

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Penelitian yang dijadikan bahan perbandingan tidak lepas dari topik pengolahan air dengan metode elektrolisis.

1. Penelitian Kawaroe, Budi dan Zakir (2016), Pengaruh Zeolit alam dalam elektrolisis air laut untuk menghasilkan gas hidrogen. Proses elektrolisis dengan variasi massa Zeolit alam (50g, 100g dan 200g), variasi tegangan (5V, 10V, dan 20V) dan variasi salinitas air laut (5%, 20%, dan 35%). Elektrolit yang digunakan adalah air laut dan elektroda yang digunakan adalah emas sebagai anoda yang akan dialiri arus bermuatan positif dan tembaga sebagai katoda yang bermuatan negatif. Hasil penelitian terlihat bahwa salinitas air laut dan massa zeolit alam mempengaruhi arus yang terbentuk dan waktu pembentukan gas hidrogen. Semakin besar salinitas dan semakin banyak massa zeolit alam yang diberikan, maka semakin kecil arus yang terbentuk dan semakin cepat pembentukan gas hidrogen. Pembentukan gas hidrogen tercepat yaitu dengan salinitas 35‰ dengan waktu 228 detik dan presentasi penghematan optimal dari arus yang dihasilkan yaitu pada salinitas 20‰ dengan nilai 52,12%.
2. Penelitian Siregar, Budi dan Zakir (2016), Pengaruh karbon dalam elektrolisis air laut untuk menghasilkan gas hidrogen. Air laut akan divariasikan salinitasnya yaitu $\pm 5\%$, $= 20\%$, $= 35\%$, dan massa karbon aktif juga akan divariasikan yaitu 50g, 100g, dan 200g. Kemudian dilakukan perbandingan arus listrik yang digunakan terhadap elektrolisis tanpa karbon aktif dan menggunakan karbon aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif dalam proses elektrolisis air laut dapat menurunkan jumlah arus listrik yang digunakan dengan persentase

penghematan yaitu sebanyak 8,61% untuk salinitas $\pm 5\text{‰}$, 47,35% untuk salinitas $\pm 20\text{‰}$ dan sebanyak 38,05% untuk salinitas = 35‰.

3. Penelitian Hamid, Purwono dan Oktiawan (2017), Penggunaan metode elektrolisis dengan variasi tegangan listrik dan waktu elektrolisis dalam penurunan konsentrasi TSS dan COD pada pengolahan air limbah domestik. Pada penelitian ini, elektrolisis air limbah memakai variasi tegangan listrik sebesar 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt serta variasi pada waktu 75 menit, 90 menit, 105 menit, 120 menit, dan 135 menit. Penelitian ini memberikan hasil sampel uji air limbah domestik dengan variasi tegangan 12 volt dan variasi waktu 135 menit memiliki persentasi removal atau penurunan konsentrasi terbaik terhadap parameter TSS dan COD. Hasil yang terlihat pada parameter TSS mengalami penurunan konsentrasi dari 154 mg/l menjadi 87 mg/l dimana nilai efisiensi penyisihannya 44%. Sedangkan parameter COD juga mengalami penurunan konsentrasi dari 192,96 mg/l berubah menjadi 85,92 mg/l dan nilai efisiensi penyisihan pada 55%.
4. Penelitian Saputra Trisman (2016), *Prototype Oxyhydrogen Fuel Generator* (Pengaruh suplai arus listrik dalam produksi gas oxyhydrogen dengan metode elektrolisis menggunakan larutan natrium khlorida sebagai elektrolit. *Prototype Oxyhydrogen Fuel Generator*. Tujuan pembuatan alat ini adalah untuk menghasilkan gas *Oxyhydrogen* yang bisa digunakan sebagai bahan bakar. Variasi Arus dan konsentrasi elektrolit digunakan sebagai variabel tak tetap untuk menghitung seberapa besar energi yang digunakan dan efisiensi dalam proses elektrolisis. Dari hasil pengamatan, gas *Oxyhydrogen* yang dihasilkan meningkat seiring dengan besarnya arus listrik yang disuplai, produksi gas *Oxyhydrogen* tertinggi didapat pada arus 15,9 ampere dan konsentrasi larutan elektrolit sebesar 50 %, kemudian produksi paling rendah terjadi pada saat konsentrasi larutan sebesar 10 % dan kuat arus listrik sebesar 5,3 ampere. Dari penelitian ini dapat dipahami bahwa besarnya arus listrik pada penelitian berbanding lurus dengan tingginya hasil kuantitas gas, selain itu konsentrasi elektrolit juga sangat berpengaruh untuk mempercepat reaksi elektrolisis.

5. Penelitian Sugiarto B (2016), Pengaruh konsentrasi larutan KOH terhadap jumlah gas hydrogen yang dihasilkan pada prototype water elektrolyzer. Proses elektrolisa memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen, salah satunya adalah dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda. Reaksi elektrolisis tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik. Dalam penelitian ini telah dibuat suatu *Prototype Water Electrolyzer*. Air dan elektrolit Kalium Hidroksida yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 6 liter dengan variable proses berupa variabel berubah yaitu variasi konsentrasi elektrolit di dalam larutan. Produksi gas hidrogen yang optimum pada massa KOH 25 gram dengan jumlah gas sebanyak 8,56 liter serta efisiensi alat sebesar 82,08 %.

2.1.2. Keaslian penelitian

Berbagai penelitian terdahulu yang dipaparkan diatas sepanjang pengamatan peneliti, penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian terdahulu dilihat dari sisi sistem penelitiannya, juga dari obyek atau unit analisis yang digunakan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan sistem reaktor elektrolit air hujan dan air sumur, dengan menggunakan dua wadah terpisah antara kutub katoda dan anoda, sehingga hasil pH air dan TDS terpisah untuk kedua wadah tersebut.

Penelitian ini menggunakan unit analisis berupa air tawar yang berasal dari air hujan dan air sumur yang memiliki karakteristik berbeda dengan zat cair lainnya. Pada penelitian menggunakan aliran listrik untuk memisahkan unsur gas hidrogen dan oksigen, yaitu unsur H_2 dan O_2 , yang pada dasarnya akan merubah PH air dan TDS air. Penelitian ini dilakukan untuk kepentingan memperoleh air bersih yang dapat diminum, menghasilkan air bersih yang sesuai peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Air Bersih

Terdapat ikatan 3 molekul yang berbeda muatan pada air, dimana setiap molekul akan saling tolak-menolak sekaligus juga tarik-menarik. Molekul-molekul ini adalah 2 molekul H yang bermuatan positif dan sebuah molekul O yang bermuatan negatif. Pada molekul O akan menarik kedua molekul H, tapi

bersamaan itu tolak-menolak juga terjadi akibat 2 molekul H yang ditarik tersebut mempunyai nilai muatan yang sama.



Gambar 2.2 Gaya Tarik-Menarik Pada Molekul Air.

Air merupakan zat pelarut yang penting untuk makhluk hidup dan bagian terpenting dalam proses metabolisme tubuh, ataupun proses fotosintesis dan respirasi. Tubuh manusia mempunyai kadar air yang tinggi, yang mana 55% - 78% dari tubuh merupakan air, dan angka tepatnya tergantung ukuran tubuh setiap orang. Dan untuk menjaga fungsi tubuh manusia berjalan dengan baik dan kadar air tersebut selalu terpenuhi, maka tubuh manusia membutuhkan antara satu sampai tujuh liter air setiap hari untuk menghindari dehidrasi.

Air bersih merupakan salah satu sumber daya berbasis air yang bermutu baik yang pada umumnya dimanfaatkan oleh manusia ataupun makhluk hidup lainnya untuk dikonsumsi atau melakukan aktifitas sehari-hari, termasuk diantaranya sanitasi. Karena air bersih juga digunakan untuk dikonsumsi, maka air bersih mempunyai syarat-syarat tertentu, dimana secara umum meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif. Walaupun sering dijumpai air yang bersumber dari alam dapat diminum secara langsung, tapi tetap saja terdapat resiko bahwa air tersebut tercemar dengan bakteri ataupun bahan-bahan kimia yang tidak memenuhi standar kualitas air bersih, khususnya air minum. Menurut Permenkes No.416 tahun 1990, bahwa “air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak”.

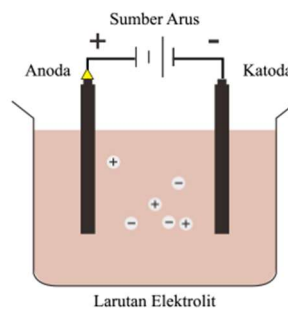
Standar yang digunakan untuk mengukur kualitas air, apakah air itu memenuhi syarat sebagai air bersih khususnya air minum adalah Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 yang telah tercantum secara detail seluruh parameter yang harus dipenuhi.

2.2.2. Elektrolisis

Elektrolisis adalah proses penguraian suatu elektrolit dengan pengaliran arus listrik yang melaluinya. Karena prosesnya berlangsung di dalam sel, maka disebut sel elektrolisis. Prinsip-prinsip yang perlu diperhatikan pada sel elektrolisis adalah: 1. Energi listrik diubah menjadi energi kimia; 2. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi dan pada katoda terjadi reaksi reduksi (sama dengan sel volta); 3. Anoda merupakan kutub positif, katoda kutub negatif. 4. Prinsip kerja sel elektrolisa, elektron mengalir dari katoda ke anoda. (Sarosa WJ, 2010)

Reaksi oksidasi-reduksi terjadi dengan spontan, seperti yang berlangsung pada sel volta atau sel galvanis, serta energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. Sedangkan untuk proses elektrolisis adalah reaksi kebalikan dari sel volta yang mana potensial selnya negatif atau ketika dalam keadaan normal tidak akan mengalami reaksi, melainkan reaksi bisa terjadi bila dilakukan induksi dari luar menggunakan energi listrik (Pratiwi, 2014).

Reaksi elektrolisis termasuk reaksi redoks yang tidak spontan, karena reaksi tersebut terjadi berdasarkan pengaruh energi listrik (Rusminto, 2009). Dimana Farady menemukan proses pada reaksi ini tahun 1820. Elektron pada ion positif dilepaskan dan ditarik oleh ion negatif sehingga membuat pergerakan pada ion-ion tersebut menuju elektroda, proses ini yang terlihat gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Pergerakan Elektron Pada Proses Elektrolisa.

2.2.3. Elektrolisis Air

Umumnya, air murni adalah larutan yang bersifat non-elektrolit atau larutan yang sangat sedikit sekali mengalami ionisasi sehingga sulit untuk menghantarkan listrik, walaupun bisa konsentrasinya sangat kecil. Tetapi air yang sering kita jumpai pada umumnya terkandung zat terlarut atau mineral dengan jumlah

tertentu, tergantung dimana air itu mengalir. Bahkan air hujan pun masih memiliki zat yang terlarut didalamnya yang terlihat dari tingkat TDS, walaupun nilai TDS pada air hujan bisa sangat kecil. Hal ini dikarenakan air merupakan pelarut (*solvent*), sehingga tinggi kemungkinan air untuk melarutkan zat-zat disekitarnya yang merupakan zat elektrolit.

Elektrolisis merupakan salah satu reaksi kimia yang berlangsung selama konduksi listrik terjadi pada elektroda sedangkan sel elektrolisis adalah alat yang dipakai pada reaksi elektrolisis, dimana untuk memompa elektron, sel elektrolisis membutuhkan energi (Brady, 1999). Elektroda merupakan sistem 2 fase yang terdiri dari penghantar ionik yang merupakan larutan dan penghantar elektrolit yang berupa logam (Rivai, 1995). Pada elektroda terdapat muatan positif (+) yang disebut anoda, dan juga muatan negatif (-) yang disebut katoda (Svehla, 1985).

Proses elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^-), atau mengalami proses reduksi. Sedangkan pada anoda, terjadi penguraian 2 molekul air menjadi gas oksigen (O_2), dimana terjadi pelepasan 4 ion H^+ dan juga mengalirkan elektron menuju katoda, yang biasa disebut proses oksidasi. Terbentuknya beberapa molekul air kembali dikarenakan terjadinya netralisasi pada ion H^+ dan OH^- . Gelembung yang terbentuk pada elektroda merupakan wujud dari gas oksigen dan hidrogen. Selanjutnya elektrolisis air dapat dituliskan dalam reaksi keseluruhan yang setara sebagai berikut:



2.2.4. Elektroda dan Elektrolit

Elektrolisis diartikan sebagai peristiwa penguraian zat elektrolit oleh arus listrik searah, yang mana mengalami perubahan-perubahan kimia, dan perubahan kimia ini bisa terlihat pada area yang lebih dekat dengan elektroda. Disebabkan oleh pemberian energi listrik dari luar yang dialirkan melalui sebuah sel, elektroda yang merupakan sel elektrokimia bereaksi secara tidak spontan ($E_{sel} (-)$ atau $AG > 0$).

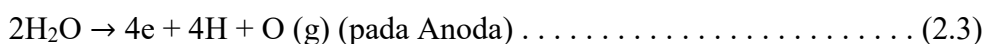
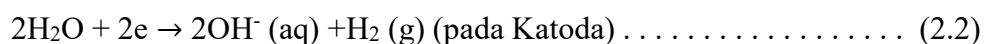
Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda (Svehla, 1985). Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. (Brady, 1999).

Sedangkan elektrolit merupakan zat yang terurai berubah menjadi ion-ion yang merupakan larutan konduktor elektrik. Air sendiri merupakan pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dimana air adalah penghantar listrik yang baik pula. Pada umumnya proses elektrolisis yang dilakukan menggunakan larutan alkali. Larutan alkali yang umum digunakan adalah larutan NaOH dan KOH.

2.2.5. Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis adalah kebalikan dari sel volta, yang mana sel elektrolisis menggunakan arus listrik searah agar mendorong terjadi reaksi elektrokimia dalam sel, sedangkan sel volta menghasilkan arus listrik yang searah ketika reaksi redoks. Elektrolisis terjadi berdasarkan penguraian suatu zat yang diakibatkan arus listrik, dimana zat tersebut dapat cairan atau larutan, atau bahkan zat padat. Hal yang sama antara sel elektrolisis dan sel volta adalah tempat terjadinya reaksi reduksi dan oksidasi, dimana pada anoda terjadi oksidasi dan pada katoda terjadi reduksi. Tetapi perbedaan kedua sel ini terletak pada kutub elektrodanya, dimana pada sel volta anoda bermuatan negatif (-) dan katoda bermuatan positif (+), sedangkan untuk sel elektrolisis kutub anoda bermuatan positif (+) dan katoda bermuatan negatif (-). Anoda yang dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik, dan katoda yang dihubungkan pada kutub negatif. Sehingga pada anoda akan mengalami reaksi yang disebut oksidasi dan pada katoda akan mengalami reaksi yang disebut reduksi (Sunarya yayan 2007).

Sel elektrolisis banyak digunakan dalam bidang industri, diantaranya dalam pembuatan gas, proses penyupuhan logam dan proses pemurnian logam, namun dalam penelitian ini digunakan untuk pemisahan gas hidrogen dan gas oksigen dalam larutan air yaitu H₂O. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



2.2.6. pH Air

Derajat keasamaan atau pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH adalah singkatan dari power of Hydrogen. Secara umum pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa, sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. $\text{pH} = 0$ menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan $\text{pH} = 14$ menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi (Tri Joko, 2010).

Nilai pH normal untuk air tanah biasanya antara 6 sampai dengan 8,5. Dimana berdasarkan PEMENKES No 492/MENKES/Per/IV/2010, batas ambang untuk nilai pH air minum adalah berkisar antara 6,5 - 8,5. Air dengan pH rendah ($<6,5$) berupa asam, mengandung kepadatan rendah, dan korosif. Keadaan tersebut membuat air besar kemungkinan mengandung besi salah satunya. Yang mana akhirnya akan membuat air mempunyai rasa asam dan bahkan terjadi kerusakan pada pipa transmisi, ataupun noda pada kloset dan noda pada pakaian, selain itu jelas akan menyebabkan efek yang buruk pada kesehatan. Sedangkan untuk air dengan pH tinggi ($>8,5$) atau air bersifat basa, sejauh ini hanya membuat permasalahan pada rasa air yang menjadi basa.

Pada penelitian ini pH air yang dihasilkan dari proses elektrolisis yaitu dengan memberikan arus listrik pada reaktor elektrolisis, menentukan pH-nya dengan alat pH meter. Alat ini bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan.

Pada proses elektrolisis air, reaksi sel yang terjadi merupakan hasil reaksi dari proses anodik dan katodik yang terjadi secara serentak pada masing-masing elektroda. Hasil reaksi sel yang terjadi sangat bervariasi. Berlangsungnya proses reaksi elektrodik mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi elektrolit terutama kenaikan pH, hal ini dikarenakan adanya pelepasan OH^- dan gas H_2 pada reaksi katodik (Nugroho dan Suyanta, 2016).

2.2.7. TDS

TDS (*Total Dissolved Solid*) atau kita sebut total zat terlarut, merupakan suatu ukuran dari semua zat-zat anorganik dan organik yang terkombinasikan dan berada dalam cairan sebagai molekul yang terionkan ataupun sol koloida (mikrogranula) yang terkumpul. Umumnya TDS harus cukup kecil untuk lolos

dari penyaringan melalui saringan $2 \mu\text{m}$ (mikrometer). Aplikasi TDS menyangkut kualitas air pada danau dan aliran sungai. Meskipun secara umum TDS sebagai suatu zat cemar yang utama, namun TDS digunakan sebagai petunjuk estetika karakteristik air minum. Ambang batas dari kriteria estetika yang dapat diterima untuk air minum manusia adalah 500 mg/l , tidak ada rasa, bau dan warna.

TDS merupakan salah satu dari berbagai parameter penting ketika hendak menentukan kualitas dari air yang layak dikonsumsi oleh manusia. Menurut WHO, TDS merupakan jumlah zat padat yang ikut terlarut dalam air yang bisa berupa ion-ion organik dan juga senyawa ataupun koloid (WHO 2003). Dalam elektrolisis air, kadar konsentrasi TDS yang terionisasi pada air ataupun zat cair mempunyai pengaruh pada konduktivitas listrik dari zat cair tersebut. Dimana nilai konsentrasi TDS yang terionisasi berbanding lurus dengan konduktivitas listrik dari larutan tersebut. Dalam hal lain, temperatur dapat mempengaruhi nilai konsentrasi dari TDS itu sendiri (Bevilacqua 1998). Nilai TDS pada air minum yang berada diatas ambang batas yang diperbolehkan bisa menyebabkan terjadinya gangguan pada ginjal. WHO (*World Health Organization*) memberikan batas kadar TDS untuk air minum yang layak dikonsumsi manusia adalah $< 300 \text{ ppm}$ (parts per million), namun Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 memiliki perbedaan dimana menyatakan ambang batas TDS maksimum yang diperbolehkan pada air minum yang layak dikonsumsi oleh manusia adalah 500 mg/l atau 500 ppm .

TDS (Total Dissolved Solid) atau total zat padat terlarut, jumlah zat yang terlarut dalam larutan elektrolit yang dapat diperoleh melalui pemberian tegangan listrik terhadap reaktor elektrolisis. Selain itu metode gravimetry dapat digunakan untuk mengukur zat padat terlarut dalam air. Metode *gravimetry* atau metode kimia analitik itu sendiri merupakan metode langsung mengukur jumlah zat padat yang terlarut. Zat-zat padat yang bersumber dari material terlarut dan bisa melewati sebuah *filter* berukuran lebih kecil dari $2 \mu\text{m}$ (nanometer) (Djuhariningrum, 2005). Walaupun metode kimia analitik (*gravimetry*) merupakan metode dengan nilai keakuratan cukup tinggi, tapi metode ini memiliki kelemahan karena membutuhkan waktu yang cukup lama dan tidak bisa dilakukan diluar laboratorium. Karenanya, metode alternatif diperlukan untuk

mengukur nilai TDS melalui pengukuran konduktivitas listrik (Herlambang, 2006).

TDS dalam larutan elektrolit tergantung pada kandungan komposisi unsur kimia dalam larutan elektrolit ditambah jumlah konsentrasi ion dalam larutan yang dipengaruhi oleh jumlah padatan terlarut. Chang (1983) dalam Hayashi (2003). TDS merupakan jumlah material-material yang terlarut di dalam air, yang mana bisa berupa klorida, nitrat, fosfat, sulfat, magnesium, natrium, kalsium, karbonat, bikarbonat, ion-ion organik, senyawa koloid dan lain-lain (WHO, 2003). Pada proses elektrolisis air, kadar TDS pada air bisa berubah, hal ini dikarenakan zat-zat yang sebelumnya terlarut dalam ikut mengendap pada anoda dan juga katoda (Nugroho dan Suyanta, 2016).

Selain itu, perubahan TDS dalam proses ini juga disebabkan oleh pergerakan ion-ion netral yang berubah menjadi bermuatan positif (kation) dan negatif (anion) karena ada pelepasan elektron pada kation dan penangkapan elektron pada anion. Dimana selanjutnya, ion-ion tersebut terikat dengan elektroda yang mempunyai muatan berlawanan. TDS juga bisa digunakan ketika akan memprediksi kualitas dari sumber air minum, karena nilai TDS hampir sama dengan jumlah ion yang ada di dalam air. Untuk standar nilai kualitas air terhadap parameter TDS yang diizinkan berdasarkan aturan nasional adalah 500mg/L (Kementerian Kesehatan, 2010).