

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.

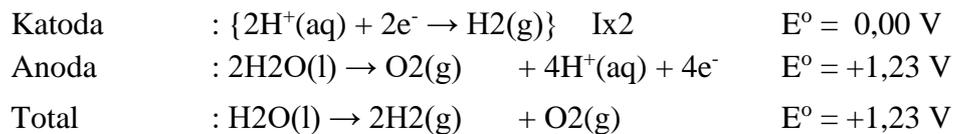
Sel Elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi reduksi dan oksidasi yang diinginkan dan digunakan secara luas. Komponen terpenting dari proses elektrolisis adalah elektroda dan larutan elektrolit (Marwati, 2013). Salah satu bahan baku elektrolisis adalah air, elektrolisis 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 mengakitnya katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan

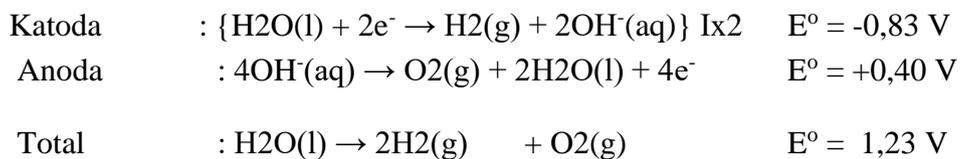
tereduksi menjadi endapan logam sedangkan, pada anoda terjadi reaksi oksidasi dengan kutub positif sebagai sumber arus tentunya mengarah pada anoda, anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas.

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,

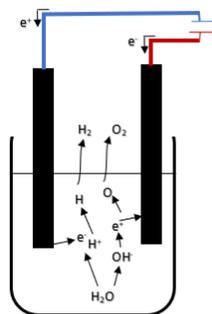


Elektrolit basa,



(Wardi, 2016)

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
(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.

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 luas 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 2.2



Gambar 2. 2 Deret Volta
(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 H_2 , dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion O_2 , 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 (H_2) merupakan molekul terkecil dengan Panjang ikatannya sekitar dua kali lebih panjang ($0,74 \text{ \AA} = 0,074 \text{ nm}$).

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 (H₂O). 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%

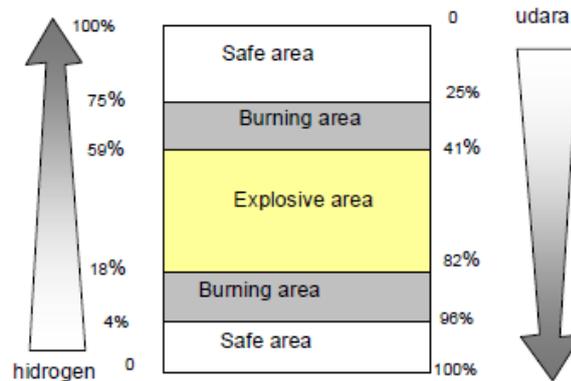
(Yusparani, 2016)

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:



(Wardi, 2016)

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) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Karakteristik Campuran Gas Hidrogen dan Oksigen (% Volume)

(Suntoro, 2012)

Komposisi campuran volume yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dapat terbentuk jika terjadinya proses pelepasan gas hidrogen ke udara. 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 Gambar 2.3 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 (H_2O). 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 H_2 adalah biaya, kelayakan secara ekonomi, skala produksi, keamanan penyimpanan dan bahan baku serta yang terpenting adalah emisi yang dihasilkan.

2.3 Air Laut

Air yang memiliki rumus kimia H_2O adalah substansi kimia yang tersusun dari dua atom hidrogen yang berikatan kovalen dengan satu atom oksigen. Pada kondisi standar air pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K ($0^\circ C$) memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Air laut adalah air yang berasa asin yang memiliki kadar garam rata-rata sebesar 3,5%, dengan kandungan berupa 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam, gas terlarut, bahan organik serta partikel tak terlarut. Kandungan garam di setiap laut berbeda kandungannya, hal ini disebabkan karena bumi dipenuhi dengan garam mineral seperti natrium, kalium, kalsium, dan lain-lain yang terdapat di dalam batuan-batuan dan tanah yang berbeda.

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. Nilai pH suatu perairan bergantung terhadap jumlah organisme akuatik yang mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi, tergantung pada suhu air laut, konsentrasi oksigen terlarut dan adanya anion dan kation (M. Simanjuntak, 2009). Nilai pH dalam suatu perairan berkisar antara 4 – 9, sedangkan di daerah bakau, nilai pH dapat menjadi lebih rendah disebabkan kandungan bahan organik yang tinggi. Air laut memiliki sebaran temperatur dan kadar garam (salinitas) relatif homogen dengan kisaran beragam yang dipengaruhi kedalaman dan nilai kecerahan yang seragam.

2.4 Elektrolit

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 dan air laut 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 peneltian 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 terioniasi 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.

2.5 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor,

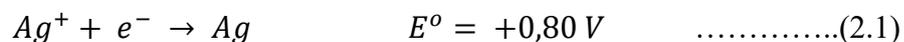
elektrolit atau vakum). Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Rivai,1995). Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda. Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda 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.

2.5.1. Jenis-Jenis Elektroda

Berdasarkan jenisnya elektroda dibagi menjadi beberapa 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 $x = Cl$).

3. Elektroda Order Ketiga

Elektroda jenis ini dipergunakan sebagai elektroda indikator dalam titrasi 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 indicator. Fungsi logam Pt adalah membangkitkan kecendrungan sistem tersebut dalam mengambil atau melepaskan elektron, sedangkan logam itu tidak ikut secara nyata dalam reaksi redoks.

2.5.2. 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 2.4



Gambar 2.4 Pipa Baja Tahan Karat
(*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 H₂SO₄ atau lingkungan yang mudah membuat korosi.