelep acetylene dan kelep oxygen. Gambar rangkaian brander dan nozzle dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.4. Rangkaian brander dan nozzle**

Keterangan gambar 2.4. :

1. Handle
2. Ruang campur
3. Nozzle
4. Katup Acetylene
5. Katup Oxygen



**Gambar 2.5 Brander potong**

Keterangan gambar 2.5

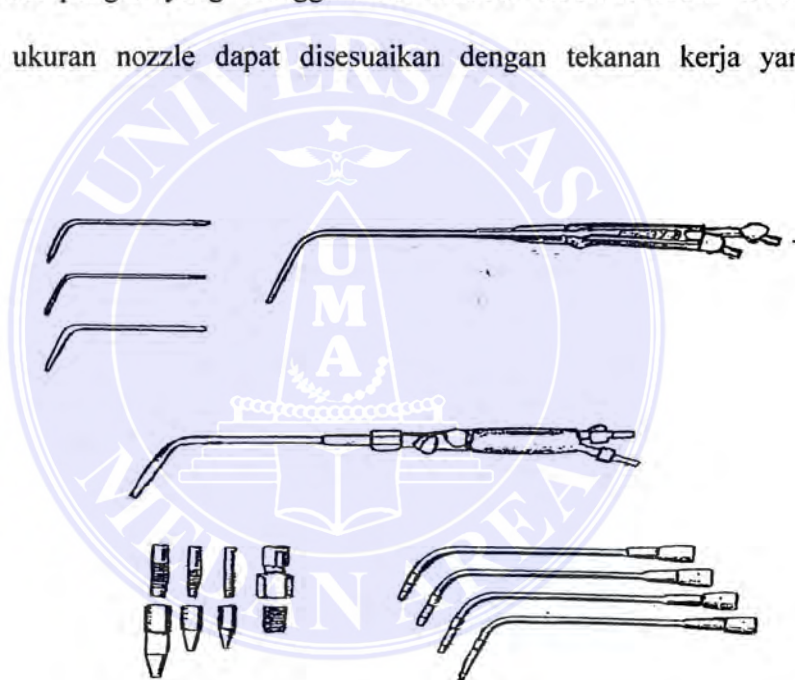
1. Handle (Pegangan)
2. Ruang pencampur
3. Nozzle
4. Katup acetylene
5. Katup oxygen



6. Katup oxygen
7. Katup oxygen pemotongan
8. Saluran oxygen pemotongan

### (9) Nozzle-nozzle

Nozzle sendiri mempunyai berbagai jenis dan ukuran, namun demikian, ukuran itu selalu dihubungkan dengan kemampuan gas melalui nozzle. Pada table nozzle diberikan hubungan tebal pelat, ukuran lubang moncong nozzle, diameter bahan pengisi yang menggunakan brander tekanan sama. Dalam menyatakan ukuran nozzle dapat disesuaikan dengan tekanan kerja yang digunakan.



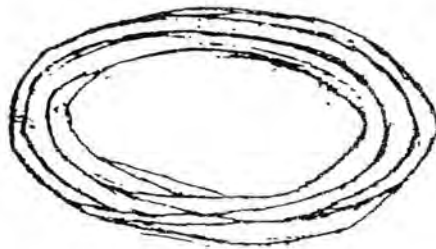
**Gambar 2.6 Nozzle-nozzle**

Hal yang harus diperhatikan demi keselamatan dalam menggunakan nozzle pada saat mengelas yaitu :

- 1) Jangan melepas atau memasang moncong dalam keadaan panas.

- 2) Jangan menggunakan gegep/tang las melainkan pergunakan kunci yang tepat.

### (10) Selang gas



**Gambar 2.7 Selang gas**

Untuk pengelasan selalu digunakan selang special terbuat dari karet berlapis serat yang diperkuat untuk tahan terhadap gas. Umumnya selang berwarna merah digunakan untuk gas acetylene dan berwarna hijau untuk oxygen.

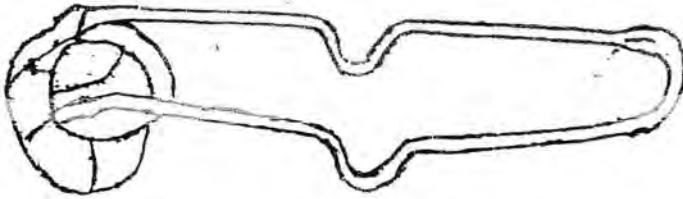
### (11) Klem gas



**Gambar 2.8 Klem gas**

Klem gas digunakan dalam instalasi las gas sebagai pengikat ujung dari selang gas.

### (12) Pemercik api



**Gambar 2.9 Pemercik api**

Untuk menyalakan campuran dari gas acetylene dan oxygen menggunakan percikan api (mancis api).

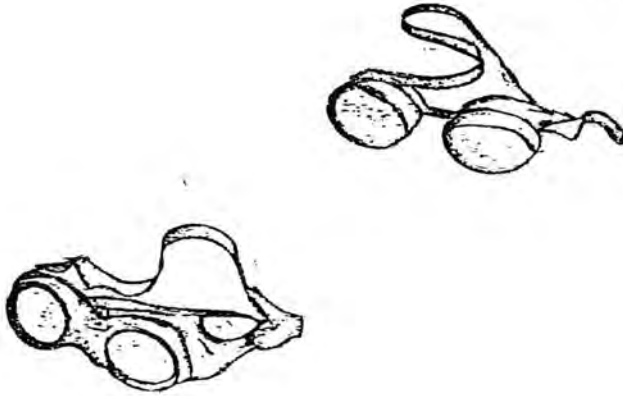
### (13) Klem dinding

Klem dinding digunakan sebagai penyangga pipa ke dinding. Pada umumnya klem berfungsi sebagai pendukung dari instalasi pipa. Klem yang digunakan disini tidak harus berbahan kuningan, karena klem hanya sebagai penyangga dari pipa dan tidak dialiri gas.

### (14) Kaca mata las

Kaca mata las digunakan untuk mencegah bahaya dari nyala api dan percikan logam cair, pancaran sinar ultra violet dan infra merah. Tiap kaca mata mempunyai dua pasang lensa. Bagian luar kaca bening dan bagian dalam kaca berwarna.

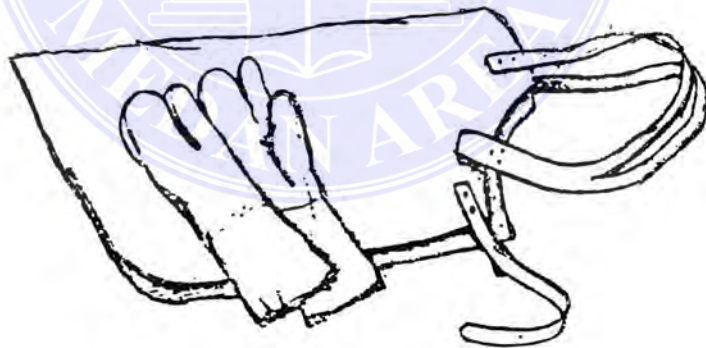




Gambar 2.10 Kaca mata las

### (15) Pakaian las

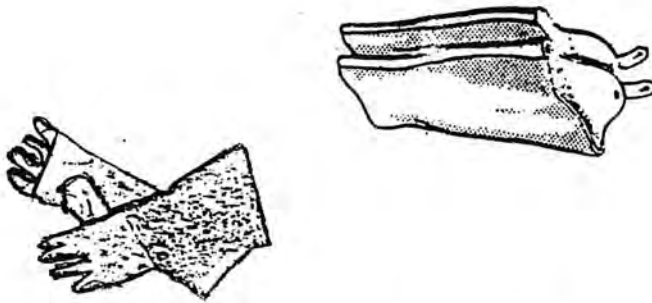
Selama pengelasan diperlukan agar memakai pakaian kerja yang sesuai untuk menghindarkan dari percikan api atau logam panas. Pakaian las pada umumnya terbuat dari kulit atau bahan tahan api (tidak mudah terbakar) dan tidak kaku atau ringan.



Gambar 2.11 Pakaian las

### (16) Sarung tangan

Sarung tangan las ini juga terbuat dari kulit, kain asbes atau bahan lain yang bersifat tidak kaku, ringan dan tidak mudah terbakar.



Gambar 2.12 Sarung tangan

### II.4 Isolasi

Fungsi dari isolasi adalah untuk membungkus bagian pipa atau tangki - tangki yang tidak boleh mengalami perpindahan panas, baik dari dalam maupun dari luar, agar mencegah terjadinya erosi / karat.

Tujuan dari isolasi ini sendiri adalah : Agar tidak membahayakan bagi pengguna/pemakai karena panas dalam tabung tidak keluar.

Ada 3 macam pekerjaan isolasi :

- 1) Mencegah perpindahan panas dari luar ke dalam.
- 2) Mencegah perpindahan panas dari dalam ke luar.
- 3) Mencegah erosi, karat dan lain-lain.

Perpindahan panas dari luar ke dalam misalkan pada aliran LNG, di mana aliran LNG mempunyai suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$ . Perpindahan panas dari dalam ke luar

misalkan pada aliran uap air dengan suhu 400°C. Mencegah erosi atau karat, temperature isolasi pada pipa aliran air laut (untuk pendinginan).

Isolasi di dalam suatu pengelasan dikenal tiga macam isolasi yaitu :

- 1) Isolasi panas (hot isolation)
- 2) Isolasi dingin (cold isolation)
- 3) Isolasi pelindung manusia (personal protection)

Perhitungan perencanaan isolasi adalah perhitungan perubahan panas (heat transfer)

Pemakaian atau penggunaan, volume materialnya tergantung dari macam isolasi dan tinggi rendahnya perubahan temperature.

**Tabel 2.1. Jenis Material Isolasi**

No.	Material Isolasi	Berat/Volume (kg/m)
1.	Amosite Asbestos	256,32
2.	Calsium Silicate	176,22
3.	Carey Temp	160,20
4.	Fiber Glass	112,14
5.	Foam Glass	144,18
6.	High Temp	384,48
7.	Kaylo	200,25
8.	Mineral Wool	136,17
9.	Perlite	208,26
10.	Polyurethene	35,244
11.	Stryno Foam	28,836
12.	Super X	400,50



Tabel volume isolasi m<sup>3</sup>/m

Rumus Volume per Meter :

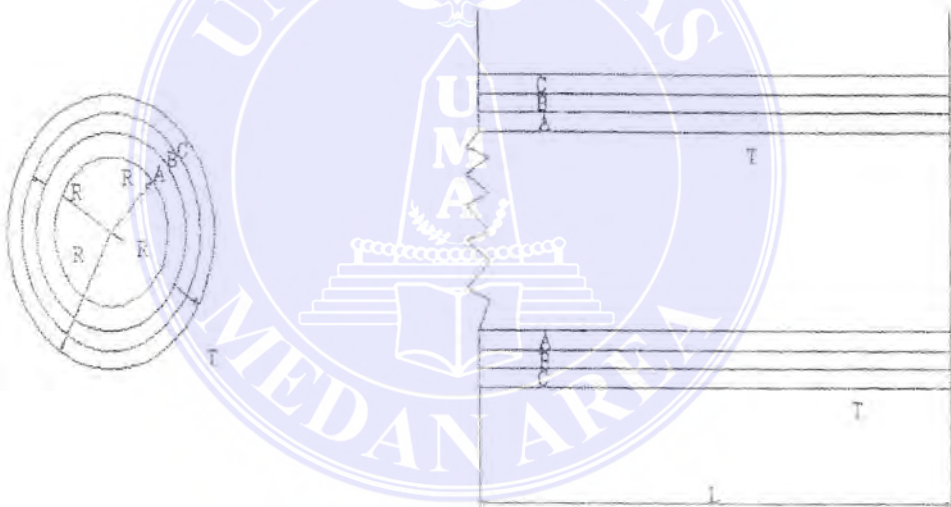
$$\frac{Vol}{m} = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{(O.D + 2T)^2 - O.D^2}{13,378} \right] m^3 / m$$

O.D. = Diameter luar (outside diameter)

T = Tebal isolasi

### (1) Perpindahan Panas dengan Konduksi

Perpindahan panas dari dalam pipa ke luar atau dari luar ke dalam pipa, dapat dijelaskan secara singkat melalui perumusan yang sederhana ini.



Gambar 2.13 Perpindahan panas dengan konduksi

Keterangan gambar 2.13 :

- A = pipa
- B = isolasi pertama
- C = isolasi kedua

- $K_m$  = konduktiviti dari pipa
- $k_B$  = konduktiviti dari isolasi B
- $k_C$  = konduktiviti dari isolasi C
- $T_o$  = temperatur luar pipa
- $T_i$  = temperatur dalam pipa

Arus kalor :

$$q = \frac{T_o - T_i}{\frac{R_2 - R_1}{k_m A_{LA}} + \frac{R_3 - R_2}{k_B A_{LB}} + \frac{R_4 - R_3}{k_C A_{LC}}} \text{ Btu / jam}$$

Dimana :  $A_{LA} = \frac{2\pi L(R_2 - R_1)}{\ln R_2 / R_1}$  = logaritmik mean area lapisan A

L = Panjang pipa

Sebagai perbandingan, untuk satu lapisan.

$$q = \frac{k_A (T_o - T_i)}{R_2 - R_1} = \frac{k r \pi L (T_o - T_i)}{\ln R_2 / R_1}$$

catatan : Baik pipa dengan aliran panas maupun dingin, tidak ada perbedaan hanya bila q negatif berarti arus pansy ke luar dan begitu sebaliknya.

## II.5 Kontrol Korosi

Korosi adalah proses perubahan struktur logam yang menimbulkan kerapuhan dan yang disebabkan karena reaksi sebagai akibat dari adanya sel konsentrasi dari ion logam atau adanya proses galvanik. Proses korosi secara

kasar dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu korosi permukaan secara merata dan korosi setempat. Dua jenis korosi yang paling berbahaya dalam konstruksi baja adalah korosi antar butir dan korosi tegangan yang dapat menimbulkan retak.

Komposisi kimia dari sambungan las pada umumnya tidak merata karena itu daya tahannya terhadap korosi juga tidak sama. Hal ini perlu mendapat perhatian dalam perencanaan sebab misalnya sambungan las dari baja kuat yang mengalami laku panas akhir daya tahan korosinya terhadap air hujan dan air laut jauh lebih jelek dari pada sambungan las pada baja lunak dimana dalam proses pengelasannya tidak memerlukan laku panas akhir.

Korosi pada umumnya dipengaruhi oleh apa saja? Secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut :

#### **(1) Reaksi kimia / elektrokimia**

Di sini dapat digambarkan sebagai peristiwa elektrolisa biasa di mana terdapat bagian – bagian anodik dan katodik. Dalam hal ini yang berperan sebagai anodik adalah logam / material yang bersangkutan. Terlepasnya elektron menyebabkan logam / material tersebut mengion atau membentuk senyawa lain yang mengganggu (mengendap) dengan ion bebas yang ada.

#### **(2) Lingkungan**

Menggambarkan kondisi dari tempat di mana logam / material tersebut berada yang memungkinkan untuk terjadinya reaksi / elektrokimia yang disebutkan di atas atau yang memungkinkan terjadinya pengadaaan ion – ion bebas yang mengganggu keseimbangan lingkungan.



### **(3) Media korosif**

Seperti yang diuraikan di atas pada uraian lingkungan, seandainya suatu logam/material berada dalam air murni maka kemungkinan untuk terjadinya karat adalah kecil sekali. Tetapi jika dalam air tersebut terdapat unsur - unsur yang berbeda (senyawa lain) yang ternyata merupakan ion - ion bebas atau dapat menyebabkan terjadinya ion - ion bebas, maka keadaan yang demikian dinamakan media yang korosif. Ion-ion bebas ini dapat mengganggu keseimbangan yang mengakibatkan logam / material melepaskan elektronnya yang kemudian diambil untuk membentuk suatu unsur baru.

### **(4) Korosi Lubang**

Karat ini terjadi bila ada ion halogen atau zat lain yang melekat di permukaan.

### **(5) Korosi Tegangan**

Korosi ini terjadi bila ada tegangan beban atau tegangan sisa yang bekerja dan lingkungan yang bersifat korosi.

### **(6) Korosi Kontak**

Korosi ini terjadi bila ada listrik yang terhubung dengan logam yang berlainan.

### **(7) Korosi Fatik**

Korosi ini terjadi bila ada beban berulang dan lingkungan yang bersifat korosi.

### **(8) Korosi Merata**

Karat ini menyerang permukaan dari suatu logam / material secara merata

dan tidak sampai masuk menembus ke dalam. Walaupun demikian jika hal itu dibiarkan terus maka logam / material tersebut dapat habis termakan karat atau sedikitnya kekuatan dari logam / material itu berkurang. Karat ini dianggap tidak begitu membahayakan.

#### **(9) Korosi Galvanik**

Penyambungan dua buah logam yang mempunyai perbedaan potensial (perbedaan tingkat kemuliaannya) akan menjadikan kedua logam tersebut berbeda sifat di dalam lingkungannya, yaitu sifat anodik terhadap lingkungannya untuk logam yang kurang mulia dan sifat katodik untuk logam yang lebih mulia. Untuk logam yang kurang mulia lebih cepat rusak akibat karat.

#### **(10) Korosi Celah**

Karat ini terjadi pada celah sempit dari penyambungan dua buah logam atau logam dengan non logam untuk suatu penggunaan tertentu. Akibat kotoran yang menyumbat celah tersebut maka bagian dari celah tersebut akan terserang karat terlebih dahulu, akibat penyumbatan yang berkelanjutan dari kotoran atau dari hasil karat yang terlebih dahulu maka karat ini akan menyerang bagian - bagian lainnya.

#### **(11) Korosi titik**

Tampak dari luar karat ini hanya berupa titik kecil, walaupun di bawah titik itu karat telah menembus masuk ke dalam logam. Karenanya karat ini dianggap sangat berbahaya.

### **(12) Korosi Batas Butir**

Karat ini menyerang bagian tepi dari batas butir suatu logam yang dapat menyebabkan kristal logam terlepas / ke luar dari logam — logam aslinya. Awal mulanya yang menyebabkan kerusakan itu adalah adanya sumbatan dalam batas butir itu sendiri yang mengganggu keseimbangan antara kristal - kristal dari logam tersebut.

### **(13) Selective Leaching**

Umumnya terjadi pada logam - logam paduan yang jalan prosesnya sama dengan karat galvanik. Akibat kurang baiknya lapisan pelindung dari suatu logam maka larutan / kotoran — kotoran masuk ke dalam logam paduan tersebut sehingga terjadilah proses galvanik. Kerusakan yang terjadi adalah logam paduan yang kurang mulia dibandingkan dengan logam paduannya akan terusir ke luar dari logam aslinya.

### **(14) Eroton Corrosion**

Adalah karat yang menurut terjadinya disebabkan oleh gabungan antara proses kimia dan proses mekanik.

### **(15) Stress Corrosion**

Adalah karat yang disebabkan karena perlakuan gaya yang melebihi dari kemampuan (tensile strength) logam yang bersangkutan.

### **(16) Fatigue Corrosion**

Adalah jenis karat yang bisa disebutkan sebagai kelanjutan dari stress corrosion, di mana terlebih dahulu logam robek lalu media yang korosif masuk ke dalamnya dan merusak bagian dalam dari logam.



### **(17) Fretting Corrosion**

Ketentuan yang utama di mana kerusakan disebut sebagai fretting corrosion adalah :

- 1) Jika permukaan logam mendapat beban.
- 2) Adanya vibrasi.
- 3) Adanya pergeseran yang dialami permukaan logam.

### **(18) Impigement**

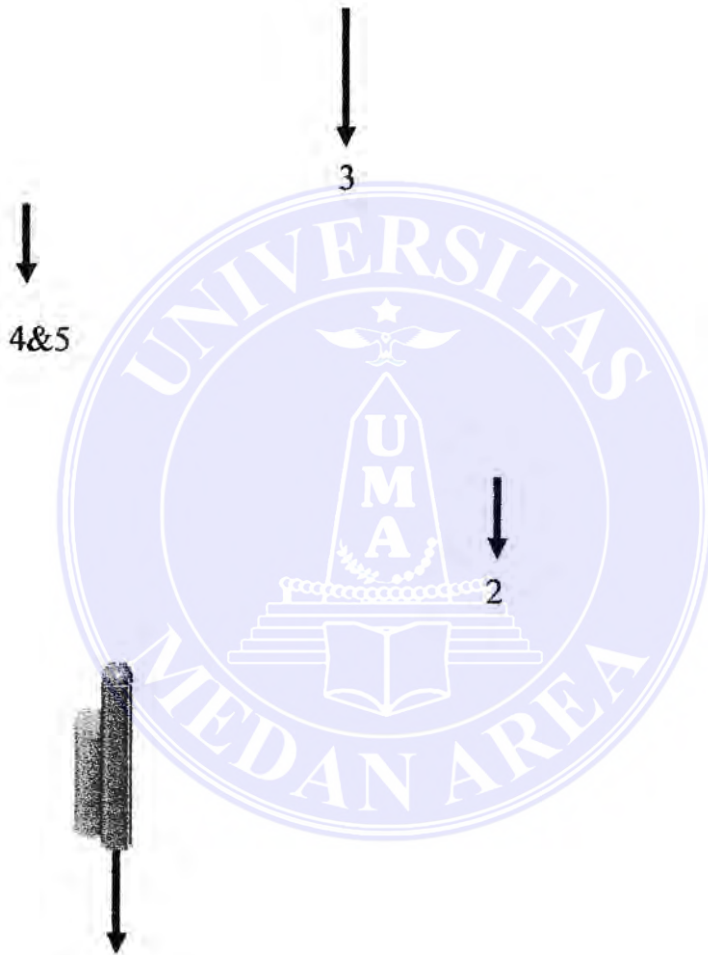
Adalah kerusakan akibat karat yang pada dasarnya disebabkan karena adanya gelembung - gelembung udara pada peralatan dengan perlakuan fluida yang mengalir (fluid flow). Pengetesan karat dibagi dalam 4 bagian :

- 1) Percobaan di laboratorium dengan barang percobaan dalam bentuk sampel (barang tiruan).
- 2) Percobaan di laboratorium dengan peralatan yang sebenarnya
- 3) Percobaan di lapangan [kondisi sebenarnya] tapi dengan barang tiruan
- 4) Percobaan di lapangan dengan barang yang sebenarnya.

### BAB III METODE PERANCANGAN

#### III.1 Gambar Instalasi dan Komponen Utama

##### (1) Gambar Instalasi Las Gas



Gambar 3.1 Instalasi las gas

Keterangan Gambar :

1. Tabung gas

2. Pipa kuningan
3. Elbow L ( $90^0$ )
4. Elbow T (te)
5. 4 cabang pipa gas

Pada dasarnya perancangan instalasi las gas mempunyai sistem kerja yang berhubungan erat dengan laju aliran gas. Sistem ini dapat kita ketahui dengan mempelajari mekanika fluida dalam laju aliran.

Dimensi-dimensi utama dari pembuatan instalasi las gas yaitu :

- (a) Tinggi pipa dari lantai direncanakan setinggi  $\pm 130$  cm. Tinggi ini dirancang agar pekerja dapat mengerjakan pengelasan dengan baik.
- (b) Panjang pipa direncanakan  $\pm 6,6$  m ukuran ini termasuk panjang penyatuan dua pipa gas yang berbeda.
- (c) Lebar pemasangan pipa dalam instalasi direncanakan  $\pm 4,8$ . Ukuran ini disesuaikan dengan lebar ruangan pengelasan.

### III.2 Komponen-komponen utama instalasi las gas

Bagian-bagian utama dalam instalasi las gas yang dirancang adalah sebagai berikut :

- (1) **Kerangka.** Kerangka instalasi terbuat dari pipa kuningan dengan ukuran  $\varnothing 1/2$  inchi dengan panjang total 31 meter yang dihubungkan dengan elbow sesuai gambar kerja.
- (2) **Elbow.** Elbow merupakan bagian yang berfungsi untuk menyambung pipa, elbow ini terbuat dari kuningan, dan disambungkan dengan ulir.



- (3) **Nipple.** Nipple berfungsi untuk menyambungkan pipa dengan alat pengukur, Nipple ini juga dari kuningan, pada bagian yang telah di tap sebagai penyambung pipa.
- (4) **Selang las.** Selang las berfungsi sebagai penyambung antara pipa dengan nozzle. Selang las dibedakan dua warna : warna biru untuk saluran gas oxygen dan warna merah untuk saluran acetylene.
- (5) **Klem.** Klem berfungsi sebagai pengikat selang dengan nozzle. Klem ini tidak harus terbuat dari kuningan.

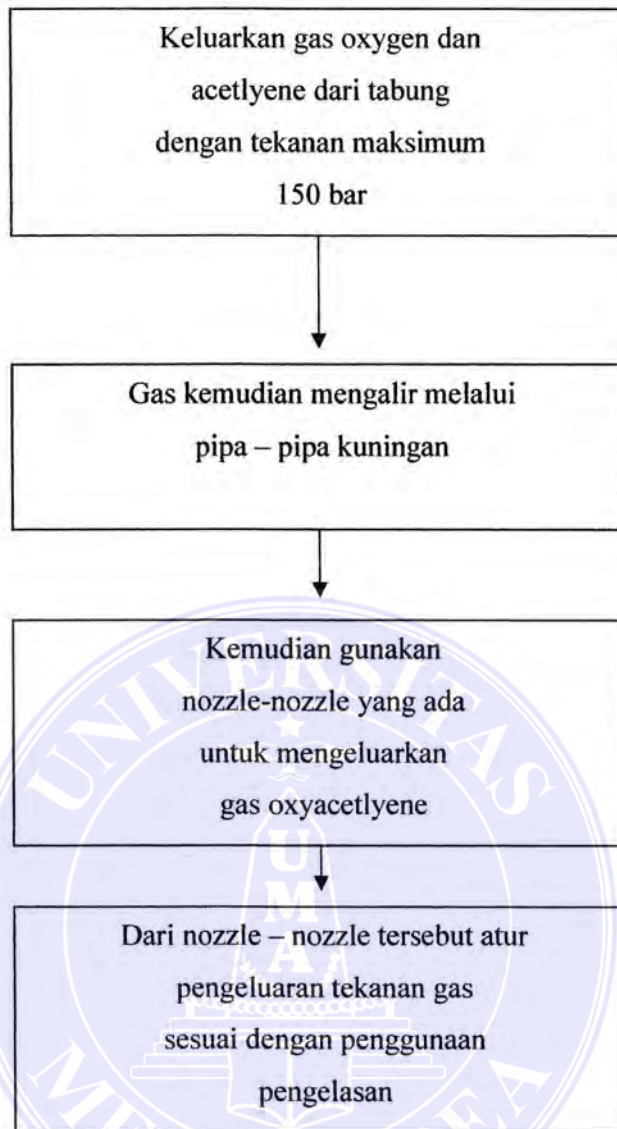
### III.3. Cara Kerja Instalasi Las Gas

Untuk memahami kerja dari instalasi las gas, cara kerja instalasi las gas dapat diuraikan sebagai berikut :

Buka kran tabung dengan menggunakan kunci yang khusus. Khusus tabung acetylene biarkan kunci tabung pada posisi dibuka, katup tabung dibuka tidak boleh lebih dari 1,5 x putaran, sebaiknya 0,5 katup.

Gunakan tekanan kerja yang sesuai untuk pengelasan yang dimaksud. Kemudian gas yang keluar mengalir melalui pipa-pipa kuningan menuju 4 cabang pipa yang akan digambarkan. Pada 4 cabang pipa yang digunakan atur kembali tekanan yang akan dikeluarkan melalui selang las dan dihantarkan oleh nozzle-nozzle.

Panjang dari selang las harus benar-benar diperhitungkan, jangan terlampaui panjang atau pendek. Selang gas yang pendek jangan disambungkan.



**Gambar 3.2 Diagram penggunaan instalasi las gas**

### **III.4. Cara menyalakan, mematikan dan macam-macam nyala api**

**Cara menyalakan api las gas yaitu :**

- 1) Buka katup botol oxygen dan acetylene.
- 2) Atur tekanan yang di inginkan sesuai dengan nozzle yang dipakai.
- 3) Buka sedikit katup oxygen pada brander.
- 4) Buka katup avetylene pada brander.

- 5) Nyalakan pemercik api dan sulutkan pada ujung brander.
- 6) Atur katup oxygen dan acetylene sampai pada nyala yang diinginkan.

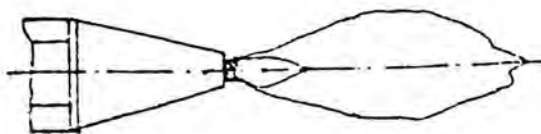
**Cara mematikan api las gas yaitu :**

- 1) Tutup katup acetylene pada brander.
- 2) Tutup katup oxygen pada brander.
- 3) Tutup katup pada botol oxygen.
- 4) Tutup katup pada botol acetylene.
- 5) Buka katup oxygen pada brander untuk pembuangan sisa yang ada pada selang gas.
- 6) Buka katup acetylene pada brander untuk pembuangan sisa yang ada pada selang gas.
- 7) Tutup semua katup.

**Macam-macam nyala api dalam las gas yang digunakan ada 3 macam yaitu :**

- (1) Nyala api normal. Nyala api normal ini sering juga disebut nyala api netral, nyala ini terjadi bila perbandingan antara oxygen dan acetylene sekitar satu. Nyala api terdiri atas kerucut dalam yang berwarna putih bersinar dan kerucut luar yang berwarna biru bening dan tanda-tandanya adalah : inti api tumpul dan pendek, terdapat sedikit kerucut api.

Kegunaannya : untuk pengelasan biasa, pada baja dan besi tuang.



**Gambar 3.3 Nyala api normal**



(2) Nyala api karbusi. Nyala api karbusi ialah nyala api yang kelebihan acetylene, tanda-tandanya adalah : inti api tumpul dan panjang, kerucut api besar. Bila acetylene yang digunakan melebihi dari pada jumlah untuk mendapatkan nyala api netral maka di antara kerucut dalam dan luar akan timbul kerucut nyala api baru yang berwarna biru. Di dalam bagian nyala-nyala api ini terdapat kelebihan gas acetylene yang menyebabkan terjadinya karburasi pada logam cair.

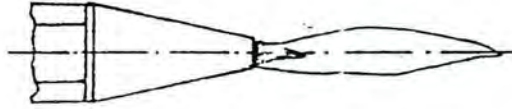
Kegunaannya : untuk memanaskan dan untuk mengelas permukaan yang keras dan logam putih.



Gambar 3.4 Nyala api karbusi

(2) Nyala api oksidasi. Nyala api oksidasi ini kebanyakan oxygen, bila gas oxygen lebih dari pada jumlah yang diperlukan untuk menghasilkan nyala api netral maka nyala api menjadi pendek dan warna kerucut dalam berubah dari putih bersinar menjadi ungu. Bila nyala api ini digunakan untuk mengelas maka akan terjadi proses oksidasi atau dekarburasi pada logam cair. Tanda-tandanya adalah : inti api lebih kecil dibanding dengan nyala api normal dan bentuknya meruncing, kerucut api tidak ada.

Kegunaannya : untuk brazing



**Gambar 3.5 Nyala api oksidasi**



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Dalam instalasi las gas, bahan pipa yang digunakan adalah kuningan. Kuningan dipilih karena tingkat korosi yang rendah, dan oksidasi yang terjadi tidak mempengaruhi pipa kuningan, tetapi melapisi pipa. Gas yang digunakan dalam mengelas mengandung asam dan udara juga mengandung asam yang dapat menyebabkan korosi.

Tekanan yang digunakan dalam mengelas adalah 2,5 bar untuk oksigen dan 0,25 bar untuk acetylene, dan tekanan maksimum yang diizinkan adalah 150 bar.

#### **V.2 Saran**

Dalam mengelas kita harus memperhatikan keselamatan kerja. Karena itu kita harus melihat tekanan yang dikeluarkan dan mengatur tekanan yang keluar agar tidak terjadi kecelakaan kerja. Setelah selesai pemakaian diharapkan ruangan las dibersihkan untuk menjaga kebersihan. Dan melihat apakah tekanan yang dikeluarkan dari tabung sudah dinormalkan kembali.



## DAFTAR PUSTAKA

1. C. Reynolds. William, dkk. 1982. **Termodinamika Teknik**. Bandung; PT. Djaya Pirusa
2. Harsono, Toshie Akamura. 1985. **Teknologi Pengelasan Logam**. Jakarta; PT. Pradnya Paramita.
3. Raswari. 1987. **Perancangan dan Pengembangan Sistem Perpipaan**. Jakarta; Universitas Indonesia Press
4. Raswari. 1986. **Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan**. Jakarta; Universitas Indonesia Press.
5. Sato, Takeshi. 1986. **Menggambar Mesin**. Jakarta; PT. Pradnya Paramita

