

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN SAINS TEKNOLOGI DAN SENI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Pengaruh Tegangan, Waktu Anodisasi dan Berat Grafen Oksida
terhadap Kuat Arus pada Proses Fotoelektrokatalis Go/TiO₂
dengan Metode Elektrokimia**



Oleh :

Akmal Johan, S.Si, M.Si / 0021127309

Nirwan Syarif, M.Si. / 0001107001

Zainal Fanani, M.Si. /0021086701

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN SATEKs UNSRI**

1. Judul Penelitian	: Pengaruh Tegangan, Waktu Anodisasi dan Berat Grafen Oksida terhadap Kuat Arus pada Proses Fotoelektrokatalis Go/TiO ₂ dengan Metode Elektrokimia
2. Bidang Penelitian	: REKAYASA
3. Ketua Peneliti	
a Nama Lengkap	: Akmal Johan, S.Si, M.Si.
b Jenis Kelamin	: L
c NIP	: 19731221 199903 1 003
d Pangkat dan Golongan	: Pembina / IV-a
e Jabatan Struktural	:
f Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
g Perguruan Tinggi	: Universitas Sriwijaya
h Fakultas/Jurusan	: MIPA/Fisika
I Alamat Kantor	: Kampus Universitas Sriwijaya Indralaya
J Telpon/Faks	: 0711580743
k Alamat Rumah	: Taman Permata Indah Indralaya Mulya
l Telpon/HP/Faks/E-mail	: 08127392602
4. Jumlah Tim Peneliti	: 3 Orang
Nama Anggota 1	: Nirwan Syarif, M.Si.
Nama Anggota 2	: Zainal Fanani, M.Si.
5. Jangka Waktu Penelitian	: 8 (delapan) bulan
6. Jumlah yang disetujui	: Rp. 18.000.000,-

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA,

Indralaya, 27 Nopember 2016

Ketua Peneliti,



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.
NIP. 19721004 199702 1 001

Akmal Johan, S.Si, M.Si.
NIP. 197312211999031003

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Universitas Sriwijaya



Prof. Drs. Tatang Suhery, M.A, Ph.D.
NIP. 19590412 198403 1 002

BAB I. PENDAHULUAN

Penelitian fotoelektrokatalis pada permukaan TiO_2 berkembang pesat sejak publikasi Fujisima dan Honda (1972) mengenai fotoelektrokatalis pemecahan air pada elektroda lapis tipis TiO_2 . Fotoelektrokatalis merupakan pengembangan dari fotokatalis. Perbedaannya adalah fotoelektrokatalis bekerja dengan adanya cahaya dan dialiri dengan tegangan listrik sedangkan fotokatalis bekerja tanpa dialiri tegangan listrik. Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan fotoelektrokatalis TiO_2 yang berefisiensi tinggi. TiO_2 memiliki karakteristik oksidator yang kuat, ramah lingkungan, dan kestabilan fotokimia yang cukup baik.

Laporan penelitian Diebold (2003) menunjukkan bahwa dengan menggunakan partikel titania (TiO_2) berukuran nano akan menghasilkan fotoelektrokatalis yang lebih aktif dan mempunyai luas permukaan yang tinggi. Film TiO_2 yang memiliki ukuran partikel pada orde di bawah 10 nm dilaporkan dapat disintesis dengan Sol-Gel dan anodisasi elektrokimia (Grimes, 2009). Anodisasi merupakan proses pembentukan lapisan pada permukaan logam dengan cara meletakkan logam tersebut pada anoda dalam sel elektrokimia. Penelitian tentang preparasi dan karakterisasi lapisan tipis titania telah berhasil dilakukan (Nurdin, 2004).

Berbagai penelitian anodisasi logam titanium telah dilakukan untuk memperoleh partikel titania berukuran nano untuk berbagai aplikasi. Endut *et al* (2013) telah melakukan penelitian tentang optimasi struktur titania berukuran nano (*nanotube*) untuk superkapasitor. Yan *et al* (2011) melakukan penelitian optimasi struktur TiO_2 *nanotube* untuk *solar cell*. Yan menjelaskan bahwa anodisasi logam titanium menjadi titania *nanotube* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, waktu anodisasi, temperatur, tegangan, dan konsentrasi elektrolit yang digunakan.

Gao *et al* (2008) telah melakukan penelitian fotoelektrokatalis berbasis karbon/ TiO_2 dengan metode sol gel. Namun diperoleh dispersi TiO_2 pada karbon tabung yang berukuran nano tidak merata. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan fotoelektrokatalis karbon/ TiO_2 dengan metode elektrokimia. Kelebihan dari metode ini adalah ukuran partikel titania yang didapatkan lebih seragam dibandingkan dengan metode sol-gel (Arianto, 2011). Jenis karbon yang ditambahkan terhadap TiO_2 adalah Grafen Oksida (GO). Penggunaan Grafen Oksida (GO) karena GO memiliki banyak kelebihan dibandingkan jenis karbon yang lainnya. Salah satunya adalah Grafen Oksida (GO)

merupakan karbon monolayer yang mudah terdispersi di dalam air dan pelarut organik. Selain itu Grafen Oksida (GO) juga memiliki konduktivitas listrik yang cukup baik dan mampu menyimpan arus listrik lebih lama dibanding jenis karbon lainnya (Dreyer, 2010). Penelitian dilakukan dengan memvariasikan tegangan dan waktu anodisasi terhadap logam titanium dengan teknik elektrokimia sehingga akan diperoleh perbedaan ukuran titania sebagai bahan dasar untuk pembuatan fotoelektrokatalis. Selain itu, Grafen Oksida (GO) akan ditambahkan terhadap permukaan TiO_2 dilakukan dengan cara elektrodeposisi. Elektrodeposisi juga dilakukan dengan variasi berat Grafen Oksida (GO). Nilai aktivitas fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/ TiO_2 berdasarkan kuat arus yang muncul pada potensiostat. Untuk melihat pengaruh tegangan, waktu anodisasi maupun berat Grafen Oksida (GO) terhadap fotoelektrokatalis yang dihasilkan, dilakukan analisis dengan perangkat lunak Minitab 2014.

BAB II. RUMUSAN MASALAH

Fotoelektrokatalis berbasis karbon/TiO₂ telah dilakukan sebelumnya dengan metode sol-gel. Dimana pada penelitian tersebut didapatkan dispersi TiO₂ pada karbon tabung nano yang tidak merata (tidak seragam) juga jenis karbon yang ditambahkan memiliki kemampuan dalam menyimpan arus. Hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja fotoelektrokatalis yang dibuat. Untuk itu pada penelitian ini, fotoelektrokatalis karbon/TiO₂ dibuat dengan metode yang berbeda, yaitu metode elektrokimia dan karbon yang akan dielektrodeposisikan adalah Grafen Oksida (GO). Penggunaan Grafen Oksida (GO) sebagai bahan yang dielektrodeposisikan karena GO mampu menyimpan arus lebih lama dibandingkan jenis karbon lainnya.

BAB III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Logam Titanium

Titanium ditemukan oleh Gregor pada tahun 1791 dan dinamai oleh Klaproth di tahun 1795. Titanium merupakan unsur kesembilan paling melimpah di kerak bumi. Hampir semua batuan beku dan sedimen mengandung titanium yang ada di kerak bumi. Pada tahun 1946 Kroll menemukan bahwa titanium dapat diproduksi secara komersial dengan mengurangi titanium tetraklorida dengan magnesium. Metode ini sebagian besar digunakan untuk memproduksi logam titanium saat ini. Titanium murni adalah logam putih yang berkilau. Logam ini memiliki kepadatan rendah, kekuatan logam yang baik, mudah dibuat, dan memiliki tahanan korosi yang sangat baik (Lide, 2002).

Tabel 3.1. Sifat fisik dan kimia logam titanium

Simbol	Ti
Nomor Atom	22
Massa Atom	47,88
Golongan	IVB (logam transisi)
Titik Leleh	1677 °C
Titik Didih	3277 °C
Kepadatan	44,506 g/cm ³
Konfigurasi Elektron	[Ar] 4s ² 3d ²
Bilangan Kuantum	n = l = 2 m = -1 s = + ¹ / ₂
Elektronegativitas	51, 54
Afinitas Elektron	60,079 eV

Sumber : <http://www.chemistryexplained.com>

Titanium digunakan dalam *alloy* ringan dan kuat (terutama dengan besi dan aluminium). Yang paling umum campuran dari logam titanium adalah titanium dioksida yang digunakan dalam pewarna putih. Contoh-contoh pewarna putih yang mengandung titanium oksida adalah cat putih yang biasa digunakan untuk mengecat dinding, juga digunakan dalam obat gigi, cat putih penanda jalan, dan bunga api putih. Bahan-bahan

yang mengandung titanium disebut titaniferus. Unsur ini terkandung dalam berbagai jenis mineral dan sumber utamanya adalah

rutile dan *ilmenit* yang tersebar secara meluas di permukaan bumi.

Terdapat dua bentuk alotrop dan lima isotop alami dari logam titanium, Ti-46 sampai Ti-50 dengan Ti-48 merupakan paling banyak (73,8%). Sifat titanium mirip dengan zirkonium secara kimia naupun fisika. Salah satu karakteristik titanium yang paling terkenal adalah sama kuat dengan baja tetapi hanya 60% dari berat baja. Titanium juga banyak digunakan untuk membuat bilah kipas untuk mesin jet atau pesawat terbang (Baldwin, 2010).

3.2 Anodisasi

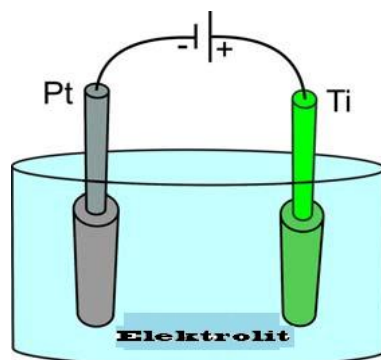
Anodizing atau anodisasi merupakan suatu proses pembentukan lapisan pada permukaan logam. Anodisasi dilakukan dengan cara mereaksikan atau mengkorosikan suatu logam dengan O₂ yang berasal dari elektrolit yang digunakan sehingga terbentuk lapisan oksida pada permukaan logam tersebut. Proses anodisasi memiliki prinsip yang hampir sama dengan pelapisan dengan cara listrik (elektroplating). Namun pada anodisasi, logam/material yang dioksidasi ditempatkan pada anoda (kutub positif) di dalam larutan elektrolit (Galstyan, 2013).

3.2.1 Anodisasi Titanium

Anodisasi logam titanium biasanya dilakukan di dalam sel elektrokimia yang biasanya memiliki tiga elektroda. Logam titanium pada anoda, elektroda platinum pada katoda dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding. Ketika tegangan konstan diterapkan antara anoda dan katoda, reaksi elektroda (reduksi dan oksidasi) pergerakan difusi ion mengarah pada pembentukan lapisan oksida pada permukaan anoda. Reaksi kimia anodisasi titanium dijelaskan pada persamaan berikut ini.



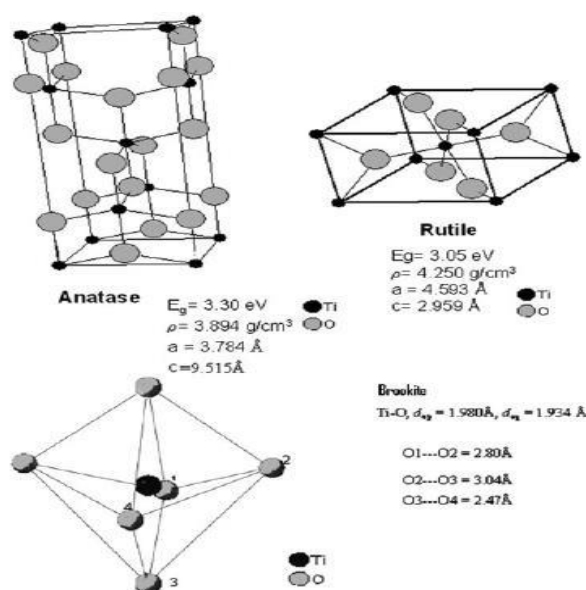
Karena titanium oksida memiliki resistivitas yang lebih tinggi dari elektrolit dan elektroda pembanding, maka tegangan yang diberikan akan berada di lapisan oksida pada anoda. Selama medan listrik cukup kuat untuk mendorong ion konduksi melalui oksida, maka film oksida akan terus tumbuh. Ini menjelaskan mengapa ketebalan oksida akhir hampir sebanding dengan tegangan yang diberikan (Jackson, 2007).



Gambar 1. Anodisasi Logam Titanium (Galstyan, 2013)

3.2.2 Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium dioksida (TiO_2) juga bisa disebut Titania atau Titanium (IV) oksida merupakan bentuk oksida dari titanium yang secara kimia dapat dituliskan TiO_2 . Senyawa ini dimanfaatkan secara luas dalam bidang bakterisida, pasta gigi, fotokatalis, dan elektroda dalam sel surya. Senyawa TiO_2 bersifat amfoter, terlarut secara lambat dalam H_2SO_4 pekat. Sifat senyawa TiO_2 adalah tidak tembus cahaya, mempunyai warna yang putih, lembam, tidak beracun dan harganya cukup murah (R. Argazzi, 2002).



Gambar 2. Tiga Macam Bentuk Kristal Titania (Macwan, 2011)

Titanium dioksida memiliki tiga fase struktur kristal, yaitu *anatase*, *rutile*, dan *brookit*. Akan tetapi hanya *anatase* dan *rutile* saja yang keberadaannya di alam cukup stabil. Bentuk titanium dioksida yang stabil adalah *rutile* dimana bentuk lain titanium berubah pada suhu tinggi. *Rutile* mempunyai struktur kristal yang mirip dengan *anatase*.

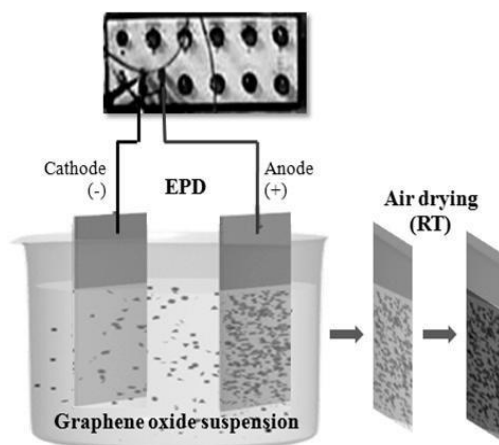
Kemampuan fotoaktivitas semikonduktor TiO_2 dipengaruhi oleh morfologi, luas permukaan, kristanilitas dan ukuran partikel. *Anatase* diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada *rutile*. Hal ini disebabkan harga E_g TiO_2 jenis *anatase* yang lebih tinggi sebesar 3,2 eV sedangkan *rutile* sebesar 3,0 eV. Harga E_g yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif (Fujishima, 1999).

3.3 Elektroplating

Elektroplating adalah proses yang menggunakan arus listrik untuk mengurangi kation logam terlarut sehingga membentuk lapisan logam yang koheren pada elektroda. Istilah ini juga digunakan untuk oksidasi listrik anion ke substrat padat. Elektroplating diterapkan dalam pembentukan perak klorida pada kawat perak untuk membuat elektroda perak/perak klorida. Elektroplating terutama digunakan untuk mengubah sifat permukaan suatu benda. Contoh dari elektroplating adalah abrasi dan ketahanan aus, perlindungan korosi, pelumasan, kualitas estetika, dan lain-lain. Elektropalting juga dapat digunakan untuk membangun ketebalan atau membentuk permukaan dengan *electroforming*. Proses yang digunakan dalam elektroplating disebut elektrodposisi (Lawrence, 1994).

Bila listrik mengalir antara anoda dan katoda, maka di dalam larutan konduktor/larutan elektrolit akan terjadi reaksi kimia. Reaksi kimia terjadi pada permukaan logam yang bertindak sebagai elektroda. Pada sistem demikian, bila diberi tegangan atau beda potensial, ion-ion akan bergerak menuju elektroda. Kation bergerak menuju katoda dan anion menuju anoda. Masing-masing mempunyai laju yang khas (konduktivitas ion spesifik). Konduktivitas total larutan tertentu merupakan penjumlahan dari konduktivitas ion individu dan ion yang dikandungnya.

Elektrodposisi adalah suatu metode pengendapan spesies kimia pada substrat atau logam lain secara elektrolisis. Metode ini memungkinkan sekali untuk dilakukan karena semikonduktor tertempel pada substrat yang konduktif. Dari berbagai teknik penumbuhan larutan yang ada, elektrodposisi merupakan teknik yang paling kompetitif. Hal ini dikarenakan pengaturan ketebalan lapisan yang mudah, sederhana, biaya operasi yang murah dan memungkinkan membuat lapisan yang luas (A goux, 2005).



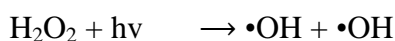
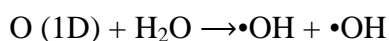
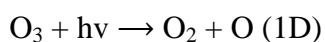
Gambar 3. Elektrodeposisi Karbon

3.4 Fotokatalis

Kata fotokatalis terdiri dari dua bagian, yaitu “foto” dan “katalis”. Hal ini berarti proses dimana suatu zat berpartisipasi dalam memodifikasi laju transformasi kimia reaktan tanpa berubah pada akhirnya. Zat ini dikenal sebagai katalis yang meningkatkan laju reaksi dan mengurangi energi aktivasi. Secara umum, fotokatalis adalah reaksi yang menggunakan cahaya untuk mengaktifkan zat yang memodifikasi laju reaksi kimia tanpa melibatkan diri. Jadi fotokatalis adalah zat yang dapat mengubah laju reaksi kimia dengan menggunakan radiasi cahaya.

Klorofil tanaman adalah fotokatalis alami khas. Ada perbedaan antara klorofil dengan fotokatalis buatan manusia seperti fotokatalis TiO_2 . Fotokatalis klorofil biasanya menangkap sinar matahari untuk mengubah air dan karbon dioksida menjadi oksigen dan glukosa. Sedangkan fotokatalis buatan manusia sebaliknya, yaitu dengan menciptakan agen oksida (Linsebigler, 1995).

Fotokatalis dibagi menjadi dua, yaitu fotokatalis homogen dan fotokatalis heterogen. Fotokatalis homogen adalah fotokatalis dan reaktan mengalami fasa yang sama. Yang paling umum digunakan fotokatalis homogen adalah ozon dan fotofenton sistem (Fe^+ dan $\text{Fe}^+/\text{H}_2\text{O}_2$). Spesies reaktif adalah $\bullet\text{OH}$ yang digunakan untuk tujuan yang berbeda. Mekanisme produksi radikal hidroksil oleh ozon dapat mengikuti dua jalur (Wu, 2006).



Fotokatalis heterogen adalah dimana katalis dan reaktan berada pada fase yang berbeda. Fotokatalis heterogen mencakup berbagai macam reaksi, oksidasi ringan atau total, dehidrogenasi, transfer hidrogen, deuterium-alkana pertukaran isotop, deposisi logam, detoksifikasi air, dan penghapusan polutan gas. Kebanyakan fotokatalis heterogen adalah transisi oksida logam dan semikonduktor yang memiliki karakteristik yang unik. Berbeda dengan logam yang memiliki daerah kontinum elektronik, semikonduktor memiliki kekosongan wilayah. Kekosongan wilayah ini adalah dimana tidak ada tingkat energi yang tersedia untuk mempromosikan rekombinasi elektron. Kekosongan wilayah yang membentang dari bagian atas pita valensi ke bagian bawah pita konduksi disebut *band gap*. Ketika sebuah foton dengan energi yang sama atau lebih besar dari celah pita diserap oleh semikonduktor, sebuah elektron akan berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Ketika elektron tersebut kembali ke celah pita maka akan terjadi eksitasi dan melepaskan energi sebagai panas (Lisenbigler, 1995).

3.5 Fotoelektrokatalis

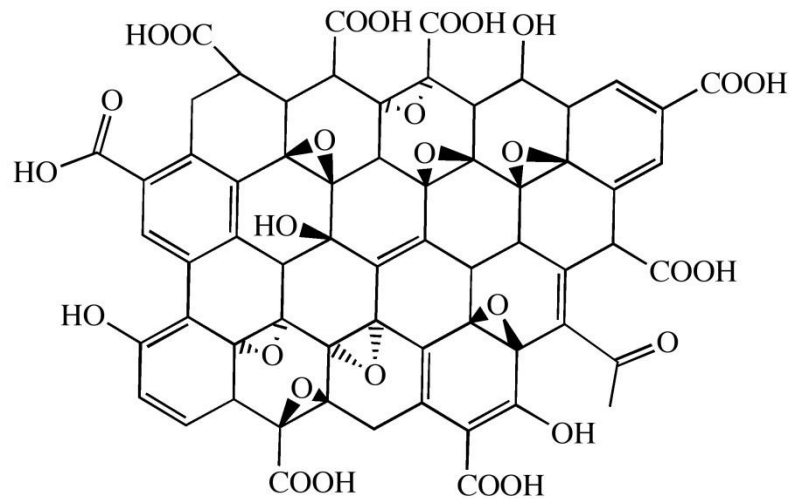
Fotoelektrokatalisis merupakan pengembangan dari fotokatalisis. Kajian ini dikembangkan karena arus yang mengalir pada suatu reaksi kimia sangat kecil. Dengan menggunakan induksi listrik ke dalam sistem reaksi kimia diharapkan arus yang ada dapat lebih besar sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat. Teknik fotoelektrokatalisis diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi kuantum TiO_2 (Servos, 2014).

Fotoelektrokatalis berdasarkan beberapa sistem foton dapat direalisasikan dengan menggunakan struktur semikonduktor berteknologi maju sebagai peredam dan logam katalitik. Sistem fotoelektrokatalitik dapat direalisasikan baik menggunakan bahan penyerap atau katalis aktif semikonduktor. Bahan *crystalline*, *nanoparticles*, *polycrystalline*, *clusters* dan makromolekul adalah beberapa contoh bahan penyerap (absorber) dan material katalis. Dalam sel surya, masalah stabilitas berlaku untuk fotoelektrokatalis. Hal ini dikarenakan sistem langsung mengkonversi sinar matahari menjadi bahan bakar. Reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada elektrolit dapat menyebabkan fotokorosi. Jadi stabilitas yang merupakan konsep relatif, kinerja, waktu operasi dan biaya keseluruhan serta aspek daur ulang harus seimbang (Rajeshwar, 2009).

3.6 Grafen Oksida (GO)

Grafen Oksida (GO) dapat disintesis dari grafit dengan berbagai jenis metode, salah satunya adalah dengan metode Hummers. Grafit merupakan bahan berbasis karbon tiga dimensi yang terdiri dari jutaan lapisan grafen. Grafit Oksida dapat diperoleh dengan cara

mengoksidasi grafit dengan pengoksidasi yang kuat. Fungsi oksigen dalam struktur grafit tidak hanya memperluas pemisahan lapisan tetapi juga menghasilkan bahan hidrofilik (dapat larut di dalam air). Dengan demikian grafit oksida dapat tersebar di dalam membentuk lapisan *monolayer*, kemudian dengan cara sonikasi akan menghasilkan Grafen Oksida (GO). Perbedaan utama dari grafit oksida dan grafen oksida adalah pada jumlah lapisan. Grafit oksida merupakan *multilayer* sedangkan grafen oksida adalah *monolayer*.

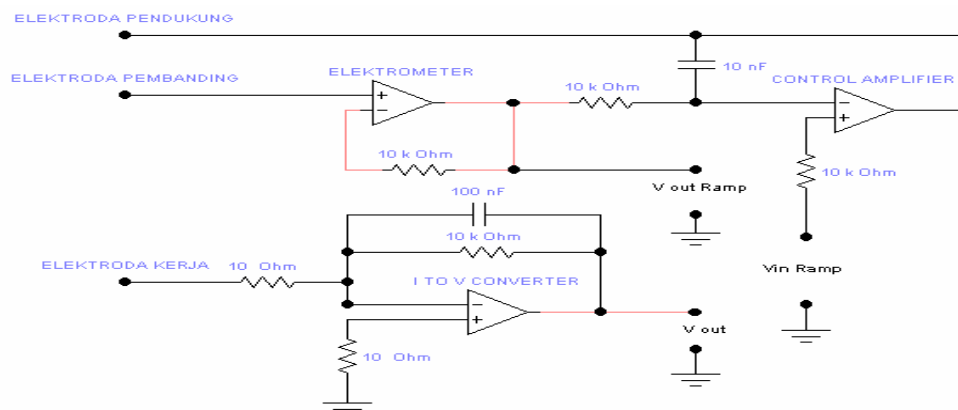


Gambar 4. Struktur Grafen Oksida (GO)

Salah satu keuntungan dari grafen oksida adalah bahan yang mudah terdispersi di dalam air dan pelarut organik lainnya karena adanya gugus oksigen. Bahan ini sangat penting untuk mencampurkan beberapa bahan atau polimer untuk meningkatkan sifat kelistrikan bahan tersebut. Dari produk ini grafen dapat juga diproduksi dengan cara mereduksi grafen oksida (Dreyer, 2010).

3.7 Potensiostat

Prinsip pengukuran potensiometrik adalah pengukuran beda potensial yang terjadi antara elektroda referensi dengan elektroda indikator atau elektroda kerja (*workingelectrode*) (Grundler, P. 2007). Konfigurasi yang digunakan dalam prinsip pengukuran ini adalah dua elektroda yaitu elektroda referensi (*reference electrode*) dan elektroda kerja (*workingelectrode*). Jenis material elektroda yang banyak digunakan untuk elektroda referensi adalah *silver/silver chloride* atau Ag/AgCl, sedangkan untuk elektroda kerja adalah *platinum* (Pt), emas (Au) dan *glassy carbon* (*graphite*). Pada elektroda kerja ditempatkan juga membran sensitif ion unsur yang akan dideteksi. Berikut ini merupakan gambar penampang dasar dari ISE dengan prinsip pengukuran potensiometrik.



Gambar 5. Rangkaian Potensiostat (Purwanto, 2010)

Jumlah zat yang dihasilkan pada elektroda dalam sel elektrokimia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W = \frac{e.i.t}{96500}$$

dimana:

W = Jumlah zat yang dihasilkan

e = Berat ekuivalen

i = Arus listrik (A)

t = Waktu reaksi (s)

3.8 Metode Voltametri

Voltametri adalah metode elektrokimia dimana arus diamati pada pemberian potensial tertentu. Voltametri berasal dari kata volt–ampero–metry. Kata volt merujuk pada potensial, amperro merujuk pada arus, dan metry merujuk pada pengukuran, sehingga dapat diartikan bahwa voltametri adalah pemberian potensial pada elektroda kerjadan arus yang timbul dari hasil reaksi diukur. Timbulnya arus disebabkan karena terjadinya reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan elektroda. Arus yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi analit dalam larutan (Harvey, 2000).

Voltametri siklik merupakan teknik voltametri dimana arus diukur selama penyapuan potensial dari potensial awal ke potensial akhir dan kembali lagi ke potensial awal. Teknik ini sering juga disebut penyapuan (*scanning*) dapat dibalik kembali setelah reaksi berlangsung. Dengan demikian arus katodik maupun anodik dapat terukur. Arus katodik adalah arus yang digunakan pada saat penyapuan dari potensial yang paling besar

menuju potensial yang paling kecil. Arus anodik adalah sebaliknya yaitu penyapuan dari potensial paling kecil menuju potensial yang paling besar.

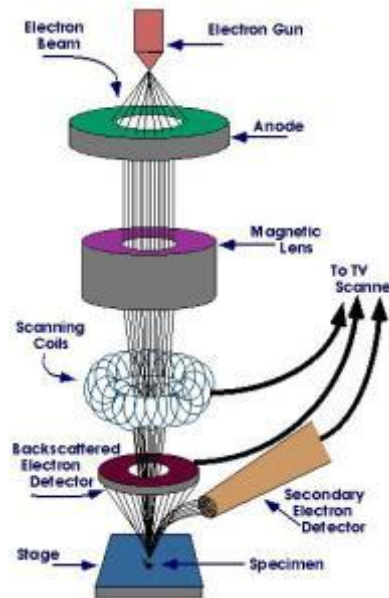
Voltametri siklik terdiri dari siklus potensial dari suatu elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan yang tidak diaduk yang mengandung spesies elektroaktif dan mengukur arus yang dihasilkan. Potensial pada elektroda kerja dikontrol oleh elektroda pembanding seperti elektroda kalomel jenuh atau Ag/AgCl. Pengontrol potensial yang diterapkan pada dua elektroda dapat dianggap sebagai sinyal eksitasi. Sinyal eksitasi untuk voltametri siklik adalah penyapuan potensial linier dengan gelombang segitiga. Voltamogram siklik diperoleh dengan mengukur arus pada elektroda kerja selama scan potensial. Arus dapat dianggap sebagai respon sinyal terhadap potensial eksitasi. Voltamogram yang dihasilkan merupakan kurva antara arus dan potensial. Saat variasi potensial linier terhadap waktu, sumbu horizontal dapat dianggap sebagai sumbu waktu (Scholz, 2010).

3.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy atau yang biasa disingkat dengan SEM merupakan suatu metoda yang dilakukan untuk membentuk bayangan daerah mikroskopis permukaan sampel (Callister, 2003). Alat SEM terdiri atas beberapa bagian, yaitu sumber elektron yang berupa filamen kawat wolfram, alat untuk mencacah (*scanner*) titik-titik sepanjang spesimen yang berupa sistem lensa elektromagnetik dan foil pencacah elektromagnetik, seperangkat lensa elektromagnetik untuk memfokuskan elektron dari sumber menjadi titik kecil di atas spesimen, sistem detektor, dan sistem layar.

Jika seberkas elektron ditembakkan pada permukaan suatu spesimen, maka sebagian dari elektron tersebut akan dipantulkan kembali sementara yang sebagian lagi akan diteruskan. Apabila permukaan spesimen tidak rata, misalnya terdapat lekukan, lipatan, retakan, atau lubang, maka tiap bagian pada permukaan tersebut akan memantulkan elektron dengan jumlah dan arah yang berbeda. Apabila elektron-elektron yang dipantulkan oleh masing-masing bagian permukaan tersebut ditangkap oleh detektor dan diteruskan ke sistem layar, maka akan diperoleh gambar yang sesuai dengan keadaan permukaan spesimen. Gambar yang diperoleh sistem layar merupakan bayangan dari pantulan elektron. Bahan yang akan dikarakterisasi dengan teknik SEM harus merupakan bahan yang dapat berinteraksi dengan elektron. Suatu bahan dapat berinteraksi dengan elektron bila bahan tersebut bersifat konduktor. Untuk bahan yang tidak bersifat

konduktor, karakterisasi dapat dilakukan dengan terlebih dahulu melapisi bahan dengan bahan konduktor (Goldstein, 2003).



Gambar 6. Skema Prinsip Kerja SEM

3.10 Minitab

Minitab adalah program computer yang dirancang untuk melakukan pengolahan data secara statistik. Minitab mengkombinasikan untuk memudahkan penggunaan layaknya *mikrosoft excel* dengan kemampuan melakukan analisis statistik yang kompleks. Minitab sering digunakan dalam implementasi *six sigma*, CMMI serta metode perbaikan proses berbasis statistika lainnya (Hariadi, 2012).

Minitab memiliki keunggulan dari pengolahan data statistik khususnya *analysis of variance* (ANOVA), desain eksperimen, analisis multivariate, peramalan, *Analysis time series*, dan lain-lain. Selain itu minitab juga memberikan fasilitas membuat grafik statistic secara mudah dan menampilkannya dalam bentuk yang lebih menarik, informatif, dan sekaligus menceritakan probabilitas. (Subekti, 2011). Tahapan analisis menggunakan minitab pada intinya meliputi mencari fungsiaprosimasi yang menyatakan hubungan antara variabel respon dengan variabel-variabel independen, mengestimasi parameter-parameter dari fungsi aproksimasi yang diperoleh dengan metode kuadrat terkecil, dan selanjutnya dilakukan analisis pengepasan permukaan.

BAB IV. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tujuan utama yaitu:

1. Memperoleh fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/TiO₂ dengan metode elektrokimia.
2. Mengetahui pengaruh tegangan, waktu anodisasi, dan berat Grafen Oksida (GO) yang dielektrodeposisikan terhadap kuat arus pada proses fotoelektrokatalis.
3. Penerapan terhadap fotodegradasi limbah zat warna

Target dari penelitian ini adalah:

1. Pendaftaran paten
2. Jurnal atau seminar nasional/internasional

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memperoleh fotoelektrokatalis yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, misalnya solar sel, reaktor fotoelektrokatalis, penguraian air, fotodegradasi zat warna, dan absorben.

BAB V. METODOLOGI PENELITIAN

5.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan tahun 2016 di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia dan Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Karakterisasi dengan SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung, Jawa Barat dan X-RD dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA UNSRI

5.2 Alat dan Bahan

5.2.1 Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan adalah adaptor sebagai sumber arus DC, seperangkat alat gelas, kabel tembaga, penjepit buaya, elektroda Pt, elektroda Ag/AgCl, termometer, magnetik stirer, multimeter sebagai pengukur tegangan, potensiostat, SEM-EDX JEOL JSM-6360LA, XRD PANalytical.

5.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan adalah logam titanium, etilen glikol, isopropil alkohol, aseton, etanol, akuades, NaOH, HF, HNO₃, H₂O, Grafen Oksida (GO), CaCl₂, NH₄H₂PO₄.

5.3 Prosedur Penelitian

5.3.1 Pembuatan TiO₂

Logam titanium 0,5 X 3 cm (ketebalan 0,125 mm dan kemurnian 99,5%) dicuci terlebih dahulu dengan sabun dan dibilas dengan akuades. Kemudian dibilas dengan campuran aseton dan etanol (1:1) selama 15 menit dan dibilas dengan akuades. Kemudian dicuci dalam campuran HF, HNO₃ dan H₂O (1:3:6). Anodisasi logam titanium dilakukan dengan meletakkan logam titanium pada anoda (+) dan elektroda Pt sebagai elektroda pembanding pada katoda (-) dengan elektrolit campuran antara etilen glikol dan NaF 0,025 M dengan perbandingan volume 1:19 kemudian dihubungkan dengan arus DC. Anodisasi dilakukan dengan variasi waktu dan tegangan yang ditetapkan. Waktu yang ditetapkan masing-masing sebesar 3 dan 6 jam, sedangkan tegangannya sebesar 10 dan 30 volt. Setelah dianodisasi, kemudian disintering selama 3 jam pada suhu 500 °C dan tekanan 1 atm (Endut, 2013).

5.3.2 Alkali Treatments (A. Kar, 2006)

Sebelum dilakukan elektrodeposisi Grafen Oksida (GO) terhadap lempengan TiO₂, maka dilakukan *treatment* terlebih dahulu. TiO₂ yang sudah disentring kemudian dicuci dalam larutan NaOH 1 M pada suhu 50° C selama 2 menit.

5.3.2.1 Elektrodeposisi Hidroxyapatite (HA)

Terhadap TiO₂ yang sudah dicuci dengan NaOH, dilakukan elektrodeposisi HA dengan elektrolit campuran antara NH₄H₂PO₄ 2,5 mM dan CaCl₂ 2,5 mM. TiO₂ diletakkan pada katoda dan Pt pada anoda. Elektrodeposisi dilakukan pada tegangan 2,5 V dengan waktu 10 menit pada suhu 65° C. Proses ini bertujuan untuk membentuk natrium titanate serta meningkatkan kekuatan ikatan antar muka dari TiO₂.

5.3.3 Elektrodeposisi Grafen Oksida (GO)/TiO₂ (Parcharoen, 2013)

Terhadap lempengan TiO₂ yang dipreparasi pada langkah 3.3.2 diterapkan proses elektodeposisi. Pada proses ini, lempengan TiO₂ bertindak sebagai anoda dan elektroda Pt bertindak sebagai katoda yang dihubungkan dengan catu daya DC. Bahan yang dideposisikan adalah Grafen Oksida (GO) yang didispersikan dalam campuran isopropil alkohol dan akuades (1:1). Elektrodeposisi dilakukan dengan variasi berat Grafen Oksida (GO) yaitu 0, 200 dan 400 mg pada tegangan 10 volt dan waktu 10 menit.

5.3.4 Karakterisasi TiO₂ dengan SEM-EDX dan XRD

Untuk TiO₂ dilakukan karakterisasi dengan SEM-EDX JEOL JSM-6360LA dan XRD PANalytical. Sebelum diamati dengan SEM, TiO₂ terlebih dahulu dilapisi dengan logam palladium (Pd). Hal ini dilakukan karena TiO₂ bersifat semikonduktor. Karakterisasi dengan XRD dilakukan dengan meletakkan TiO₂ di tempat sampel pada XRD, kemudian menjalankan analisis pada perangkat komputer. Sebelum menjalankan analisis parameter pada XRD harus disesuaikan dengan yang diinginkan. Setelah proses analisis selesai maka akan muncul *peak-peak* pada layar komputer.

5.3.5 Uji Aktivitas Fotoelektrokatalis

Untuk menguji aktivitas fotoelektrokatalis yang didapat dilakukan pada reaktor yang terbuat dari silinder kertas karton yang dilapisi dengan alumunium foil sehingga cahaya tidak tembus keluar dilengkapi lampu UV dengan panjang gelombang 255 nm. Kemudian lempengan Grafen Oksida (GO)/TiO₂ diletakkan di dalam reaktor sebagai elektroda kerja, sebagai elektroda pembanding digunakan kawat Ag/AgCl, elektroda cacah digunakan kawat Pt yang dihubungkan ke potensiostat. Potensiostat bekerja pada metode Linier Sweep Voltametri dengan laju sapuan 5 mV/s. Aktivitas fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/TiO₂ dapat dilihat dengan memvariasikan kondisi penerangan UV pada

reaktor yaitu dengan cara memberlakukan kondisi “on” dan “off” serta mengamati pola voltagram yang dihasilkan oleh potensiostat.



Gambar 7. Reaktor Fotoelektrokatalis

5.3.6 Analisis Data

Untuk melihat dan mempelajari pengaruh semua variabel terhadap parameter fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/TiO₂ maka digunakan metode statistika terhadap rancangan percobaan DOE (Desain of Eksperimen). DOE penelitian digunakan bantuan perangkat lunak Minitab 14. Adapun sebagai variabel adalah tegangan anodisasi (V_{anod}), waktu anodisasi (t_{anod}), dan berat Grafen Oksida (GO) elektrodeposisi (g_c). Sedangkan parameter aktivitas fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/TiO₂ adalah arus gelap (ID) dan arus terang (IL). DOE dibuat dalam tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1. DOE aktivitas fotoelektrokatalis Grafen Oksida (GO)/TiO₂

No	V_{anod} (volt)	t_{anod} (jam)	g_c (mg)	ID (mA)	IL (mA)
1	10	3	0		
2	10	3	200		
3	10	3	400		
4	10	6	0		
5	10	6	200		
6	10	6	400		
7	30	3	0		
8	30	3	200		
9	30	3	400		
10	30	6	0		

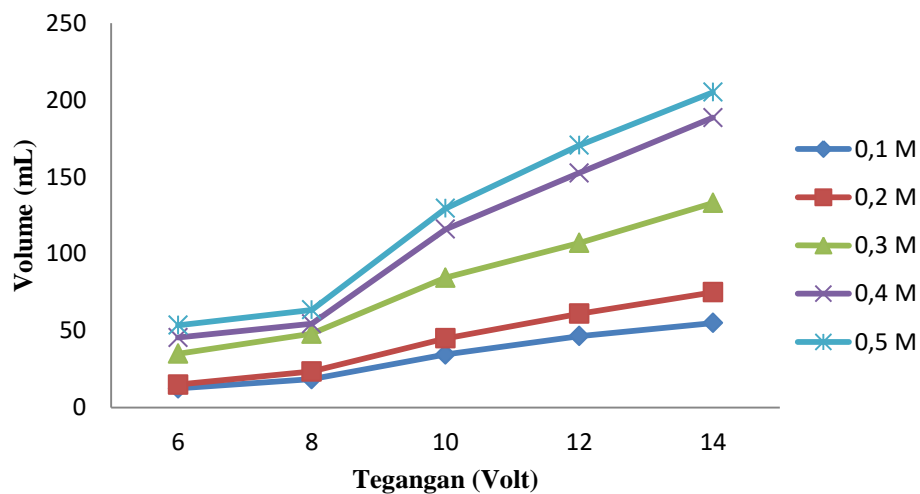
11	30	6	200		
12	30	6	400		

BAB IV

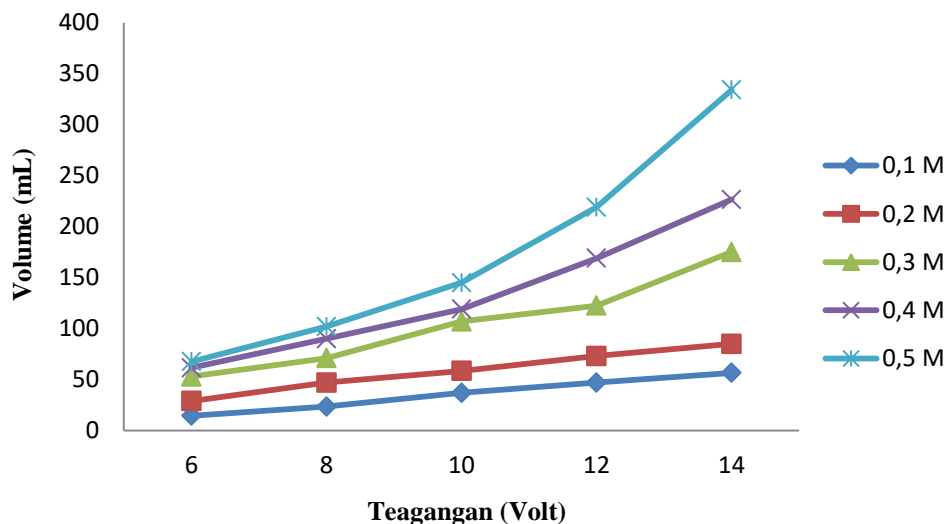
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Tegangan Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Berbagai Variasi Konsentrasi Asam

Volume gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan pada waktu 10 menit pada tegangan 6 volt, 8 volt, 10 volt, 12 volt dan 14 volt pada variasi konsentrasi asam 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, dan 0,5 M ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis dengan elektroda stainless steel pada berbagai variasi konsentrasi H_2SO_4



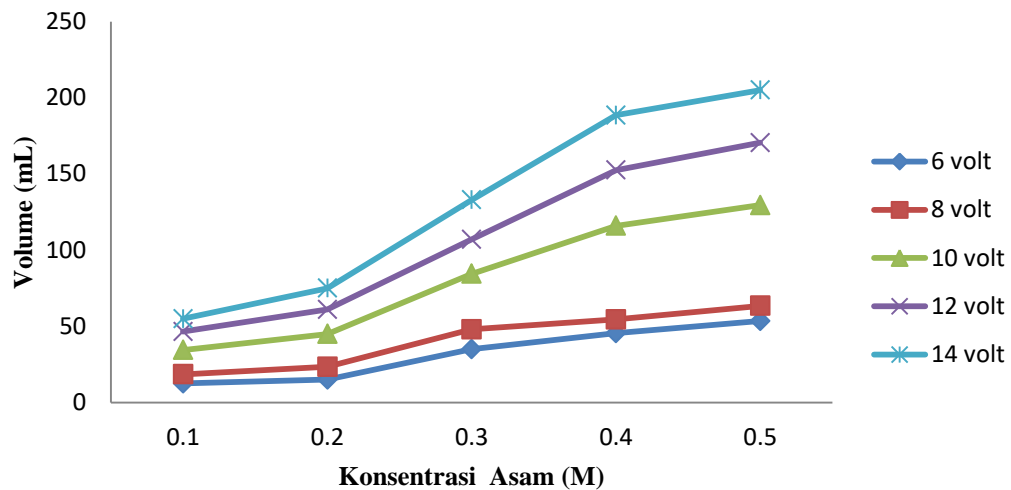
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis dengan elektroda Karbon pada berbagai variasi konsentrasi H_2SO_4

Gambar 4.1 dan 4.2 memperlihatkan bahwa volume gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan pada elektroda stainless steel dan elektroda karbon pada berbagai variasi konsentrasi asam, semakin meningkat dengan bertambahnya tegangan yang digunakan pada saat elektrolisis. Kenaikan volume gas elektrolisis yang dihasilkan sesuai dengan hukum Faraday pertama, $m = \frac{e \cdot i \cdot t}{96500}$ tentang elektrolisis yang menyatakan bahwa besarnya massa atau volume zat yang dihasilkan dari elektrolisis dipengaruhi oleh arus yang digunakan (Petrucci, 1996). Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik memiliki peranan penting dalam peningkatan produktivitas gas hidrogen dan oksigen dari suatu proses elektrolisis. Kenaikan gas hasil elektrolisis juga sesuai dengan hukum Ohm, $i = \frac{V}{R}$ yang menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan arus, sehingga semakin besar tegangan semakin besar arus yang dihasilkan ($R = \text{konstan}$). Dengan demikian jika tegangan yang digunakan semakin besar maka volume gas yang dihasilkan semakin besar pula (Bird, 2010).

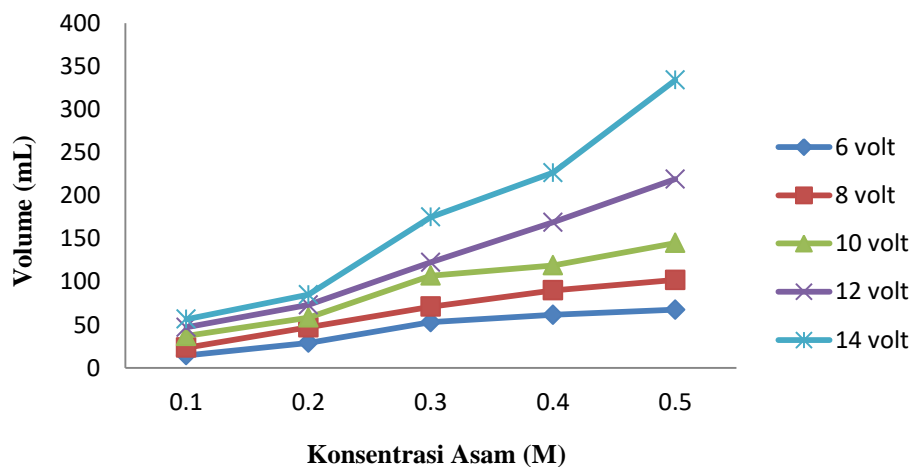
Tegangan listrik didefinisikan sebagai beda potensial antar dua kutub listrik. Semakin besar beda potensial, maka perbedaan muatan di kedua ujung anoda dan katoda akan semakin besar. Tegangan listrik merepresentasikan nilai kuatnya elektron saat melintas pada elektroda yang dialiri arus listrik (Mardiansyah, 2011). Tegangan listrik yang diberikan berbanding lurus dengan gas yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besarnya tegangan yang diberikan akan mempercepat terjadinya reaksi elektrolisis air, karena proses penghantaran ion-ion dalam larutan ke katoda lebih cepat dan juga menyebabkan peningkatan kerapatan elektron, mempertinggi pengaruh proses pengeluaran elektron mengakibatkan molekul air terdekomposisi dan menyebabkan lebih banyak gas yang terlepas dari elektroda (Yan, et al. 2008).

4.2 Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Tegangan Bervariasi

Volume gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan selama 10 menit pada konsentrasi asam 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, dan 0,5 M pada variasi tegangan 6 volt, 8 volt, 10 volt, 12 volt, dan 14 volt ditunjukkan pada gambar 4.3 dan 4.4

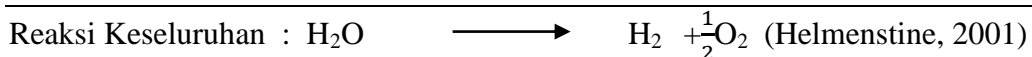
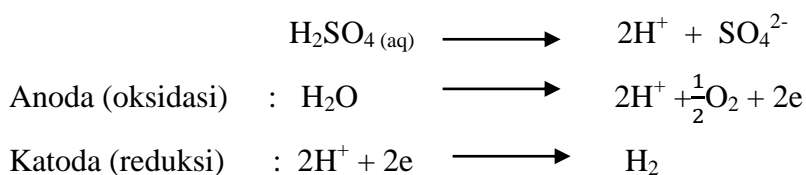


Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis dengan elektroda stainless steel pada Tegangan Bervariasi



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis dengan elektroda Karbon pada Tegangan Bervariasi

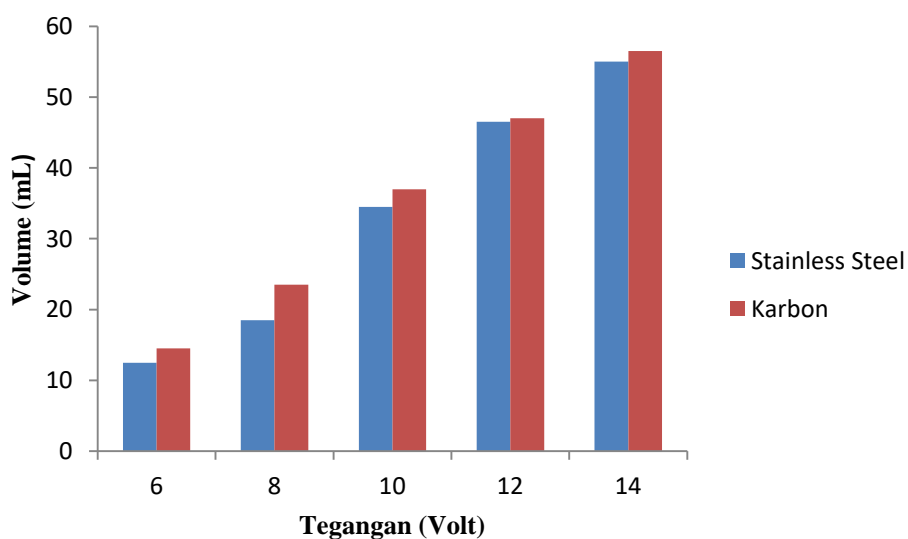
Pada gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat semakin besarnya konsentrasi asam semakin besar pula volume gas yang dihasilkan. Asam yang digunakan pada penelitian ini adalah asam sulfat. Asam sulfat berfungsi sebagai katalis asam yang dapat mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen hal ini terjadi karena ion-ion H^+ dan SO_4^{2-} mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan. H_2SO_4 tidak mengalami elektrolisis tetapi H_2SO_4 melepaskan H^+ yang memudahkan membentuk gas hidrogen. Gas hidrogen yang terbentuk akan lebih banyak pada saat dielektrolisis menggunakan katalis asam menurut reaksi:



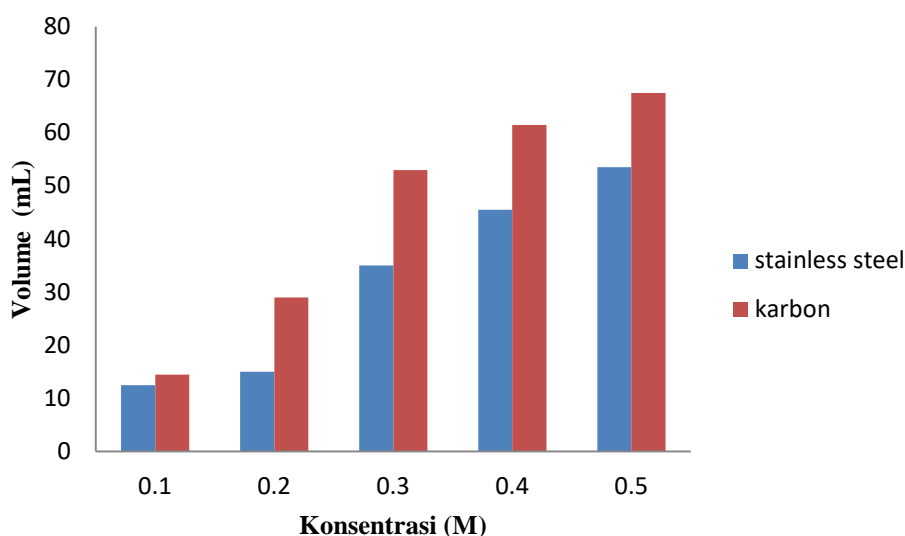
Reaksi elektrokimia di atas hanya akan berjalan jika menggunakan energi listrik yang disuplai dari sumber arus (adaptor). Proses elektro-oksidasi dari air pada anoda akan menghasilkan ion hidrogen, H^+ , yang berpindah ke katoda melalui larutan elektrolit karena adanya perbedaan potensial listrik elektroda, dan elektron-elektron yang dihasilkan pada anoda dialirkan melalui kawat listrik dan power supply ke katoda, sedangkan pada katoda terjadi proses elektro-reduksi, dimana H^+ direduksi menjadi molekul hidrogen (H_2). Pada elektrolisis air menggunakan katalis asam, asam sulfat yang bertindak sebagai katalis tidak ikut bereaksi dengan air. Berapapun volume gas hidrogen yang terbentuk jumlah asam sulfat tidak berkurang.

4.3 Pengaruh elektroda Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan terhadap Berbagai Variasi Konsentrasi H_2SO_4 dan Variasi Tegangan

Volume gas hidrogen yang dihasilkan pada waktu 10 menit menggunakan elektroda stainless steel dan elektroda karbon pada konsentrasi asam 0,1 M pada variasi tegangan 6 volt, 8 volt, 10 volt, 12 volt, dan 14 volt ditunjukkan pada gambar 4.5 dan 4.6



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Elektroda terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis pada Konsentrasi H_2SO_4 0,1 M dan Tegangan bervariasi



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh elektroda Terhadap Volume Gas Hasil Elektrolisis pada Tegangan 6 volt dan berbagai Variasi Konsentrasi H_2SO_4

Pada gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa proses elektrolisis yang menggunakan elektroda karbon lebih banyak menghasilkan gas dari pada elektrolisis menggunakan elektroda stainless steel, hal ini dikarenakan elektroda karbon bersifat lebih inert (tidak bereaksi) dari pada elektroda stainless steel. Stainless steel merupakan campuran dari logam kromium dan nikel. Pada elektrolisis menggunakan elektroda C-C, karbon yang memiliki sifat yang hampir sama dengan logam, yaitu bahan konduktor yang tinggi dan praktis karena setiap logam akan cepat menimbulkan korosi di elektroda positif. Elektroda ini berfungsi untuk mengumpulkan elektron-elektron yang terbentuk akibat reaksi reduksi dan oksidasi pada zat-zat kimia. Grafit merupakan elektroda inert karena sifatnya yang inert ini membuat elektroda C-C menjadi elektroda cukup baik untuk mereduksi (Couper, 1990). Deret volta kromium dan nikel berada di sebelah kiri deret volta, ini menunjukkan stainless steel mudah bereaksi dengan unsur-unsur lain.

Deret Volt

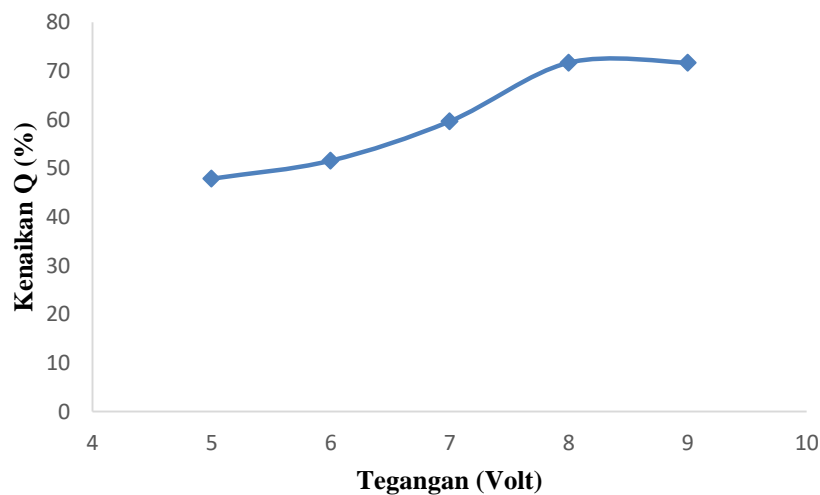
Li-K-Ba-Ca-Na-Mg-Al-Mn-Zn-Cr-Fe-Cd-Co-Ni-Sn-Pb-(H)-Cu-Hg-Ag-Pt-Au-C

Urutan logam ini selain menunjukkan potensial reduksi yang naik dari kiri ke kanan juga menunjukkan bahwa logam-logam disebelah kiri lebih mudah teroksidasi daripada logam di sebelah kanan. Selain itu logam-logam tersebut dari kiri ke kanan makin mudah direduksi namun makin sulit dioksidasi. Sebaliknya, dari kanan ke kiri makin mudah untuk dioksidasi dan makin sulit untuk direduksi. Pada elektrolisis menggunakan elektroda

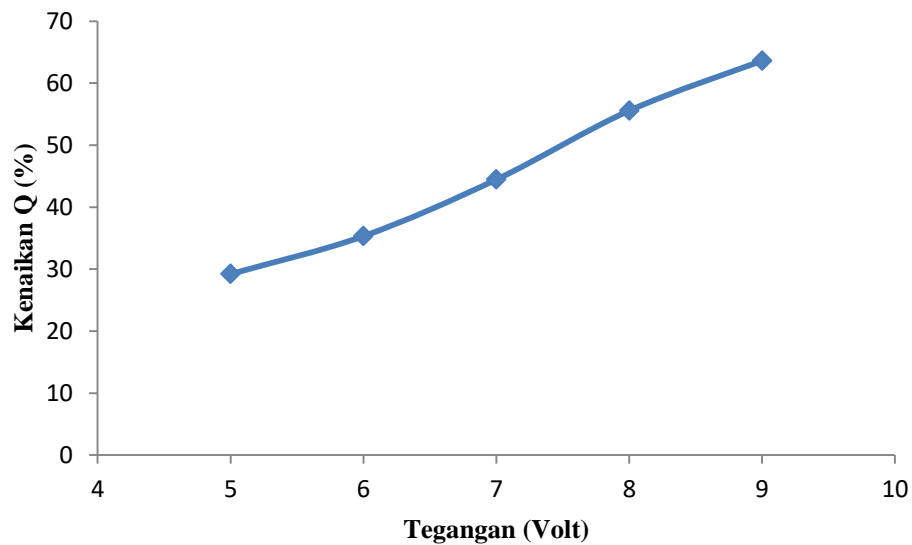
karbon, karbon yang mempunyai potensial reduksi yang tinggi yang dapat mempercepat terjadinya reaksi reduksi pada molekul air sehingga volume gas yang dihasilkan semakin banyak.

4.4 Menentukan penghematan Gas LPG dengan menghitung persen kenaikan kalor yang dihasilkan

Menentukan persen penghematan penggunaan gas LPG dapat dilakukan dengan menghitung kalor yang dilepaskan pada saat memanaskan air. Nilai kalor atau heating value adalah jumlah energi yang dilepaskan pada proses pembakaran persatuan volume atau persatuan massanya. Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Makin tinggi nilai kalor bahan bakar, maka semakin sedikit pemakaian bahan bakar (Brady, 1999). Gambar 4.7 dan 4.8 menunjukkan persen kalor dari hasil pemanasan air pada waktu 15 menit menggunakan gas LPG dan gas hasil elektrolisis yang dihasilkan dari proses elektrolisis air menggunakan konsentrasi asam 0,5 M, elektroda karbon dan elektroda stainless steel dengan berbagai variasi tegangan 5 volt, 6 volt, 7 volt, 8 volt, dan 9 volt.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Persen Kalor Menggunakan Elektroda Karbon Pada Konsentrasi Asam 0,5 M



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Tegangan terhadap Persen Kalor Menggunakan Elektroda Stainless Steel Pada Konsentrasi Asam 0,5 M

Elektrolisis hanya dilakukan pada tegangan 5; 6; 7; 8 dan 9 Volt karena pada tegangan dibawah 5 Volt tidak terjadi kenaikan kalor sedangkan pada tegangan diatas 10 Volt gas yang dihasilkan tidak bisa diaplikasikan pada kompor gas walaupun gas yang dihasilkan banyak karena terjadi ledakan. Persen kalor terbesar didapat pada tegangan 9 volt pada elektroda karbon sebesar 71,66% karena semakin besarnya kalor yang dihasilkan dalam waktu tertentu maka semakin besar temperatur air pada saat pemanasan air, ini terjadi karena ada tambahan kalor yang di suplai dari gas hasil elektrolisis, artinya terjadi penghematan penggunaan gas LPG.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Volume gas yang dihasilkan pada proses elektrolisis air dengan katalis asam semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi asam yang dilarutkan kedalam air dan dengan meningkatnya tegangan yang diberikan selama 10 menit.
2. Volume gas yang dihasilkan pada proses elektrolisis menggunakan elektroda karbon lebih banyak dari pada menggunakan elektroda stainless steel pada konsentrasi asam dan tegangan berapapun.
3. Penghematan gas LPG terbesar menggunakan gas hasil elektrolisis yang di elektrolisis menggunakan konsentrasi asam sulfat 0,5 M, tegangan 9 volt, dan elektroda karbon.

5.2 Saran

Penelitian dilanjutkan dengan menggunakan blower sebagai pembantu untuk mendorong gas Brown atau gas hasil elektrolisis. Blower yang dipakai adalah pompa akuarium yang sering dipakai sebagai pembuat gelembung udara. Laju blower dibuat dua variasi kecepatan udara yang didorongkan dalam alat elektrolisis.

DAFTAR PUSTAKA

- Brain, Marshall., 2006, *How the Hydrogen Economy Works : Advantages of the`Hydrogen Economy*. [http:// www. People .howstuffworks. com/hydrogen_economy2.htm](http://www.People.howstuffworks.com/hydrogen_economy2.htm). Diakses 20 Februari 2014 pukul 20:30 WIB.
- Castellan, G.W., 1983, Third Edition, Physical Chemistry, College Park, Md, Addison-Wesley Publishing Company. Inc.
- Hiskia, Achmad. 2001. *Elektrokimia dan Kinetika Kimia*, Edisi ke-2, Penerbit ITB Press: Bandung.
- Ichikawa.et.al, 2005, Water Electrolysis Cell, United States Patent Applications No .6872286B2
- Musthafa,Z, 2012. *Sifat Fisik Air*. [http:// zainulbiokipta. blogspot.com/ 2012/05/ sifat-fisik-dan-kimia-air. html](http://zainulbiokipta.blogspot.com/2012/05/sifat-fisik-dan-kimia-air.html). Diakses pada tanggal 15 februari 2014 pukul 20:30 WIB.
- Mohsin.Yulianto, 2003, Kategori Tabel Periodik : Hidrogen. [http:// www.chem-is-try.org](http://www.chem-is-try.org). Diakses 20 Maret 2014 pukul 20:23 WIB.
- Oda.et.al, 1984, Method For Water Electrolysis, United State Patent Apilcation, No.4470893
- Petruci, Ralph. 1989. *Kimia Dasar : Prinsip dan Terapan Modern*, Jilid 3, edisi keempat, Penerbit Erlangga :Jakarta
- Rifkin, Jeremy. 2002. A Hydrogen Economy The Power to Change the World, [http:// www.commondreams.org/views02/0902.04.htm](http://www.commondreams.org/views02/0902.04.htm). Diakses 25 Maret 2014 pukul 19.30 WIB.
- Sebastian,Otto.et.al, 2013. Analisa Efisiensi Elektrolisis Air Dari Hydrofil Pada Sel Bahan Bakar. Jurnal Dinamis, Volume II, No.12.
- Slama,R. 2013. Production of Hydrogen by Electrolysis of Water: Effects of the Electrolyte Type on the Electrolysis Performances. [http:// www.scirp.org/journal/cweee](http://www.scirp.org/journal/cweee)). Diakses 10 Maret 2014 pukul 08:08 WIB.
- Svehla. G, 1990, Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro, Edisi Kelima, diterjemahkan oleh Setiono dan A Hadyana, Penertbi PT. Kalman Media Pusaka, Jakarta
- Tjatur W,S.et.al.2011. Proses Elektrolisa Pada Prototipe “Kompur Air” Dengan Pengaturan Arus Dan Temperatur. [https://www. google.com/# q=PROSES+ELEKTROLISA+PADA+PROTOTIPE+%E2%80%9CKOMPOR+AIR%E2%80%9D+DENGAN+PENGATURAN+ARUS+DAN+TEMPERATUR](https://www.google.com/#q=PROSES+ELEKTROLISA+PADA+PROTOTIPE+%E2%80%9CKOMPOR+AIR%E2%80%9D+DENGAN+PENGATURAN+ARUS+DAN+TEMPERATUR) . Diakses 10 Maret 2014 pukul 20:20 WIB

LAMPIRAN 1. RIWAYAT HIDUP KETUA PENELITI

1. Data Pribadi :

Nama Lengkap dan Gelar Akademik : Akmal Johan, S.Si, M.Si.
 Tempat/ Tanggal Lahir : Bailangu, 21 Desember 1973
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Pangkat/ Golongan : Pembina / IV.a
 N I P / NIDN : 19731221 199903 1 003 / 0021127309
 Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.
 Pendidikan Terakhir : S2 Material Science FMIPA Universitas Indonesia, 2005

Alamat Kantor : Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya Kampus UNSRI Indralaya Ogan Ilir (30662).
 Telp./ Fax. Telp.(0711)580743 Fax.(0711)580056

Alamat Rumah : Jl. Lintas Timur Perumahan Taman Permata Indah Blok D6 No.09 RT.10 LK.V Kelurahan Indralaya Mulya Kabupaten Ogan Ilir (30662) Sumatera Selatan.
 Telp. / HP. / E-Mail Telp.(0711)581380 HP.08127392602
 e-mail : akmal.johan@yahoo.com

2. Riwayat Pendidikan :

No.	Pendidikan dan Lokasi	Gelar	Tahun	Bidang studi
1.	S2, FMIPA UI, Jakarta	M.Si	2003 - 2005	Material Science
2.	S1, FMIPA UNSRI, Palembang	S.Si	1993 - 1998	Fisika
3.	SMAN 1 Sekayu, MUBA Sum-Sel	–	1989 - 1992	Ilmu-Ilmu Fisika
4.	SMPN Lumpatan, MUBA Sum-Sel	–	1986 - 1989	–
5.	SDN 3 Bailangu, MUBA Sum-Sel	–	1980 - 1986	–

3. Pengalaman kerja dan pengalaman profesional serta kedudukan saat ini:

No.	Institusi dan Lokasi	Jabatan	Periode kerja
1.	UPT Penjamin Mutu FMIPA	Sekretaris	2014 s.d. 2015
2.	Tim Penyusun Borang Akreditasi Jurusan Fisika FMIPA UNSRI	Anggota	2013
3.	Sentra HKI, UNSRI, UPT REMBANG	Sekretaris	2011 s.d. 2014
4.	Outreach Program Beasiswa, UNSRI, I-MHERE Sub-Component B.1	PIC	2011 s.d. 2012

5.	Tim Penyusun Borang Akreditasi Jurusan Fisika FMIPA UNSRI	Koordinator	2008
6.	Laboratorium Fisika Dasar FMIPA	Kepala Lab.	2006 – Sekarang
7.	Tim Pengkajian dan Perumusan Kurikulum Jurusan Fisika FMIPA UNSRI Tahun 2006-2007	Anggota	2006
8.	Tim Penyusun Borang Akreditasi Jurusan Fisika FMIPA UNSRI	Anggota	2003
9.	FMIPA UNSRI, Indralaya	Staf Pengajar	1999 – Sekarang
10.	LDB UNSRI, Indralaya	Asisten Praktikum	1995 – 1998
11.	Lab. Fisika Teori, Indralaya	Asisten Praktikum	1995 – 1998
12.	Lab. Fisika Komputasi, Indralaya	Asisten Praktikum	1996 – 1998

4. Pengalaman Mengajar/ Mengasuh Mata Kuliah :

No.	Mata Kuliah	Tempat/ Institusi	Tahun
1.	Fisika Matematika I & II	Fisika FMIPA	1999 – Sekarang
2.	Fisika Modern	Fisika & Kimia FMIPA	1999 – Sekarang
3.	Fisika Kristal	Fisika FMIPA	2005 – Sekarang
4.	Pengantar Fisika Material	Fisika FMIPA	2013 – Sekarang
5.	Magnetism Lingkungan	Fisika FMIPA	2006 – 2008
6.	Fisika Dasar I & II	Kimia FMIPA	1999 – Sekarang
7.	Fisika Dasar	F. Pertanian UNSRI	1999 – 2011
8.	Fisika (Physics)	FKM UNSRI	2012 – Sekarang
9.	Praktikum Fisika Dasar I & II	FMIPA	2006 – Sekarang
10.	Eksperimen Fisika I & II	Fisika FMIPA	1999 – 2003
11.	Optika Modern	Fisika FMIPA	2005/2006
12.	Teori Medan Elektromagnetik	Fisika FMIPA	2005/2006
13.	Pendahuluan Fisika Inti	Fisika FMIPA	2000/2001

5. Pengalaman Penelitian :

No.	Judul	Tahun
1.	Optimasi dan Karakterisasi Nanopartikel, Titanium Dioksida (TiO ₂) Untuk Meningkatkan Kualitas Sifat Fisis dan Sifat Optiknya Sebagai Fotokatalis Dalam Mendekomposisi Polutan Organik Air Rawa". (Anggota Peneliti – Hibah Unggulan Kompetitif)	2015
2.	Analisis Teori Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Celah Pita Energi dan Spektrum Fotoluminesensi Elektron Hole Di Dalam Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO ₂) Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga (Anggota –	2014

	Hibah Fundamental DP2M DIKTI)	
3.	Magnetik Nanokristalin Barium Heksaferit ($BaO.6Fe_2O_3$) Hasil Proses Teknologi <i>High-Energy Milling</i> dan <i>Sol-gel</i> . (Ketua - Hibah PEKERTI DP2M DIKTI)	2007-2008
4.	Rancang Bangun Emiter Irigasi Tetes Dengan Regulator Keramik. (Anggota - Hibah Bersaing DP2M DIKTI)	2006-2007
5.	Penentuan Tingkat Energi Spektrum Atom Merkuri (Hg) dengan Spektrometer Optik. (Mandiri).	2006
6.	Pengaruh <i>High-Energy Milling</i> Terhadap Sifat Magnetik Bahan Barium Heksaferit ($BaO.6Fe_2O_3$). (Thesis).	2005
7.	Prediksi Suhu Atmosfir Bumi Berdasarkan Model Transfer Radiasi Termal 1-Dimensi. (Ketua - HEDS Project).	2003
8.	Analisis Jangkauan Tempuh (Range) Dan Energi Absorpsi Radiasi Sinar Beta (β) Dalam Bahan Aluminium (Al). (Ketua - DIK-S UNSRI).	2002
9.	Penerapan Metoda Numerik Berbantuan Komputer Untuk Menghitung Waktu Disipasi Muatan Pada Rangkaian Listrik. (Anggota - Rutin UNSRI).	2001
10.	Penentuan Indeks Bias Plat Kaca Paralel Dengan Memodifikasi Interferometer Michelson Model OS-8501. (Ketua - Rutin UNSRI).	2000
11.	Magnetisasi Bahan Ferromagnetik Sebagai Fungsi Temperatur dengan Metoda Step Wise. (Anggota - DIK-S UNSRI).	1999
12.	Analisis Status Energi Terkuantisasi Atom Merkuri (Hg) dengan Melakukan Percobaan Franck-Hertz dan Percobaan Spektroskopi Optik. (Skripsi).	1998

6. Publikasi/ Karya Ilmiah :

1.	Iskandar, I., M. Irfan, F. Syamsuddin, A. Johan and P. Poerwono (2013), <i>Trend in precipitation over Sumatra under the warming Earth</i> , International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences Vol. 8: 19-24. Web-link: http://jurnal.lapan.go.id/index.php/ijreses/article/view/1737
2.	Johan, A. , <i>Analisis Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit ($BaO.6Fe_2O_3$) dengan Menggunakan High-Energy Milling</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.14 No.1(B), Januari 2011, hal 14105-(19-24), ISSN : 1410-7058.
3.	Ridwan, Mujamilah, A. Johan , <i>The Semi-Quantitative Study of Magnetization Process on Milling and Reannealing of Barium Hexaferrite ($BaO.6Fe_2O_3$)</i> , Atom Indonesia, Vol.35 No.2, July 2009, hal 105-113, ISSN : 0126-1568, Akreditasi Nomor : 43/DIKTI/Kep/2008 dan 122/Akred-LIPI/P2MBI/06/2008.
4.	Johan, A. , <i>Karakterisasi Sifat Fisik Dan Mekanik Bahan Refraktori $\alpha-Al_2O_3$ Pengaruh Penambahan TiO_2</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.12 No.2(B), Mei 2009, hal 12107-(1-8), ISSN : 1410-7058.
5.	Johan, A. , Ramlan, <i>Karakterisasi Kerapatan Elektron Fasa Rutile Hasil Transformasi TiO_2 Akibat Pengaruh Variasi Penambahan Fe Dan Waktu Pemanasan</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.10 No.2, Februari 2009, hal 131-135, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007.

6.	Ramlan, A. Johan , <i>Karakterisasi Sifat Listrik Bahan Keramik Na-β"-Al₂O₃ Dengan Variasi Waktu Penahanan Suhu Pemanasan</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.10 No.2, Februari 2009, hal 159-163, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007.
7.	Ramlan, A. Johan , <i>Identifikasi Keramik Na-β"-Al₂O₃ Dengan Penambahan Variasi Komposisi (0%, 3% dan 6%) Berat MgO</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.12 No.1(B), hal.1-6, Januari 2009, ISSN : 1410-7058.
8.	Johan, A. , Ramlan, <i>Karakterisasi Konduktivitas, Porositas Dan Densitas Bahan Keramik Na-β"-Al₂O₃ Dari Komposisi Na₂O 13% Dan Al₂O₃ 87% Dengan Variasi Waktu Penahanan</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.11 No.3, September 2008, hal 544-551, ISSN : 1410-7058.
9.	Ramlan, A. Johan , <i>Pembuatan Dan Karakterisasi Keramik Na-β"-Al₂O₃ Berbasis 86% Al₂O₃ – 14% Na₂O Dengan Penambahan MgO</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.11 No.3, September 2008, hal 552-559, ISSN : 1410-7058.
10.	Ramlan, A. Johan , Arsali, Bambang S., <i>Pengaruh Aditif MgO Dan Perlakuan Panas Terhadap Material Elektro Keramik Berbasis Beta Alumina (β"-Alumina)</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.9 No.3, Juni 2008, hal 254-259, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004 dan 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007.
11.	Johan, A. , <i>Analisa Tingkat Energi Spektrum Atom Merkuri (Hg) Dengan Spektrometer Optik</i> , Jurnal Penelitian Sains, Vol.11 No.1 – Januari 2008, hal 390-401, ISSN : 1410-7058.
12.	Johan, A. , Ridwan, Mujamilah, Ramlan, <i>Magnetik Nanokristalin Barium Heksaferit (BaO.6Fe₂O₃) Hasil Proses Teknologi High-Energy Milling</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Edisi Khusus Oktober 2007, hal 120-125, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004 dan 89/Akred-LIPI/P2MBI/5/2007.
13.	Johan, A. , Ridwan, Azwar M., Wisnu A.A., <i>Pengaruh High-Energy Milling Terhadap Sifat Magnetik Bahan Barium Heksaferit (BaO.6Fe₂O₃)</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.7 No.1, Oktober 2005, hal 25-29, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004.
14.	Ridwan, A. Johan , Mujamilah, Wisnu A.A., <i>Efek High-Energy Milling Terhadap Koersivitas Magnet Intrinsik BaO.6Fe₂O₃</i> , Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol.7 No.1, Oktober 2005, hal 37-41, ISSN : 1411-1098, Akreditasi Nomor : 39/DIKTI/Kep/2004.
15.	Ridwan, A. Johan , Mujamilah, Grace T. S., <i>Efek Perlakuan Panas Terhadap Partikel Halus BaO.6Fe₂O₃ Hasil Proses 'High-Energy Milling'</i> , Prosiding Seminar Nasional Bahan Magnet IV, Semarang 28 September 2005.
16.	Johan, A. , <i>Prediksi Suhu Atmosfir Bumi Berdasarkan Model Transfer Radiasi Termal 1-Dimensi</i> , Jurnal Penelitian Sains, No.13 – April 2003, hal 52-68, ISSN : 1410-7058.
17.	Johan, A. , <i>Analisis Jangkauan Tempuh (Range) Dan Energi Absorpsi Radiasi Sinar Beta (β) Dalam Bahan Aluminium (Al)</i> , Jurnal Ilmiah MIPA, Vol.:VI No.1 – April 2003, hal 24-32, ISSN : 0215-0913.

7. Pengalaman Pengabdian Pada Masyarakat :

No.	Judul Kegiatan	Tahun
1.	Pelatihan Penyelesaian Soal Fisika Dengan Logika Kepada Siswa dan Guru SMA/MA Negeri dan Swasta Se-Ogan Ilir. (BOPTN UNSRI)	2015
2.	Pengurangan Resiko Bencana Berbasis Masyarakat Melalui Sosialisasi Mekanisme Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Bencana Banjir di Desa Tabjung Pering Kecamatan Indralaya Utara Kabupaten Ogan Ilir. (BOPTN UNSRI)	2015

3.	Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dari buah kelapa. (BOPTN UNSRI)	2015
4.	Penyuluhan dan Pembuatan Percontohan Unit Proses Penjernihan Air di Kota Daro Kecamatan Rantau Panjang Ogan Ilir (BOPTN UNSRI)	2014
5.	Pembuatan Oncom Dari Ampas Susu Kedelai Di Kelurahan Indralaya Mulya Ogan Ilir Sumatera Selatan (BOPTN UNSRI)	2014
6.	Sosialisasi Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Masyarakat Untuk Pengurangan Resiko Bencana Di Kecamatan Pemulutan Selatan Kabupaten Ogan Ilir (BOPTN UNSRI)	2014
7.	Pelatihan Penulisan Karya Ilmiah untuk Guru IPA Tingkat SLTA di Kecamatan Inderalaya dan Inderalaya Utara Kabupaten Ogan Ilir, (Mandiri)	2013
8.	Pengawas Tingkat Satuan Pendidikan Pada Penyelenggaraan Ujian Nasional SMA/MA & SMK Tahun Pelajaran 2012/2013 di SMA Negeri 1 Lahat Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, 15 – 18 April 2013.	2013
9.	IbM Kelompok Usaha Susu Kedelai, DP2M DIKTI	2012
10.	Pengawas Tingkat Satuan Pendidikan Pada Penyelenggaraan Ujian Nasional SMA/MA & SMK Tahun Pelajaran 2011/2012 di SMA Negeri 1 Mulak Ulu Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, 16 – 19 April 2012.	2012
11.	Pengawas Tingkat Satuan Pendidikan Pada Penyelenggaraan Ujian Nasional SMA/MA & SMK Tahun Pelajaran 2010/2011 di SMA Negeri 1 Mulak Ulu Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, 18 – 21 April 2011.	2011
12.	Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Kerupuk Dari Ampas Kedelai, Indralaya - Ogan Ilir, Sumatera Selatan, DIPA UNSRI.	2010
13.	Penyuluhan Pemanfaatan Teknologi Nano Kepada Kelompok Industri Songket dan Tenun Kawasan Industri Rumahan di 32 Ilir Kota Palembang, DIPA UNSRI.	2010
14.	Pemanfaatan Sampah Sebagai Pupuk Organik Cair Ramah Lingkungan, Indralaya - Ogan Ilir, Sumatera Selatan, DIPA UNSRI.	2010
15.	Pengawas Tingkat Satuan Pendidikan Pada Penyelenggaraan Ujian Nasional SMA/MA Tahun Pelajaran 2009/2010 di SMA Negeri 1 Tanjung Sakti PUMI Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, 22 – 26 Maret 2010.	2010
16.	Penyuluhan dan Pelatihan Pembuatan Tempe Ampas Kedelai di Kelurahan Indralaya Mulya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, DIPA UNSRI.	2009
17.	Pengawas Tingkat Satuan Pendidikan Pada Penyelenggaraan Ujian Nasional SMA/MA & SMK Tahun Pelajaran 2008/2009 di SMA Muhammadiyah Lahat Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan, 20 – 24 April 2009.	2009
18.	Pembuatan Alat Peraga Fisika Berbasis Komputer Di SMA PGRI Indralaya Utara Kabupaten Ogan Ilir, DIPA UNSRI.	2008
19.	Demonstrasi Gejala Fisika Dalam Mata Pelajaran IPA Di SD Negeri Tanjung Pering Kecamatan Indralaya Utara Ogan Ilir, DIPA UNSRI.	2008
20.	Penyuluhan Pemanfaatan Perangkat Komputer Pada Siswa dan Guru SMA 3 Tanjung Raja Sebagai Alat Bantu Pembelajaran Di Sekolah, DIPA UNSRI.	2008
21.	Pemanfaatan Sensor Phototransistor Untuk Pembuatan Lampu <i>Emergency</i> di beberapa Masjid Dusun III Simpang Timbangan Indralaya Kabupaten Ogan Ilir,	2006

	DIPA UNSRI.	
22.	Proses penjernihan dan pengolahan air secara sederhana, DIPA UNSRI.	2003

8. Pengalaman Perolehan HKI

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Pendaftaran/ Sertifikat
1.	2009	Metode Pembuatan Bahan Magnet Nanokristalin Barium Heksaferit Dengan Menggunakan <i>High-Energy Milling</i> .	Paten Biasa	P00200900773

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Indralaya, 18Oktober 2016

Yang menyatakan,

Akmal Johan, S.Si.,M.Si.

NIP. 19731221 199903 1 003

LAMPIRAN2: RIWAYAT HIDUP ANGOTA PENELITI 1

Nama : Zainal Fanani, M.Si.
 Jenis Kelamin : Pria
 NIP/Gol : 196708211995121001/IV-a
 Pangkat /Jabatan : Pembina/Lektor Kepala
 Kantor/Unit Kerja : FMIPA UNSRI/ Jurusan Kimia
 Lembaga : Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya
 Bidang keahlian : Kimia Fisika/Katalis
 Alokasi Waktu : 10 Jam/minggu
 Alamat Rumah : Komplek Taman Permata Indah Blok D III No. 5, Inderalaya, Ogan Ilir, Sumsel.30266
 Telp. Rumah : 0711 580 715
 HP / Flexi : 081373589159 / 0711 8741243
 Telp Kantor : 0711 580 269
 Fax : 0711 581 010

Pendidikan

NO	Tempat Pendidikan	Kota	Tahun Lulus	Bidang studi
1	UGM	Yogyakarta	1994	Kimia
2	UGM	Yogyakarta	2001	Kimia Fisika

Prestasi:

- **Peneliti Unggul Nugraha Bogasari, 2005**
- **Peneliti Terbaik bidang MIPA I (DIKTI), 2007**
- **Pendaftaran Paten 2012 dan 2013**

Pengalaman Riset:

No	JUDUL RISET	Tahun
1	Pembuatan Karbon Aktif dari Batu Bara untuk mengolah Air Rawa	2001
2	Kinetika Pelarutan Fe_2O_3 , Al_2O_3 dan CaO Abu layang Batu Bara dengan pelarut Asam Sulfat dan Asam Nitrat	2002
3	Pembuatan Karbon aktif dari Batu Bara Bituminus dengan berbagai Aktifator	2002
4	Distribusi dan Sifat Produk Pirolisis Limbah Karet Padat dan Ban Bekas pada Kondisi atmosfer N_2	2003
6	Hidrogenasi Toluena dengan katalis Mo/Karbon	2003
7	Pembuatan Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif	2004
8	Hidrocracking Tir batu Bara dengan katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif	2005
9	Hidrocracking Tir batu Bara dengan katalis Cr-Mo/Zeolit Alam Aktif	2006
10	Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni/Cr /ZAA	2007
11	Preparasi dan Karakterisasi Katalis Mo/ZAA	2008
12	Pengaruh pelarut dan pengemban terhadap katalis Ni untuk pembuatan BioBBM dari CPO	2009

Publikasi

1. Pembuatan Karbon Aktif dengan Aktifasi Kimia, JPS MIPA UNSRI, 2002
2. Kinetika Reaksi Asam Asetat dan Asam Format Pada Pemecahan Emulsi Lateks, Proceeding, Forum HEDS, Bengkulu, 2002
3. Kinetika Pelarutan Al_2O_3 dari Abu Layang Batu Bara dengan Pelarut Asam Sulfat, Prociding Seminar Semirata Wilayah Barat, di Palembang, 2003
4. Kinetika Reaksi Pelarutan Besi Oksida Abu Layang Batubara dengan Pelarut Asam Sulfat, Proceeding, Forum HEDS, USU, 2003
5. Biodegradasi Polibland PP-Minyak Sawit-Pati dengan Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Clostridium botulinum*, Indonesian Journal of Chemistry (IJC), vol 3, No. 3, tahun 2003
6. Pengolahan Air dengan Polielektrolit Pati Ubi Jalar, Proceeding, ISBN 979-96276-2-1, ITS, 2003
7. Pembuatan Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif dan Karakterisasinya, Proseding, Seminar Kimia Nasional, UNILA, Bandar Lampung, 2004.
8. Pengaruh Karakter Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Aktif terhadap Kenaikan Kalor Pembakaran pada Proses Hidrocracking Tir Batubara, Proseding, Seminar Kimia Nasional, UGM, Yogyakarta, 2005.
9. Pengaruh Karakter Katalis Ni-Cr/Zeolit Alam Aktif terhadap pembentukan Coke pada Proses Hidrocracking Tir Batubara, Proseding, Seminar Kimia Nasional, UNSRI, Palembang, 2006.
10. Penentuan Fraksi Bensin dan Kerosin pada Hidrocracking Tir Batubara dengan Katalis Ni/Cr/ZAA, Seminar Kenaikan Jabatan, FMIPA, Unsri, 2007.
11. Pengaruh Pelarut terhadap Keandalan katalis Ni/ZAA, Proceeding, Seminar Nasional Avoer 2nd, Palembang, 2009
12. Regenerasi Katalis Ni/ZAA dan karakterisasinya, Lap Penelitian, 2010
13. Hidrocracking CPO menggunakan Katalis Cr/ZAA dan regenerasi katalisnya, Lap Penelitian, 2012
14. Pembuatan aditif nabati hasil hidrocracking CPO untuk menaikkan angka oktan premium, Lap Penelitian, 2013

Inderalaya, Nopmber 2016

Zainal Fanani, Msi