

# Produksi Listrik Dari Konversi Langsung Biomassa Dengan Gabungan Pasangan Reaksi Redoks

Annisa Khafiya Saba<sup>1,3</sup>, Resti Yunia Amri<sup>1,3</sup>, Asrina Asfarina<sup>1,3</sup>, Rudy Syah Putra<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia dan <sup>2</sup> New and Renewable Energy Research Group,  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia,  
Jl. Kaliurang km. 14, Yogyakarta, 55584 Indonesia

<sup>3</sup>Laboratorium Mahasiswa, Universitas Islam Indonesia,  
Jl. Kaliurang km. 14, Yogyakarta, 55584 Indonesia

## Abstrak

*Ketersediaan sumber daya untuk produksi energi listrik saat ini kian menipis. Oleh karena itu dibutuhkan sumber daya terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Biomassa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan residu pertanian yang berpotensi untuk produksi energi listrik. Penelitian ini mengkonversi TKKS menjadi energi listrik melalui metode Biomass Fixed Cell (BFC). Biomassa TKKS dan oksidator  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  direfluks pada temperatur rendah (90-98 °C) dan tekanan atmosfer (1 atm) kemudian filtrat yang dihasilkan digunakan sebagai reduktor pada kompartemen anoda sedangkan  $KMnO_4$  digunakan sebagai oksidator pada kompartemen katoda dengan jembatan garam (7.45 gram KCl dan 4 gram agar). Potensi current density dan power density yang dihasilkan dievaluasi dengan menggunakan perbedaan konsentrasi oksidator  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  (0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4 mol) dan jenis elektroda (grafit dan Pt/C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus listrik yang dihasilkan dari penggunaan elektroda Pt/C menghasilkan arus yang lebih besar yaitu pada konsentrasi 0,1 mol oksidator sebesar 7.97 mA dengan rata-rata arus 2.18 mA dibandingkan dengan arus yang dihasilkan dari penggunaan elektroda grafit yaitu pada konsentrasi 0,1 mol oksidator yaitu sebesar 3.43 mA dengan rata-rata arus 4.85 mA. Current density dan power density tertinggi dihasilkan dari penggunaan elektroda grafit yaitu 1.8785 mA/cm<sup>2</sup> dan 69.3183 mW/cm<sup>2</sup> dibandingkan dengan penggunaan elektroda Pt/C yaitu sebesar 0.0913 mA/cm<sup>2</sup> dan 5.1288 mW/cm<sup>2</sup>. Arus listrik yang dihasilkan dari biomassa TKKS diharapkan mampu menggantikan fosil dan menjadi sumber daya terbarukan dalam produksi energi listrik.*

**Kata kunci:** daya listrik, biomassa, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), reaksi redoks.

## PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber daya listrik saat ini kian menipis dan menjadi permasalahan serius bagi keberlangsungan hidup manusia. Perkembangan teknologi yang semakin pesat belum mampu meningkatkan sumber daya listrik. Untuk saat ini Indonesia masih menggunakan sumber listrik yang berasal dari PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap), PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi), PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) dan sebagainya. Namun, hampir 95% energi listrik di Indonesia berfokus pada energi listrik yang berasal dari energi fosil yang terbatas dan semakin lama ketersediaannya semakin menipis sehingga diperlukan metode baru yang dapat menghasilkan energi listrik yang berasal dari sumber terbarukan.

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan biomassa yang jarang dimanfaatkan dan menjadi limbah yang menyebarkan aroma busuk dan mencemari lingkungan. Selama ini limbah TKKS ditimbun atau digunakan sebagai kompos untuk tanaman kelapa sawit muda dengan cara menebarkannya di sekitar tanaman sawit muda tersebut, namun hal ini menimbulkan dampak pada berkembangnya hama sawit. Limbah TKKS juga digunakan dalam pembuatan briket arang, namun briket arang tidak digunakan secara menyeluruh oleh masyarakat. TKKS mempunyai potensi dalam menghasilkan energi listrik yang penggunaannya dapat dirasakan oleh masyarakat luas (Faisal dkk, 2010). TKKS mengandung selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Kandungan lignin

didalam TKKS sebesar 55-60 % berat kering dimana produksi puncak kelapa sawit per hektar sebesar 20-24 ton tandan buah segar per tahun yang akan menghasilkan 2,5-3,3 ton bahan lignin.

Kandungan selulosa pada serbuk kayu berpotensi sebagai sumber energi biomassa. Metode MFC (*Microbial Fuel Cell*) dan metode SOFCs (*Solid Oxide Fuel Cells*) merupakan metode yang umum digunakan dalam mengubah biomassa menjadi listrik. Metode MFCs menggunakan bakteri pengurai dan temperatur rendah untuk mencerna lignoselulosa dalam menghasilkan energi listrik, namun perlakuan khusus pada bakteri pengurai pada metode ini dipandang cukup rumit. Selain itu metode SOFCs dioperasikan dengan temperatur tinggi dan dianggap tidak efisien karena harus menggunakan energi yang cukup besar untuk menghasilkan energi listrik (Gong, 2016).

Pada penelitian ini, biomassa TKKS akan diubah menjadi bahan baku sumber listrik dengan menggunakan metode *Biomass Fixed Cell* (BFC) tanpa bakteri pengurai ataupun temperatur tinggi. Metode BFC memproduksi listrik pada tekanan atmosfer (1 atm) dan temperatur rendah (90-98 °C) dengan menggunakan oksidator  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  yang berfungsi untuk mendegradasi biomassa TKKS dan menghasilkan elektron. Biomassa TKKS dan oksidator  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  direfluks dan kemudian filtrat yang dihasilkan digunakan sebagai larutan elektrolit pada kompartemen anoda sedangkan  $\text{KMnO}_4$  digunakan sebagai larutan elektrolit pada kompartemen katoda. Masing-masing kompartemen dihubungkan dengan jembatan garam KCl yang berfungsi untuk meluruskan arus yang timbul saat pelepasan elektron.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sampel tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang didapatkan dari PT. Perkebunan Kelapa Sawit Sungai Parit, Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, Indonesia;  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (CAS-No : 10025-77-1, Merck, Germany);  $\text{KMnO}_4$  (Merck);  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Mallinckrodt AR, USA); HCl 37% (Mallinckrodt AR, USA); KCl (Merck, Germany); agar (Wako Chemical, Japan); 1,10-phenantrolin (merck); FAS (Ferro Amonium Sulfat); hidrosilamin hidroklorida (merck); sodium asetat (merck). Proses refluks menggunakan seperangkat alat refluks dengan labu alas bulat 250 mL. Pengukuran densitas daya listrik dilakukan dengan merujuk pada penelitian yang telah dilakukan Gong dkk (2016) dengan modifikasi menggunakan elektroda grafit dan elektroda kain Pt/C (0,2 mg/cm<sup>2</sup> 20% Pt, Vulcan-Carbon, USA). Pengukuran untuk menghitung densitas daya listrik dilakukan dengan menggunakan multimeter (KW06-796, Krisbow, China). Semua persiapan larutan menggunakan aquades.

### Proses Refluks

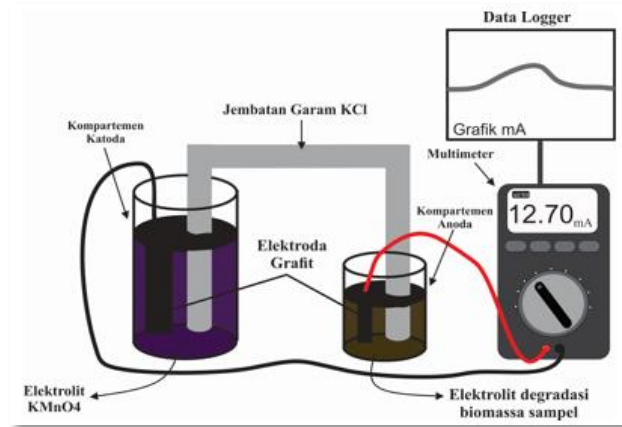
Sampel biomassa TKKS dikeringkan dengan sinar matahari dan kemudian dipotong dengan panjang  $\pm 1$  cm yang selanjutnya dioven selama 24 jam pada suhu 62 °C untuk mengurangi kadar air. Sampel biomassa TTKS ditimbang sebanyak 4 gram dan dicampurkan dengan larutan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 mol, 10 mL HCl 37% dan 90 mL aquades. Campuran tersebut direfluks pada suhu 90-98 °C hingga mendidih dan dilanjutkan selama 5 jam. Setelah campuran didinginkan pada suhu kamar, selanjutnya filtrat dan ampas dipisahkan . Filtrat kemudian digunakan untuk mengukur densitas daya. Sisa besi yang terdapat dalam filtrat diukur konsentrasinya dengan metode Spektrofotometer UV-Vis 1-1,0 phenantrolin.

### Pengukuran *Power Density* (Densitas Daya) dan *Current Density* (Densitas Arus)

Pengukuran *power density* dan *current density* menggunakan rangkaian reaktor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Rangkaian reaktor terdiri dari kompartemen anoda yang berisi filtrat biomassa TKKS dan kompartemen katoda yang berisi larutan elektrolit 8,6742 g  $\text{KMnO}_4$  (0,0549 mol), 38 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan 262 mL aquades.



(a)



(b)

Gambar 1. Foto rangkaian alat densitas daya pada gambar (a). Gambar (b) menunjukkan ilustrasi rangkaian alat pengukuran densitas daya.

Jembatan garam yang berisi elektrolit KCl dalam agar digunakan sebagai penghubung arus antara larutan di kompartemen anoda dan katoda. Jembatan garam dibuat dengan rasio berat KCl : agar dalam g pada perbandingan 7,45 : 4 dalam 100 mL air. Pengukuran *power density* dan *current density* dilakukan dengan menggunakan elektroda Pt/C dengan dimensi 5 cm (p) x 2 cm (l) pada kompartemen anoda dan katoda selama 24 jam yang terhubung dengan multimeter yang dimonitor dengan data loger menggunakan laptop. Perlakuan yang sama dilakukan untuk pengukuran *power density* dan *current density* dengan menggunakan elektroda grafit. Hasil dari data loger kemudian dihitung *power density* dan *current density* untuk mengetahui seberapa besar daya dan arus listrik yang dihasilkan. Perhitungan *power density* dan *current density* menggunakan rumus yang ditunjukkan pada persamaan (1), (2), (3) dan (4):

$$Power (P) = Arus (I) \times Tegangan (V) \tag{1}$$

$$Luas area elektroda (A) = 2 (\pi r^2) + (2\pi r t) \tag{2}$$

$$Power Density (mW/cm^2) = \frac{P}{A} \tag{3}$$

$$Current Density (mA/cm^2) = \frac{I}{A} \tag{4}$$

### Pengukuran Sisa Fe<sup>2+</sup> dengan Spektrofotometer UV-Vis

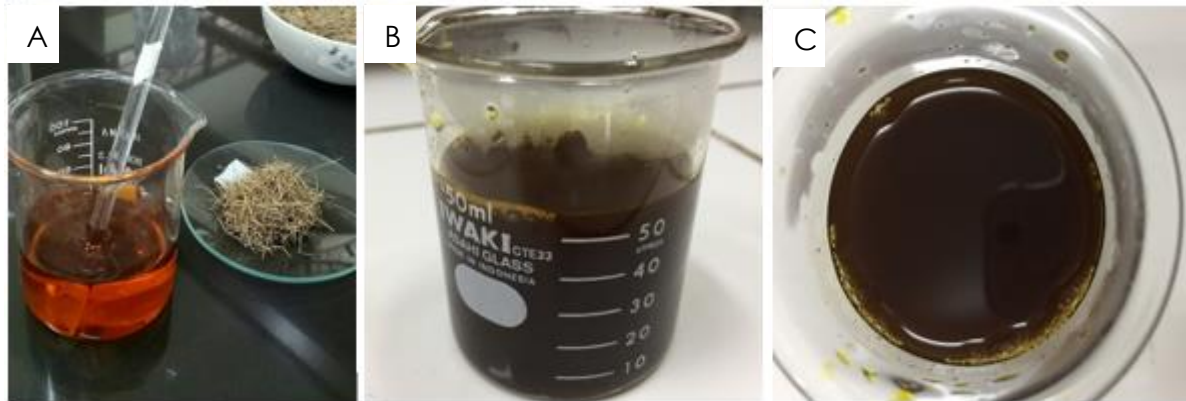
Pengukuran sisa Fe<sup>2+</sup> dimulai dari membuat larutan induk standar Fe 10 ppm yang berisi 0,07 g FAS dan 2,5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam 1 L aquades. Dari larutan tersebut, diambil larutan standar Fe konsentrasi 0,1 ; 0,2 ; 1 ; 2 ; 3,5 ppm dan 50 mL aquades sebagai blanko dalam 100 mL aquades. Masing-masing larutan standar dan larutan blanko ditambahkan 10 mL hidrosilamin, 10 mL 1,10 phenantrolin dan 10 mL sodium asetat lalu tambahkan aquades hingga tanda batas. Pengukuran dilakukan dengan Spektrofotometer UV-Vis pada λ 510 nm. Larutan 1,10 phenantrolin dibuat dengan menimbang 0,1 g dicampurkan dengan 50 mL etanol dalam 100 mL aquades sebagai pembantu kompleks warna merah yang stabil, larutan hidrosilamin dibuat dengan menimbang 1 g dalam 100 mL aquades sebagai pereduksi dari ion Fe<sup>3+</sup> menjadi Fe<sup>2+</sup> sedangkan sodium asetat dibuat dengan menimbang 10 g yang dilarutkan dengan 9 mL asam asetat glasial dalam 100 mL aquades, larutan ini berfungsi untuk menjaga pH dalam rentang 6-9. Penambahan ketiga larutan tersebut juga dilakukan pada sampel biomassa TKKS untuk pengukuran sisa Fe<sup>2+</sup>.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Oksidasi TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)

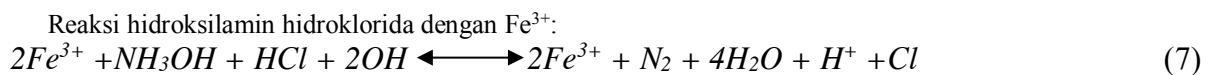
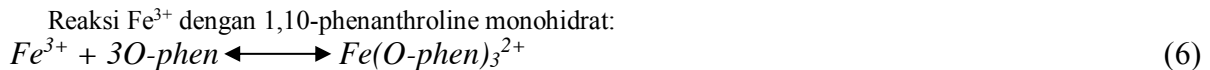
Degradasi biomassa TKKS dilakukan dalam larutan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O/HCl pada temperatur 90-98 °C dan tekanan atmosfer. Hasil degradasi biomassa TKKS yang terlarut secara perlahan-lahan dalam larutan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O dengan

pemanasan sederhana (refluks). Setelah 5 jam waktu reaksi diperoleh larutan coklat gelap, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Reaksi reduksi FeCl<sub>3</sub> ditunjukkan pada persamaan (5):



**Gambar 2.** Larutan sebelum dan sesudah refluks: A) larutan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (Variasi 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebelum dicampurkan dengan HCl; B) Larutan hasil refluks yang telah dicampurkan dengan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, aquadest, dan HCl; C) Larutan hasil refluks yang telah disaring.

Pengukuran sisa Fe<sup>2+</sup> menggunakan 1,10-phenanthroline sebagai pembentuk kompleks senyawa yang stabil dan hidroksilamin hidroklorida sebagai pereduksi dari ion Fe<sup>3+</sup> menjadi Fe<sup>2+</sup> sehingga reaksi yang terjadi pada larutan ditunjukkan pada persamaan (6) dan (7) :



Data UV-Vis yang dihasilkan pada **Tabel 1**. menunjukkan bahwa pada larutan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O terjadi peningkatan Fe<sup>2+</sup> setelah penyimpanan. Hal ini menunjukkan degradasi biomassa TKKS berhasil. Sedangkan pada FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,4 mol terjadi penurunan Fe<sup>2+</sup> disebabkan larutan FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O telah mengalami lewat jenuh (Gong dkk, 2016).

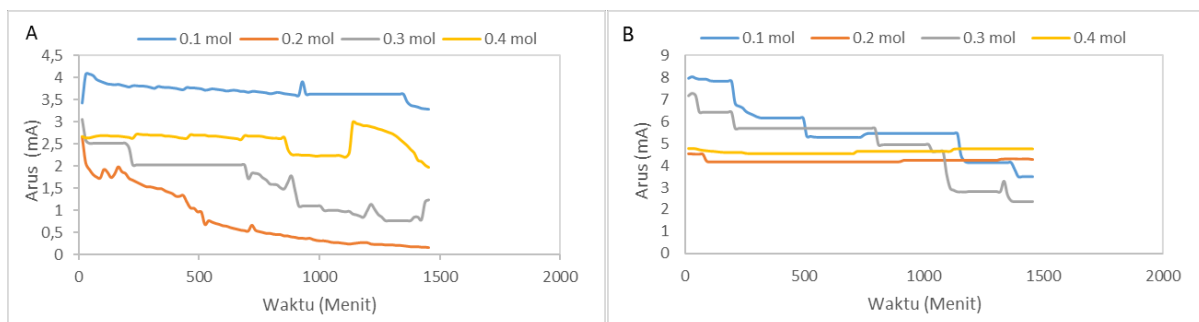
**Tabel 1.** Data hasil UV-Vis, Biomassa awal sebanyak 4 gram

No	Konsentrasi FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	
	Awal (mol) <sup>a</sup>	Sisa (mol) <sup>b</sup>
1	0.1	1.5000
2	0.2	1.2511
3	0.3	3.6320
4	0.4	1.5620

<sup>a</sup>Konsentrasi awal FeCl<sub>3</sub> ketika dilakukan pengukuran arus,  
<sup>b</sup>Sisa Fe<sup>2+</sup> dengan pengukuran UV-Vis 1,10-Phenanthroline

### Pengaruh Elektroda terhadap Arus

Pengukuran arus menggunakan elektroda Pt/C dan elektroda grafit ditunjukkan pada **Gambar 3**. Penggunaan elektroda dengan konsentrasi oksidator yang berbeda menghasilkan pola arus yang berbeda. Pada elektroda grafit, arus yang dihasilkan dari masing-masing konsentrasi oksidator 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut adalah sebesar 3.69, 0.81, 1.64 dan 2.58 mA. Sedangkan pada elektroda Pt/C arus yang dihasilkan dari masing-masing konsentrasi  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut adalah sebesar 5.61, 4.23, 4.89 dan 4.64 mA. Perbedaan elektroda yang digunakan akan menghasilkan arus listrik yang berbeda pula. Penggunaan elektroda Pt/C menghasilkan arus yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda grafit. Hal ini disebabkan karena elektroda Pt/C adalah elektroda yang tersusun atas platina yang diimbangkan di dalam karbon dan berfungsi sebagai katalis yang menyebabkan arus yang dihasilkan lebih maksimal karena hambatan daya yang rendah (Dedi dan Yulinar, 2010).



**Gambar 3.** Arus yang dihasilkan dari proses reduksi oksidasi: A) Arus yang dihasilkan oleh reaksi redoks menggunakan elektroda grafit; B) Arus yang dihasilkan oleh reaksi redoks menggunakan elektroda Pt/C .

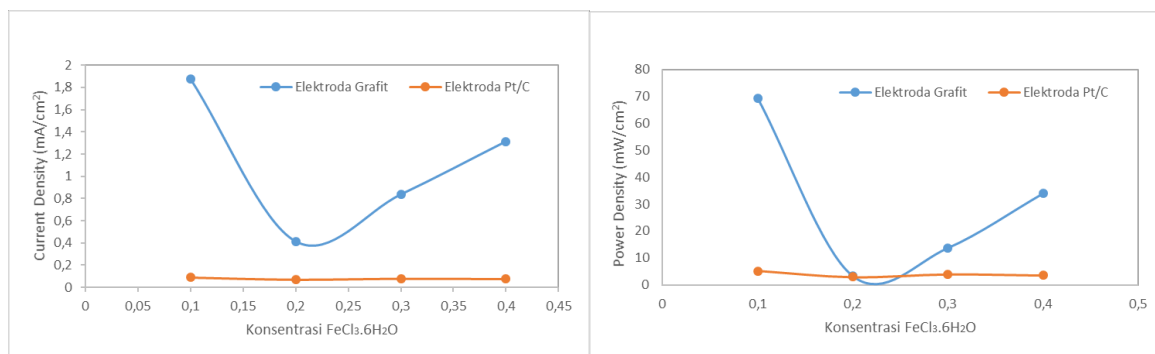
### Pengaruh Konsentrasi $\text{FeCl}_3$ terhadap Arus yang Dihasilkan

Oksidator  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  adalah sebagai penerima elektron dari  $\text{KMnO}_4$  yang berfungsi sebagai reduktor penghasil elektron dimana  $\text{KMnO}_4$  dengan 0.0549 mol dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  digunakan variasi 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 mol. Secara teori semakin tinggi konsentrasi oksidator yang digunakan maka arus yang dihasilkan semakin tinggi (Chandra dkk, 2015). Pada penelitian ini digunakan penambahan larutan HCl 37% pada kompartemen anoda yang bertujuan menghasilkan arus yang maksimal karena semakin tinggi konsentrasi larutan asam maka arus yang dihasilkan akan semakin besar (Chandra dkk, 2015).

### Power Density dan Current Density yang Dihasilkan dari Kompartemen Anoda dan Katoda

Hubungan antara *power density* dan *current density* dipengaruhi oleh oksidasi TKKS dengan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebagai oksidator sesuai yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. *Power density* dan *current density* memiliki fungsi yang berbeda. Pengukuran *power density* berhubungan dengan nilai besar daya listrik dan luas penampang media yang digunakan dalam menghantarkan listrik. Semakin besar daya listrik yang digunakan maka *power density* yang dihasilkan juga akan semakin besar, sesuai dengan persamaan (3). Sedangkan pengukuran *current density* berhubungan dengan besar arus listrik dan luas penampang media yang digunakan dalam menghantarkan arus listrik. Semakin besar luas area penampang penghantar arus listrik yang digunakan maka *current density* yang dihasilkan akan semakin kecil, sesuai dengan persamaan (4) (Chandra dkk, 2010).

**Gambar 4** menunjukkan bahwa elektroda Pt/C menghasilkan *current density* dan *power density* yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda grafit. *Current density* yang dihasilkan dari penggunaan elektroda Pt/C dengan konsentrasi oksidator 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut yaitu 0.0913, 0.0687, 0.0794 dan 0.0753  $\text{mA/cm}^2$  dengan *current density* tertinggi yaitu pada konsentrasi oksidator 0.1 mol, sedangkan dari penggunaan elektroda grafit dengan konsentrasi oksidator 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut yaitu 1.8785, 0.4124, 0.8349 dan 1.3135  $\text{mA/cm}^2$  dengan *current density* tertinggi yaitu pada konsentrasi oksidator 0.1 mol. *Power density* yang dihasilkan dari penggunaan elektroda Pt/C dengan konsentrasi oksidator 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut yaitu 5.1288, 2.9055, 3.8829 dan 3.4960  $\text{mW/cm}^2$  dengan *power density* tertinggi yaitu pada konsentrasi oksidator 0,1 mol sedangkan dari penggunaan elektroda grafit dengan konsentrasi oksidator 0,1 ; 0,2 ; 0,3 dan 0,4 mol berturut-turut yaitu 69.3183, 3.3402, 13.6925 dan 33.8871 dengan *power density* tertinggi yaitu pada konsentrasi oksidator 0.1 mol.



**Gambar 4.** Kurva *Current density* (densitas arus) dan *Power density* (densitas daya): A) Kurva *Current density* yang timbul dari penggunaan elektroda Pt/C dan elektroda grafit selama 24 jam; B) *Power density* yang dihasilkan dari penggunaan elektroda Pt/C dan elektroda grafit selama 24 jam.

## KESIMPULAN

Produksi listrik dari biomassa TKKS menggunakan metode *Biomass Fixed Cell* (BFC) dengan oksidator FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O pada kompartemen anoda dan larutan elektrolit KMnO<sub>4</sub> pada kompartemen katoda dengan melibatkan reaksi reduksi dari Fe<sup>3+</sup> menjadi Fe<sup>2+</sup> telah dilakukan. pada temperatur rendah (90-98 °C) dan tekanan atmosfer (1 atm) dengan menggunakan 2 jenis elektroda dan konsentrasi oksidator FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O yang berbeda. Pada penelitian ini, arus listrik yang dihasilkan dari penggunaan elektroda Pt/C menghasilkan arus yang lebih besar yaitu pada konsentrasi 0,1 mol oksidator sebesar 7,97 mA dengan rata-rata arus 2.18 mA dibandingkan dengan arus yang dihasilkan dari penggunaan elektroda grafit yaitu pada konsentrasi 0,1 mol oksidator yaitu sebesar 3.43 mA dengan rata-rata arus 4.85 mA. *Current density* dan *power density* tertinggi dihasilkan dari penggunaan elektroda grafit yaitu 1.8785 mA/cm<sup>2</sup> dan 69.3183 mW/cm<sup>2</sup> dibandingkan dengan penggunaan elektroda Pt/C yaitu sebesar 0.0913 mA/cm<sup>2</sup> dan 5.1288 mW/cm<sup>2</sup>.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Para peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Pengembangan Bakat/Minat dan Kesejahteraan Mahasiswa (DPBMKM) melalui Laboratorium Mahasiswa (LABMA) Universitas Islam Indonesia yang telah menyediakan dana penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## REFERENSI

- Faisal, M., Mahidin., dan Nizar, M., 2010, Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi di Propinsi Aceh dalam Skema Clean Development Mechanism, *Seminar Nasional Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia (MAKSI)*, Bogor.
- Gong, J., Liu Wei., Du Xu., Liu Congmin., Zhang Zhe., Sun Feifei., Yang Le., Xu Dong., Guo Hua., and Deng Yulin., 2016, Direct Conversion of Wheat Straw Into Electricity With a Biomass Flow Fuel Cell Mediated by Two Redox Ion Pairs, *ChemSusChem*, 9: 1-9.
- Leonardo, Chandra., Mariah Kartawidjaja., Wahyu Alamsyah., Sahrul Hidayat., 2015, Kajian Pengaruh Konsentrasi Elektrolit Terhadap Kinerja Baterai Isi Ulang PANi/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/PbO<sub>2</sub>, *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015*, ISSN: 2476-9398, Vol 4.
- Rohendi, Dedi., Yulinar Adnan., 2010, Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya, *Jurnal Penelitian Sains*, Vol 13, No. 2(C)13206.