

DOKUMEN HKI/PATEN

KARYA CIPTA

JUDUL

DESAIN GEOMETRI GENERATOR HIDROGEN

Pencipta :

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

TAHUNN 2018

DESAIN GEOMETRI GENERATOR HIDROGEN

Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.

Universitas Negeri Padang

1) DISAIN DAN REKAYASA REAKTOR HIDROGEN

A. Pendahuluan

Kebutuhan energi terbarukan bagi peradaban manusia semakin meningkat. Hal ini disebabkan bertambahnya populasi umat manusia. Konsumsi energi yang semakin waktu semakin meningkat, sementara ketersediaan energi belum memadai. Oleh sebab itu, pengembangan teknologi pengkonversi energi menjadi alternatif bagi masa depan energi dunia. Dalam hal inilah peranan ilmuwan dan rekayasawan dalam membuat berbagai analisa dan disain terhadap sistem teknologi diperlukan[1-3]. Salah satu sumber energi terbarukan adalah dari cahaya tampak, terutama pada cahaya yang masuk dalam ruangan dan cahaya dari penyinaran lampu neon atau ruangan[4-7]. Cahaya ini lebih dikenal sebagai cahaya ruang yang berintensitas rendah. Para ilmuwan mulai melakukan kajian bagaimana meningkatkan kemampuan cahaya ruang yang berintensitas rendah tersebut untuk dikonversi menjadi energi listrik.

Salah satu sumber energi terbarukan adalah dari cahaya tampak, terutama pada cahaya yang masuk dalam ruangan dan cahaya dari penyinaran lampu neon atau ruangan[4-7]. Cahaya ini lebih dikenal sebagai cahaya ruang yang berintensitas rendah. Para ilmuwan mulai melakukan kajian bagaimana meningkatkan kemampuan cahaya ruang yang berintensitas rendah tersebut untuk dikonversi menjadi energi listrik. Salah satunya dengan membuat disain dan rancangan terhadap peralatan pengkonversi energi cahaya ruang menjadi energi listrik[8].

Rancangan alat yang dapat dibuat adalah Fotoreaktor planar dengan dinding kaca.[9] Pada penelitian sebelumnya, penerapan fotoreaktor cahaya ruang mulai ditelaah pada tahun 2015, dengan pengembangan sel fotovoltaik dari pelat tembaga melalui proses kalsinasi[4,5]. Pada proses ini, plat tembaga akan bertransformasi menjadi semikonduktor Cu_2O [10], sehingga dapat menyerap cahaya dengan

intensitas rendah dan selanjutnya bisa dikonversi menjadi energi listrik. Pada penelitian lainnya,

energi cahaya ruang ini telah dapat dipakai pada pembelahan air untuk memproduksi gas hidrogen[11]. Dalam riset ini, penelitian dilakukan dengan analisis pada fotoreaktor planar yang didisain untuk aplikasi fotoreaktor cahaya ruang. Pada disain yang dibuat, ditelaah ukuran, luas permukaan dan interaksi foton yang terjadi dengan sistem fotovoltaik planar yang dikembangkan.

B. Disain dan Pembuatan Model Sel PV

Sebelum kami melakukan perancangan desain pada bidang planar, terlebih dahulu kami jelaskan apa yang dimaksud bidang planar. Bidang planar adalah bidang datar dengan sisi yang tidak saling memotong (bersilangan) sudut satu dengan sudut yang lain[6].

Rancangan sel fotovoltaik (PV) dibuat dengan model sketsa gambar reaktor geometri pada bidang ruang planar. Pada Rancangan ini bagian dalam nya terdapat celah kecil dengan jarak 5 mm ke arah sisi luar dan sisi dalam. Elektrolit akan dimasukan kedalam celah tersebut yang dinamakan dengan bulk atau reaktor. Pada satu sisi planar terdapat 2 buah bulk yang bersisian. Design atau rancangan sel PV dibuat dengan model planar dapat dilihat pada Gamabar 1.



Gambar 1. Skema dan design sel fotoreaktor planar

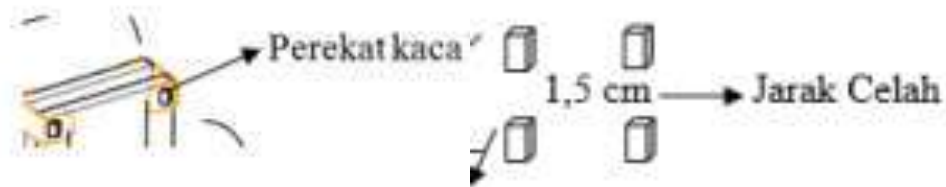
C. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan sketsa yang dibuat, perhitungan dilakukan dengan mengkalkulasikan berapa permukaan yang akan berinteraksi dengan foton. Dari gambar 1, volume dari ruang Fotoreaktor Planar dapat dikalkulasi dengan menggunakan rumus trigonometri serta aturan cosinus untuk menghitung luas permukaan. Pada posisi ini, di tengah ruang ditempatkan satu titik sumber cahaya, yang berhadapan langsung dengan fotoreaktor planar, dan sinar akan menabrak ke seluruh permukaan.

Perhitungan dilakukan dengan ukuran tinggi bangun ruang planar 40 cm, dan lebar 18 cm (9 cm x 2 bulk) serta ketebalan 15 mm (5 mm depan, 5 mm celah dan 5 mm belakang). Dengan formula, luas bangun Lempeng Kaca dalam (1 Lempeng Bulk), yakni $2(p \times l + p \times t + l \times t)$, maka $2(18 \times 1,5 + 18 \times 40 + 1,5 \times 40)$, sehingga diperoleh luas sebesar 1.614. Dengan demikian, maka luas total Lempeng bulk menjadi 2×1.614 atau sebesar = 3.228.

Kompartemen yang dipakai pada Fotoreaktor antara lain, perekat kaca bulk bentuk kubus, seperti terlihat pada gambar 2 a. Penyangga balok berbentuk kubus seperti terlihat pada gambar 2 b, yang memiliki jarak celah 1.5 cm. Pada rancangan

ini luas kubus (lk) dan luas kubus penyangga dapat dihitung dengan operator 6 luas sisi (6 s2). Luas kubus menjadi 6 (2,25) cm atau seluas 13.5 cm2 dan luas kubus (penyangga) = 4 (LK) = 4 (13.5 cm2) = 54 cm2.



Gambar 2. Kompartemen Fotoreaktor Planar

Analisis Kontak Foton

Interaksi cahaya ruang pada fotoreaktor sangat ditentukan oleh kontak antara permukaan panel reaktor pada Fotoreaktor Planar dengan foton yang berasal cahaya ruang. Cahaya ruang bersumber dari cahaya yang datang dari cahaya matahari yang terdifraksi dan terpantulkan oleh berbagai media dan batas pada permukaan. Cahaya ruang juga bisa bersumber dari iluminasi lampu neon dan sumber penerangan dalam ruangan[6,7,12,13].

Analisis yang paling penting adalah luas permukaan elektron untuk reaksi foton, yang dikalkulasikan dengan $(s - 8) (t - 4) \cdot n$. Berdasarkan formula ini, maka $(18 \text{ cm} - 8) (40 \text{ cm} - 4) \cdot 2$ sehingga diperoleh hasil kalkulasinya sebesar 720 cm². Sementara, luas permukaan untuk reaksi elektrolit = $(s - 4) \cdot 40 \text{ cm} \cdot N$, maka diperoleh 1.120 cm². Pada analisis fotoreaktor planar, permukaan reaktor dapat dianalisis dengan perhitungan berikut :

$$\frac{1}{2} \times r^2 \times \sin \frac{360^\circ}{n}$$

Luas Permukaan Reaktor =

Berdasarkan analisis ini, maka luas permukaan fotoreaktor adalah 238,01 cm². Sedangkan, luas permukaan planar 476.03 cm² . Volume bidang planar dikalkulasikan dengan luas planar x tinggi, sehingga dengan formula =

$$= \frac{ns^2}{4} \times \frac{\sin \frac{360^\circ}{n}}{1 - \cos \frac{360^\circ}{n}} \times t$$

maka diperoleh volume 19.041,48cm³ Pada fotoreaktor dengan sketsa model planar kedua yang memiliki tinggi 36.4 cm dan lebar 4 cm serta ketebalan (0.2 mm + 0.28 mm + 0.4 mm). Di tengah tuang ditempatkan satu titik sumber cahaya yang akan memancarkan sinarnya ke seluruh bagian permukaan. lebar 4 cm, maka dengan dua bulk, menjadi 8 cm. Ketebalan (0.2 mm + 0.28 mm + 0.4 mm) sebesar 0,88 mm atau 0,088 cm. Berdasarkan ini maka analisis disainnya menghasilkan luas bangun Lempeng Kaca dalam (1 Lempeng Bulk) sebesar 648,454.

Analisis lanjutan, luas total Lempeng bulk adalah 2 x Luas lempeng Kaca, yakni 2 x 1.296,908 atau 2.593,816. Luas kubus 6 s² yakni sebesar 0,046 cm². L.Kubus (penyangga) = 4 x Lk menjadi 4 x 0,046 cm² atau sebesar 0,184 cm². Luas permukaan elektron untuk reaksi foton (s - 8) (t - 4) . n = (8 cm - 8) (36,4 cm - 4) . 2 atau sebesar 64,8 cm². Luas permukaan untuk reaksi elektrolit (s - 4) . 36,4 cm . n = (8 cm - 4) . 36,4cm . 2 atau sebesar 291,2 cm². Luas permukaan reaktor 1,88064 cm², dan Luas Bidang Planar sebesar 376.128 cm² serta Volume Bidang Planar 13.69159,2 cm³.

D. Kesimpulan

Fotovoltaik Planar yang dibuat memiliki ukuran lebar 9 cm dan tinggi 40 cm, menggunakan material kaca dengan ketebalan 3 mm. Dari hasil kalkulasi matematik, diketahui luas permukaan kontak foton dan permukaan planar mencapai 720 cm² dan luas permukaan kontak elektrolit dengan foton mencapai 1.120 cm². Volume panel yang akan menempati reaktor adalah 19.041,48cm³

E. Referensi

- [1] Newman J, Bonino C A, Trainham J A 2018 The Energy Future, *Annual review of chemical and biomolecular engineering* 9 153-174
- [2] Chen J G, Crooks R M, Seefeldt L C, Bren K L, Bullock R M, Darensbourg M Y, Holland P L, Hoffman B, Janik M J, Jones A K, Kanatzidis M G, King P,

- Lancaster K M, Lyman S V, Pfromm P, Schneider W F, Schrock R R 2018 Beyond fossil fuel- driven nitrogen transformations, *Science* 360
- [3] Artz J, Muller T E, Thenert K, Kleinekorte J, Meys R, Sternberg A, Bardow A, Leitner W 2018 Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment, *Chem Rev* 118 434-504
- [4] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E 2015 Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by Using Indoor Lights, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 6(4) pp. 353-361
- [5] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Darajat S 2015 Modifikasi dan Karakteristik I-V Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Iluminasi Lampu Neon, *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 15 50-56
- [6] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S 2015 Disain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang, *Jurnal Riset Kimia* 8 131-142
- [7] Zainul R 2016 Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoor Lights (PV-Cell) Photocells *Der Pharma Chemica* 8 pp. 388-395
- [8] Bard A J 1982 Design of Semiconductor Photoelectrochemical Systems for Solar Energy Conversion, *The Journal of Physical Chemistry* 86 172-177
- [9] Zainul R 2015 Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor pada Panel Surya Al/Cu₂O-Gel Na₂SO₄, *Research Report, LP2M Universitas Negeri Padang*
- [10] Zainul R, Oktavia B, Dewata I, Efendi J 2018 Thermal and Surface Evaluation on The Process of Forming a Cu₂O/CuO Semiconductor Photocatalyst on a Thin Copper Plate, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 335 012039
- [11] Zainul R, Alif A, Aziz H, Yasthopi A, Arief S, Syukri 2015 Photoelectrosplitting Water for Hydrogen Production Using Illumination of Indoor Lights, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7(11) pp. 57-67

- [12] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Darajat S 2015 Modifikasi dan Karakteristik I-V Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Illuminasi Lampu Neon, *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 2 50
- [13] Zainul R 2015 Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu₂O-Gel Na₂SO₄, *Research Report, LP2M Universitas Negeri Padang*

2) **DISAIN DAN REKAYASA REAKTOR ELEKTROLISER (SEL EC)**

A. Pendahuluan

Energi menjadi perhatian dunia saat ini. Keterbatasan sumber energi fosil menyebabkan manusia mencari sumber alternatif baru. Salah satunya adalah sumber dari energi alam yang berlimpah, seperti angin, cahaya, ombak dan biomassa lainnya. Sumber energi yang unggul di masa depan, berpatokan kepada prinsip ekonologis dan ekonomis[1]. Hal ini berarti sumber energi masa depan haruslah ramah bagi lingkungan dan murah, sehingga dampak dari kemajuan teknologi bisa membuat perubahan peradaban manusia menjadi lebih baik[2,3].

Salah satu energi yang ramah bagi lingkungan adalah Energi Hidrogen[1]. Berbagai riset tentang hidrogen telah banyak dikembangkan. Salah satunya adalah dengan teknik pembelahan air dengan menggunakan fotoreaktor tandem PV-EC[4]. Pada aplikasinya, pengembangan ini banyak dilakukan dengan memodifikasi material elektroda dan permukaan semikonduktor yang digunakan sebagai fotokatalis[5-9]. Misalnya, disain dan modifikasi tembaga oksida yang telah banyak dilakukan oleh para kimiawan.

Dalam riset ini, peneliti melakukan disain tentang elektroda pada bagian EC (Elektroliser) yang dipakai sebagai tandem dalam Fotoreaktor PV-EC. Disain yang dilakukan secara teoritis untuk mendapatkan konstanta atau interaksi molekul air dan permukaan elektroda sehingga menghasilkan gas hidrogen yang optimal. Dengan prinsip ini, dilakukan analisis pada rancangan dan model elektroda trapping secara komputasi dan manual. Berdasarkan inilah, diharapkan optimasi matematis dalam

disain (model) elektroda trapping, dapat dikembangkan untuk aplikasi pada pembangunan Fotoreaktor tandem PV-EC.

B. Disain dan Pembuatan Model Elektroda Trapping

Disain elektroda trapping dilakukan dengan pemodelan atau komputasi. Dilakukan pembuatan disain berdasarkan secara skematis, dan kemudian analisis terhadap gambar yang dibuat sebagai pertimbangan dalam pengembangan elektroda yang akan dibuat. Elektroda trapping yang dibuat diukur luas permukaan kontak elektron, distribusi elektron dan tabrakan dengan molekul air sehingga terjadinya pembelahan air[6].

C. Pengukuran dan Analisis Elektroda Trapping

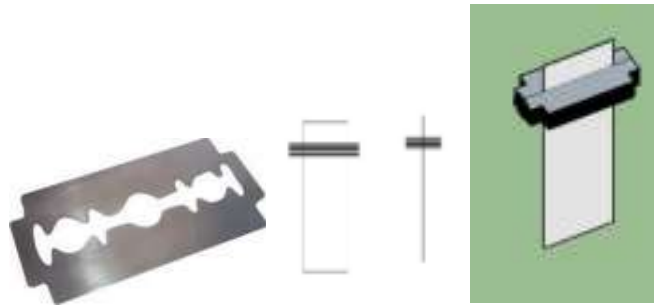
Analisis disain model dilakukan secara matematis terhadap luas kontak. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual dan kalkulasi matematis. Skema manual dari elektroda trapping ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema manual disain elektroda trapping

D. Hasil dan Pembahasan Elektroda Trapping Model 1

Pada model ini, ukuran tinggi yang diberikan adalah 10 cm, ketebalan 0.2 mm dengan jarak antar silet adalah 5 mm. Model elektroda ini menggunakan penampang atau penyangga plat Aluminium dengan silet yang menumpuk pada plat. Jumlah silet yang terdapat di plat adalah 18 buah. Karena jarak antar silet hanya 5 mm saja, maka silet yang tergambarkan menjadi sedikit dan terlihat berdempetan seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Model 1 Elektroda Traping, model mata silet (a) dan tampak samping (b)

Pada disain ini panjang penyangga utama (Al) adalah 10 cm, tebal penyangga Al 0.2 mm (0.02 cm), serta diameter penyangga = 1 cm. Luasnya = Luas atas + luas bawah + luas kanan + luas kiri + luas depan + luas belakang, sehingga berdasarkan perhitungan $(1 \text{ cm} \times 0.02 \text{ cm}) + (1 \text{ cm} \times 0.02 \text{ cm}) + (10 \text{ cm} \times 0.02 \text{ cm}) + (10 \text{ cm} \times 0.02 \text{ cm}) + (10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}) + (10 \text{ cm} \times 1 \text{ cm})$. Berdasarkan analisis matematis, maka luas penyangga sebesar 20.44 cm². Luas Penyangga utama Al dapat dianalisis dengan cara yang sama. Luasnya menjadi panjang x lebar, yakni 10 cm².

Elektroda Trapping Model 2

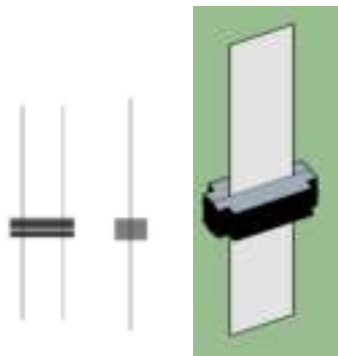
Model kedua ini adalah desain elektroda trapping model 6 dengan tinggi 10 cm dan ketebalan 0.4 mm. Jarak antara silet sebesar 5 mm. sehingga untuk pengukuran luas kontak silet dan luas penampang masih menggunakan rumus yang sama. Karena model kedua hanya berbeda ketebalannya saja, tetapi jumlah silet yang digambarkan sama yakni 18 silet sehingga jaraknya sangat tipis atau dekat sekali. Akan tetapi,

pada gambar dari sumber referensi, yang menumpuk pada plat bukanlah silet melainkan sebuah kawat stainless yang meliliti plat.

Pada elektroda model ini dapat dicari luas permukaan kontak utama tanpa komponen elektroda tambah (plat-plat kecil). Panjang penyangga utama (Al) 10 cm dan tebal penyangga Al 0.4 mm (0.04 cm), serta diameter penyangga 1 cm. Berdasarkan ini, maka Luas penyangga elektroda Al dikalkulasikan sebesar 20.88 cm² dan luas Penyangga utama Al sebesar 10 cm².

Elektroda Trapping Model 3

Pada elektroda trapping model 6 ini di desain dengan ukuran tinggi 20 cm, ketebalan 0.2 mm, jarak antar silet 5 mm. Bahan yang di gunakan adalah plat Aluminium dengan silet yang diletakkan pada plat tersebut. Pada model ini jumlah silet yang tertata yakni 38 silet. Sehingga jarak antar silet itu sangat dekat atau tipis dan tidak mencapai kebawah plat jika menggunakan aplikasi pembuat gambar. Akan tetapi, pada gambar dari sumber referensi, yang menumpuk pada plat bukanlah silet melainkan sebuah kawat stainless yang meliliti plat.



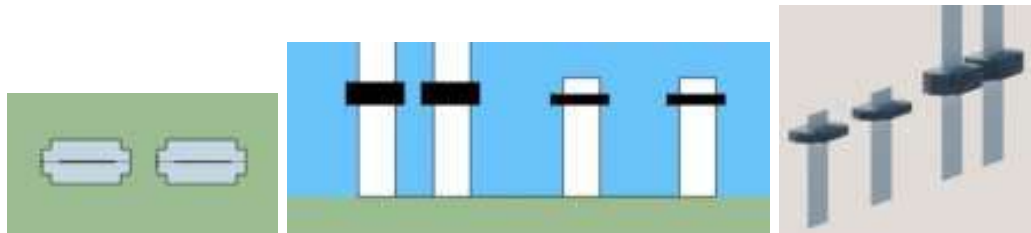
Gambar 3. Elektroda Trapping Model 3

Pada elektroda model ini dapat dicari luas permukaan kontak utama tanpa komponen elektroda tambah (plat-plat kecil). Panjang penyangga utama (Al) 20 cm dan tebal penyangga Al 0.2 mm (0.02 cm), serta diameter penyangga 1 cm. Berdasarkan kalkulasi ini, luas penyangga elektroda Al adalah 40.82 cm² dan luas Penyangga utama Al adalah 20 cm²

Elektroda Trapping Model 4

Pada desain elektroda trapping model 4 ini mempunyai ukuran tinggi 20 cm, ketebalan 0.4 mm dan jarak antar silet nya 5 mm. Bahan yang digunakan masih sama, yakni Aluminium dan silet. Karena pada model ini tingginya 20 cm, maka jumlah silet yang ada 38 buah. Sehingga jarak antar silet itu sangat dekat atau tipis dan tidak mencapai kebawah plat, jika menggunakan aplikasi pembuatan gambar seperti terlihat pada Gambar 4. Akan tetapi, pada gambar dari sumber referensi, yang menumpuk pada plat bukanlah silet melainkan sebuah kawat stainless yang meliliti plat.

Pada elektroda model ini dapat dicari luas permukaan kontak utama tanpa komponen elektroda tambah (plat-plat kecil). Panjang penyangga utama (Al) 20 cm dan tebal penyangga Al 0.2 mm (0.04 cm) serta diameter penyangga 1 cm. Berdasarkan perhitungan ini, maka luas penyangga elektroda Al adalah 41.68 cm² dan luas penyangga utama Al adalah 20 cm².



Gambar 4. Model elektroda trapping, tampak atas (a), tampak samping (b,c)

Model trapping yang dikembangkan ini dapat menjadi pertimbangan dalam pembuatan reaktor hidrogen yang dikembangkan. Dengan analisis geometris, dapat diketahui model 4 memiliki luas kontak paling besar, sehingga peluang terjadinya interaksi antara molekul air dan elektron pada permukaan elektroda semakin besar

E. Kesimpulan

Disain elektroda model trapping, memberikan luas permukaan kontak yang berbeda beda. Pada model 1, 2, 3 dan 4, dihasilkan luas permukaan yang bervariasi berdasarkan ukuran dan model yang dikembangkan. Model 4 memiliki

luas kontak paling besar yakni 41.68 cm² dan menjadi elektroda model trapping yang terbaik dari ke empat model yang dikembangkan. Analisis ini bisa dikembangkan dalam pembuatan generator hidrogen pada Fotoreaktor tandem PV-EC.

F. Referensi

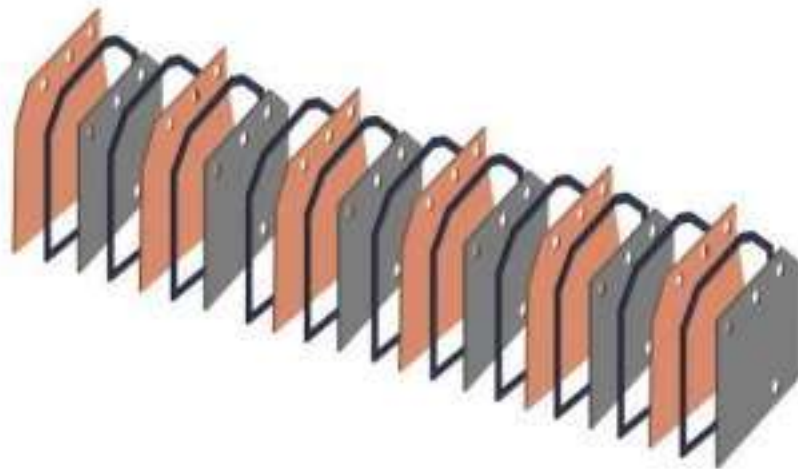
- [1] Newman J, Bonino C A, Trainham J A 2018 The Energy Future, *Annual review of chemical and biomolecular engineering* 9 153-174
- [2] Artz J, Muller T E, Thenert K, Kleinekorte J, Meys R, Sternberg A, Bardow A, Leitner W 2018 Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment, *Chem Rev* 118 434-504
- [3] Chen J G, Crooks R M, Seefeldt L C, Bren K L, Bullock R M, Darensbourg M Y, Holland P L, Hoffman B, Janik M J, Jones A K, Kanatzidis M G, King P, Lancaster K M, Lymar S V, Pfromm P, Schneider W F, Schrock R R 2018 Beyond fossil fuel- driven nitrogen transformations, *Science* 360
- [4] Zainul R, Alif A, Aziz H, Yasthopi A, Arief S, Syukri 2015 Photoelectrosplitting Water for Hydrogen Production Using Illumination of Indoor Lights, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7(11) pp. 57-67
- [5] Zainul R 2016 Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoor Lights (PV-Cell) Photocells *Der Pharma Chemica* 8 pp. 388-395
- [6] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S 2015 Disain Geometri Reaktor Fotosel Cahaya Ruang, *Jurnal Riset Kimia* 8 131-142
- [7] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Darajat S 2015 Modifikasi dan Karakteristik I-V Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Iluminasi Lampu Neon, *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 15 50-56
- [8] Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E 2015 Design of Photovoltaic Cell with Copper Oxide Electrode by Using Indoor Lights, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 6(4) pp. 353-361

[9] Zainul R, Oktavia B, Dewata I, Efendi J 2018 Thermal and Surface Evaluation on The Process of Forming a Cu₂O/CuO Semiconductor Photocatalyst on a Thin Copper Plate, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 335 012039

3) BAB VI. REKAYASA GENERATOR HIDROGEN SANDWICH 4/4 BERBASIS GARAM NATRIUM ASETAT

a. Preparasi Elektroda

Plat logam Cu (0,5 mm) dan plat logam aluminium (0,7 mm) yang berbentuk lembaran dipotong dengan ukuran lebar 10 cm dan panjang 10 cm sebanyak 12 lembar. Kemudian, plat di lubangi sebagai tempat pemasangan baut dan tempat saluran gas. Cuci plat menggunakan aseton untuk menghilangkan kontaminan bahan organik dan zat pengotor yang dapat mengganggu jalannya elektrolisis.

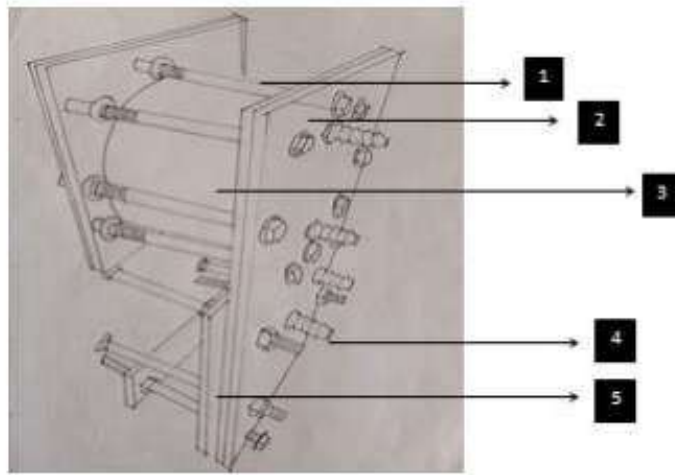


Gambar 3.1 Desain Elektroda

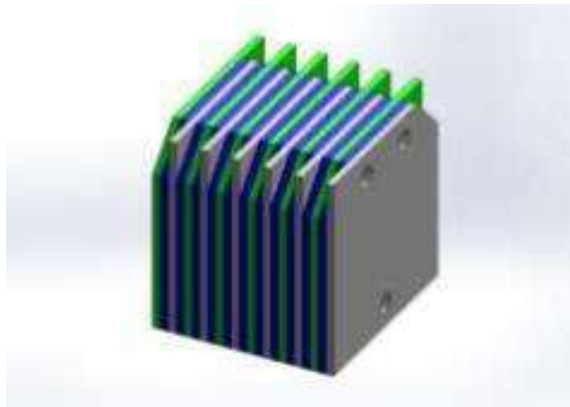
b. Perakitan Reaktor

Persiapkan alat dan bahan berupa reaktore yang dirakit dengan variasi 8, 10, 12 plat elektroda. Kemudian siapkan power supply yang sudah dipasang kabel colokan dan kabel penjepit. Siapkan aquades, larutan elektrolit CH₃-COONa 0.01 M dan NH₄Cl 0.01 M masing masingnya 500 mL untuk dimasukkan kedalam tabung

penampung elektrolit secara bergantian. Persiapkan gelas ukur dengan wadah gelas kimia sebagai alat ukur volume gas hidrogen yang dihasilkan. Pasangkan selang pada masing masing soket lalu masukan selang dari reaktor kedalam gelas ukur yang berisi air. Tabung penampung larutan elektrolit diberi arus listrik DC yang bersumber dari power supply untuk mereaksikan larutan.



Gambar 3.2 Desain Reaktor (1. Baut, 2. Penampang Akrilik, 3. Tabung Penampung Eektrolit, 4. Soket, 5. Penampang Plat Elektroda)



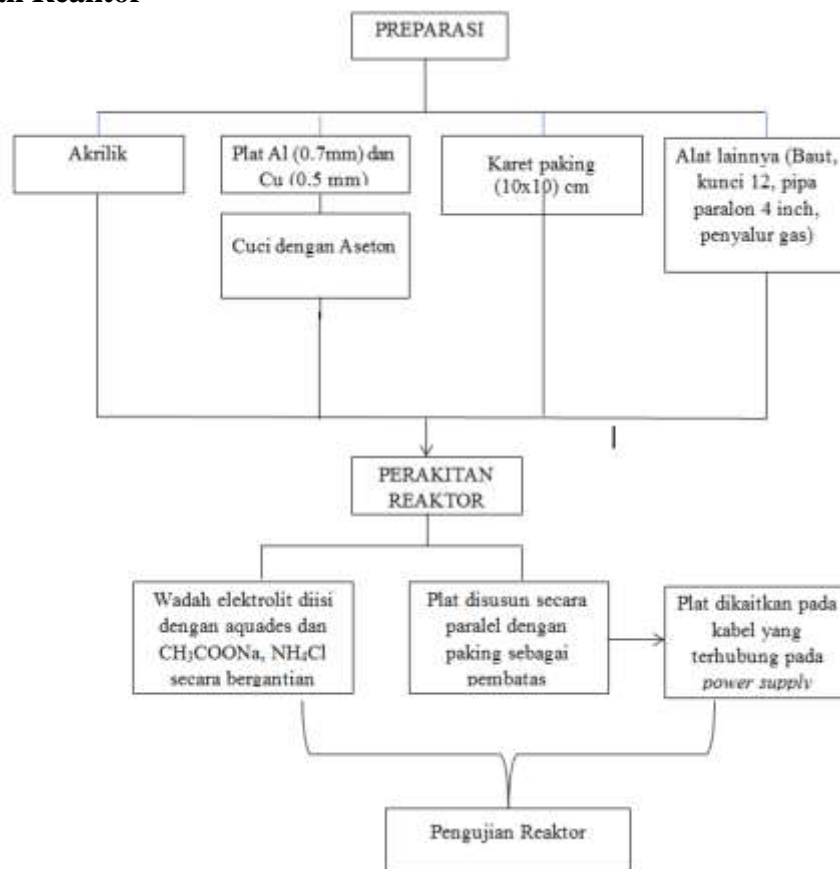
Gambar 3.3 Susunan Elektroda pada Reaktor

c. Pengukuran Volume Gas Hidrogen dan Oksigen

Masukkan selang dari reaktor ke dalam gelas ukur yang berisi air. Selanjutnya, tabung yang sudah berisi larutan elektrolit diberi arus listrik DC untuk mereaksikan

larutan supaya terjadi pemecahan air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Ketika arus listrik diberikan maka gas hidrogen dan oksigen akan mengalir melalui selang keluaran gas menuju gelas ukur. Sebelum gas mengisi gelas ukur maka catat data volume awal dari skala ukuran pada gelas ukur dan setelah gas hidrogen dan oksigen mengisi gelas ukur selama 1 jam, maka akan di dapat volume akhir dari pada skala ukuran pada gelas ukur, catat data yang terukur tersebut. Lakukan secara bergantian terhadap variasi plat (8, 10, 12) dan variasi elektrolit (Aquades, CH_3COONa 0.01 M, NH_4Cl 0.01 M) .

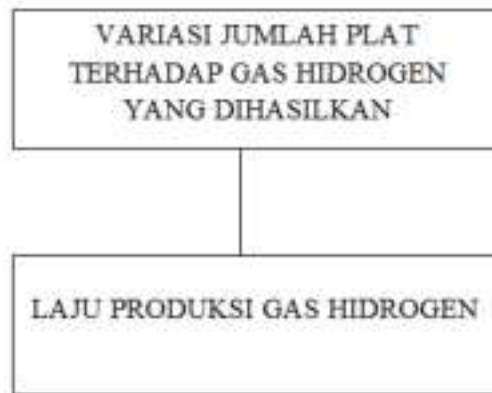
Pengujian Reaktor



d. Uji Reaktor Dengan Variasi Jumlah Plat Terhadap Gas Hidrogen Yang Dihasilkan

Fokus dari penelitian ini adalah memvariasikan lapisan plat Al-Cu sebagai elektroda dan elektrolit yang digunakan dalam proses elektrolisis air. Variasi lapisan

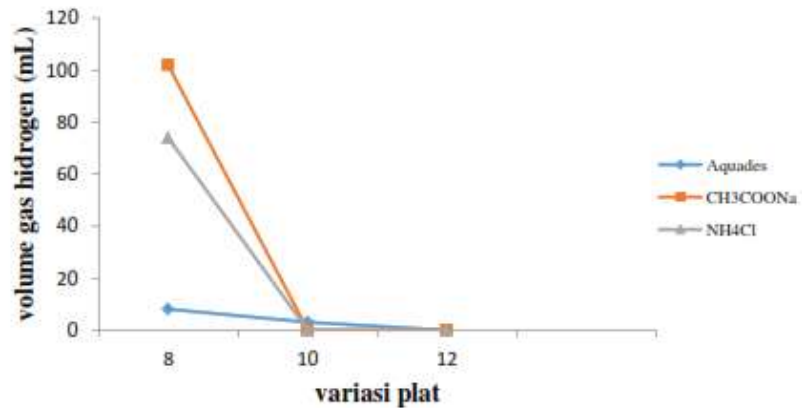
elektroda bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan elektroda terhadap volume gas hidrogen yang dihasilkan.



Pada suhu kamar, pemecahan air sangat kecil yaitu sekitar 10 mol/liter karena air murni merupakan konduktor listrik yang sangat buruk sehingga proses elektrolisis air berjalan sangat lambat. Berbagai faktor yang mempengaruhi transpor elektrokimia adalah permukaan elektroda, kondisi lingkungan elektrolit selain faktor utamanya yaitu arus dan potensial sel. Jenis elektrolit yang digunakan sangat efektif mempengaruhi proses elektrolisis air (rahadian zainul, 2015).

Preparasi Plat Elektroda

Pada penelitian digunakan plat elektroda Cu dan Al yang memiliki ketebalan berturut turut adalah 0,5 mm dan 0,7 mm. Perbedaan ketebala plat yang digunakan karena selama proses elektrolisis air berlangsung plat Al akan mengalami oksidasi dan plat Cu akan mengalami reduksi. Ketika teroksidasi, plat akan mengalami pengikisan dipermukaannya oleh plat Cu dan karena itulah plat Al yang digunakan lebih tebal dibandingkan plat Cu. Plat elektroda yang digunakan dipotong ukuran 10 cm x 10 cm yang mana luasan permukaan elektroda yang bersentuhan dengan elektrolit juga mempengaruhi produksi gas hidrogen. Sebelum digunakan plat dibersihkan dengan aseton agar selama proses elektrolisis berlangsung tidak ada zat pengotor yang menurunkan efisiensi produksi gas hydrogen. Hasil pengukuran volume gas hidrogen terhadap variasi lapisan plat dan elektrolit yang digunakan.



Gambar 4.1. Pengaruh Variasi Plat Dan Variasi Elektrolit Terhadap Produksi Gas Hidrogen

Gambar 4.1 diatas merupakan hasil pengukuran volume gas hidrogen terhadap variasi plat dan variasi elektrolit. Elektrolit yang digunakan adalah aquades, CH₃COONa dan NH₄Cl. Data yang diperoleh pada gambar 4.1 menunjukkan hasil pengukuran volume gas hidrogen pada variasi plat 8 berturut-turut 8 mL, 102 mL, 74 mL, variasi plat 10 berturut-turut 3 mL, 0 mL, 0 mL dan variasi plat 12 berturut-turut 0 mL, 0 mL, 0 mL. Pada gambar 4.1 volume gas hidrogen pada variasi plat 8 merupakan hasil yang paling maksimal dalam memproduksi gas hidrogen dibandingkan variasi plat 10 dan 12. Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa variasi lapisan plat elektroda mempengaruhi produksi gas hidrogen yaitu penambahan jumlah lapisan plat menyebabkan turunnya produksi gas hidrogen karena penggunaan arus dan tegangan yang sangat kecil yaitu sebesar 0.6 A dan 2 V. Produksi volume gas hidrogen meningkat seiring meningkatnya arus yang digunakan (Chakik, 2017), sehingga untuk memproduksi gas hidrogen dalam intensitas besar membutuhkan waktu yang cukup lama jika menggunakan arus yang sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh tingkat muatan listrik pada larutan karena semakin tinggi arus semakin banyak elektron yang ditransfer per satuan waktu begitupun untuk penggunaan tegangan kemudian reaksi untuk menghasilkan gas hidrogen dapat ditingkatkan.

Kesenjangan jarak antar elektroda juga menjadi pertimbangan dalam sel elektrolisis karena dapat mempengaruhi pergerakan ion. Jarak yang kecil dapat menguntungkan karena dapat menurunkan resistensi terhadap transport ion. Pada penelitian ini jarak yang digunakan cukup kecil yaitu 2 mm dan dapat menghasilkan gas hidrogen yang cukup baik. Semakin tipis celah antar elektroda maka jarak anoda ke katoda semakin pendek sehingga pergerakan ion semakin cepat. Cepatnya pergerakan ion menyebabkan gesekan antar elektron yang terjadi semakin besar. Berdasarkan penelitian (Nugraha,2016) dapat disimpulkan bahwa jarak celah yang rapat antar elektroda dapat menghasilkan gas hidrogen yang maksimal. Peningkatan produksi gas hidrogen dapat disebabkan oleh penambahan elektrolit berupa garam sehingga laju elektrolisis sangat besar (Tamer M. 2018).

Pada penelitian ini menggunakan garam CH_3COONa dan NH_4Cl . Pada gambar dapat dilihat bahwa produksi gas hidrogen mengalami peningkatan yang cukup drastis pada variasi plat 8. Selama proses elektrolisis berlangsung, gelembung gas terbentuk pada permukaan elektroda yang mengganggu kontak antara elektrolit dengan elektroda sehingga menghalangi transfer elektron (Diago, 2013). Hal ini juga menyebabkan penurunan produksi gas hidrogen. Pada penelitian ini terdapat banyak gelembung gas yang terbentuk pada permukaan elektroda.

Hasil yang diperoleh pada anoda Berdasarkan pengamatan pada elektroda positif (anoda), terjadi oksidasi pada logam Al menjadi Al^{3+} sesuai dengan reaksi berikut:
$$\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$$

Hal ini disebabkan karena elektroda yang digunakan tidak inert maka yang akan teroksidasi adalah elektroda yang digunakan. Perubahan berat Al yang diamati menunjukkan bahwa telah terjadi oksidasi pada logam Al tersebut. Dapat dilihat perubahan berat logam Al sebelum dan sesudah pada lampiran 8. Dapat dilihat sebelum dan sesudah reaksi berat berkurang dikarenakan Al teroksidasi melapisi Cu dan mengurangi massanya.

E. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut Penambahan lapisan plat elektroda memiliki kecenderungan penurunan produksi gas hidrogen. Penambahan elektrolit berupa garam dapat meningkatkan produksi gas hidrogen. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan modifikasi terhadap plat elektroda dan elektrolit yang digunakan sehingga dapat meningkatkan produksi gas hidrogen pada proses elektrolisis.

F. Referensi

- Acar, Canan, Ahmet Beskese, and Gül Tekin Temur. 2018. —Sustainability Analysis of Different Hydrogen Production Options Using Hesitant Fuzzy AHP.‖ *International Journal of Hydrogen Energy* 1–18.
- Arsyad, M. Natsir. 2001. *Kamus Kimia Arti dan Penjelasan Istilah*. Jakarta : Gramedia.
- Ayodele, Bamidele Victor, Alia Aqilah Ghazali, Mohamed Yazrul Mohd Yassin, and Sureena Abdullah. 2018. —Optimization of Hydrogen Production by Photocatalytic Steam Methane Reforming over Lanthanum Modified Titanium (IV) Oxide Using Response Surface Methodology.‖ *International Journal of Hydrogen Energy* (Iv):1–11.
- Barbir, Frano. 2005. —PEM Electrolysis for Production of Hydrogen from Renewable Energy Sources.‖ *Solar Energy* 78(5):661–69.
- Brady, J. E. 1999. *Kimia Universitas Asas dan Struktur*. Binarupa Aksara. Bandung
- Brini, Emiliano, Christopher J. Fennell, Marivi Fernandez-Serra, Barbara Hribar-Lee, Miha Lukšić, and Ken A. Dill. 2017. —How Water’s Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies.‖ *Chemical Reviews* 117(19):12385–414.
- Carmo, Marcelo, David L. Fritz, Jürgen Mergel, and Detlef Stolten. 2013. —A Comprehensive Review on PEM Water Electrolysis.‖ *International Journal of Hydrogen Energy* 38(12):4901–34.

- Chi, Jun and Hongmei Yu. 2018. —Water Electrolysis Based on Renewable Energy for Hydrogen Production.‖ *Chinese Journal of Catalysis* 39(3):390–94.
- de Fatima Palhares, Dayana D. Ar., Luiz Gustavo Martins Vieira, and Joao Jorge Ribeiro Damasceno. 2018. "Hydrogen Production by a Low-Cost Electrolyzer Developed through the Combination of Alkaline Water Electrolysis and Solar Energy Use." *International Journal of Hydrogen Energy* 43(9):4746-53.
- Dody Wiryawan; Denny Widhiyanuriyawan; Nurkholis Hamidi. 2013. Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Produksi Brown's Gas Pada Elektroliser. Malang: Universitas Brawijaya.
- Farsak, Murat and Gülfeza Kardas. 2018. —Effect of Current Change on Iron-Copper-Nickel Coating on Nickel Foam for Hydrogen Production.‖ *International Journal of Hydrogen Energy* 6–11.
- Gahleitner, Gerda. 2013. "Hydrogen from Renewable Electricity: An International Review of Power-to-Gas Pilot Plants for Stationary Applications." *International Journal of Hydrogen Energy* 38(5):2039-61
- Gonzales, Ralph Rolly, Jun Seok Kim, and Sang Hyoun Kim. 2018. —Optimization of Dilute Acid and Enzymatic Hydrolysis for Dark Fermentative Hydrogen Production from the Empty Fruit Bunch of Oil Palm.‖ *International Journal of Hydrogen Energy* 1–12.
- Ismail, Tamer M., Khaled Ramzy, M. N. Abelwhab, Basem E. Elnaghi, and M. Abd El-salam. 2018. —Performance of Hybrid Compression Ignition Engine Using Hydroxy (HHO) from Dry Cell.‖ *Energy Conversion and Management* 155(September 2017):287–300.
- Keenan, Charles W. 1984. *Kimia untuk Universitas* .Jakarta : Erlangga.
- Kova, Ankica, Doria Marciu, and Luka Budin. 2018. —ScienceDirect Solar Hydrogen Production via Alkaline Water Electrolysis.‖ (xxxx).
- Li, Xin, Jianguo Yu, Jingxiang Low, Yueping Fang, Jing Xiao, and Xiaobo Chen. 2015. —Engineering Heterogeneous Semiconductors for Solar Water Splitting.‖ *Journal of Materials Chemistry A* 3(6):2485–2534.

Liao, Chi-Hung, Chao-Wei Huang, and Jeffrey C. S. Wu. 2012. —Hydrogen Production from Semiconductor-Based Photocatalysis via Water Splitting. *Catalysts* 2(4):490–516.

Marini, Stefania, Paolo Salvi, Paolo Nelli, Rachele Pesenti, Marco Villa, Mario Berrettoni, Giovanni Zangari, and Yohannes Kiros. 2012. —Electrochimica Acta Advanced Alkaline Water Electrolysis. *Electrochimica Acta* 82:384–91.