

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

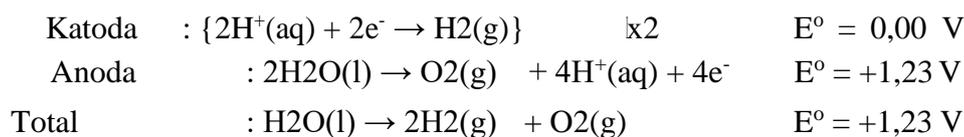
Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis oleh arus listrik. Elektrolisis memiliki perbedaan dengan sel volta, karena pada sel volta atau galvani reaksi oksidasi reduksi berlangsung dengan spontan, dan energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik, sedangkan elektrolisis merupakan reaksi kebalikan dari sel volta atau galvani yang potensial selnya negatif. Menurut Brady (1994) elektrolisis adalah suatu peristiwa yang terjadi ketika arus listrik dialirkan melalui senyawa ionik dan senyawa tersebut mengalami reaksi kimia.

Sel Elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi reduksi dan oksidasi yang diinginkan dan digunakan secara luas. Komponen terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan larutan elektrolit (Marwati, 2013). Salah satu bahan baku elektrolisis adalah air, elektrolisis air yang memiliki rumus kimia H_2O adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi unsur-unsur pembentuknya yaitu hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan menggunakan arus listrik. Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta, perbedaan antara sel elektrolisis dari sel volta adalah pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus. Lelehan atau larutan yang akan dielektrolisis, dan ditempatkan dalam suatu bejana yang disebut elektrolizer, selanjutnya elektroda dicelupkan ke dalam larutan maupun lelehan elektrolit yang ingin dielektrolisis. Elektroda yang digunakan umumnya merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt), dan Emas (Au) atau juga logam stainless steel yang paling sering digunakan karena kromium memiliki peran untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Reaksi reduksi berlangsung di katoda dengan kutub negatif sebagai sumber arus mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektron) yang mengakibatkan katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam sedangkan, pada anoda terjadi reaksi oksidasi

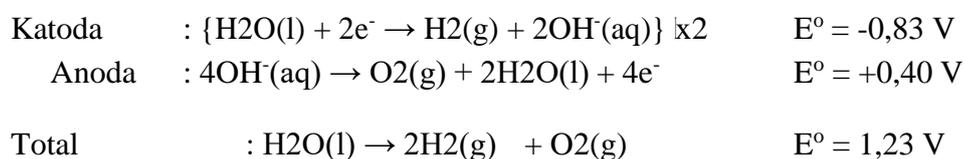
dengan kutub positif sebagai sumber arus tentunya mengarah pada anoda, anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas.

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.

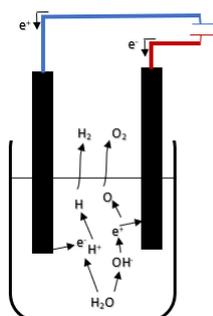
Elektrolit asam,



Elektrolit basa,



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan di suatu penampung. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen, proses elektrolisis ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1820. Proses pergerakan elektron pada elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.1



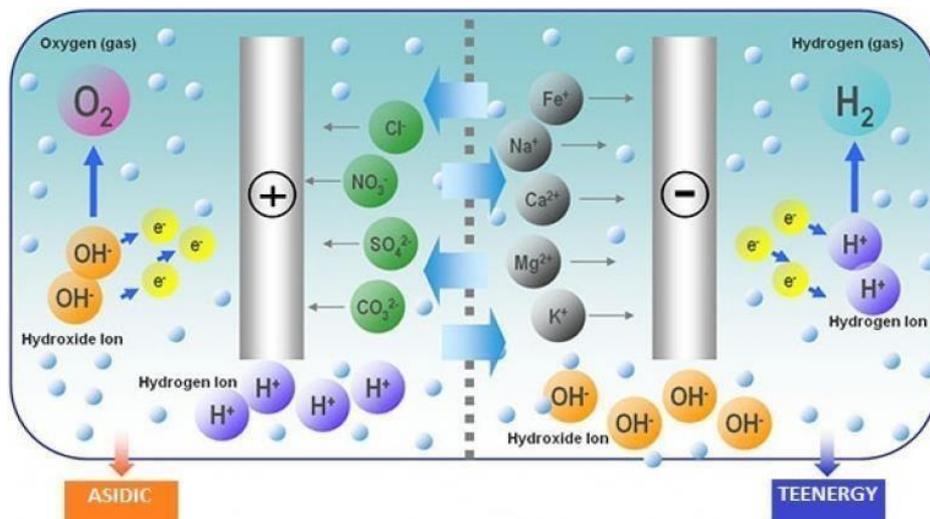
Gambar 2. 1 Pergerakan Elektron Pada Proses Elektrolisis

(sumber : Tjatur, dkk., 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 di 298 K dan satu

tekanan atmosfer dan nilai-nilai yang relevan yang diambil dari tabel sifat termodinamika.

Jumlah gas hidrogen yang diperoleh sebanyak 2 kali gas oksigennya, dan jumlah keduanya proporsional dengan energi listrik yang digunakan. Elektrolisis air murni berlangsung sangat lambat. Hal ini karena konduktivitas listrik air murni sangat rendah, yaitu sekitar 1/1.000.000 dari konduktivitas listrik air laut. Kecepatan elektrolisis air menjadi hidrogen dan oksigen dapat ditingkatkan secara nyata dengan penambahan zat-zat elektrolit yang berupa garam, asam, atau basa. Jika zat elektrolit ditambahkan ke dalam air, maka konduktivitas listrik larutan elektrolit tersebut meningkat dengan tajam.



Gambar 2.2 Proses Elektrolisis Pada Larutan Asam

(Sumber : Yusparanin, H. 2016)

Dari proses elektrolisis di atas dihasilkan gas HHO atau disebut juga oxyhydrogen atau Brown's Gas nama ini patenkan oleh Brown (1974) berdasarkan hasil penelitiannya yang mengelektrolisa air murni hingga menghasilkan gas HHO, dalam proses produksi brown's gas menggunakan elektroliser untuk memecah molekul air menjadi gas.

Elektrolisis terjadi dalam sel elektrolisis. Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi redoks yang diinginkan dan digunakan secara luas di dalam masyarakat kita. Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta. Yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta adalah, pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus

(umumnya baterai). Larutan atau lelehan yang ingin dielektrolisis, ditempatkan dalam suatu wadah. Selanjutnya elektroda dicelupkan ke dalam larutan maupun lelehan elektrolit yang ingin dielektrolisis. Elektroda yang digunakan umumnya merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt), dan Emas (Au).

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.

Menurut Sayuty (2011) Faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis antara lain penggunaan katalisator, luas permukaan tercelup, sifat bahan baku elektroda, konsentrasi pereaksi, dan besaran tegangan eksternal.

a. Penggunaan Katalis

Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat laju reaksi kimia yang pada akhir reaksi didapat dalam keadaan semula atau tidak bereaksi (Widjajanti, 2005). Pada elektrolisis air katalis digunakan untuk mempermudah atau mempercepat penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadinya penurunan energi pengaktifan.

Fungsi lain dari katalis adalah dapat menambah jumlah gas hidrogen yang diproduksi, katalis pada elektrolisis biasanya adalah larutan elektrolit kuat. Katalis elektrolit kuat yang memiliki pH asam atau basa kuat yang dapat memaksimalkan proses penguraian ikatan hidrogen dan oksigen di dalam air. Pada umumnya proses elektrolisis yang dilakukan untuk menghasilkan gas oksigen dan gas hidrogen menggunakan larutan alkali berupa larutan NaOH dan KOH, serta elektrolit asam kuat seperti H_2SO_4 . Larutan tersebut merupakan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik.

b. Luas Permukaan Tercelup

Semakin luas elektroda yang tercelup pada elektrolit maka semakin

mempermudah suatu elektrolit untuk melakukan *transfer* elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup dengan proses elektrolisis, jika sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit maka transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

c. Sifat Bahan Baku Elektroda

Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor, muatan-muatan bergerak akan berpindah, menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio rapat arus terhadap kuat medan listrik. Konduktivitas listrik dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Deret Volta

(sumber : Kemendikbud, 2015)

Semakin ke kanan maka semakin besar massa jenisnya suatu logam. Dalam hal ini logam *stainless steel* paling sering digunakan karena kromium memiliki peran untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam).

d. 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 hidrogen, hal ini dikarenakan dengan persentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit, sehingga transfer elektron dapat lebih cepat mengelektrolisis elektrolit.

e. Besaran Tegangan Eksternal

Semakin besar nilai tegangan yang diberikan, maka semakin besar pula laju reaksi, 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.

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 H₂, dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion O₂, oleh karena itu besarnya arus listrik yang diberikan berpengaruh terhadap proses elektrolisis.

Menurut (Saputra, 2016) Gas *Oxyhydrogen* yang dihasilkan mengalami kenaikan pada setiap kenaikan arus yang digunakan. Pada penelitiannya, gas *Oxyhydrogen* yang dihasilkan paling besar terdapat pada arus 15,9 ampere dan konsentrasi elektrolit sebesar 50 % yaitu dengan jumlah gas sebesar 0,330 L/menit, sedangkan produksi paling sedikit diperoleh pada arus sebesar 5,3 ampere dan konsentrasi elektrolit sebesar 10 % yaitu dengan jumlah 0,2 L/menit. Pada proses elektrolisis dengan elektrolit NaOH didapatkan volume adalah 0,9250 LPM pada 0,05 M larutan konsentrasi dalam 15 A, dan kromatografi analisis gas menunjukkan bahwa hidrogen rata konten dalam produk sampel adalah 65,432%; oksigen 33,106%; dan nitrogen 1,444% (Rusdianasari, dkk 2019). Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan variasi jenis katalis dan konsentrasi katalis serta suplai arus listrik untuk mengetahui kondisi optimal untuk menghasilkan gas hidrogen dari proses elektrolisis.

2.2 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 (H₂O merupakan molekul terkecil dengan Panjang ikatannya sekitar dua kali lebih panjang (0,74 = 0,074 nm).

Hidrogen sedikit ditemukan dalam wujud unsur bebasnya (dalam bentuk H_2), karena massanya yang sangat ringan sehingga sulit tertarik gravitasi bumi dan terlepas ke luar angkasa, tetapi hidrogen banyak ditemukan berikatan dengan unsur lainnya, salah satunya adalah berikatan dengan unsur oksigen didalam air (H_2O). Adapun karakteristik gas hidrogen dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Karakteristik Gas Hidrogen

Karakteristik	Keterangan
Kepadatan (15°C) 1 bar	0,085 kg/cm ³
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 ³
Konsentrasi ledakan campuran dengan udara	4,1% menjadi 75%
Konsentrasi ledakan campuran degan oksigen	4,5% menjadi 95%

(Sumber : Haynurnissa Yusparanin,2016)

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi 4% di udara bebas. Entalpi pembakaran gas hidrogen adalah -286 kJ/mol. Ketika bercampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan hidrogen meledak seketika jika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperatur 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).

Menurut (Suntoro, 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 adalah efek inverse dari Joule Thompson, api atau letikan api, difusi gas, kompresi adiabatic yang spontan, serta permukaan panas. Dengan letikan api

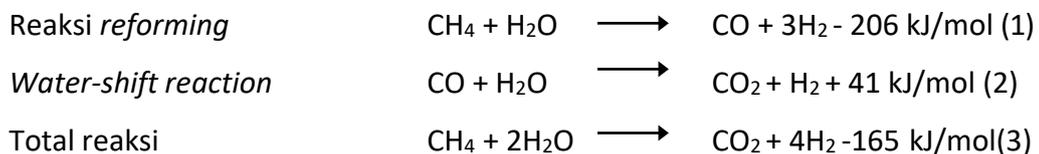
yang memiliki energi sebesar 20 kJ telah mampu membakar atau meledakkan gas hidrogen dengan sendirinya pada temperatur minimum 585°C, jika syarat campurannya terpenuhi.

Ada beberapa metode pembuatan gas hidrogen yang telah dikenal, antara lain *steam reforming*, gasifikasi biomassa, gasifikasi batubara, dan elektrolisis air (H₂O). Namun 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 pembuatan H₂ adalah biaya, kelayakan secara ekonomi, skala produksi, keamanan penyimpanan dan bahan baku serta yang terpenting adalah emisi yang dihasilkan. Berikut merupakan beberapa metode pembuatan gas hidrogen :

1. *Steam Reforming*

Proses komersial yang mendominasi produksi hidrogen saat ini adalah proses *steam reforming* gas alam. Untuk memproduksi hidrogen dibutuhkan energi guna melepaskan ikatan antara atom hidrogen dengan unsur lain. Energi tersebut dapat diperoleh dari sumber energi primer antara lain bahan bakar fosil dan energi panas nuklir. Namun, metode produksi ini sangat tergantung pada ketersediaan gas di alam serta limbah CO₂ sebagai efek rumah kaca.

Pada proses ini terjadi dua reaksi utama *steam reforming* gas alam. Pertama, reaksi *reforming* endotermis, terjadi pada temperatur tinggi. Reaksi kedua adalah *shift reaction*, merupakan reaksi eksotermis yang bertujuan untuk mengontrol kuantitas produk yang diinginkan. Total dari reaksi (1) dan (2) adalah reaksi (3), yang secara termodinamika merupakan reaksi endotermis.



Pada sistem konvensional, reaksi pembentukan hidrogen terjadi pada unit *reforming* pada kisaran temperatur 850 – 900°C, dan tekanan 2-3 MPa dengan katalisator berbasis nikel. Sejumlah desain dilengkapi dengan reaktor khusus untuk *water-shift reaction*, untuk memperkaya produk hidrogen sehingga menghasilkan hidrogen (H₂), Karbin dioksida (CO₂), dan karbon monoksida

(CO). Selanjutnya hasil reaksi tersebut memasuki proses pemisahan dimana hidrogen dan karbon dioksida dipisahkan dengan cara penyerapan karbon dioksida.

2. Gasifikasi Biomassa

Gasifikasi merupakan salah satu proses konversi termokimia bahan bakar padat diubah menjadi gas (gas producer) yang dapat dibakar secara langsung sebagai bahan bakar maupun digunakan sebagai bahan baku untuk produksi gas sintetik atau hidrogen. Gasifikasi biomassa merupakan proses termokimia yang kompleks yang meliputi sejumlah reaksi kimia elementer. Gasifikasi diawali dengan oksidasi parsial bahan bakar lignoselulosik dengan agen gasifikasi (misalnya udara, oksigen, uap air, atau CO₂). Kemudian, unsur volatil (volatile matter) akan dilepaskan ketika bahan bakar dipanaskan melalui oksidasi parsial dan menghasilkan produk-produk pembakaran H₂O dan CO₂. Air yang terkandung dalam biomassa akan menguap dan proses pirolisis berlanjut bilamana bahan tersebut terus dipanaskan. Penguraian termal dan oksidasi parsial gas-gas pirolisis terjadi pada suhu yang lebih tinggi dan menghasilkan CO, H₂, CO₂, CH₄, H₂O, gas hidrokarbon lainnya, tar, arang, unsur anorganik, dan abu. Gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi umumnya berupa CO, H₂, CO₂, CH₄, H₂O, dan N₂. Selain itu, dalam gasifikasi juga akan dihasilkan bahan organik (tar) dan bahan anorganik (H₂S, HCl, NH₃, logam-logam alkali) serta partikel.

Komposisi dari gas-gas hasil gasifikasi tergantung dari jenis dan komposisi umpan serta parameter operasi gasifikasi, seperti suhu, tekanan, dan agen gasifikasi (gasifying agent). Jika pada metode *steam reforming* menggunakan gas-gas yang telah disediakan oleh alam, pada metode ini gas tersebut terlebih dahulu dihasilkan melalui proses gasifikasi bahan-bahan alam seperti jerami, kotoran sapi dan sebagainya. Pada metode ini terlebih dahulu bahan alam tersebut dipanaskan pada suhu tinggi pada sebuah reaktor (950-1000 °C) hingga menghasilkan gas campuran yang terdiri dari hidrogen, karbon monoksida, dan metana.

Seperti proses pada *steam reforming*, metana hasil gasifikasi ini kemudian dipisahkan dari hidrogen dengan mereaksikannya dengan *steam* dan selanjutnya

dipisahkan antara hidrogen dan karbon dioksida dan karbon monoksida. Keuntungan dari metode ini bahan baku gas metana tidak tergantung pada ketersediaan gas alam melainkan ketersediaan biomassa yang melimpah di alam selain itu biaya produksi relatif lebih murah.

3. Gasifikasi Batubara

Gasifikasi batubara adalah proses untuk mengkonversi batubara yang berwujud padat menjadi campuran gas yang memiliki nilai bakar. Pada proses gasifikasi digunakan pereaksi udara, O_2 , CO_2 atau campuran dari gas tersebut. Gas produk gasifikasi memiliki komponen utama H_2 , CO dan CO_2 . Berdasarkan jenis reaksi yang digunakan maka produk gas yang dihasilkan gasifikasi batubara dikelompokkan menjadi dua yaitu gas berkalori rendah ($4-7 \text{ MJ/Nm}^3$) dan gas kalori menengah ($10-18 \text{ MJ/Nm}^3$) yang sering disebut gas sintesis atau *syngas*.

Penggunaan pereaksi udara akan menghasilkan produk gas kalori rendah dan mengandung pengotor N_2 sekitar 50% yang berasal dari udara. Penggunaan pereaksi oksigen, CO_2 atau campuran dari gas tersebut akan menghasilkan *syngas*. Gas sintesis merupakan campuran gas H_2 dan CO yang digunakan sebagai bahan baku untuk sintesa beberapa bahan kimia. Penggunaan pereaksi O_2 akan menghasilkan reaksi eksotermal, sedangkan penggunaan pereaksi H_2O dan CO_2 akan menghasilkan reaksi endotermal. Pada metode ini proses yang dilalui sama persis seperti metode gasifikasi biomassa. Hanya saja bahan baku batu bara yang menjadi pembeda pada proses ini. Metode ini merupakan metode pembuatan gas hidrogen tertua. Selain itu polusi yang diproduksi serta biaya yang dikeluarkan dapat mencapai dua kali lipat biaya pada *steam reforming*.

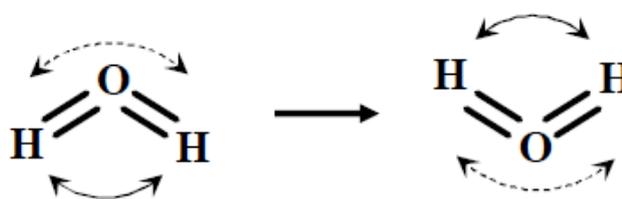
4. Elektrolisis Air

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses elektrolisis memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda melalui larutan elektrolit tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H^+ dan OH^- mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Menurut Rusdianasari (2018)

hidrogen yang dihasilkan pada reaksi elektrolisis ini berpotensi menghasilkan *zero emission*

2.3 Air

Air adalah ikatan dari satu molekul oksigen dan dua molekul hidrogen yang berbeda muatan yang saling tarik-menarik dan juga tolak- menolak sekaligus, ikatan tersebut yakni 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.



Gambar 2. 4 Gaya Tarik Menarik pada Molekul Air

Sumber: Hamdan, 2009

Gerakan menarik dan menolak itu kemudian membentuk pola gerakan mengepak seperti sayap burung yang sedang terbang. Oleh gerakan ini kemudian bergerak secara kontinyu dan massal dalam kumpulan ikatan besar berupa air. Ketika air diberi perlakuan panas maka yang terjadi adalah makin panas suhunya maka makin cepat gerakan molekul-molekul di dalamnya hingga pada suhu tertentu air tersebut kemudian lepas dan membentuk ikatan yang kecil berupa uap air. Bila air mengalami gangguan baik itu berupa pemberian panas, pancaran gelombang elektromagnetik, maupun beda potensial maka molekul- molekul penyusun di dalamnya akan mengalami perubahan gerak. Oleh sebab itu air disebut sebagai cairan elektrolit.

Bila air diberi perlakuan panas maka yang terjadi adalah makin panas suhunya maka makin cepat gerakan molekul-molekul di dalamnya hingga pada suhu tertentu air tersebut kemudian lepas dan membentuk ikatan yang kecil berupa uap air. Kualitas dan kuantitas hasil uap dari perlakuan panas tersebut juga dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas air tersebut. Keadaan air yang berbentuk cair merupakan suatu keadaan yang tidak umum dalam kondisi normal, terlebih lagi dengan memperhatikan hubungan antara hidrida - hidrida lain yang mirip dalam kolom oksigen pada tabel periodik, yang mengisyaratkan bahwa air

seharusnya berbentuk gas, sebagaimana hidrogen sulfida. Dengan memperhatikan tabel periodik, terlihat bahwa unsur-unsur yang mengelilingi oksigen adalah nitrogen, fluor, dan fosfor, sulfur dan klor. Semua elemen-elemen ini apabila berikatan dengan hidrogen akan menghasilkan gas pada temperatur dan tekanan normal. Alasan mengapa hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk fase berkeadaan cair, adalah karena oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor).

Tarikan atom oksigen pada elektron-elektron ikatan jauh lebih kuat dari pada yang dilakukan oleh atom hidrogen, meninggalkan jumlah muatan positif pada kedua atom hidrogen, dan jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki sejumlah momen dipol. Gaya tarik-menarik listrik antar molekul- molekul air akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan, membuatnya sulit untuk dipisahkan dan yang pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut sebagai ikatan hidrogen. Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-).

Elektrolit adalah suatu zat atau senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar, larut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Pada proses elektrolisis biasanya elektrolit merupakan larutan atau lelehan antara bahan baku yang telah dicampur dengan katalis, elektrolit bisa berupa air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya bersifat 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.

1. Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang banyak menghasilkan ion-ion karena terurai sempurna, maka harga derajat ionisasi (α) = 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. 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.

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 dan larutan asam kuat. Larutan alkali yang umum digunakan adalah larutan NaOH dan KOH. Larutan tersebut merupakan elektrolit kuat yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Pada penelitian elektrolit dibuat dengan mencampurkan katalis NaOH dan H₂SO₄ dengan berbagai variasi konsentrasi dengan air laut

1. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida atau NaOH adalah putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50 %, bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas, sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Larutan NaOH (natrium hidroksida) adalah larutan bersifat basa yang tersusun atas logam natrium dan senyawa hidroksida. larutan NaOH biasanya digunakan dalam titrasi dan reaksi kesetimbangan, selain itu juga dapat digunakan sebagai penghantar arus listrik dalam elektro kimia. Wahyono, dkk., (2017) telah melakukan penelitian dengan elektrolisis air dengan katalis elektrolit NaOH didapatkan produksi gas hidrogen konsentrasi tertinggi pada elektrolisis laut dengan pemabahan NaOH pada

tegangan 12 volt dan gas hidrogen sebesar 45000 ppm. Pada penelitian Bachri, (2009) volume gas yang dihasilkan dengan penambahan katalis NaOH adalah 3,9 mL pada penambahan 1 mL NaOH, 7,95 mL pada penambahan 2 mL NaOH, dan 12,8 mL pada penambahan 3 mL NaOH dengan volume air 25 ml. berdasarkan penelitian terdahulu pada penelitian ini digunakan Natrium hidroksida (NaOH) yang merupakan basa kuat, dan juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida. Natrium hidroksida adalah sejenis basa logam kaustik yang terbentuk dari oksida basa yaitu natrium oksida yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air, serta digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen.

2. Asam Sulfat

Asam sulfat merupakan asam mineral yang kuat, asam sulfat bersifat larut dalam air dalam seluruh perbandingan yang memiliki rumus kimia H_2SO_4 , larutan asam sulfat merupakan salah satu elektrolit kuat yang dapat terionisasi sempurna. Pada proses elektrolisis asam sulfat digunakan sebagai katalis yang digunakan untuk mempercepat laju reaksi, Ma'ruf, dkk., (2018) menyatakan semakin besar konsentrasi asam sulfat maka akan terjadi kenaikan kalor yang diikuti dengan kenaikan arus listrik yang digunakan.

2.4 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, 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. 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, 1994). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda sehingga jumlah elektronnya berkurang atau bilangan oksidasinya bertambah.

2.4.1. Jenis-Jenis Elektroda

Berdasarkan jenisnya elektroda dibagi menjadi empat bagian diantaranya yaitu:

1. Elektroda order pertama

Pada elektroda ini ion analit berpartisipasi langsung dengan logamnya dalam suatu reaksi paruh yang dapat dibalik. Beberapa logam seperti Ag, Hg, Cu, dan Pb dapat bertindak sebagai elektroda indikator bila bersentuhan dengan ion mereka. Pada reaksi sebelumnya, potensial sel berubah ubah menurut besarnya aktivitas ion perak (Ag^+). Sesuai dengan persamaan.

2. Elektroda order kedua

Ion-ion dalam larutan tidak bertukar elektron dengan elektroda logam secara langsung, melainkan konsentrasi ion logam yang bertukar elektron dengan permukaan logam. Elektroda ini bekerja sebagai elektroda referensi tetapi memberikan respon ketika suatu elektroda indikator berubah nilai a_x -nya (misalkan KCl jenuh berarti $x = \text{Cl}$).

3. Elektroda Order Ketiga

Elektroda jenis ini dipergunakan sebagai elektroda indikator dalam titrasi EDTA potensiometrik dari 29 ion logam. Elektrodanya sendiri berupa suatu tetesesan atau genangan kecil raksa dalam suatu cangkir pada ujung tabung-J dengan suatu kawat sirkuit luar.

4. Elektroda *Inert*

Elektroda *Inert* merupakan elektroda yang tidak masuk ke dalam reaksi. Contohnya adalah platina (Pt), emas (Aurum/Au), dan karbon (C). Elektroda ini bekerja baik sebagai elektroda indikator. Fungsi logam Pt adalah membangkitkan kecenderungan sistem tersebut dalam mengambil atau melepaskan elektron, sedangkan logam itu tidak ikut secara nyata dalam reaksi redoks.

2.4.2. Baja Tahan karat

Baja tahan karat atau yang lebih dikenal dengan *stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% - 30% kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). Ada berbagai macam jenis dari *stainless Steel*., jika *stainless Steel* ditambahkan nikel sebagai campuran, maka

stainless steel akan berkurang kegetasannya pada suhu rendah. Apabila diinginkan sifat mekanik yang lebih kuat dan keras, maka dibutuhkan penambahan karbon. Sejumlah unsur mangan juga telah digunakan sebagai campuran dalam *stainless steel*. Stainless steel juga dapat dibedakan berdasarkan struktur kristalnya menjadi: *austenitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *martensitic stainless steel*, *precipitation-hardening stainless steel*, dan *duplex stainless steel*.

Pada penelitian ini *Stainless Steel* adalah jenis *duplex stainless steel* sebagai elektroda. *Duplex stainless steel* merupakan jenis *stainless steel* yang mengandung unsur *chromium*, *nikel*, *molibdenum*, dan nitrogen pada kadar seimbang. Bahan ini cocok untuk digunakan pada suhu serendah -50°C hingga $+300^{\circ}\text{C}$. Bentuk elektroda yang digunakan berbentuk pipa dan diharapkan dapat menghantarkan listrik semakin besar sehingga suplai arus listrik dapat bekerja dengan baik. Bentuk Elektroda *duplex stainless steel* yang akan digunakan pada proses elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Pipa Baja Tahan Karat

(Sumber : indonesian.alibaba.com, 2020)

Keunggulan *Duplex* yang tidak dimiliki oleh kelompok yang lain adalah ketahanannya terhadap korosi, tahan jika kontak dengan Cl (Klorida), dan memiliki kekuatan tarik yang tinggi. Selain itu, kelebihan *Duplex* adalah tahan karat jika dibandingkan jenis *stainless steel* lainnya. *Duplex* paling tahan terhadap korosi. Sehingga material ini cocok untuk penggunaan sebagai elektroda pada proses elektrolisis menggunakan air laut dan katalis NaOH serta H_2SO_4 atau lingkungan yang mudah membuat korosi.

2.5 Salinitas

Edward Jannert (dalam Kordi dan Tancung 2007:66) 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 $^0/_{00}$ (*parts per thousand*). Oleh karena itu, suatu sampel air laut yang seberat 1000 gram yang mengandung 35 gram senyawa-senyawa terlarut mempunyai salinitas $35^0/_{00}$. 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 ionion (99.99%). Ion-ion yang terkandung di dalam air laut didominasi oleh ion-ion seperti klorida, karbonat, sulfat, natrium, kalium dan magnesium. Pada umumnya air laut mempunyai nilai pH lebih besar dari 7 yang cenderung bersifat basa, namun dalam kondisi tertentu nilainya dapat menjadi lebih rendah dari 7 sehingga menjadi bersifat asam. 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 dapat dilihat pada Tabel.2.2 berikut.

Tabel 2.2 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). Tabel 4, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt.

Tabel 2.3 Komposisi Air Laut pada Salinitas 35‰

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

(Sumber : Riley and Skirrow, 1975)

Tabel 2.4 Komposisi Air Laut pada Massa Jenis 1,0258 kg/liter.

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

(Sumber : Riley and Skirrow, 1975)

2.6 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 (2x10⁻⁶ 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 700 skala 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.

rumus yang digunakan adalah (Alfian, dkk. 2018):

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

dengan :

EC = Konduktivitas Listrik

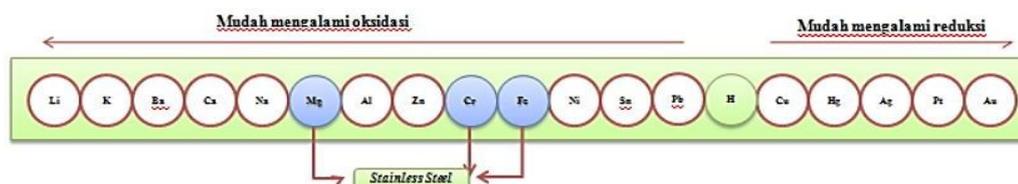
ppm = Jumlah nilai TDS

500 = Jumlah total zat garam terlarut (NaCl)

2.7. *Stainless Steel*

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. Berikut adalah komposisi stainless steel yang dapat dilihat pada Gambar 2.6

Gambar 2.6 komposisi stainless steel



Stainless steel merupakan salah satu jenis logam ferro dari klasifikasi logam baja ($Fe+C = Fe_3C$) 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

Setiap kelompok *stainless steel* terbagi lagi menjadi beberapa tipe dengan persentase dan kandungan unsur paduan yang berbeda-beda, sebagaimana dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut ini.

AISI* Type	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	Other	REMARKS
201	16-18	3.5-5.5	.15 max	5.5-7.5	1 max	.06 max	.03 max	N .25 max	Low-nickel Equivalent of Type 301
202	17-19	4-6	.15 max	7.5-10	1 max	.06 max	.03 max	N .25 max	Low-nickel Equivalent of Type 302
301	16-18	6-8	.15 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		High Work-hardening
302	17-19	8-10	.15 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		General-Purpose "18-8"
302B	17-19	8-10	.15 max	2 max	2-3	.045 max	.03 max		More Scaling Resistance than Type 302
303	17-19	8-10	.15 max	2 max	1 max	.2 max	.15 min	.6 Mo or .6 Zr optional Se .15 min	Free Machining "18-8"—Heavy Cuts
303Se	17-19	8-10	.15 max	2 max	1 max	.2 max	.06 max		Free Machining "18-8"—Light Cuts
304	18-20	8-12	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		Low-Carbon—For Welding
304L	18-20	8-12	.03 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		Lower-Carbon—For Welding
305	17-19	10-13	.12 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		Lower Work-hardening Rate
308	19-21	10-12	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		Welding Rod—For Ductility
309	22-24	12-15	.2 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		High-temp Strength and Scaling Resistance
309S	22-24	12-15	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max		Low-Carbon Type 309—For Welding
310	24-26	19-22	.25 max	2 max	1.5 max	.045 max	.03 max		Better High-temp Strength and Scaling Res.
310S	24-26	19-22	.08 max	2 max	1.5 max	.045 max	.03 max		Low-Carbon Type 310—For Welding
314	23-26	19-22	.25 max	2 max	1.5-3	.045 max	.03 max		Most Scaling Resistant
316	16-18	10-14	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Mo 2-3	Increased Corrosion Resistance
316L	16-18	10-14	.03 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Mo 2-3	Low-carbon Type 316—For Welding
317	18-20	11-15	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Mo 3-4	More Corrosion Resistance than Type 316
321	17-19	9-12	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Ti 5xC min	Stabilized Against Carbide Precipitation
347	17-19	9-13	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Cb + Ta 10XC min	Stabilized Against Carbide Precipitation
348	17-19	9-13	.08 max	2 max	1 max	.045 max	.03 max	Cb + Ta 10XC min but Ta .1 max	Stabilized Against Carbide Precipitation
403	11.5-13	—	.15 max	1 max	.5 max	.04 max	.03 max		Like Type 410—"Turbine Quality"
405	11.5-14.5	—	.08 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Al .1-.3	Reduced Heat-treat-hardenableity
410	11.5-13.5	—	.15 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max		General-Purpose "12 Cr"
414	11.5-13.5	1.25-2.5	.15 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max		Better Strength than Type 410
416	12-14	—	.15 max	1.25 max	1 max	.06 max	.15 min	.6 Mo or .6 Zr optional Se .15 min	Free Machining "12 Cr"—Heavy Cuts
416Se	12-14	—	.15 max	1.25 max	1 max	.06 max	.06 max		Free Machining "12 Cr"—Light Cuts
420	12-14	—	over .15	1 max	1 max	.04 max	.03 max		Like Type 410—For Higher Hardness
430	14-18	—	.12 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max		General-Purpose "17 Cr"
430F	14-18	—	.12 max	1.25 max	1 max	.06 max	.15 min	.6 Mo or .6 Zr optional Se .15 min	Free Machining "17 Cr"—Heavy Cuts
430F Se	14-18	—	.12 max	1.25 max	1 max	.06 max	.06 max		Free Machining "17 Cr"—Light Cuts
431	15-17	1.25-2.5	.2 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max		Hardenable—High Impact Strength
440A	16-18	—	.6-.75	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Mo .75 max	Higher Hardness than Type 420
440B	16-18	—	.75-.95	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Mo .75 max	Higher Hardness than Type 440A
440C	16-18	—	.95-1.2	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Mo .75 max	Higher Hardness than Type 440B
446	23-27	—	.2 max	1.5 max	1 max	.04 max	.03 max	N .25 max	Scaling Resistance at Elev Temp
501	4-6	—	over .10	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Mo 0.40-0.65	Heat Resistant, Good Mechanical Properties at Elev Temp
502	4-6	—	.10 max	1 max	1 max	.04 max	.03 max	Mo 0.40-0.65	When Annealed, Greater Ductility, Lower Tensile Strength than Type 501

(Sumber : <https://www.caesarvery.com/2017/02/macam-macam-stainless-steel-ss.html>)

2.7.1. Kelompok Stainless Steel Austenitic

Austenitic memiliki kandungan chrome pada kisaran 17% – 25% dan Nikel pada kisaran 8 – 20% dan beberapa unsur / elemen tambahan dalam upaya mencapai sifat yang di inginkan. Baja tahan karat kelompok ini adalah non magnetic. Pada kelompok atau klasifikasi austenitic di bagi dalam beberapa tipe yang antara lain adalah:

a. Tipe 304

Tipe ini dibuat dengan bahan dan pertimbangan ekonomis, sangat baik untuk lingkungan tercemar dan di air tawar namun tidak di anjurkan pemakaiannya.

b. Tipe 321

Merupakan variasi dari type 304 namun dengan penambahan titanium dan carbon secara proporsional. Lumayan baik untuk pengerjaan suhu tinggi.

c. Tipe 347

Mirip dengan type 321 tetapi dengan penambahan niobium (bukan titanium). Tipe 316 Pada tipe ini ada penambahan unsur molibdenum 2% – 3% sehingga memberikan perlindungan terhadap korosi, baik di gunakan pada peralatan yang berhubungan dengan air laut. Penambahan nikel sebesar 12% tetap mempertahankan struktur austenitic

d. Tipe 316

Stainless Steel 316 mempunyai komposisi *nikel* sebesar 10%, *kromium* 16%, dan 20% *molybdenum*. *Molybdenum* adalah elemen kimia yang digunakan untuk menguatkan dan mengeraskan baja. Kandungan zat tersebut menjadikan Stainless Steel jenis ini lebih tahan terhadap korosi daripada tipe terdekatnya yaitu Stainless Steel 304. Fungsi utama Stainless 316 adalah melawan karat yang diakibatkan oleh klorida. Kemampuannya dalam menahan korosi. Dalam pemakaiannya pun Stainless 316 memiliki ketahanan lebih lama. Stainless Steel 316 biasanya digunakan pada industri kelautan karena sifatnya yang tahan karat yang disebabkan oleh air garam. Di samping itu, 316 juga diaplikasikan pada pemrosesan bahan kimia, alat-alat penyulingan, alat penyimpanan, dan alat kesehatan. Selain itu, stainless steel 316 umumnya digunakan pada instalasi operasi kilang minyak dan gas di lepas pantai dalam bentuk pipa injeksi. Hal ini karena sifatnya yang tahan karat, kuat, dan dapat

digunakan dalam waktu yang lama.

e. Moly

Lebih dikenal dengan istilah UNS S31254, merupakan jenis yang memiliki ketahanan tinggi terhadap air laut karena tingginya kadar chromium dan molibdenum.

f. L Grade

Memiliki kandungan carbon rendah (316L) dibatasi antara 0,03% – 0,035%, hal ini akan menyebabkan pengurangan kekuatan tarik.

2.7.2. 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_x-No_x dari motor diesel menggunakan elektroda stainless steel dan berhasil mendapatkan arus yang besar serta gas yang stabil dengan larutan elektrolit.

Penggunaan bahan *Stainless Steel* pada alat 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 yaitu austenitik 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 cm², dengan luas yang

sama distribusi pereaksi di permukaan juga sama.

Berdasarkan penelitian Wahyono & 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.