

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Gas Hidrogen

Hidrogen adalah salah satu unsur kimia dengan simbol H dan nomor atom 1 pada table periodik unsur yang melimpah di alam, kata hidrogen sendiri berasal dari bahasa Yunani yaitu *hidrogenium*, dengan *hydro* yang berarti air, dan *genes* yang berarti membentuk. Pada suhu dan tekanan standar hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dalam wujud gas hidrogen memiliki kerapatan sebesar 0,021g/l pada kondisi 0°C dan tekanan sebesar 1 atm. Hidrogen diatomik ( $H_2$ ) merupakan molekul terkecil dengan Panjang ikatannya sekitar dua kali lebih panjang ( $0,74 \text{ \AA} = 0,074 \text{ nm}$ ).

Menurut *American Nuclear Society* (Juni 2012), kebutuhan dunia akan hidrogen sangat besar yaitu sekitar 5 juta ton per tahun. Hidrogen sebesar ini diperlukan dalam proses kimia seperti mengikat nitrogen dengan unsur lain, produksi metanol, mereduksi bijih-bijih besi dan sebagai gas pengisi balon, bahan bakar alternatif, serta pembentuk amonia.

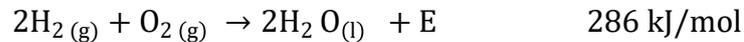
Hidrogen merupakan elemen paling melimpah di bumi namun sangat jarang ditemukan dalam bentuk  $H_2$ . Karena hidrogen di bumi sangat jarang ditemukan dalam bentuk  $H_2$ , maka dilakukanlah produksi hidrogen untuk mencukupi kebutuhan hidrogen dunia. Pada prinsipnya, hidrogen bisa diperoleh dengan memecah senyawa yang paling banyak mengandung unsur hidrogen. Karakteristik gas hidrogen dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1.**Karakteristik Gas Hidrogen

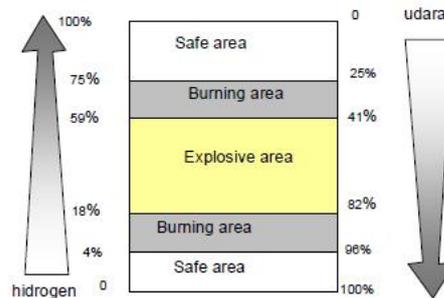
Karakteristik	Keterangan
Kepadatan (15°C) 1 bar	0,085 kg/cm <sup>3</sup>
Titik didih pada 1.013 bar	-252,9 °C
Titi pengapian	560 °C
Tingkat pembakaran	8,99 m/s
Nilai Kalori 0 °C, 1,013 bar	10790 KJ/ m <sup>3</sup>
Konsentrasi ledakan campuran dengan udara	4,1% menjadi 75%
Konsentrasi ledakan campuran degan oksigen	4,5% menjadi 95%

*(Yusparanin 2016)*

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi 4% di udara bebas. Entalpi pembakaran gas hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Ketika bercampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan hidrogen meledak seketika jika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperature 560°C. Lidah api pembakaran hidrogen dan oksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu, sangatlah sulit mendeteksi terjadinya kebocoran hidrogen secara visual, karakteristik gas hidrogen dalam konteks adanya tambahan dari energi luar terhadap campuran udara (% volume) dapat dilihat pada Gambar 1



**Gambar 1** Karakteristik Campuran Gas Hidrogen dan Oksigen (%Volume)

(Suntoro Ahmad, 2012)

Komposisi campuran volume yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dapat terbentuk jika terjadinya proses pelepasan gas hidrogen ke udara. Menurut Suntoro ahmad (2012) gas hidrogen yang lepas ke udara yang akan dibakar, maka penyulutan harus dilakukan tepat waktu karena penyulutan yang tidak tepat waktu dapat tidak membakar gas hidrogen yaitu pada komposisi <4% atau >75% gas hidrogen dan sisanya adalah udara, dan gas dengan prosentase >18% dan <59% dan sisanya udara akan mengalami proses ledakan, Adapun pemicu terjadinya ledakan gas gas hidrogen yang terletak pada *explosive area* pada Gambar 1 adalah efek inverse dari Joule Thompson, api atau letikan api, difusi gas, kompresi

adiabatic yang spontan, serta permukaan panas. Dengan letikan api yang memiliki energi sebesar 20 kJ telah mampu membakar atau meledakkan gas hidrogen dengan sendirinya pada temperature minimum 585°C,

Ada beberapa metode pembuatan gas hidrogen yang telah dikenal. Namunn semua metode tersebut prinsipnya sama, yaitu memisahkan hidrogen dari unsur lain dalam senyawanya. Setiap metode memiliki keunggulan dan kekurangan, tetapi secara umum parameter yang dapat dipertimbangan dalam memilih metode pembuaran H<sub>2</sub> adalah biaya, kelayakan secara ekonomi, skala produksi dan bahan baku serta yang terpenting adalah emisi yang dihasilkan, Berikut merupakan beberapa metode pembuatan H<sub>2</sub> :

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

## 2.2 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O, satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen, yang berbeda muatan saling tarik-menarik dan juga tolak-menolak sekaligus, muatan positif yang dimiliki oleh 2 molekul H dan muatan negatif yang dimiliki sebuah molekul O, Molekul O menarik kedua molekul tersebut. Namun gaya tolak terbentuk akibat kedua molekul H yang ditarik oleh O memiliki muatan yang sama-sama positif. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0°C).

### 2.2.1 Salinitas

Kordi dan Tancung (2007) Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air. Yaitu jumlah gram garam yang terlarut untuk setiap liter larutan. Biasanya dinyatakan dalam satuan ‰ (*parts per thousand*). Oleh karena itu, suatu sampel air laut yang seberat 1000 gram yang mengandung 35 gram senyawa-senyawa terlarut mempunyai salinitas 35‰.

Zat-zat yang terlarut meliputi garam-garam anorganik, senyawa-senyawa organik yang berasal dari organisme hidup dan gas-gas terlarut. Fraksi terbesar dari bahan-bahan terlarut terdiri garam-garam anorganik yang berwujud ion-ion. Ion-ion yang terkandung di dalam air laut didominasi oleh ion-ion seperti klorida, karbonat, sulfat, natrium, kalium dan magnesium. Di dalam air laut mengandung bermacam-macam senyawa oksida/garam, berturut-turut  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaBr}$  mengandung jumlah endapan: 0,003; 0,1172; 1,1172; 0,1532; 27,1074; 0,642; 0,2224 gram/liter (Jannert. 2018).

**Tabel 2** Jumlah Ion

No.	Nama Ion	Berat (%)
1.	Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	55,04
2.	Natrium ( $\text{Na}^+$ )	30,61
3.	Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	7,68
4.	Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	3,69
1.	Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	1,16
2.	Kalium ( $\text{K}^+$ )	1,10
3.	Sub total	0,71

(Kordi dan Tancung , 2007)

Pengukuran salinitas berhubungan dengan klorinitas. Klorinitas ini sudah termasuk klorida, bromida dan iodida. Menurut klasifikasi tinggi rendahnya salinitas, maka salinitas terbagi menjadi tiga bagian yaitu air tawar, air payau dan air laut. Klasifikasi air berdasarkan salinitas dapat dilihat pada Tabel 3

**Tabel 3** Klasifikasi air berdasarkan salinitas

Sebutan/Istilah	Salinitas (ppt)
Air Tawar	
Fresh Water	<0.5
Oligohaline	0.5-3.0
Air Payau	
Mesohaline	3.0-16.0
Polyhaline	16.0-30.0
Air Laut	
Marine	30.0-40.

Tinggi rendahnya salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, penguapan, curah hujan, banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, konsentrasi zat terlarut dan pelarut. Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan maka

semakin tinggi pula daya serap garam tersebut untuk menyerap air. Salinitas juga berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas disuatu perairan, maka semakin besar pula tekanan osmotiknya.

Air berdasarkan sumbernya terbagi menjadi air tanah dan juga air permukaan yang masing-masing antara lain air tawar (fress water), air asin (air laut), Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35‰ (riley dan Skirrow,1975). Komposisi air laut pada salinitas 35‰ dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt.

**Tabel 4** Komposisi air laut pada salinitas 35‰

No	Ion	Gram/Kg Air laut
1.	Cl <sup>-</sup>	19,354
2.	Na <sup>+</sup>	10,77
3.	K <sup>+</sup>	0,399
4.	Mg <sup>2+</sup>	1,290
5.	Ca <sup>2+</sup>	0,4121
6.	SO <sub>4</sub>	2,712
7.	Br <sup>-</sup>	0,0673
8.	F	0,0013
9.	B	0,0045
10.	Sr <sup>2+</sup>	0,0079
11.	IO <sub>3</sub> I <sup>-</sup>	6,0 x 10 <sup>-5</sup>

(Riley and Skirrow, 1975)

**Tabel 5** Komposisi air laut pada massa jenis 1,0258 kg/liter.

No	Ion	Gram/Kg Air laut
1.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003
2.	CaCO <sub>3</sub>	0,1172
3.	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	1,7488
4.	NaCl	29,6959
5.	MgSO <sub>4</sub>	2,4787
6.	MgCl <sub>2</sub>	3,3172
7.	NaBr	0,5524
8.	KCl	0,5339
9.	Total	38,44471

(Riley and Skirrow, 1975)

### 2.2.2 Total Dissolved Solid (TDS)

TDS yaitu jumlah zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS menggambarkan jumlah zat terlarut dalam part per million (ppm) atau sama dengan milligram per liter (mg/L). Umumnya berdasarkan defenisi diatas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melalui saringan yang berdiameter 2 micrometer ( $2 \times 10^{-6}$  meter). Tds meter menggambarkan jumlah zat terlarut dalam ppm atau sama dengan miligram per liter. Aplikasih yang umum digunakan adalah untuk mengukur kualitas cairan biasanya untuk pengairan, pemeliharaan aquarium, kolam renang, proses kimia, pembuatan air mineral. Adapun perbedaan skala ppm, dimana ppm 700skala didasarkan pada pengukuran KCl atau kaliumklorida solusi. Sedangkan ppm 500 didasarkan padapengukuran NaCl atau natrium klorida sering disebut sebagai TDS (Total padatan terlarut), Ion gizi individu memiliki efek listrik yang berbeda hanya dapat ditentukan oleh analisis kimia. ppm tidak dapat diukur secara akurat oleh TDS atau EC meteran. Sehingga digunakan konveri nilaiTDS terhadap EC, rumus yang digunakan adalah (Alfian, dkk. 2018):

$$EC = ppm/500. \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

EC = Konduktivitas Listrik

PPM = Jumlah nilai TDS

500 = Jumlah total zat garam terlarut (NaCl)

### 2.3 Elektrolisis

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pertama kali dilakukan oleh William Nicholson dan Anthony Carlisle kira-kira pada tahun 1800. Proses elektrolisis memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik (AC atau DC) ke elektroda tempat larutan elektrolit (air dan katalis) berada. Reaksi elektrolisis tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik (Rusminto, 2009). Proses ini ditemukan oleh Faraday tahun 1820.

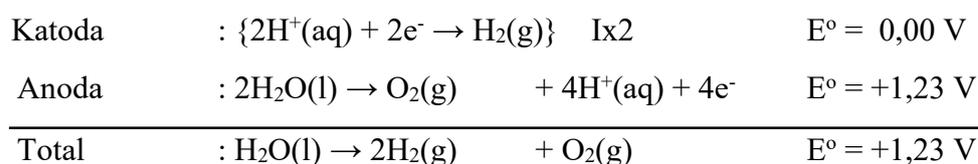
Hidrogen akan muncul di katoda, yaitu elektroda yang terhubung ke arus negatif dan oksigen di anoda, yaitu elektroda yang terhubung ke arus positif, Ion  $H^+$  dan  $OH^-$  mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen.

Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk mengubah reaksi kimia yang terjadi. Pada sel elektrolisis katoda memiliki muatan negatif sedangkan anoda memiliki muatan positif (Harahap, 2019). Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta. Yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta adalah, pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus (AC atau DC). Larutan yang ingin dielektrolisis, ditempatkan dalam suatu wadah. Selanjutnya elektroda dicelupkan ke dalam larutan elektrolit yang ingin dielektrolisis. Elektroda yang digunakan umumnya merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt), dan Emas (Au) (G, Reza. S. 2015).

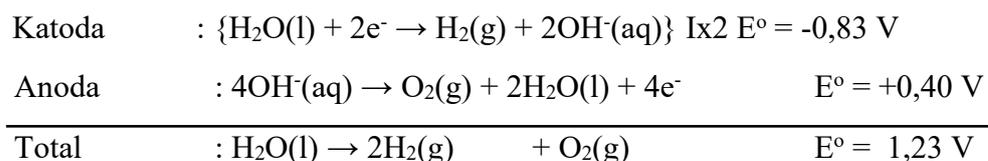
Elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektroda) dan kutub positif sumber arus tentunya mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus tentunya mengarah pada katoda. Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya, anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas.

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.

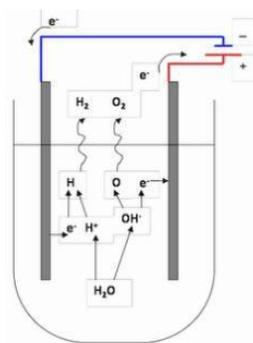
Elektrolit asam,



Elektrolit basa,



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 hidrogen, proses elektrolisis ini ditemukan oleh Faraday tahun 1820. Proses pergerakan elektron pada proses elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 2



**Gambar 2** Pergerakan Elektron Pada Proses Elektrolisis

(Rusminto, 2009)

Elektrolisis satu mol air menghasilkan satu mol gas hidrogen dan setengah mol gas oksigen dalam bentuk diatomik, yang merupakan sebuah analisis yang rinci dari proses memanfaatkan potensi termodinamika dan hukum pertama termodinamika. Proses elektrolisis terjadi pada temperatur 298 K dan satu tekanan atmosfer dan nilai-nilai yang relevan yang diambil dari tabel sifat termodinamika.

Menurut Suyuty (2011) Faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis antara lain penggunaan katalisator, luas permukaan tercelup, sifat bahan baku elektroda, konsentrasi pereaksi, dan besaran tegangan eksternal. Terlihat jelas bahwa tujuan elektrolisis adalah untuk mendapatkan endapan logam di katoda dan gas di anoda. Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain:

### 1. Penggunaan Katalisator

Penggunaan katalisator berfungsi untuk mempermudah proses penguraian air menjadi atom-atom penyusunya hidrogen dan oksigen karena ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion  $H^+$  dan  $OH^-$  yang lebih mudah dielektrolisis dan tidak menggunakan konsumsi energi yang banyak atau penurunan konsumsi energi listrik untuk proses elektrolisis. Katalisator yang biasa digunakan adalah KOH dan  $H_2SO_4$  atau juga larutan-larutan yang memiliki nilai elektrolit yang tinggi sehingga dapat membantu proses penguraian air atau elektrolisis air.

### 2. Luas permukaan tercelup

Semakin banyak luas permukaan elektroda menyentuh elektrolit maka akan semakin mempermudah suatu larutan elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan yang sebanding antara luas permukaan elektroda yang tercelup dengan waktu elektrolisis dan konsumsi energi yang digunakan dan juga jika luasan tercelup sedikit maka akan mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit, sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit

### 3. Sifat logam dan bahan elektroda

Sifat logam dan elektroda juga merupakan faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis pada elektrolit, penggunaan medan listrik pada logam menyebabkan seluruh electron bergerak bebas. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio terhadap kuat medan listrik.

### 4. Konsentrasi Pereaksi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Konsentrasi katalis yang berupa elektrolit asam kuat maupun basa kuat akan menambah jumlah produksi gas hydrogen, hal ini dikarenakan dengan persentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer elektron dapat lebih cepat mengelektrolisis elektrolit dan didapat ditarik

garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap persentase katalis dengan transfer elektron.

#### 5. Besaran Tegangan Eksternal

Semakin besar nilai tegangan yang diberikan, maka semakin besar pula laju tekasinya. Hal ini dikarenakan oleh besarnya nilai tegangan yang akan memperbesar arus yang dihantarkan oleh ion-ion bebas ada didalam larutan. Ion-ion tersebut akan bertambah seiring dengan naiknya arus listrik.

### 2.4 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, 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.

#### 2.4.1 Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang banyak menghasilkan ion – ion karena terurai sempurna, maka harga derajat ionisasi ( $\alpha$ ) = 1. Beberapa elektrolit seperti kalium klorida, natrium hidroksida, natrium nitrat terionisasi sempurna menjadi ion-ionnya dalam larutan. Elektrolit yang terionisasi sempurna disebut dengan elektrolit kuat. Dengan kata lain, elektrolit kuat terionisasi 100%.

#### 2.4.2. Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang daya hantar listriknya lemah dengan harga derajat ionisasi sebesar  $0 < \alpha < 1$ . Larutan elektrolit lemah mengandung zat yang hanya sebagian kecil menjadi ion – ion ketika larut dalam air. Yang tergolong elektrolit lemah adalah Asam–asam lemah, garam–garam yang sukar larut, basa–basa lemah.

### 2.4.3 Larutan non elektrolit

Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena zat terlarutnya di dalam pelarut tidak dapat menghasilkan ion-ion. Larutan yang tergolong non elektrolit adalah larutan urea, larutan sukrosa, larutan glukosa, alkohol dan lain-lain.

Pada umumnya proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan gas oksigen dan gas hidrogen menggunakan larutan alkali. Larutan alkali yang umum digunakan adalah larutan NaOH dan KOH. Larutan tersebut merupakan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.

## 2.5 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semi konduktor, elektrolit atau vakum). Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Rivai,1995). Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda (Svehla,1985). Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. (Brady, 1999). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda sehingga jumlah elektronnya berkurang atau bilangan oksidasinya bertambah.

### 2.5.1 Pemilihan elektroda

Pemilihan elektroda merupakan salah satu hal yang penting. Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari sumber tegangan ke elektrolit yang akan dielektrolisis. Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas hasil proses elektrolisis air. Sehingga material elektroda harus dipilih dari material yang memiliki konduktivitas listrik dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Suyuty (2011) membuat generator hidrogen pengasil gas brown dan mereduksi SO<sub>x</sub>-NO<sub>x</sub> dari motor diesel menggunakan elektroda

stainless steel dan berhasil mendapatkan arus yang besar serta gas yang stabil dengan elektrolit air laut.

### 2.5.2 Baja Tahan Karat

Baja tahan karat atau lebih dikenal dengan *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Kategori *Stainless Steel* tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Stainless steel merupakan salah satu keluarga logam dari keluarga besar logam ferro dari klasifikasi logam baja ( $\text{Fe}+\text{C} = \text{Fe}_3\text{C}$ ) dan dari klasifikasi logam baja paduan tinggi (*high alloy*) yang unsur paduan di atas 8-10 %. Sedangkan stainless steel memiliki unsur paduan utamanya adalah Chromium (Cr) dan Nickel (Ni) sebagian.

Terdapat 5 pembagian dari jenis stainless steel yaitu:

- Austenitic Stainless Steels
- Ferritic Stainless Steels
- Martensitic Stainless Steels
- Duplex Stainless Steels
- Precipitation Hardening Stainless Steels

*Duplex Stainless Steel* (DSS) adalah material dengan kombinasi dua fasa yaitu austenit dan ferit. Kedua fasa ini dalam duplex memiliki sifat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi serta ketahanan korosi yang sangat baik. DSS dapat diaplikasikan pada rentang temperature intermediate dari temperature ambient sampai beberapa ratus derajat Fahrenheit (tergantung lingkungan), dimana ketahanan terhadap asam dan larutan klorida (dipersyaratkan). DSS dapat diaplikasikan pada sektor *onshore* dan *offshore* industri minyak dan gas sebagai sistem pemipaan, (*process piping, seawater piping, tube & pipe fittings, instrumentation & hydraulic tubing*), *heat exchanger* dan *reaction vessel* karena sifatnya yang tahan korosi dan memiliki kekuatan terhadap suhu yang tinggi (Sidiqi, 2017).

Meskipun semua stainless steel tergantung pada presentase unsur chrome (sebagian besar) dan nickel, elemen paduan lainnya juga sering di tambahkan

untuk meningkatkan sifat-sifat stainless steel tersebut menjadi lebih baik lagi. Kategori stainless steel tidak seperti pada logam-logam alamiah pada umumnya struktur kristal yang berubah-ubah pada suhu kamar (stabil) tergantung presentase unsur chrome dan nickel.

Elektroda berbahan *Stainless Steel* dapat dibuat dengan berbagai macam bentuk menjadi lempeng, spiral, dan pipa silinder yang memiliki dua sisi yang berbeda (mengkilap dan tidak). *Stainless Steel* merupakan elektroda aktif, dimana mereka akan ikut bereaksi selama proses elektrolisis berlangsung. Oleh sebab itu, lama kelamaan elektroda ini akan mengalami penurunan aktivitasnya. Ini berarti bahwa kemampuan untuk mempercepat reaksi tertentu telah berkurang. Hal ini terbukti, semakin lama elektroda digunakan kemampuan menghasilkan gas semakin rendah, karena permukaan elektroda semakin lama semakin berubah warna dan perlahan tergerus. Elektroda spiral mengalami perubahan yang lebih cepat dari bentuk elektroda lempeng dan pipa silinder, karena pada elektroda spiral suhu yang terbentuk pada konsentrasi yang sama lebih cepat meningkat dari pada elektroda yang lain. Kerja yang dilakukan elektroda spiral lebih besar, sehingga permukaan elektroda lebih cepat mengalami perubahan warna pada bagian anoda.

Elektroda pipa silinder lebih banyak menghasilkan gas brown daripada bentuk spiral dan lempeng. Hal ini disebabkan oleh jarak antar elektroda. Luas permukaan yang sama akan menghasilkan volume gas yang sama karena adsorpsi pereaksi di permukaan mengalami kesetimbangan yang sama pada konversi mol per vol menjadi mol per  $\text{cm}^2$ , dengan luasan yang sama distribusi pereaksi di permukaan juga sama. Tetapi jarak antar elektroda mempengaruhi proses transfer elektron, semakin dekat jarak antar elektroda maka besar hambatan pergerakan elektron bernilai kecil begitu pula sebaliknya. Elektroda spiral memiliki jarak elektroda yang lebih kecil dari elektroda pipa silinder. Akan tetapi elektroda pipa silinder menghasilkan volume yang lebih besar.

Hal ini disebabkan posisi pereaksi pada permukaan, dengan bentuk spiral posisi pereaksi yang teradsorpsi pada permukaan tidak sejajar atau tidak banyak yang berdampirkan, sehingga hal tersebut menyebabkan tidak banyak gas yang

terbentuk karena reaksi tidak dapat berlangsung. Oleh karena itu dalam penelitian dipilih bentuk pipa silinder untuk elektroda yang digunakan.

Penggunaan bahan *Stainless Steel* pada *prototype* pembuatan hidrogen dikarenakan *Stainless Steel* merupakan logam paduan yang memiliki konduktivitas dan ketahanan terhadap korosi yang relatif lebih baik dibanding logam-logam paduan ataupun logam murni lainnya dan harganya juga relatif lebih terjangkau. Sedangkan bahan seperti platina (Pt), emas (Aurum/Au), dan karbon (C). Elektroda ini bekerja baik sebagai elektroda indikator. Fungsi logam Pt adalah membangkitkan kecenderungan system tersebut dalam mengambil atau melepaskan elektron. Logam Pt juga memiliki harga yang cukup mahal dan susah didapatkan untuk penggunaan logam Pt pada proses pembuatan hidrogen. Maka material yang digunakan untuk simulasi *prototype* pembuatan hidrogen yaitu duplex stainless steel.

Secara teori, luas permukaan yang sama akan menghasilkan volume gas yang sama karena adsorpsi pereaksi di permukaan mengalami kesetimbangan yang sama pada konversi mol per volume menjadi mol per  $\text{cm}^2$ , dengan luas yang sama distribusi pereaksi di permukaan juga sama.

Berdasarkan penelitian Wahyono dan Anies (2016) dari pengambilan data yang dilakukan bahwa dengan konsentrasi larutan elektrolit yang semakin besar maka reaktan lebih banyak sehingga muatan elektron yang ditransfer lebih banyak dan menyebabkan arus listrik semakin besar, sehingga daya yang dihasilkan lebih besar karena daya berbanding lurus dengan arus. Pengaruh luas penampang terhadap daya yang dihasilkan yaitu semakin mudah transfer elektron yang terjadi saat proses elektrolisis sehingga menyebabkan muatan elektron yang bereaksi lebih banyak maka arus yang dihasilkan akan semakin besar, hal ini mengakibatkan daya yang dihasilkan ikut besar.

## **2.6 Bahan Penyekat**

Bahan penyekat atau sering disebut dengan istilah isolasi adalah suatu bahan yang digunakan dengan tujuan agar dapat memisahkan bagian – bagian yang bertegangan atau bagian – bagian yang aktif. Sehingga untuk bahan penyekat ini perlu diperhatikan mengenai sifat – sifat dari bahan tersebut yang

meliputi : sifat listrik, sifat mekanis, sifat termal, ketahanan terhadap bahan kimia dan lain – lain.

Bahan penyekat digunakan untuk memisahkan bagian – bagian yang beregangan. Untuk itu pemakaian bahan penyekat perlu mempertimbangkan sifat kelistrikannya. Disamping itu juga perlu mempertimbangkan sifat – sifat bahan penyekat tersebut. Bahan penyekat listrik dapat dibagi atas beberapa kelas berdasarkan suhu kerja maksimum. Mike K, dan Suprpto (2013) Kanebo memiliki rejeksi ion yang cukup besar sehingga dapat digunakan sebagai penyekat antara katoda dan anoda agar gas hasil elektrolisis tidak bercampur sehingga jika dilakukan pembakaran tidak akan mengalami ledakan. sehingga penelitian ini digunakan bahan penyekat dari kelas Y yaitu Polivinil Asetal Komersil atau kanebo dengan kondisi oprerasi maksimum 90°C.

## 2.7 Arrestor

*Arrestor* adalah suatu komponen alat yang berfungsi sebagai upaya pengendalian yang bertujuan untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja seperti terjadinya ledakan akibat terjadinya *flashback fire* pada saat uji nyala pada alat prototype pembuatan hidrogen. Pemilihan bahan baku untuk pembuatan *flashback arrestor* ini harus memiliki sifat dapat meredam panas atau tahan api dan tidak mudah korosi dan juga harus memiliki sifat mengurangi terjadinya proses oksidasi. *Stainless steel wool*, serbuk tembaga, dan alumunium oxide adalah bahan baku pembuatan *arrestor*

*Stainless steel wool* mengandung sedikitnya 16% Chrom dan 6% Nikel. Kandungan kromium tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya korosi, kemudian *steel wool* ini dipakai dalam bentuk serbuk sebagai salah satu bahan pengisi *arrestor* yang berfungsi untuk meredam panas pada *arrestor* sehingga mencegah terjadinya *flashback fire* pada saat terjadinya nyala api pada *prototype* pembuatan hidrogen.

Serbuk tembaga banyak dipergunakan untuk berbagai aplikasi peredam karena serbuk tembaga ini memiliki sifat konduktivitas elektrik dan termal yang sangat baik dan memiliki sifat semi konduktor, dan serbuk tembaga ini juga

berfungsi sebagai mencegah terjadinya proses oksidasi dimana nantinya akan mengurangi suplay oksigen agar tidak terjadinya *flashback fire*.

Alumunium oxide senyawa kimia dari alumunium dan oksigen dan nama mineralnya adalah alumina. Alumunium oxide adalah insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik dan juga berperan dalam menghambat terjadinya korosi, dapat meredam panas dan alumunium oxide ini memiliki sifat serupa dengan serbuk tembaga dimana alumunium oxide ini berfungsi sebagai bahan baku pengisi arrestor yang mengurangi terjadinya proses oksidasi agar tidak terjadinya *flashback fire*.