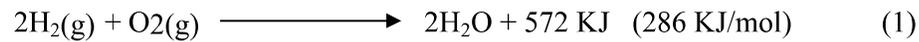


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Hidrogen

Hidrogen adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1, yang dalam bahasa Latin adalah *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk. Adalah gas yang tak berwarna, tak berbau, tak berasa dengan rumus kimia H<sub>2</sub>. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H<sub>2</sub> di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia :



Hidrogen merupakan unsur dengan persentase 75% dari total kandungan unsur alam . hidrogen jarang sekali ditemukan secara alami di alam, karena bentuk unsur yang tersedia di alam biasanya berupa ikatan unsur yang membentuk senyawa baru. Namun hidrogen dapat dihasilkan dari pemutusan rantai hidrokarbon seperti metana, selain itu hidrogen juga dapat dihasilkan dari proses elektrolisis air. Hidrogen sangat reaktif, sehingga hidrogen di bumi banyak ditemui dalam bentuk senyawa air dengan komposisi hidrogen sebanyak 11,1% berat, hidrokarbon misalnya gas alam 25%, minyak bumi 14% dan karbohidrat, misalnya pati 6%.

Adapun karakteristik gas hidrogen dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Karakteristik Gas Hidrogen [3]

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

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 dipertimbangkan 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.

### 2.1.1 Kegunaan Hidrogen

Hidrogen dari elektrolisis air dengan kemurnian yang tinggi dapat digunakan untuk industri elektronik, metalurgi, makanan, kaca apung, *finechemical*, dan *aerospace* serta digunakan sebagai campuran bahan bakar bersama *compress natural gas* (HCNG) di masa depan, dengan perkiraan tingkat produksi hidrogen sebesar 100-3000  $Nm^3/jam$  [4]. Unsur hidrogen digunakan terutama dalam produksi ammonia, metil alkohol, bahan organik dan sejumlah besar bahan makanan. Hidrogen juga digunakan untuk menghasilkan nyala api yang sangat panas seperti obor oksihidrogen dan digunakan sebagai bahan bakar roket [5].

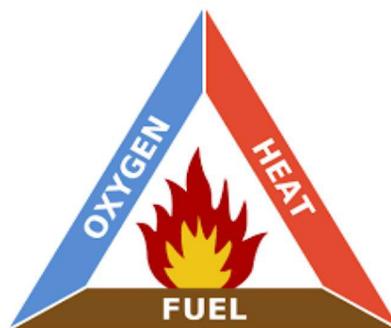
### 2.1.2 Sifat Hidrogen Sebagai Bahan Bakar

Hidrogen sangat mudah terbakar pada berbagai suhu dan konsentrasi. Pada reaksi dengan oksigen, hidrogen melepaskan energi secara eksplosif dalam mesin pembakaran. Hidrogen memiliki kandungan energi tertinggi per unit massa dibandingkan dengan bahan bakar apa pun. Hidrogen memiliki kandungan energi perberat sebesar 140,4 MJ/kg atau sekitar 39,42 kWh/kg, hampir tiga kali lipat dari bensin yang hanya sebesar 48,6 MJ/kg. Kandungan energi hidrogen per *volume* menunjukkan keadaan yang sebaliknya, yaitu sebesar 8.491  $MJ/m^3$  (hidrogen cair) bila dibandingkan dengan bensin yaitu 31.150  $MJ/m^3$  [6].

## 2.2 Segitiga Api

Api merupakan proses reaksi berantai yang terjadi begitu cepat dan melibatkan 3 (tiga) unsur elemen pembentuk yang dikenal sebagai segitiga api. Segitiga api digambarkan dengan segitiga sama sisi, dan untuk tiap sisinya diberi penamaan dari tiap

elemen yaitu bahan bakar, sumber panas atau api dan oksigen. Bahan bakar yaitu berupa unsur baik padat, gas atau cair yang dapat terbakar di udara ketika bercampur dengan oksigen. Panas, pemicu kebakaran dengan adanya energi yang cukup untuk menyalakan campuran antara bahan bakar dan oksigen dari udara. Kebakaran tidak dapat terjadi tanpa adanya oksigen [7].



Gambar 2.1 Segitiga Api

Dibutuhkan paling sedikit sekitar 16% *volume* oksigen di udara agar terjadi pembakaran. Udara merupakan sumber oksigen, pada atmosfer udara normal mengandung 21% *volume* oksigen. Sebenarnya, saat kebakaran oksigen itu sendiri tidak terbakar, karena oksigen merupakan gas yang tidak dapat terbakar (*non flammable gas*). Oksigen hanya mendukung berlangsungnya proses pembakaran [8].

Panas adalah suatu bentuk energi yang dibutuhkan untuk mengikat temperatur suatu benda atau bahan bakar sampai ke titik dimana dapat terjadi penyalaan. Untuk mencapai suhu penyalaan diperlukan sumber panas. Sumber panas atau energi panas beragam, antara lain :

1. Radiasi matahari, sinar matahari dapat menjadi sumber panas penyebab kebakaran jika intensitasnya cukup besar.
2. Arus listrik, panas akibat arus listrik dapat terjadi akibat adanya hambatan terhadap aliran arus, kelebihan beban muatan, hubungan pendek dan lain-lain.
3. Kerja mekanik, panas yang dihasilkan oleh kerja mekanik biasanya dari gesekan dua benda atau gas yang diberi tekanan tinggi.
4. Reaksi kimia, pada reaksi kimia terdapat dua macam reaksi yaitu endotermis (reaksi yang membutuhkan panas untuk dapat berlangsung) dan eksotermis (reaksi yang menghasilkan panas).

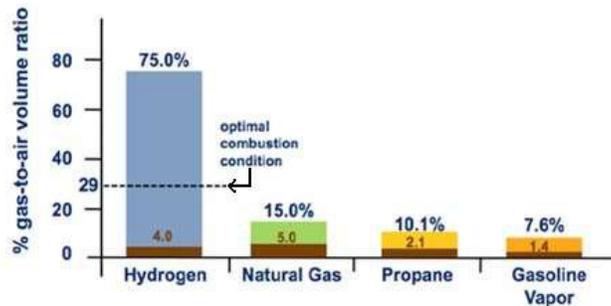
### 2.2.1 *Explosive Limit* Pada Hidrogen

*Explosive limit* atau ambang ledakan dari sebuah gas atau uap, adalah batas – batas konsentrasi suatu gas di udara, yang diperlukan untuk terpicu dan meledak. *Explosive limit* juga dikenal dengan istilah *Flammable Range* yaitu batas antara maksimum dan minimum konsentrasi campuran uap bahan bakar dan udara normal, yang dapat menyala/meledak setiap saat bila diberi sumber panas. Di luar batas ini tidak akan terjadi kebakaran [9].

Setiap gas memiliki dua macam *explosive limit*, yaitu LEL (*Low Explosive Limit*) dan HEL (*High Explosive Limit*). Jika konsentrasi gas tersebut berada dibawah LEL, maka ledakan tidak akan terjadi karena kurangnya bahan bakar. Dan jika konsentrasi berada di atas HEL, maka tidak tersedia cukup oksigen untuk memulai reaksi. Untuk tujuan tertentu, konsentrasi suatu gas yang mudah meledak sering dinyatakan dalam %LEL (persentase dari ambang ledakan bawah) [9].

*Low Explosive Limit* adalah adalah batas minimum dari konsentrasi campuran uap bahan bakar dan udara yang akan menyala atau meledak, bila diberi sumber nyala yang cukup. Kondisi ini disebut terlalu miskin kandungan uap bahan bakarnya (*too lean*). Sedangkan *High Explosive Limit* adalah batas maksimum dari konsentrasi campuran uap bahan bakar dan udara, yang akan menyala atau meledak, bila diberi sumber nyala yang cukup. Kondisi ini disebut terlalu kaya kandungan uap bahan bakarnya (*too rich*) [10]. Nilai *explosive limit/flammable range* tidak absolut, karena bergantung kepada temperatur, tekanan dan variabel lainnya. Peningkatan temperatur dapat memperluas *flammable range* dengan menurunkan LEL dan menaikkan HEL [11].

Setiap gas mudah terbakar memiliki nilai LEL dan UEL yang berbeda. Nilai dari LEL (*Low Explosive Limit*) dan HEL (*High Explosive Limit*) didapatkan dari uji eksperimen di laboratorium. Hidrogen memiliki LEL sebesar 4% dan UEL sebesar 75% campuran dengan udara.



Gambar 2.2 Flammability Range

### 2.3 Elektrolisis

Proses elektrolisis adalah penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik. Reaksi kimia dalam sel elektrolisis terjadi jika arus listrik yang dialirkan melalui larutan elektrolit diubah menjadi energi kimia melalui proses reaksi reduksi oksidasi (redoks). Elektrolisis air merupakan salah satu metode untuk menghasilkan hidrogen [12]. Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk mengubah reaksi kimia yang terjadi. Pada sel elektrolisis katoda memiliki muatan negatif sedangkan anoda memiliki muatan positif [13].

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 anoda (sebab memerlukan elektron). 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.

Tabel 2.2 Tabel Reaksi Katoda dan Anoda Pada Elektrolisis [3]

<b>Elektrolit asam,</b>			
<b>Katoda</b>	: $\{2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})\}$	$\text{I} \times 2$	$E^\circ = 0,00 \text{ V}$
<b>Anoda</b>	: $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$		$E^\circ = +1,23 \text{ V}$
<b>Total</b>	: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$		$E^\circ = +1,23\text{V}$
<b>Elektrolit basa,</b>			
<b>Katoda</b>	: $\{\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})\}$	$\text{I} \times 2$	$E^\circ = -0,83 \text{ V}$
<b>Anoda</b>	: $4\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4\text{e}^-$		$E^\circ = +0,40 \text{ V}$
<b>Total</b>	: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$		$E^\circ = 1,23 \text{ V}$

### 2.3.1 Komponen Elektrolisis

#### a. Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit merupakan larutan yang mengandung ion bebas sehingga memungkinkan terjadinya proses transfer elektron dan menyebabkan elektron dapat mengalir melalui larutan. Oleh karena itu, larutan elektrolit disebut sebagai larutan konduktor listrik. Elektrolit juga berguna dalam mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terdiri dari ion-ion katalisator yang mampu mengubah sifat non konduktivitas air dengan mempengaruhi kestabilan molekul air sehingga dapat terurai menjadi ion  $H^+$  dan  $OH^-$ . Ion tersebut mengalami penurunan energi aktivasi sehingga mempermudah terjadinya proses elektrolisis

Elektrolit bisa berupa air, larutan asam, larutan basa, larutan garam atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa, dan garam kuat. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan dengan arus listrik, sehingga ion bertindak sebagai penghantar arus listrik.

Penggunaan elektrolit asam dan alkali konsentrasi tinggi terbatas dalam proses elektrolisis. Hal ini dikarenakan sifat korosif dari kedua bahan tersebut. Senyawa 32 hidroksida merupakan senyawa yang sering digunakan sebagai elektrolit pada proses elektrolisis, antara lain Kalium Hidroksida (KOH) dan Natrium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi 20-30%. Elektrolit KOH dapat memberikan konduktivitas *ionic* yang lebih besar sehingga jumlah hidrogen yang diproduksi lebih besar [14].

Percobaan yang dilakukan oleh Sellami and Loudiyi menunjukkan bahwa elektrolit KOH lebih efektif daripada NaOH untuk konsentrasi yang sama dan dalam kondisi suhu, tekanan dan tegangan yang sama karena perbedaan konduktivitas ionik [15]. Konduktivitas ionik atau mobilitas ionik dari ion  $K^+$  lebih tinggi daripada ion  $Na^+$  sehingga KOH memiliki hambatan listrik lebih rendah daripada NaOH. Hal tersebut dibuktikan dengan kuantitas listrik yang melintasi sel KOH lebih tinggi dan jumlah hidrogen yang dihasilkan lebih tinggi.

### b. Air

Air adalah sumber kehidupan, setiap makhluk hidup di bumi membutuhkan air. Bahkan sekitar 70% permukaan bumi tertutupi oleh air. Bumi memiliki samudra yang begitu luas, dimana air berada dalam fasa cairnya. Sedangkan pada kedua kutub bumi, Bumi memiliki lapisan es, dimana air berada dalam fasa padatnya. Dalam fasa gasnya, air juga bisa ditemukan pada uap air atau atmosfer sebagai gas yang tak terlihat. Dalam ketiga fasanya, air sangat berpengaruh terhadap iklim planet bumi ini.

Sebagaimana air yang juga merupakan molekul, maka air memiliki sifat fisik dan sifat kimia sebagaimana senyawa lainnya. Secara kimia, air merupakan senyawa yang tersusun dari satu buah atom oksigen dan dua buah atom hidrogen yang biasa ditulis sebagai HO atau apabila dituliskan menurut aturan Lewis menjadi H-O-H. Satu molekul air tersusun oleh ikatan ionik dimana elektron dari atom H diberikan kepada atom O. Namun untuk membentuk senyawa air, antarmolekul air berinteraksi karena adanya ikatan hidrogen. Molekul air berada dalam fasa padatnya pada suhu 0°C, berada pada fasa cairnya pada suhu 0-100°C, dan mendidih pada suhu diatas 100 °C. Meskipun air mendidih pada suhu 100 °C, namun air menguap pada suhu berapapun tergantung dari tekanannya [16].

### c. Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang bersentuhan dengan media non-logam dari sebuah sirkuit, yang dalam proses elektrolisis adalah elektrolit. Sistem elektrolisis terdiri dari dua elektroda yaitu anoda dan katoda. Katoda adalah elektroda yang menerima atau menangkap elektron dari sumber arus listrik sehingga katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi. Anoda adalah elektroda yang mengalirkan atau melepaskan elektron kembali ke sumber arus listrik sehingga anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi. Katoda merupakan elektroda negatif (-) dan anoda merupakan elektroda positif (+).

Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai *anode* atau *katode*, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. *Anode* ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan *katode* didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah *anode* atau *katode* tergantung

dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai *anode* dari sebuah sel elektrokimia dan *katode* bagi sel elektrokimia lainnya.

Aluminium, Nikel, Raney Nikel dan Kobalt adalah bahan elektroda yang paling umum untuk digunakan dalam elektrolit air alkali karena harga tidak terlalu mahal, ketahanan korosi dan kestabilan kimia yang cukup bagus [14]. Nikel juga diidentifikasi sebagai bahan yang sangat aktif dengan ketahanan korosi yang lebih baik terhadap alkali dan kestabilan yang cukup baik [15].

### 2.3.2 Faktor Yang Mempengaruhi Elektrolisis

Faktor yang mempengaruhi Elektrolisis Air Proses elektrolisis dipengaruhi berbagai faktor yang dapat mempengaruhi besar produksi hidrogen yang dihasilkan serta efisiensi dari sistem elektrolisis tersebut, diantaranya:

#### a. Arus listrik

Arus listrik mempengaruhi produksi hidrogen karena akan mempengaruhi laju alir elektron dalam larutan. Arus listrik yang semakin besar akan meningkatkan laju muatan listrik dalam larutan sehingga semakin banyak elektron yang di-*transfer* per unit waktu dan meningkatkan *volume* hidrogen yang terbentuk [17][18]. Elektrolisis air konvensional beroperasi dengan kepadatan arus 1000 hingga 4000 A/m<sup>2</sup>.

Kepadatan arus yang semakin tinggi akan meningkatkan laju reaksi elektrokimia sehingga produksi hidrogen dapat ditingkatkan. Range nilai kepadatan arus harus dipertahankan dalam kisaran nilai tertentu sehingga terjadi kesetimbangan antara tingkat produksi gas dan efisiensi energi [19]. Hal ini disebabkan bila nilai kepadatan arus semakin tinggi yang diringi dengan meningkatnya laju produksi gas, akan menyebabkan pembentukan gelembung yang cepat dengan *volume* besar sehingga meningkatkan tegangan berlebih dan menurunkan efisiensi energi. Selain itu kepadatan arus yang terlalu tinggi juga menyebabkan penurunan potensial ohmik di antara elektroda sehingga mengakibatkan kehilangan listrik yang lebih tinggi dan efisiensi proses yang lebih kecil [20].

### b. Elektrolit

Elektrolit dapat mengubah sifat nonkonduktif air murni, sehingga berpengaruh terhadap tegangan yang diperlukan untuk proses elektrolisis pada kerapatan arus tertentu [21]. Konsentrasi elektrolit berpengaruh terhadap jumlah hidrogen yang dapat diproduksi. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka reaksi permukaan antara elektrolit semakin besar, menyebabkan peningkatan konduktivitas *ionic*, mobilitas ionik dan intensitas arus, sehingga laju reaksi hidrogen dan jumlah hidrogen yang dihasilkan dari suatu sel elektrolisis lebih besar [17] [22] [23] [24]. Konsentrasi elektrolit juga memainkan peran penting dalam menentukan hambatan listrik dari elektrolit.

*Impurities* yang terkandung dalam elektrolit merupakan faktor yang mempengaruhi jumlah hidrogen yang dihasilkan. *Impurities* atau kontaminan meningkatkan hambatan listrik dalam elektrolit sehingga menimbulkan reaksi samping serta memasifkan elektroda. Penggunaan katalis dapat dilakukan untuk mereduksi hambatan listrik selain meminimalisir adanya kontaminan dalam elektrolit.

### c. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis. Temperatur yang semakin tinggi akan meningkatkan efisiensi elektrolisis. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu karakteristik molekul air dimana energi dibutuhkan dalam menguraikan molekul air berkurang ketika terjadi peningkatan temperatur [15], adanya peningkatan kinetika reaksi elektroda pada permukaan elektroda dan peningkatan konduktivitas ionik elektrolit karena adanya penurunan hambatan listrik dalam elektrolit. Bahkan dalam pengembangan elektroliser air alkali temperatur kerja bisa mencapai hingga 1500°C [25]. Proses elektrolisis dengan temperatur yang lebih tinggi juga menyebabkan jumlah kebutuhan tegangan yang lebih rendah untuk mencapai kebutuhan tingkat kepadatan arus sehingga energi yang dibutuhkan lebih rendah [26].

Sulaiman et. al menyatakan dalam penelitiannya, bahwa peningkatan temperatur sel menyebabkan nilai efisiensi termal yang lebih tinggi, efisiensi listrik yang lebih rendah namun efisiensi elektrolisis yang hampir tidak berubah yaitu masing-masing adalah 70%, 22% dan 8% [20]. Peningkatan temperatur yang terlalu tinggi memiliki dampak dapat memperbesar gelembung gas dan mengurangi kecepatan naiknya sehingga dapat mengurangi efisiensi [27].

#### d. Tekanan

Tekanan yang diberikan pada larutan elektrolit memberikan pengaruh pada proses elektrolisis. Peningkatan tekanan elektrolit dapat mengurangi diameter gelembung yang timbul mengakibatkan terjadinya penurunan tegangan dan disipasi daya antar elektroda sehingga dapat mengurangi kebutuhan konsumsi daya [20]. Penelitian menyatakan bahwa mengompresi air pada proses elektrolisis membutuhkan konsumsi energi yang lebih sedikit energi dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan untuk mengompresi hidrogen [28].

Tekanan dan temperatur yang ideal dari produksi hidrogen dengan menggunakan elektrolisis air relatif hingga 70 MPa dan 250°C [29]. Elektrolisis menggunakan energi matahari dengan temperatur 25°C dan 90°C dan menggunakan elektrolit tekanan tinggi dapat mengkonsumsi daya lebih sedikit [30]. Namun, suatu sel elektrolisis tekanan lebih tinggi tidak diikuti dengan peningkatan efisiensi yang signifikan bila dibandingkan dengan sel elektrolisis menggunakan tekanan ambien. Dampak dari pemberian tekanan yang lebih tinggi pada sel elektrolisis adalah membuat separator tidak tahan lama dan meningkatkan gas yang terlarut [19].

#### e. Tegangan

Energi dekomposisi dari reaksi elektrokimia air relatif tinggi. Hal ini disebabkan karena molekul-molekulnya memiliki struktur yang stabil pada suhu sekitar. Tegangan minimum yang diberikan pada molekul air untuk memutuskan dua ikatan kovalen antara atom hidrogen dan oksigen adalah sekitar 1,23 Volt yang biasa disebut dengan tegangan kesetimbangan air. Pada kondisi sebenarnya, tegangan yang lebih tinggi diterapkan pada sel-sel elektrolisis industri dikarenakan adanya tingkat reaksi elektrokimia yang berlebih [31] dan disebut dengan proses reaksi "tegangan lebih". Nilai dari tegangan lebih ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi operasi, tipe elektroda, kemurnian dan kualitas elektrolit [15].

Nilai tegangan pada daya DC, frekuensi, lebar pulsa dan amplitudo dalam arus listrik AC hingga karakteristik proses juga mempengaruhi efisiensi elektrolisis [14]. Peningkatan tegangan listrik karena peningkatan konsentrasi elektrolit yang diiringi dengan peningkatan intensitas arus dapat menghasilkan peningkatan produksi hidrogen [24]. Suatu proses elektrolisis dikatakan tidak efisien jika dalam menghasilkan suatu

produk hidrogen tertentu dengan memberikan tegangan lebih tinggi namun nilai arus yang tetap [19].

## 2.4 Sensor Hidrogen

Sensor MQ-8 merupakan sensor gas yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas hidrogen (H). Memiliki sensitivitas tinggi dan waktu respon yang cepat. Keluaran yang dihasilkan oleh sensor gas MQ-8 berupa sinyal analog. Sensor ini juga membutuhkan tegangan DC sebesar 5 Volt. Jarak pengukuran dari konsentrasi 100-10000 ppm untuk mengukur gas Hidrogen. Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) yang dapat berubah bila terkena gas dan sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersih ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor gas MQ-8 memerlukan rangkaian sederhana serta memerlukan tegangan pemanas (*power heater*) sebesar 5V. resistansi beban (*load resistance*) dan output sensor dihubungkan ke *Analog Digital Converter* (ADC) sehingga keluaran dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal digital.



Gambar 2.3 Sensor Hidrogen MQ-8

Adapun karakteristik dari sensor hidrogen MQ-8 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

<b>Model</b>	MQ-8		
<b>Tipe Sensor</b>	Semikonductor		
<b>Enkapsulasi Standar</b>	<i>Bakelite, Metal cap</i>		
<b>Gas Deteksi</b>	Hidrogen		
<b>Skala Pembacaan</b>	100~1000 ppm (H <sub>2</sub> gas)		
<b>Tegangan Loop</b>	$V_c$	$\leq 24$ Volt DC	
<b>Kondisi Rangkaian Standar</b>	<b>Tegangan Pemanas</b>	$V_H$	5.0 Volt $\pm$ 0.1 Volt AC or DC
	<b>Resistansi Beban</b>	$R_L$	Disesuaikan

<b>Karakteristik Sensor Dibawah Kondisi Standar</b>	<b>Resistansi Pemanas</b>	$R_H$	$29 \Omega \pm 3 \Omega$ (Temperatur Ruangan)
	<b>Konsumsi Pemanas</b>	$P_H$	$\leq 900$ mW
	<b>Sensitivitas</b>	$S$	$R_s$ (di udara) / $R_s$ (in 1000 ppm H <sub>2</sub> ) $\geq 5$
	<b>Tegangan Keluaran</b>	$V_s$	2.5Volt ~ 4.0Volt (pada kondisi 1000 ppm H <sub>2</sub> )
	<b>Konsentrasi Slope</b>	$\alpha$	$\leq 0.6$ ( $R_{1000ppm}/R_{400ppm}$ H <sub>2</sub> )
<b>Kondisi Uji Standar</b>	<b>Temperatur Kelembaban</b>		$20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ; 55 % $\pm$ 5 %RH
	<b>Rangkaian Uji Standar</b>		$V_c$ :5,0 Volt $\pm$ 0,1 Volt; $V_H$ :5,0 Volt $\pm$ 0,1 Volt
	<b>Waktu Pemanasan Awal</b>		Lebih dari 48 jam

## 2.5 Sensor Oksigen

Sensor Oksigen *Gravity* I<sup>2</sup>C merupakan sensor yang didasarkan pada prinsip elektrokimia dan dapat mengukur konsentrasi O<sub>2</sub> sekitar secara akurat dan nyaman. Dengan kemampuan anti-interferensi tinggi, stabilitas tinggi, dan sensitivitas tinggi, sensor oksigen yang kompatibel dengan arduino ini dapat diterapkan secara luas ke bidang-bidang seperti perangkat portabel, perangkat pemantauan kualitas udara, dan industri, tambang, gudang, dan ruang lain di mana udara tidak mudah bersirkulasi [33].

Sensor oksigen DF Robot mendukung keluaran I<sup>2</sup>C, dapat dikalibrasi di udara, dapat secara akurat mengukur konsentrasi oksigen di lingkungan. Sensor ini kompatibel dengan banyak *mainboard* seperti Arduino Uno, ESP12E, *Raspberry Pi* dan sebagainya. Jangkauan efektif sensor oksigen DF Robot adalah 0~25% Vol, dan resolusi dapat mencapai 0,15% Vol. Sensor ini mendukung berbagai tegangan input: 3.3 Volt hingga 5.5 Volt, dengan masa pakai selama 2 tahun [33].



Gambar 2.4 Sensor Oksigen DF Robot *Gravity*

Adapun spesifikasi dari Sensor Oksigen DF Robot *Gravity* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

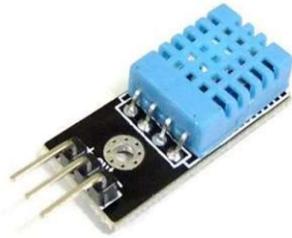
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor DF Robot *Gravity* [33]

Spesifikasi	Keterangan
Gas Deteksi	Oksigen
Tegangan Operasi	3.3 – 5.5 Volt DC
Keluaran Sinyal	I2C
Rentang Pengukuran	0 ~ 25% Vol
Batas Pengukuran Maksimum	30% Vol
Resolusi	0,15% Vol
Sensitivitas	(0.10±0.05) mA (di udara)
Kestabilan	< 2% (Setiap Bulan)
Waktu Respon	≤ 15 detik
Temperatur Operasi	-20 ~ 50°C
Kelembaban Operasi	0 ~ 99% RH (Tanpa Kondensasi)
Rentang Tekanan	Tekanan Atmosfer Standar ±10%
Masa Pakai	> 2 Tahun (di udara)
Dimensi	(P x L x T) : 37 * 27 * 24,5 mm / 1,46 * 1,06 * 0,97 inch
Berat	0,037 kg
Pengulangan	< 2%

## 2.6 Sensor Temperatur dan Kelembaban Udara

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembaban yang memiliki output tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler. Modul sensor ini tergolong kedalam elemen resistif seperti perangkat pengukur suhu seperti contohnya yaitu NTC. Kelebihan dari modul sensor ini dibanding modul sensor lainnya yaitu dari segi kualitas pembacaan data sensing yang lebih responsif yang memiliki kecepatan dalam hal sensing objek suhu dan kelembaban, dan data yang terbaca tidak mudah terinterferensi. Sensor DHT11 pada umumnya memiliki fitur kalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban yang cukup

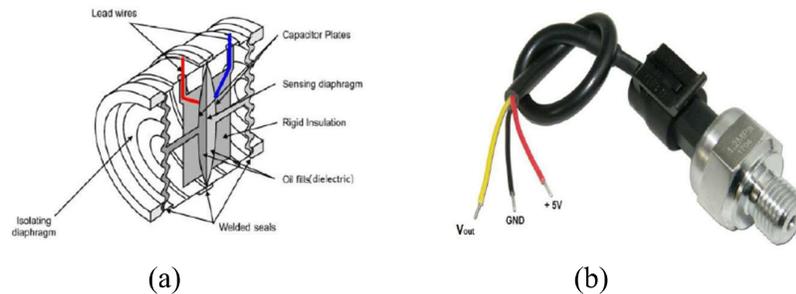
akurat. Penyimpanan data kalibrasi tersebut terdapat pada memori program OTP yang disebut juga dengan nama koefisien kalibrasi. Sensor ini memiliki 4 kaki pin, dan terdapat juga sensor DHT11 dengan *breakout* PCB yang terdapat hanya memiliki 3 kaki [34].



Gambar 2.5 Sensor Temperatur dan Kelembaban Udara DHT11

## 2.7 Sensor Tekanan Udara

Sensor tekanan model kapasitif *HK1100C Pressure Sensor* merupakan sensor tekanan yang bekerja secara diferensial. Elemen dari sensor tekanan tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah. Sensor tersebut bekerja pada saat lubang sensor terkena aliran udara, gas atau cairan yang menyebabkan perubahan diafragma dari elemen sensor. Elemen sensor dikonfigurasi sebagai kapasitor yang terdiri dari plat dan cairan dielektrik [35].



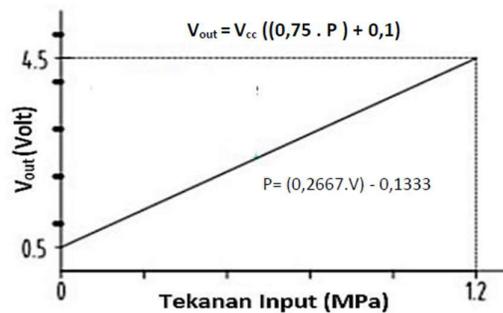
Gambar 2.6 (a) Struktur Internal Sensor Tekanan Model Kapasitif dan (b) Bentuk Fisik Sensor Tekanan HK1100C

Pada saat lubang sensor menerima tekanan maka jarak antara dua plat tersebut berubah dan nilai kapasitansi juga berubah mengikuti persamaan:

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \quad (2)$$

Dimana  $C$  menunjukkan nilai kapasitansi,  $\epsilon$  merupakan nilai permitivitas bahan dielektrik antar dua plat,  $A$  adalah luas plat tersebut dan  $d$  adalah jarak plat tersebut yang memiliki hubungan dengan tekanan. Dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa nilai kapasitansi sensor memiliki korelasi dengan jarak plat, dan jarak plat memiliki korelasi dengan tekanan yang masuk pada lubang sensor [35].

Beberapa model rangkaian pengkondisian sinyal yang sering digunakan untuk sistem tersebut adalah rangkaian osilator dimana nilai kapasitansi  $C$  diubah menjadi pulsa-pulsa frekuensi. Rangkaian pengubah frekuensi ke tegangan (*frequency to voltage converter*) digunakan untuk mengubah frekuensi menjadi tegangan. Oleh karena itu hasil keluaran dari rangkaian ini adalah tegangan yang memiliki korelasi dengan tekanan yang masuk pada lubang sensor. Keluaran dari sensor memiliki taraf tegangan DC 0,5 Volt hingga 4,5 Volt sehingga telah masuk pada taraf tegangan masukan yang diperlukan oleh ADC mikrokontroler Arduino DUE. Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi karakteristik dari sensor *HK1100C Pressure Sensor* yang memiliki sifat linier. Gradien dari garis karakteristik tersebut mencerminkan resolusi dari sensor [35].



Gambar 2.7 Grafik Karakteristik Dari Sensor Tekanan HK1100C

Adapun spesifikasi dari Sensor Tekanan HK1100C dapat dilihat pada Tabel 2.5 :

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Tekanan HK1100C [35]	
Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Catu	5 Volt DC
Arus Catu	10 mA
Tegangan Keluaran Sensor	0.5 - 4,5 Vdc
Rentang Tekanan	0 – 1,2 MPa

Suhu Operasional	0 - 85°C
Suhu Penyimpanan	0 - 100°C
Kesalahan Hasil Pengukuran	1.5% FSO
Waktu Respon	2,0 ms
Siklus Penggunaan	500.000 kali

## 2.8 Sensor Level

Sensor *Non Contact Liquid Level* merupakan *switch* yang akan memberikan informasi atau tanda bahwa *level* dari suatu cairan (*liquid level*) atau *powder level* sudah mencapai pada *setting* yang ditentukan. Sensor *Non Contact Liquid Level* merupakan sensor pengukur *level* cairan berjenis *non contact* yang dilengkapi dengan sebuah chip XKC-Y25-T12V dimana chip ini memiliki teknologi canggih untuk menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi. Karena berjenis *non contact* sehingga sensor ini cocok digunakan pada aplikasi – aplikasi berbahaya seperti pendeteksi zat beracun, asam kuat, alkali kuat, dan zat berbahaya lainnya. Sensor ini memiliki 4 *level* sensitivitas yang dapat diatur sesuai kebutuhan [36].



Gambar 2.8 Sensor Level XKC-Y25-T12V

Adapun spesifikasi dari Sensor *Level* XKC-Y25-T12V dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor *Level* XKC-Y25-T12V [36]

Spesifikasi	Keterangan
Masukan Tegangan	5 – 24 Volt DC
Konsumsi Arus	5 mA

Tegangan Keluaran	Sesuai Masukan Tegangan
Arus Keluaran	1 – 50 mA
Respons	50 ms
Temperatur Kerja	0 - 105°C
Batas Ketebalan	0 – 13 mm
Kelembaban	5% - 100%
Dimensi	28x28 mm

## 2.9 Pompa Air

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa [37].

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, Sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Pada penelitian ini pompa yang digunakan adalah pompa air yang biasa dipakai untuk akuarium yang hanya digunakan untuk daerah *indoor* yang memiliki spesifikasi tegangan sebesar 12 Volt DC.



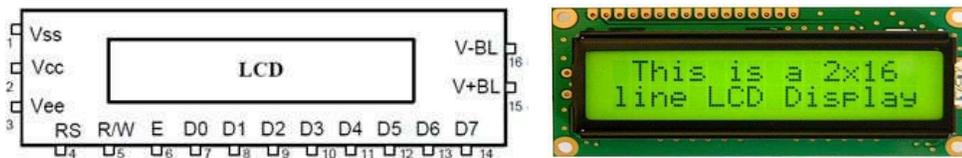
Gambar 2.9 Pompa Air 12 Volt DC

## 2.10 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. *Liquid Crystal Display (LCD)* bisa memunculkan gambar atau dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri [38].

Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat *Liquid Crystal Display (LCD)* adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetic yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring [38].

Konfigurasi pin dari LCD dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Tampilan dan Konfigurasi *Liquid Crystal Display (LCD)*

Untuk LCD 16x2 yang di lengkapi dengan modul I<sup>2</sup>C/TWI yang di desain untuk meminimalkan penggunaan pin pada saat menggunakan display LCD 16x2. Normalnya sebuah LCD 16x2 akan membutuhkan sekurang- kurangnya 8 pin untuk dapat diaktifkan. Namun LCD 16x2 jenis ini hanya membutuhkan 2 pin saja. Adapun spesifikasinya sebagai berikut :

- I<sup>2</sup>C Address : 0x27
- Back lit (*Blue with char color*)
- Supply voltage : 5 Volt
- Dimensi : 82x35x18 mm
- Berat : 40 gram
- Interface : I<sup>2</sup>C

I<sup>2</sup>C (*Inter Integrated Circuit*) adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima

data. Sistem I<sup>2</sup>C/TWI terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I<sup>2</sup>C dengan pengontrolnya serta *pull up resistor* yang digunakan untuk *transfer* data antar perangkat. I<sup>2</sup>C/TWI juga merupakan transmisi serial setengah *duplex* oleh karena itu aliran data dapat diarahkan pada satu waktu. Tingkat *transfer* data mengacu pada sinyal *clock* pada SCL Bus 1/16th *slave*. Informasi data antara I<sup>2</sup>C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I<sup>2</sup>C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai *transfer* data pada I<sup>2</sup>C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri *transfer* data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master [38].



Gambar 2.11 *Liquid Crystal Display (LCD) Yang Dipasang Dengan Inter Integrated Circuit (I<sup>2</sup>C)*

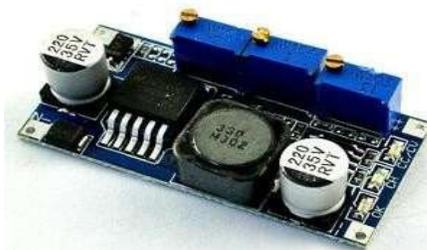
## 2.11 *Power Supply*

*Power Supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*. Sistem kerjanya cukup sederhana yakni dengan mengubah daya 120 Volt ke dalam bentuk aliran dengan daya yang sesuai kebutuhan komponen-komponen tersebut. Sesuai dengan pengertian *power supply* pada komputer, maka fungsi utamanya adalah untuk mengubah arus AC menjadi arus DC yang kemudian diubah menjadi daya atau energi yang dibutuhkan komponen-komponen pada komputer seperti *motherboard*, CD Room, *Harddisk*, dan komponen lainnya [39].

Gambar 2.12 *Power Supply*

### 2.12 Modul *Step Down* LM 2596

Modul Regulator LM 2596 adalah rangkaian modul konverter DC / DC dengan frekuensi tetap 150 kHz *fixed-voltage* (PWM *step-down*) menggunakan IC Regulator LM2596, yang mampu menggerakkan beban 5 Ampere dengan efisiensi tinggi, derek rendah dan regulasi garis dan beban yang sangat baik. Membutuhkan jumlah minimum komponen eksternal, regulator mudah digunakan dan termasuk kompensasi frekuensi internal dan osilator frekuensi tetap. Modul regulator LM2596 dapat bekerja dengan suplai tegangan 4 Volt – 32 Volt dan suhu operasinya -40 - +85 °C. Pada modul regulator LM2596 menggunakan ic SMD (*Surface Mount Device*) dan terdapat sebuah potensio untuk mengatur tegangan masukannya dari 4 Volt – 24 Volt DC pada frekuensi kerja 150 kHz sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan tegangan [40].

Gambar 2.13 Modul *Step Down* LM2596

### 2.13 *Relay*

*Relay* adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. *Relay* memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju ini, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-

terbuka. *Relay* dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply* nya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah [41].

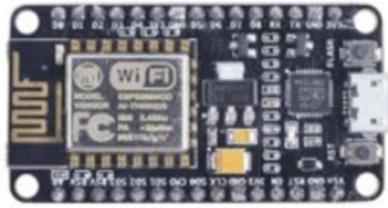


Gambar 2.14 *Relay*

#### 2.14 NodeMCU ESP12E (ESP8266)

NodeMCU adalah *platform* IoT sumber terbuka. Ini termasuk *firmware* yang berjalan pada ESP8266 Wi-Fi SoC dari *Espressif Systems*, dan perangkat keras yang didasarkan pada modul ESP-12. Istilah "NodeMCU" secara *default* mengacu pada *firmware* daripada kit pengembangan. *Firmware* menggunakan bahasa *scripting* Lua. Ini didasarkan pada proyek eLua, dan dibangun di atas Espressif Non-OS SDK untuk ESP8266. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino-nya ESP8266. Dalam seri *tutorial* ESP8266 embeddednesia pernah membahas bagaimana memprogram ESP8266 sedikit rumit karena diperlukan beberapa teknik *wiring* serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah *me-package* ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler + kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB to serial. Sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan sebagai kabel data dan kabel *charging smartphone* Android.

Secara fungsi modul ini hampir menyerupai dengan platform modul arduino, tetapi yang membedakan yaitu dikhususkan untuk "*Connected to Internet*". Tipe ESP-12E yang dianggap lebih stabil dari ESP-12. Selain itu ukuran board modulnya diperkecil sehingga compatible digunakan membuat prototype projek di breadboard. Serta terdapat pin yang dikhususkan untuk komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan PWM (*Pulse Width Modulation*) yang tidak tersedia di versi 0.9 [42].



Gambar 2.15 NodeMCU ESP12E (ESP8266)

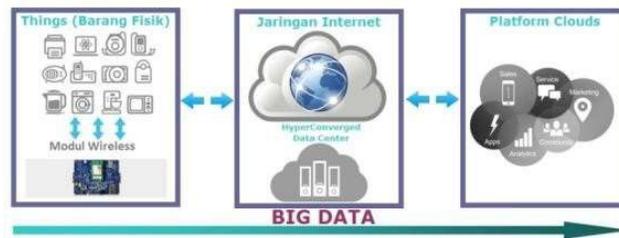
## 2.15 *Internet of Things*

*Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen [43].

*Internet Of Things* atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Ide awal *Internet of Things* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 di salah satu presentasinya. Kini banyak perusahaan besar mulai mendalami *Internet of Things* sebut saja Intel, Microsoft, Oracle, dan banyak lainnya [43].

### 2.15.1 Cara Kerja *Internet Of Things*

Konsep IoT ini sebetulnya cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur IoT, yakni barang fisik yang dilengkapi modul IoT, perangkat koneksi ke internet seperti Modem dan *Router Wireless Speedy* seperti di rumah dan *Cloud Data Center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta *data base* [43].



Gambar 2.16 Konsep IoT

Dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah benda di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat dikali di sistem komputer dan dapat direpresentasikan dalam bentuk data di sebuah sistem komputer. Pada awal-awal implementasi gagasan IoT pengenalan yang digunakan agar benda dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer adalah dengan menggunakan kode batang (*Barcode*), Kode QR (*QR Code*) dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangannya sebuah benda dapat diberi pengenalan berupa *IP address* dan menggunakan jaringan internet untuk bisa berkomunikasi dengan benda lain yang memiliki pengenalan *IP address* [43].

Cara Kerja *Internet of Things* yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internet menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung [43].

### 2.15.2 Implementasi *Internet of Things*

Mesin dibuat agar pekerjaan manusia menjadi lebih mudah, pada awalnya mesin dibuat hanya untuk membantu manusia dan dioperasikan secara manual, lambat laun mesin bisa berjalan sendiri (otomatis), tetapi dalam perkembangannya pemanfaatan mesin sebagai alat dalam sebuah sistem akan menemui kendala jika sudah menyangkut jarak dan waktu. dengan jarak yang begitu jauh maka mesin tidak akan bisa berinteraksi dengan mesin yang lain, untuk mengatasi hal inilah diterapkan gagasan *internet of things* dimana semua mesin dengan pengenalan *IP address* dapat menggunakan jaringan internet sebagai media komunikasi (saling bertukar data) [43].

Tabel 2.7 Penerapan IoT Dalam Berbagai Bidang [43]

<b>Jenis Implementasi <i>Internet Of Things</i></b>	<b>Penerapan Impelementasi <i>Internet Of Things</i></b>
Implementasi IoT Dalam Bidang Keamanan	Pengamanan menggunakan kamera CCTV di rumah, jalan dan gedung dapat dikontrol dimana saja
Implementasi IoT Dalam Bidang Properti	Eskalator, sistem pendingin gedung, sistem keamanan, CCTV, sistem administrasi, kelistrikan, instalasi saluran air dan gas dan lain sebagainya.
Implementasi IoT dalam bidang Medis	Pemasangan sensor detak jantung dan sensor yang lain pada pasien yang terhubung ke ruang pusat kontrol untuk memonitor keadaan pasien secara otomatis dan memberikan peringatan jika terjadi hal buruk, sistem pembayaran rumah sakit dan lain-lain.
Implementasi IoT dalam bidang Industri	<i>Monitoring</i> status peralatan, produksi, <i>supply chain management</i>

### 2.16 Blynk

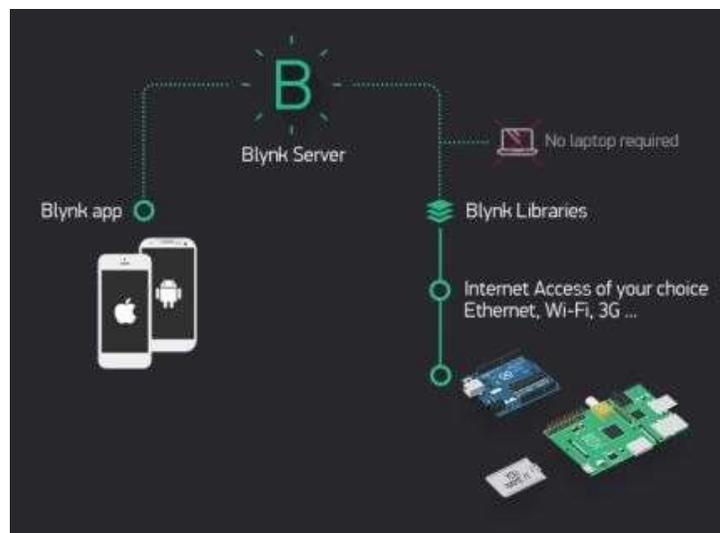
*Blynk* adalah *platform* aplikasi yang dapat diunduh secara gratis untuk iOS dan *Android* yang berfungsi mengontrol *Arduino*, *Raspberry Pi* dan sejenisnya melalui Internet. *Blynk* dirancang untuk Internet of Things dengan tujuan dapat mengontrol *hardware* dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya.

Ada tiga komponen utama dalam *platform* :

1. *Blynk App*: memungkinkan kita membuat antarmuka yang baik untuk proyek dengan menggunakan berbagai *widget* yang disediakan.
2. *Blynk Server*: bertanggung jawab atas semua komunikasi antara *smartphone* dan perangkat keras. Kita bisa menggunakan *Blynk Cloud* atau menjalankan *server Blynk* pribadi secara lokal. *Blynk* bersifat *open source*, dapat dengan mudah menangani ribuan perangkat dan bisa diluncurkan di *Raspberry Pi*.

3. *Blynk Libraries*: bisa untuk semua *platform* perangkat keras yang populer memungkinkan komunikasi dengan *server* dan memproses semua perintah yang masuk dan keluar.

Cara kerja blynk dapat dilihat pada gambar di bawah yaitu bekerja melalui Internet. Ini berarti *hardware* yang kita pilih harus bisa terhubung ke internet. Beberapa papan, seperti Arduino Uno memerlukan *Ethernet* atau *Wi-Fi Shield* untuk berkomunikasi, sedangkan papan yang lain sudah mengaktifkan Internetnya, seperti ESP8266, *Raspberry Pi* dengan *dongle* WiFi, *Particle Photon* atau *SparkFun Blynk Board*. Jika tidak memiliki shield, maka dapat menghubungkannya dengan USB ke laptop atau *desktop*. Aplikasi *Blynk* dirancang dengan program antarmuka yang baik, dapat bekerja pada iOS dan Android [38].



Gambar 2.17 Cara Kerja *Blynk*

### 2.17 *State of The Art* Penelitian Terkait

Penyusunan penelitian ini mengambil beberapa referensi penelitian sebelumnya termasuk jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

Tabel 2.8 Tabel *State of The Art*

No	Judul	Penulis	Kesimpulan Penelitian
1	Pengujian Air Bersih Menjadi Hidrogen Untuk Energi Alternatif Dengan Menggunakan Arduino	Rimbawati, Cholish, Wira Agus Lexmana Tanjung, Muhammad Aslam Ridho Effendy	Hidrogen yang memiliki daya ledak luar biasa sangat beresiko dalam proses produksinya. Maka dari itu pada penelitian ini untuk menghindari resiko terjadinya kecelakaan kerja saat proses produksi berlangsung, maka diberikan suatu sistem kontrol berupa arduino dimana sistem ini berguna dalam pengawasan siklus produksi hidrogen. Adapun dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam menghasilkan gas hidrogen menggunakan sistem kontrol arduino diantaranya mampu memberikan data bagi peneliti berupa tekanan gas dan <i>volume</i> ketinggian air yang berada pada setiap tabung saat proses produksi berlangsung secara terus menerus. Kemudian sistem kontrol ini akan mati seketika apabila terjadi masalah pada setiap komponen-komponen yang ada didalam alat pengujian tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dari metode pengujian yang telah dilakukan.
2	Alat Deteksi Kebocoran Gas Hidrogen Pada Miniatur Plan <i>Generator</i> Dengan <i>Interface</i> Modem SMS	Febry Ramadhana P	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat disimpulkan bahwa alat deteksi kebocoran gas ini bisa mendeteksi dengan baik adanya gas hidrogen, dengan sensitivitas yang tinggi.</li> <li>2. Dari data percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu elektrolisasi hidrogen pada air maka akan semakin tinggi pula kontraksi hidrogen yang terjadi.</li> <li>3. Prinsip kerja dari sensor MQ-8 ini adalah jika molekul gas H<sub>2</sub> mengenai permukaan sensor maka resistansinya akan mengecil sesuai dengan konsentrasi gas, hal itu berlaku sebaliknya jika molekul gas H<sub>2</sub></li> </ol>

tidak mengenai permukaan sensor maka resistansinya tidak akan berubah.

3      Produksi Gas  
          Hidrogen  
          Melalui Proses  
          Elektrolisis Air  
          Dengan                      Bambang  
          Pendeteksi                    Suryanto  
          Sensor TGS 821  
          Secara Realtime  
          Dengan DAQ  
          Pada PC

1. Pemanfaatan sensor TGS 821 sebagai pendeteksi Hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air ( $H_2O$ ) secara real time dapat melakukan akuisisi data dengan baik, ini dapat dibuktikan dengan data yang terbaca pada mikrokontroller dapat dikirim ke PC.
2. Semakin besar nilai tegangan yang diberikan, maka akan semakin besar pula laju reaksi elektrolisis. Ini dikarenakan dengan besarnya nilai tegangan dapat memperbesar arus yang dihantarkan oleh ion-ion bebas yang ada di dalam larutan sehingga membuat laju reaksi semakin besar.
3. Hasil pengujian sifat penginderaan sensor pada alat deteksi kemurnian gas Hidrogen berupa respon menunjukkan nilai kenaikan tegangan inputan yang diberikan dalam proses elektrolisis berbanding lurus dengan konsentrasi Hidrogen yang dihasilkan. Hal ini dapat dijelaskan karena semakin tinggi tegangan inputan yang diberikan pada proses elektrolisis, maka pemecahan Oksigen dan Hidrogen akan berlangsung dengan intensitas dan kecepatan pemecahan yang semakin besar. Intensitas dan kecepatan pemecahan Oksigen dan Hidrogen yang semakin besar mengakibatkan semakin tingginya Hidrogen yang dihasilkan.
4. Hasil pengujian sifat penginderaan pada alat deteksi

- kemurnian gas Hidrogen berupa linieritas menunjukkan bahwa tegangan masukan yang diberikan berbanding lurus dengan penambahan konsentrasi hidrogen.
5. Hasil pengujian sifat penginderaan sensor pada alat deteksi kemurnian gas Hidrogen berupa performa menunjukkan bahwa system sensor mampu melakukan pembacaan pada hal tertentu dalam hal ini selektif terhadap gas hidrogen.
  6. Hasil pengujian sifat penginderaan sensor pada alat deteksi kemurnian gas Hidrogen berupa kemurnian gas menunjukkan bahwa hubungan konsentrasi hidrogen dengan RH (kelembaban) berbanding terbalik, semakin naik konsentrasi hidrogen maka RH (kelembaban) semakin turun.
1. Sensor akan mengalami penurunan pada saat awal,hal ini karena sensor MQ8 perlu diberikan tegangan *heater* (pemanas) beberapa menit.
  2. Agar pembacaan akurat,pemasangan sensor pada elektrolisis dilakukan saat nilai sensor cukup stabil.
  3. Nilai pengukuran sensor MQ-8 mengalami kenaikan rata-rata 5 ppm/detik.
  4. Nilai sensor sangat dipengaruhi oleh lingkungannya.
- 4 Alat Ukur Konsentrasi Hidrogen Dari Elektrolisis Air Menggunakan Sensor MQ-8 Berbasis Arduino Dengan Tampilan Android Muel Simanjuntak
- 5 Pembangkitan Gas HHO pada *Generator* Hidrogen dengan Elektrolisis Rusdianasari et al
- Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa alat elektrolisis air dirancang untuk menghasilkan gas HHO menggunakan elektroda *stainless steel* 316 dengan enam *stack*, dimana

setiap *stack* gas satu elektroda kopling dengan kontak permukaan 66 mm<sup>2</sup>. Efisiensi *generator* hidrogen saat ini adalah 89,13%. *Volume* gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis tertinggi adalah 0,9250 LPM pada konsentrasi larutan 0,05 M pada 15 A. Analisis gas kromatografi menunjukkan bahwa rata-rata kandungan hidrogen dalam sampel produk adalah 65,432 %; oksigen 33,106%; dan nitrogen 1,444 %.

Secara eksperimental ditemukan bahwa suhu PEMFC dan PEMWE berpengaruh signifikan terhadap kinerjanya. PEMWE memiliki kinerja yang lebih tinggi pada suhu yang lebih rendah sedangkan sebaliknya PEMFC memiliki kinerja yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi dan kinerja yang lebih rendah pada suhu yang lebih rendah. Dalam PEMWE, ketika LHV kecil memiliki nilai entalpi ( $\Delta H$ ) yang rendah sehingga memberikan efisiensi yang lebih tinggi tetapi ketika suhu meningkat entalpi ( $\Delta H$ ) juga meningkat maka memberikan efisiensi yang lebih rendah dengan kinerja yang lebih rendah. Demikian pula dalam PEMFC, ketika kerapatan arus tukar meningkat dengan kenaikan suhu sel bahan bakar, yang mengurangi kerugian aktif. Temperatur yang lebih tinggi juga meningkatkan perpindahan massa di dalam sel bahan bakar dan menghasilkan penurunan bersih dalam ketahanan sel (Wang et al. 2003). Arus bervariasi secara linier dengan laju aliran massa hidrogen karena peningkatan laju reaksi elektrokimia. Suhu katoda tidak mempengaruhi kinerja sel bahan bakar tetapi suhu operasi yang lebih tinggi di anoda menghasilkan

- 6 Kajian Pemantauan dan Pengoperasian PEM *Water Electrolysis* dan PEM *Fuel Cell* Melalui Konvergensi IoT di *Smart Energy Campus Microgrid* Hui Il Chang, Prakash Thapa

peningkatan kinerja sel bahan bakar PEM. Semua data dari sistem elektrolisis ditransmisikan ke pusat manajemen daya melalui *node* LoRa dan *gateway*. Sehingga kita dapat mengontrol parameter tertentu dan dapat meningkatkan kinerja sistem. Karena meningkatnya jumlah aplikasi *online* dan pengguna seluler kampus energi pintar akan mengalami masalah kekurangan frekuensi yang menyebabkan sistem macet lama tetapi dengan menggunakan lingkungan radio kognitif di *node* dan gerbang LoRa itu akan menyelesaikan masalah itu. Ini menggunakan spektrum frekuensi tanpa izin sebagai hasilnya jumlah pengguna akan meningkat dan sistem PEMWE kami akan memberikan kinerja yang lebih tinggi.

7 Pengujian Sistem Deteksi Gas Hidrogen Suliyanto, Akhmad Saogi Latif

Hasil Pengujian sistem deteksi hidrogen IEBE sebagai berikut : suhu di sekitar sensor gas hidrogen ketika gas pembakar menyala berkisar antara 29,68°C - 41,75°C, berada dibawah daya tahan sensor terhadap panas maksimum 80°C. Indikator warning dapat merespon gas hidrogen 20% LEL yang dialirkan ke sensor, dan indikator *evacuate* belum merespon. Indikator *evacuate* dapat merespon gas hidrogen sebesar 30% LEL yang dialirkan ke sensor, dimana indikator *warning* akan merespon terlebih dahulu. Indikator *failure* dapat merespon bila dilakukan pemutusan koneksi pada indikator *warning* maupun *evacuate*. Dari hasil pengujian sistem deteksi hidrogen di IEBE, maka dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan sistem dapat beroperasi.