

PRODUKSI GAS HIDROGEN

Uni Sari Harahap¹, Siska Anggraini², Fauziah Azmi³,
Natali Yolanda⁴, Lenny Syahfitri Pulungan⁵

unisari22@gmail.com¹, siskaanggraini044@gmail.com², fauziahazmi1075@gmail.com³,
nataliyolanda25@gmail.com⁴, lenny05fitri@gmail.com⁵

Universitas Negeri Medan

ABSTRAK

Hidrogen adalah unsur kimia yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang mudah terbakar. Hidrogen dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Hidrogen dapat diproduksi menggunakan sejumlah proses berbeda. Proses termokimia menggunakan panas dan reaksi kimia untuk melepaskan hidrogen dari bahan organik, seperti bahan bakar fosil. Ada berbagai macam metode untuk menghasilkan hidrogen yaitu: proses elektrolisis, gasifikasi, system reforming, fotoelektrolisis, dan termokimia. Hal ini untuk digunakan untuk memproduksi gas hidrogen secara komersial di berbagai sektor industri, menghasilkan lebih sedikit karbon dioksida, sumber bahan baku yang berlimpah dan terbarukan, bisa diproduksi di hampir seluruh tempat di dunia serta biaya produksi yang lebih murah, produksi hidrogen rendah karbon harus mengikuti proses dimana bahan bakar fosil akan memasok kebutuhan pasar hidrogen dengan mengembangkan teknologi yang memanfaatkan energi terbarukan (fuel cell, aplikasi mobile, fuel cell hibrida/mesin pembakaran internal), asalkan ketersediaan hidrogen dengan harga yang wajar. Perkembangan teknologi teknik produksi, berbasis energi terbarukan akan memungkinkan penggantian secara bertahap. Dalam transisi ini, masalah lingkungan yang berkaitan dengan emisi gas rumah kaca ke atmosfer adalah masalah yang sangat penting, yang akan menuju ke skenario produksi hidrogen. Disisi lain, Hidrogen juga dipertimbangkan sebagai pembawa energi yang bisa memiliki peran penting dalam mengurangi dampak lingkungan dari bahan bakar fosil untuk lingkungan.

Kata Kunci: Hidrogen, Elektrolisis, Energi, Pembuatan Gas Hidrogen.

PENDAHULUAN

Hidrogen (Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk), atau kadang disebut zat air, adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,0079 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia. Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Kebanyakan bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di Bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Hidrogen dapat diproduksi menggunakan sejumlah proses berbeda. Proses termokimia menggunakan panas dan reaksi kimia untuk melepaskan hidrogen dari bahan organik, seperti bahan bakar fosil dan biomassa, atau dari bahan seperti air. Air (H_2O) juga dapat dipecah menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) menggunakan elektrolisis atau energi matahari. Produksi hidrogen biasa juga diproduksi dengan bahan baku air yang sedang dikembangkan ialah proses elektrolisis. Tetapi karena proses elektrolisis membutuhkan energi listrik sebagai pemicu terjadinya reaksi, sehingga proses ini memberikan efisiensi yang relative rendah. Proses elektrolisis dapat dijalankan jika ketersediaan akan sumber

energi listrik yang murah lagi mudah didapatkan. Upaya menurunkan jumlah pemakaian energi listrik pada proses elektrolisis seperti pengujian dengan variasi jarak katoda dan anoda, campuran elektrolit dan jenis elektroda yang digunakan terus dikembangkan agar dapat diterapkan dalam kehidupan bermasyarakat, tetapi belum menuai hasil yang memuaskan (*Aditya dkk.,2023*).

Misalnya pemanfaatan hydrogen seperti Hidrogen peroksida (H_2O_2) adalah zat oksidator biasa digunakan sebagai pemutih yang ramah lingkungan untuk serat alami. Selain itu, hidrogen peroksida memiliki beberapa keunggulan, diantaranya serat yang melalui pemutih memiliki ketahanan yang tinggi dan penurunan kekuatan serat yang sangat kecil. (*Saraswati Shanti dkk., 2016*).

Perawatan serat alami dengan hydrogen peroksida dapat digunakan untuk memutihkan bahan selulosa karena kerusakan oksidatif pada bahan biasanya minimal. Pemutihan H_2O_2 menghilangkan lilin, zat berlemak dan lignin sehingga meningkatkan sifat hidrofobik serat, dan serat dapat disimpan dalam waktu yang lama (*Gunti dkk., 2016*).

Senyawa hidrogen sering disebut sebagai hidrida, sebuah istilah yang tidak mengikat. Oleh kimiawan, istilah "hidrida" biasanya memiliki arti atom H yang mendapat sifat anion, ditandai dengan H^- . Keberadaan anion hidrida, dikemukakan oleh Gilbert N. Lewis pada tahun 1916 untuk golongan I dan II hidrida garam, didemonstrasikan oleh Moers pada tahun 1920 dengan melakukan elektrolisis litium hidrida cair (LiH) yang menghasilkan sejumlah hidrogen pada anode. Untuk hidrida selain logam golongan I dan II, istilah ini sering kali membuat kesalahpahaman oleh karena elektronegativitas hidrogen yang rendah. Pengecualian adalah hidrida golongan II BeH_2 yang polimerik. Walaupun H_2 tidaklah begitu reaktif dalam keadaan standar, ia masih dapat membentuk senyawa dengan kebanyakan unsur.

METODE PENELITIAN

Hidrogen merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Hidrogen memiliki sifat yang sangat mudah terbakar. Produksi gas hidrogen dihasilkan menggunakan salah satu metodenya yaitu elektrolisis air. Ada berbagai macam metode untuk menghasilkan hydrogen. Secara singkat metode-metode tersebut adalah:

1. **Elektrolisis:** Untuk memecah molekul air dengan cara listrik. Energi primer menjadi bisa energi terbarukan bebas CO_2 seperti PV, angin, panas matahari, serta nuklir. Teknologi produksi listrik berbahan bakar fosil berbasis batubara, minyak atau gas alam seperti pembangkit listrik tenaga batubara (PLTB), pabrik-pabrik bersiklus kombinasi, dapat digunakan dengan mengkombinasikan dengan menangkap dan mengasingkan karbon (*Carbon Capture and Sequestration / CCS*) atau menangkap dan menggunakan karbon (*Carbon Capture and Use / CCU*). Di antara metode ini, dekomposisi pancaran plasma (*plasma-arc*) gas alam dapat juga dimasukkan.
2. **Gasifikasi:** Proses pemisahan air menjadi hidrogen dan oksigen melalui reaksi kimia pada suhu tinggi. Proses tersebut memerlukan biaya modal sangat tinggi, sekitar 1300/kW, dan instalasi elektrolisis dengan suhu tinggi memerlukan lokasi yang berdekatan dengan PLTN, karena PLTN yang menyediakan energi panas.
3. **Sistem Reforming:** Proses dekomposisi termal yang umum digunakan dalam industri produksi hidrogen. Dilakukan dengan mereaksikan gas alam (metana) dan steam pada suhu tinggi, serta mempunyai efisiensi termal sekitar 70%. Proses ini menggunakan panas dari PLTN tipe RST berpendingin gas helium.
4. **Fotoelektrolisis:** Proses produksi hidrogen dengan menggunakan energi surya. Reaksi ini menggunakan aliran elektrolit dan menggunakan cell fotoelektrik.

5. **Termokimia:** Proses produksi hidrogen dengan menggunakan teknologi termokimia. Teknologi ini memerlukan biaya modal tinggi, sekitar 1300/kW, dan instalasi elektrolisis dengan suhu tinggi memerlukan lokasi yang berdekatan dengan PLTN.

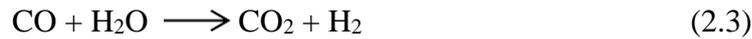
Saat ini, sekitar 48% hidrogen berasal dari reformasi uap gas alam, 30% dari nafta/reformasi minyak dalam industri kimia dan 18% dari gasifikasi batubara. Angka - angka ini menyiratkan bahwa 96% produksi hidrogen di dunia berasal dari fosil, dengan jumlah sensitif emisi CO₂. Hanya 4% dari total produksi hidrogen di seluruh dunia berbasis elektrolisis air (Guerrero-Lemus & Martínez - Durant, 2010), yang dapat disesuaikan dengan produksi bebas CO₂ jika diproduksi dengan sumber - sumber terbarukan. Fakta ini merupakan konsekuensi dari daya saing biaya metode produksi. Diharapkan pengembangan teknologi terbarukan bisa membawa elektrolisis air dari angin dan matahari, atau solar termokimia untuk menghadapi pasar yang kompetitif. Namun demikian, diharapkan bahwa bahan bakar fosil akan memainkan peranan penting dimasa depan. Misalnya, perkiraan untuk produksi hidrogen dari Komisi Eropa. mengasumsikan bahwa 30% dari produksi hidrogen pada tahun 2050 akan berasal dari batubara, dan yang akan menggantikan reformasi uap gas alam (natural gas steam reforming) sebagai sumber fosil utama karena dari segi bahan baku harganya lebih menguntungkan. Di antara sumber energi bebas CO₂, nuklir akan menempati 15% dan energi terbarukan sekitar 60%. Metode produksi hidrogen yang berbasis teknologi bebas CO₂ adalah harapan besar untuk pelaksanaan masa depan ekonomi hidrogen berkelanjutan. Bagaimanapun, mereka masih dalam tahap pengembangan, dan tahap transisi membutuhkan perubahan pasar produksi hidrogen berdasarkan fosil dengan emisi CO₂ ke suatu sistem berbasis energi terbarukan secara penuh yang bebas CO₂, yang akan mampu mendorong ekonomi berbasis hidrogen, atau penggunaan sebagian besar hidrogen sebagai energi. Sebagai teknologi tambahan yang dikaji untuk transisi ini, dekarburisasi metana atau methane cracking adalah sebuah proses yang terbukti secara ilmiah didasarkan pada pemisahan metana ke dalam komponen-komponen atomnya (karbon dan hidrogen), memperoleh hidrogen tanpa emisi CO₂.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi hidrogen dunia saat ini adalah sekitar 50 juta ton pertahun, yang setara dengan 2% permintaan energi dunia. Konsumsi energi primer dunia selama tahun 2004 adalah 11,7 gigaon setara minyak (Gtoe) atau 125.000 TWh, sedangkan konsumsi energi di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 38,1%, industri sebesar 44,3%, dan transportasi sebesar 17,6% tidak termasuk kendaraan listrik. Konsumsi diperkirakan akan meningkat hingga lebih dari 25 Gtoe/tahun pada tahun 2050. Ekstrapolasi linier tingkat pertumbuhan konsumsi minyak dan laju peningkatan cadangan minyak memprediksi akhir pasokan minyak bumi sekitar tahun 2050 sehingga dapat diprediksi pasokan energi berbasis hidrogen akan meningkat. Hidrogen dapat diproduksi dari beragam sumber daya energi menggunakan berbagai teknologi proses. Bahan baku produksi hidrogen untuk saat ini adalah berasal dari bahan bakar fosil (95- 96%). Dalam proses produksi hidrogen Karbon dalam bentuk kokas yang merupakan hasil dari batubara yang dipanaskan bereaksi dengan air pada suhu yang tinggi juga dapat menghasilkan H₂. Campuran CO dan H₂ dikenal sebagai gas air digunakan sebagai bahan bakar karena kedua gas tersebut mudah terbakar. Produksi hidrogen dapat dilakukan dengan jenis metode yaitu reforming, gasifikasi, fotoelektrolisis, termokimia dan elektrolisis. Sejumlah besar hidrogen diproduksi dari produk minyak bumi dengan reformasi katalitik atau dehidrogenasi (*Eliza, dkk., 2021*).

Steam Reforming

Metode *Steam Reforming* adalah memproduksi hidrogen dengan mereaksikan gas alam seperti metana, propana atau etana dengan steam (uap air) pada suhu tinggi (700 - 1000°C) dibantu dengan katalis serta menghasilkan produk samping gas monoksida (CO). Reaksi samping terjadi antara karbon monoksida dengan steam menghasilkan hidrogen dan karbon dioksida. Persamaan reaksi yang terjadi pada proses ini ditunjukkan pada persamaan (2.2) dan (2.3).

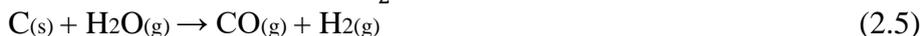
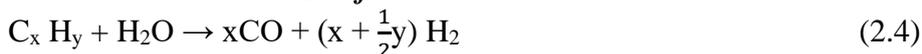


Gas hidrogen yang dihasilkan kemudian dimurnikan, dengan memisahkan karbon dioksida dengan cara penyerapan. *Steam reforming* banyak digunakan untuk memproduksi gas hidrogen secara komersial di berbagai sektor industri, diantaranya industri pupuk dan hidrogen peroksida (H₂O₂). Proses *Steam Reforming Methan* (SRM) merupakan proses yang paling umum digunakan untuk menghasilkan hidrogen dengan efisiensi sekitar 70-80%, memiliki pangsa pasar 48% dan dibutuhkan biaya sekitar 1-3 euro/ kg sekitar hydrogen. Kelemahan dari metode *steam reforming* adalah menggunakan bahan bakar fosil berupa gas alam sebagai bahan baku sehingga terbatas ketersediaannya dan proses produksi yang menghasilkan gas CO₂ merupakan penyumbang emisi gas rumah kaca (Nurlatifah dan Arlianti, 2021).

Gasifikasi

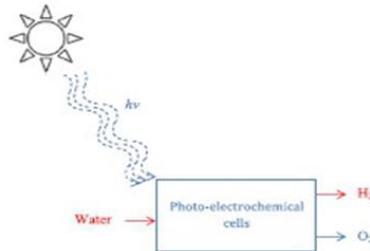
Metode gasifikasi dibagi menjadi dua menurut bahan bakunya yaitu gasifikasi biomassa dan gasifikasi batu bara. Gasifikasi biomassa menggunakan bahan baku berasal dari alam seperti limbah padat rumah tangga atau kotoran. Bahan baku dipanaskan pada suhu tinggi dalam sebuah reaktor sehingga mengakibatkan ikatan molekul dalam senyawa yang ada menjadi terpecah dan menghasilkan campuran gas yang terdiri dari hidrogen, karbon monoksida dan metana. Metana yang dihasilkan diberi perlakuan seperti *steam reforming* yaitu dengan memberikan steam sehingga metana diubah menjadi gas hidrogen. Gasifikasi biomassa atau bahan organik memiliki beberapa keunggulan, antara lain menghasilkan lebih sedikit karbon dioksida, sumber bahan baku yang berlimpah dan terbarukan, bisa diproduksi di hampir seluruh tempat di dunia serta biaya produksi yang lebih murah. Gasifikasi batu bara merupakan metode pembuatan gas hidrogen tertua. Kelemahan dari proses ini adalah biaya produksinya hampir dua kali lipat dari metode *steam reforming* gas alam dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih besar. Proses gasifikasi batu bara dilakukan dengan memanaskan batu bara pada suhu tinggi dalam sebuah reaktor untuk mengubah menjadi fasa gas, kemudian direaksikan dengan steam dan oksigen sehingga menghasilkan *syngas* berupa gas hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida. Reaksi proses gasifikasi dari batubara dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut (Amrullah dan Evila, 2021).

Proses dalam reaktor Gasifikasi adalah:



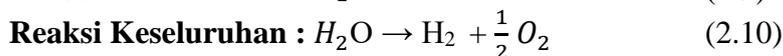
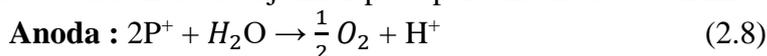
Fotoelektrolisis

Fotoelektrolisis adalah proses menghasilkan hidrogen dengan memanfaatkan energi dari cahaya matahari yang diserap dengan bantuan fotokatalis. Sistem fotoelektrolisis meliputi sistem fotokatalis dan dekomposisi air menjadi satu sistem seperti yang terlihat pada gambar 1 (Marlinda, 2013).



Gambar 1 Fotoelektrolisis (Marlinda, 2013)

Fotokatalis merupakan bahan semikonduktor berbentuk seperti pita yang memiliki celah dan biasanya sekaligus bertindak sebagai elektroda. Foton berasal dari cahaya matahari yang diserap, memiliki energi yang sama atau lebih besar dari energi di celah pita akan mengenai permukaan anoda, sehingga pasangan elektron dihasilkan dan akan mengalir melalui sirkuit eksternal dari anoda ke katoda. Air pada lubang di anoda terurai menjadi H^+ yang kemudian mengalir melalui elektrolit menuju katoda membentuk hidrogen dan oksigen terbentuk terdispersi ke air (Marlinda, 2013). Reaksi pada fotoelektrolisis ditunjukkan pada persamaan di bawah ini :



Proses Termokimia Water Splitting (Termolisis)

Proses termokimia ini yaitu dengan cara memanaskan air pada temperatur yang tinggi sehingga terdekomposisi menjadi hidrogen dan oksigen. Merupakan proses termokimia yaitu, Siklus sulfur-iodine (S-I) dengan persamaan kimia yang ditunjukkan pada kelebihanannya yaitu memproduksi hidrogen secara efisien dengan tidak menghasilkan emisi gas CO_2 . Reaksi pertama merupakan dekomposisi asam sulfat, menghasilkan H_2O , SO_2 dan gas oksigen. Gas SO_2 yang terjadi didaur ulang untuk digunakan di reaksi ke dua. Reaksi dua adalah reaksi antara I_2 , SO_2 dan H_2O , yang merupakan reaksi eksotermal dengan iodine cair yang berlebihan. Pada reaksi ini dihasilkan dua fase produk, yaitu fase yang lebih berat adalah fase HI, dan yang lebih ringan adalah fase H_2SO_4 yang kemudian dapat dipisahkan secara gravitasi. Reaksi ketiga, dekomposisi HI menggunakan distilasi. Semua reaktan, selain air diregenerasi dan didaur ulang untuk diumpankan ke reaksi ke dua (Liun, 2011).

Elektrolisis

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian rawa ait (H_2O) menjadi gas gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut .Gas H_2 sangat potensial digunakan sebagai sumber energi karena sifatnya yang ramah lingkungan. Proses elektrolisis dalam mengurai senyawa air berlangsung lambat sehingga dibutuhkan katalis untuk mempercepat reaksi dan dapat menambah jumlah gas hidrogen yang diproduksi. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ton H serta mengalukan elektron ke katoda. Ion H dan OH mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air (Wahyono, dkk., 2017).

KESIMPULAN

Transisi untuk produksi hidrogen rendah karbon harus mengikuti proses dimana bahan bakar fosil akan memainkan peranan penting dalam memasok kebutuhan pasar hidrogen dengan mengembangkan teknologi yang memanfaatkan energi terbarukan (seperti: fuel cell, aplikasi mobile, fuel cell hibrida / mesin pembakaran internal), asalkan ketersediaan hidrogen dengan harga yang wajar. Perkembangan teknologi teknik produksi yang berkelanjutan, berbasis energi terbarukan (angin, surya, biomassa) akan memungkinkan penggantian secara bertahap dari hidrogen karbon rendah berbasis fosil. Dalam transisi ini, masalah lingkungan yang berkaitan dengan emisi gas rumah kaca ke atmosfer adalah masalah yang sangat penting, yang akan menuju ke skenario produksi hidrogen, baik itu yang menangkap karbon maupun penyerapan atau dekarburisasi dapat diterapkan sebagai langkah mitigasi atau adaptasi untuk menghindari pelepasan CO₂. Disisi lain, Hidrogen juga dipertimbangkan sebagai pembawa energi yang bisa memiliki peran penting dalam mengurangi dampak lingkungan dari bahan bakar fosil. Secara khusus, transformasi gas alam atau batubara menjadi hidrogen merupakan alternatif untuk mengurangi pelepasan CO₂ oleh proses pembakaran baik di sektor transportasi ataupun untuk produksi listrik. Dalam hal ini, pengembangan teknologi bebas CO₂ untuk mengeksploitasi bahan bakar fosil adalah suatu keharusan untuk membuat pemanfaatannya cocok (compatible) dengan pengurangan emisi. Solusi inovatif baru harus dimasukkan ke dalam praktek. Untuk mencapai tujuan ini, methane cracking adalah alternatif yang menjanjikan, karena dengan methane cracking biaya produksi lebih rendah dan pengurangan dampak lingkungan akibat hidrokarbon lebih signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, R., Eliza, R., Manggala, A., & Ningsih, A. S. (2021). Produksi Gas Hidrogen Berdasarkan Pengaruh Luas Penampang Terhadap Konsentrasi Larutan Elektrolit dan Suplai Arus dengan Metode Elektrolisis. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 1(11), 447-451.
- Aditya, M. W., Erlinawati, E., & Febriana, I. (2023). Efektivitas Tegangan Terhadap Produksi Gas Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Air Laut. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 30047-30053.
- Amrullah, S., & Evila, T. (2019). Pengaruh Perbedaan Bantuk Bahan Baku Dan Suhu Gasifikasi Ampas Tebu Terhadap Produksi Hidrogen. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 1(01), 41-50.
- Gunti, R., Prasad A.V.R., & Gupta, A.V.S.S.K.S., 2016. Preparation and Properties Of Successive Alkali Treated Completely Biodegradable Short Jute Fiber-Reinforced PLA Composites. *Polimer Composites*, Vol. 36, p.2160-2170.
- Liun, E. (2011). Analisis Keekonomian Bahan Bakar Produk Nabati dan Hidrogen Nuklir. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, Vol. 13(1).
- Marlinda, L. (2013). Peranan Sacrificial Agents Untuk Meningkatkan Produksi Hidrogen Melalui Teknologi Fotokatalisis dengan TiO₂. *Prosiding SEMIRATA*, Vol. 1(1).
- Nurlatifah, I., & Arlianti, L. (2021). Artikel Review: Produksi Gas Hidrogen dari Reaksi Elektrolisis Sebagai Bahan Bakar Non-Fosil. *Unistek: Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri*, 8(1), 30-35.
- Saraswati S., Kumalaningsih, S., dan Febrianto. A., (2016). Optimasi Proses Bleaching pada Pembuatan Pulp Kering Berbahan Dasar Serabut Kelapa Sawit (*Elais Guineensis*) (Kajian Kadar H₂O₂ dan Waktu Bleaching). *Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya*.
- Wahyono, Y., Sutanto, H., & Hidayanto, E. (2017). Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*, Vol. 6(4), 353-359.