

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gas Hidrogen**

Hidrogen ( $H_2$ ), Pada suhu dan tekanan standar hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen adalah unsur teringan di dunia, ditemukan di udara pada konsentrasi sekitar 100 ppm (0,01%). Hidrogen adalah gas yang mudah terbakar dan meledak dalam campuran dengan udara atau oksigen.

Hidrogen adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Unsur ini ditemukan dalam kelimpahan yang besar di bintang-bintang dan planet-planet gas raksasa. Di seluruh alam semesta ini, hidrogen kebanyakan ditemukan dalam keadaan atomik dan plasma yang sifatnya berbeda dengan molekul hidrogen. Sebagai plasma, elektron hidrogen dan proton terikat bersama, dan menghasilkan konduktivitas elektrik yang sangat tinggi dan daya pancar yang tinggi (menghasilkan cahaya dari matahari dan bintang lain ).

Karakteristik Gas Hidrogen sebagai berikut:

- Kepadatan di 15°C, 1 bar: 0,085 kg / m<sup>3</sup>,
- Titik didih pada 1.013 bar: -252.9°C,
- Titik pengapian: 560°C,
- Tingkat pembakaran: 8.99 m / s,
- Nilai kalori di 0°C, 1.013 bar: 10790 kJ / m<sup>3</sup>,
- Konsentrasi ledakan campuran dengan udara: dari 4,1% menjadi 75%,
- Konsentrasi ledakan campuran dengan oksigen: dari 4,5% menjadi 95%.

Ada beberapa metode pembuatan gas hidrogen yang telah kita kenal. Namun semua metode pembuatan tersebut prinsipnya sama, yaitu memisahkan hidrogen dari unsur lain dalam senyawanya. Tiap-tiap metode memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Tetapi secara umum parameter yang dapat

dipertimbangkan dalam memilih metode pembuatan H<sub>2</sub> adalah biaya, emisi yang dihasilkan, kelayakan secara ekonomi, skala produksi dan bahan baku. Berikut ini adalah beberapa metode pembuatan H<sub>2</sub>:

1. Steam Reforming
2. Gasifikasi Biomassa
3. Gasifikasi Batubara
4. Elektrolisis Air (H<sub>2</sub>O)

Tabel 1. Sifat Fisik Gas Hidrogen

Parameter	Keterangan
Titik lebur	-259,14 <sup>0</sup> C
Titik didih	-252,87 <sup>0</sup> C
Warna	tidak berwarna
Bau	tidak berbau
Densitas	0,08988 g/cm <sup>3</sup> pada 293 K
Kapasitas panas	14,304 J/g <sup>0</sup> K

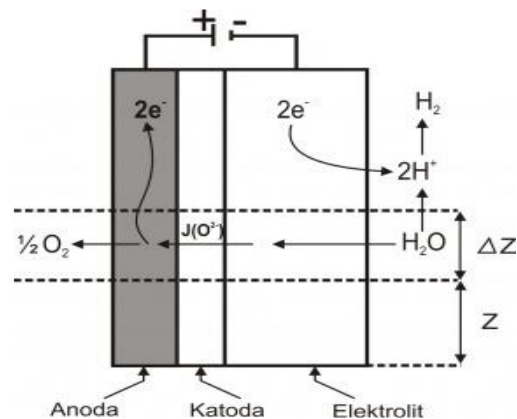
Sumber; <http://id.wikipedia.org/wiki/Hidrogen,2013>

## 2.2 Elektrolisis Air (H<sub>2</sub>O)

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H<sub>2</sub>O) menjadi oksigen (O<sub>2</sub>) dan hidrogen gas (H<sub>2</sub>) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H<sub>2</sub> dan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O<sub>2</sub>), melepaskan 4 ion H<sup>+</sup> serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air.

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis air :

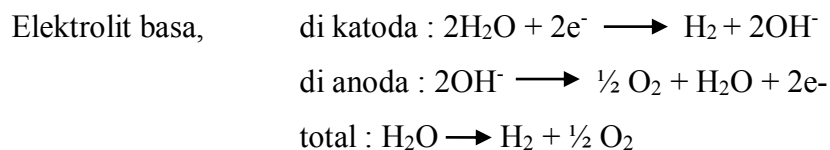
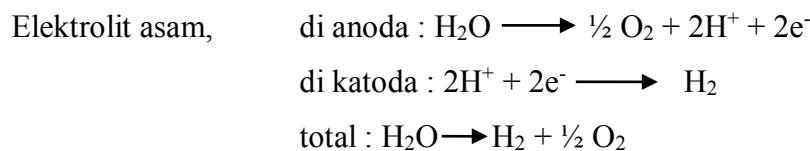
- a. Kualitas Elektrolit
- b. Suhu
- c. Tekanan
- d. Resistansi Elektrolit
- e. Material dari elektroda
- f. Material pemisah



Gambar 1. Elektrolisis Air

Sumber : <http://smart-pustaka./2013/02/elektrolisis-air.html>

Beda potensial yang dihasilkan oleh arus listrik antara anoda dan katoda akan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif. Pada katoda terdapat ion positif yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion  $H_2$ , dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion  $O_2$ . Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, reaksi setengah sel untuk elektrolit asam atau basa dituliskan dalam dua cara yang berbeda.



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan *hydrogen*. Dengan menyediakan *energy* dari baterai, Air ( $H_2O$ ) dapat dipisahkan ke dalam molekul diatomik hidrogen ( $H_2$ ) dan oksigen ( $O_2$ ).

Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air disebut gas HHO atau *oxyhydrogen* atau disebut juga *Brown's Gas*. Brown (1974), dalam penelitiannya

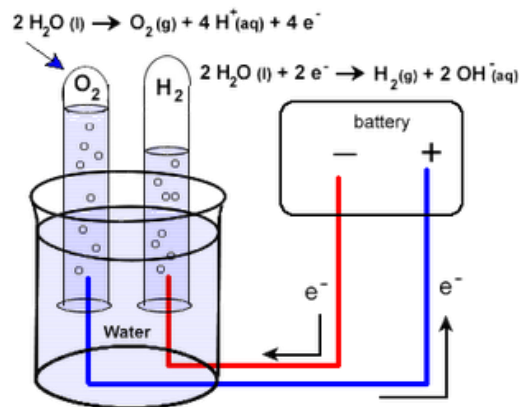
melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamakan dan dipatenkan dengan nama *Brown's Gas*. Untuk memproduksi *Brown's Gas* digunakan elektroliser untuk memecah molekul-molekul air menjadi gas.

### 2.3 Teknologi Hidrogen Hidrogen Oksigen (HHO)

Teknologi HHO atau juga dikenal dengan nama *Oxyhydrogen* adalah teknologi yang sengaja dibuat menjadi teknologi open source tanpa paten. Strategi ini dipilih oleh sang penemu karena niat tulus untuk membantu menyelamatkan bumi dari polusi yang tidak terkendali sekaligus membantu warga dunia untuk mendapatkan bahan bakar murah dan mudah didapat.

pada tahun 1974 menemukan gas hasil elektrolisa dari air yang berupa campuran hidrogen dan oksigen (HHO) yang secara sempurna mampu dijadikan bahan bakar yang menggerakkan mesin. Oleh Yull Brown gas ini dipatenkan dengan namanya sendiri sebagai *Brown Gas*. Setelah penemuan Yull Brown itu selanjutnya ada beberapa penemuan penting tentang bahan bakar air ini, tapi yang paling fenomenal adalah Stanley Meyer yang berhasil dengan sempurna menemukan sistem elektrolisa air. Kemudian oleh Stanley Meyer gas hasil elektrolisa itu dia pakai untuk menjalankan mobilnya, tanpa tangki hidrogen dan tanpa bahan bakar fosil. Hasilnya, pada tahun 1995 mobil VW Kodok miliknya berhasil berjalan sejauh 160 Km hanya dengan menggunakan 3 liter air.

Dari proses elektrolisa air ini menghasilkan gas Hidrogen ( $H_2$ ) dan Oksigen ( $O_2$ ). Gas hidrogen ( $H_2$ ) adalah gas yang sangat mudah terbakar. Sehingga jika  $H_2$  tersebut disalurkan ke dalam ruang pembakaran akan mensuplai energi yang besar untuk mobil. HHO Generator adalah pembangkit bahan bakar air melalui proses yang berfungsi menguraikan air ( $H_2O$ ) menjadi 2 atom Hidrogen dan 1 atom Oksigen yang kemudian terkenal dengan nama Gas HHO atau Brown Gas. Dengan cara elektrolisa air itulah gas HHO yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti: Penghematan pada mesin bensin maupun diesel baik kendaraan darat maupun laut, serta pada generator listrik.



Gambar 2. Teknologi HHO

Sumber; <http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Electrolysis.svg>, 2014

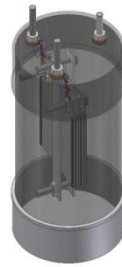
Hydrogen dan Oksigen ini dimasukkan ke dalam ruang bakar, maka “ledakan”-nya akan semakin kuat, dan hasil pembakaran menjadi semakin bersih karena Bensin yang tidak terbakar akan terbakar habis. Sehingga dapat menghemat BBM, dan tenaga yang dihasilkan lebih besar. Dalam hal ini, H<sub>2</sub>O air yang digunakan adalah Air RO atau Reverse Osmosis (air murni hasil penyulingan yang menggunakan membran), atau air yang tidak mengandung mineral.

#### 2.4 Gas Hidrogen Hidrogen Oksigen (HHO)

Gas HHO merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H<sub>2</sub>O) dengan proses elektrolisis. Jika elektrolit yang digunakan adalah larutan basa seperti KOH (basa dari golongan periode IA, alkali tanah) maka akan terjadi reaksi basa. Pada reaksi basa, reaksi reduksi terjadi di katoda dimana molekul air mengikat elektron (e<sup>-</sup>) sehingga terpecah menjadi gas Hidrogen (H<sub>2</sub>(g)) dan anion OH<sup>-</sup>. Anion OH<sup>-</sup> tersebut kemudian tertarik kesisi anoda dan terpecah menjadi gas oksigen dan molekul H<sub>2</sub>O. Gas hidrogen mempunyai beberapa karakteristik yaitu : tidak berwarna, mudah terbakar (*flammeble*), sangat ringan, dan sangat mudah bereaksi dengan zat kimia lainnya. Namun gas HHO pada kondisi normal tidak akan terbakar dengan sendirinya tanpa ada sulutan api.

## 2.5 Generator Hidrogen Hidrogen Oksigen (HHO)

Generator gas HHO tersusun atas 2 komponen dasar, yaitu tabung yang terdiri atas tabung, sepasang elektroda dan elektrolit dan sumber tenaganya yang berupa baterai ataupun aki.



Gambar 3. *Generator HHO*

(Sumber : Risano, A.YudiEka. 2013. Pengaruh jumlah sel dalam *Hydrogen Generator* terhadap penghematan bahan bakar)

### Cara Kerja *Generator HHO*

Arus listrik mengalir dari battery menuju sel didalam tabung elektrolisis, aliran arus listrik tersebut mengalir melalui air diantara celah pelat positif dan negatif, aliran arus listrik tersebut menghasilkan gelembung-gelembung gas yang berupa gas hidrogen dan oksigen, pada pelat positif terbentuk gelembung gas oksigen dan pada pelat negatif terbentuk gelembung gas hidrogen. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air, kemudian dialirkan menuju tabung bubbler, pada tabung bubbler yang berisi air akan terbentuk gelembung-gelembung gas, gas tersebut, kemudian dialirkan menuju saringan udara atau pada intake manifold pada motor bakar. Generator ini bekerja dengan prinsip elektrolisa air.

Generator gas HHO diklasifikasikan menjadi 2 tipe, yakni sebagai berikut:

a. Tipe Kering (*dry type/dry cell*)

Adalah generator HHO dimana sebagian elektrodanya tidak terendam elektrolit dan elektrolit hanya mengisi celah-celah antara elektroda itu sendiri.

Keuntungan generator HHO tipe *dry cell* adalah:

- air yang di elektrolisa hanya seperlunya, yaitu hanya air yang terjebak diantara lempengan cell.
- Panas yang ditimbulkan relative kecil, karena selalu terjadi sirkulasi antara air panas dan dingin di reservoir.

- Arus listrik yang digunakan relatif lebih kecil, karena daya yang terkonversi menjadi panas semakin sedikit.

Luasan lingkaran pada plat elektroda yang terendam air adalah area terjadinya elektrolisis untuk menghasilkan gas HHO, sedangkan bagian luasan yang lainnya tidak terendam air dan plat dalam kondisi kering.

#### b. Tipe Basah (*wet cell*)

Adalah generator HHO dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit di dalam sebuah bejana air. Keuntungan generator gas HHO tipe wet cell adalah:

- Gas yang dihasilkan umumnya lebih banyak dan stabil.
- Perawatan generator lebih mudah.
- Rancang bangun pembuatan generator HHO lebih mudah.

Pada tipe *wet cell* atau tipe basah, semua area luasan elektroda platnya terendam air untuk proses elektrolisis menghasilkan gas HHO.

## 2.6 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktorelektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya berbentuk asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur. NaCl dapat menjadi elektrolit dalam bentuk larutan dan lelehan. atau bentuk liquid dan aqueous. sedangkan dalam bentuk solid atau padatan senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju electrode dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

Proses oksidasi dan reduksi sebagai reaksi pelepasan dan penangkapan oleh suatu zat. Oksidasi adalah proses pelepasan elektron dari suatu zat sedangkan reduksi adalah proses penangkapan electron oleh suatu zat.

Tabel 2. Sifat Daya Hantar Listrik dalam Larutan

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan lain	Contoh Senyawa	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	- Terionisasi Sempurna		$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
	-Menghantarkan Arus listrik	NaCl, NaOH, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCL, dan KCL	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
	- Lampu menyala terang		$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
	- Terdapat gelembung gas		$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{KCl} \rightarrow \text{K}^+ + \text{Cl}^-$
Elektrolit Lemah	- Terionisasi sebagian		CH <sub>3</sub> COOH, N <sub>4</sub> OH, HCN dan Al(OH) <sub>3</sub>
	- Menghantarkan arus listrik	$\text{HCN} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CN}^-$	
	- Lampu menyala redup	$\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{OH}^-$	
	- Terdapat gelembung gas		
Non Elektrolit	-Tidak Terionisasi	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
	- Tidak menghantarkan arus listrik	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>
	- Lampu tidak menyala	CO ( NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	CO ( NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>
	- Tidak terdapat gelembung gas	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH

Sumber : <https://id.wikipedia.org/wiki/Elektrolit>

## 2.7 Membrane

Membrane ialah sebuah penghalang selektif antara dua fasa. Membran memiliki ketebalan yang berbeda-beda, ada yang tebal dan ada juga yang tipis serta ada yang homogen dan ada juga ada heterogen. Ditinjau dari bahannya membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya pulp dan kapas, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer. Kain katun merupakan kain dari serat kapas. Komposisi kimia dari serat kapas sendiri adalah terdiri dari



selulosa 95%, 1,3% protein, 1,2% abu, 1,6% lilin, 3% gula, dan asam organik, dan senyawa kimia lainnya yang membentuk 3,1%.

Menurut bahan penyusunnya, membran dibagi menjadi dua tipe yakni membran organik dan anorganik. Untuk membran organik biasanya disusun dari polimer dan anorganik disusun dari logam. Untuk selanjutnya mari kita bahas membran organik yang terbuat dari polimer untuk pemisahan gas lebih dalam lagi. Membran polimer telah dikembangkan pada aplikasi industri termasuk pada pemisahan gas. Berdasarkan densitas fluks dan selektivitas, membran dapat dibagi dua yaitu pori dan non-pori. Membran berpori bersifat *rigid* dengan pori didalamnya yang tersebar acak. Biasanya digunakan untuk pemisahan berbasis ukuran *permeate*. Membran ini memiliki fluks yang besar tapi selektivitasnya rendah. Membran berpori biasanya dikarakterisasi berdasarkan diameter pori merata, porositas, dan tortuositas dari membran.

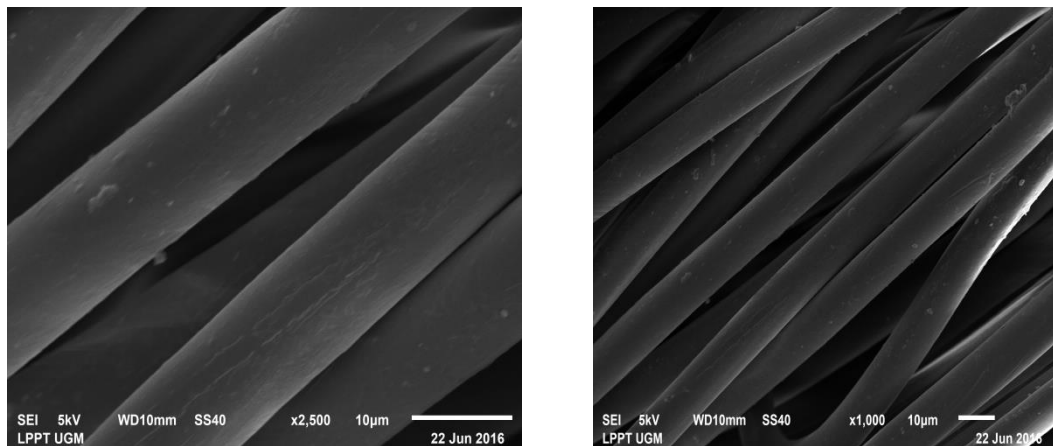
Ada beberapa cara mempersiapkan pembuatan membran polimer berpori, seperti *solution casting*, *sintering*, *stretching*, *track etching* dan *phase separation*. Morfologi akhir membran akan didapat sangat bervariasi tergantung sifat bahan material dan perlakuan saat pembuatannya. Membran non-pori mempunyai selektivitas yang tinggi tapi fluksnya rendah. Sifat penting dari membran non-pori adalah bahkan *permeate* yang berukuran sama bisa dipisahkan, tergantung pada solubilitas pada membran. Membran ini dapat dibuat dengan metode *melt extrusion* dimana *melt* (lelehan) dapat dianggap sama sifatnya dengan larutan. Pada metode *solution casting*, membran polimer non-pori disiapkan dengan cara melarutkan polimer pada solven untuk membentuk sol. Kemudian dilanjutkan penguapan sampai habis pada solven.

Membran polimer sangat populer untuk mengisolasi karbon dioksida dari gas lain. Membran ini berbentuk elastomer tersusun dari kopolimer berdensitas tinggi yang saling melintang. Membran polimer ini dapat mendemostrasikan secara unik pada sifat permeabilitasnya saat memisahkan karbon dioksida dari hidrogen, oksigen, nitrogen dan metana dengan selektivitas tinggi. Membran polimer juga biasanya bersifat hidrofilik sehingga saat ditemukan membran polimer yang hidrofobik, dapat dikembangkan regulasi dari absorpsi air. Membran polimer

stabil meski pada suhu yang tinggi, bahkan bisa sampai 250 °C dan juga biodegradable serta tidak beracun. Sekarang ini pengaplikasiannya mencapai pengemasan makanan, *gas treatment* pada industri, kabin pesawat terbang, AC, dekarbonasi pada gas yang dipakai di *fuel cells*, perlakuan lanjut pada biomassa dan penggunaan medis.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja membran antara lain:

1. Ukuran molekul
2. Bentuk molekul
3. Bahan membran
4. Karakteristik larutan
5. Parameter operasional (tekanan, suhu, konsentrasi, pH, ion strength, polarisasi)



Gambar 4. Penampang Membrane Polimer Pemisah Gas

Sumber :Hasil analisa membran pada LPPT UGM

## 2.8 Pengelasan (*Welding*)

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Proses pengelasan (*welding*) merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan sehingga menghasilkan sambungan yang kotinu. Sedangkan definisi menurut *Deutche Industrie and Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan *melting* atau cair (Wiryosumarto, 1996).

Las *Oxy-Acetylene* (las asetilin) adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (*flame*) gas asetilin (yaitu pembakaran  $C_2H_2$  dengan  $O_2$ ), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Disamping untuk keperluan pengelasan (penyambungan) las gas dapat juga dipergunakan sebagai : *preheating*, *brazing*, *cutting* dan *hard facing*. Penggunaan untuk produksi (*production welding*), pekerjaan lapangan (*field work*), dan reparasi (*repair & maintenance*). Dalam aplikasi hasilnya sangat memuaskan untuk pengelasan baja karbon, terutama lembaran logam (*sheet metal*) dan pipa-pipa berdinding tipis. Meskipun demikian hampir semua jenis logam ferrous dan non ferrous dapat dilas dengan las gas, baik dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*). Disamping gas acetylene dipakai juga gas-gas hydrogen, gas alam, propane, untuk logam-logam dengan titik cair rendah. Pada proses pembakaran gas-gas tersebut diperlukan adanya oxygen. Oxygen ini didapatkan dari udara dimana udara sendiri mengandung oxygen (21%), juga mengandung nitrogen (78%), argon (0,9 %), neon, hydrogen, carbon dioksida, dan unsur lain yang membentuk gas (Oxy Acetylene Welding, 2011).

Pengaruh kemurnian oksigen yang dipakai untuk memotong harus mempunyai tingkat kemurnian 99,5 % atau lebih. Bila tingkat kemurnian lebih rendah dapat mengurangi tingkat efisiensi operasi pemotongan. Misalnya lebih rendah 1 % akan mengurangi kecepatan pemotongan rata-rata 25 % dan menambah pemakaian oksigen rata-rata 25 % lebih tinggi. Kalau kemurnian oksigen lebih rendah dari 95 % maka proses pemotongan sudah sangat kurang baik karena yang akan terjadi adalah pelelehan logam dengan bentuk hasil potong tidak rata atau bentuk sela potong sangat jelek.

Proses pengelasan memerlukan panas untuk meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Energi pembangkit panas dapat dibedakan menurut sumbernya yaitu listrik, kimiawi, mekanis, dan bahan semikonduktor. Proses pengelasan yang paling umum, terutama untuk mengelas baja, yaitu memakai energi listrik sebagai sumber panas dan yang paling banyak digunakan adalah busur nyala (listrik). Busur nyala

adalah pancaran arus listrik yang relatif besar antara elektroda dan logam dasar yang dialirkan melalui kolom gas ion hasil pemanasan. Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar atau induk, proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu (Wiryosumarto,1996).

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari nyala api las(*fusion*), contohnya las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*nonfusion*), contohnya pengelasan dengan gesekan (*friction stirr welding*), las tempa, dan lain-lain.

Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk keberhasilan proses pengelasan yaitu

1. Material yang akan disambung dapat mencair oleh panas.
2. Antara material yang akan disambung terdapat kesesuaian sifat lasnya.
3. Cara penyambungan sesuai dengan sifat benda padat dan tujuan penyambungan.