

Pengaruh Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Humic Acid* Terhadap Kinerja *Dual Chamber Microbial Fuel Cells* (DCMFCs)

Mei Ekowati^{*)}, Sri Sumiyati, ST, MSi^{**)}, Ganjar Samudro, ST, MT^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto SH Tembalang Semarang
meiekowati@gmail.com

ABSTRACT

One alternative of anaerobic wastewater treatment system is using microbial fuel cells. Microbial fuel cells can convert chemical energy from organic matter into electrical energy using bacteria as biocatalyst. If the bacteria can't produce biocatalyst by itself, then a substance called mediator was necessary added. An additional catalyst such as mediator used to increase the reactor's performance. The reactor's performance was influenced by two variable: COD concentration and humic acid as biomediator. Then, the research purpose was to analyzed influence and optimum condition of COD and humic acid concentration on DCMFC's (Dual Chamber Microbial Fuel Cells) performance. COD concentration varied on 400 mg/l, 800 mg/l, 1200 mg/l and humic acid addition varied on 0,5 g/l, 1 g/l, 1,5 g/l, 2 g/l, dan 2,5 g/l. DCMFC's reactor operated in 45 days, 9 days for seeding stage and acclimatization, then 35 days for running stage. It appeared in this research, COD concentration and humic acid addition influenced the DCMFC's performance. In this research the optimum condition reached on 1200 mg/l COD concentration and 2 g/l humic acid addition. In this condition, the COD removal reached on 92,7% and 736,58mW/m² on power density.

Keywords: MFCs, COD, catalyst, mediator, humic acid, DCMFCs

ABSTRAK

Alternatif sistem pengolahan air limbah secara anaerob dapat berupa reaktor *microbial fuel cells*. *Microbial fuel cells* merupakan reaktor yang dapat mengubah energi kimia dari bahan organik menjadi energi listrik dengan menggunakan bakteri sebagai biokatalis. Apabila bakteri tersebut tidak dapat menghasilkan biokatalis sendiri maka perlu adanya penambahan suatu zat berupa mediator. Penambahan katalis berupa mediator digunakan untuk meningkatkan kinerja reaktor. Kinerja reaktor pada penelitian ini dipengaruhi oleh dua variabel yaitu COD dan mediator berupa *humic acid*. Sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bagaimana pengaruh konsentrasi COD dan *humic acid* terhadap kinerja *dual chamber microbial fuel cells* (DCMFCs) serta bagaimana kondisi optimumnya. Variasi dari dua variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu COD 400 mg/l, 800 mg/l, 1200 mg/l dan penambahan *humic acid* 0,5 g/l, 1 g/l, 1,5 g/l, 2 g/l, dan 2,5 g/l. Reaktor DCMFCs ini dioperasikan selama 49 hari dengan perincian 14 hari untuk tahap *seeding* dan aklimatisasi kemudian 35 hari untuk tahap *running*. Pada penelitian ini terlihat bahwa konsentrasi COD dan penambahan *Humic Acid* mempengaruhi kinerja reaktor. Konsentrasi COD dan *Humic Acid* yang optimal yaitu pada COD 1200 mg/l dan *Humic Acid* 2 g/l. Pada kondisi ini efisiensi penurunan COD mencapai 92,4% dan *power density* 736,58 mW/m².

Kata kunci: MFCs, COD, katalis, mediator, *humic acid*, DCMFCs

Pendahuluan

Setiap kegiatan atau aktivitas manusia pada akhirnya akan menghasilkan limbah. Limbah merupakan hasil sisa atau buangan yang berasal dari kegiatan produksi baik di industri maupun domestik. Limbah cair sebagai salah satu jenis limbah yang banyak dihasilkan baik di industri maupun domestik berpotensi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Sebab itu diperlukan pengolahan air limbah untuk mengolah air buangan menjadi lebih ramah lingkungan ketika dibuang ke badan air penerima ataupun lingkungan sekitar. Air limbah yang

aman dibuang ke lingkungan ditandai dengan melihat nilai kandungan dari parameter pencemar dalam air limbah tersebut berada dibawah baku mutu yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Pengolahan air limbah dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu secara aerob dan anaerob. Sistem anaerob dipilih karena memiliki beberapa keuntungan salah satunya yaitu dapat digunakan pada air limbah yang mengandung parameter pencemar organik yang tinggi. Pengolahan air limbah anaerob secara konvensional yang dilakukan saat ini, memerlukan biaya cukup besar dan

^{*)} Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP Semarang

^{***)} Dosen Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP Semarang

energi yang dipakai selama proses pengolahan tidak sedikit. Diketahui bahwa penggunaan energi yang semakin bertambah akan menyebabkan kebutuhan sumber energi semakin bertambah pula (Aelterman *et al*, 2006:1). Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa ini diharapkan dapat ditemukan teknologi alternatif untuk mengolah air limbah sekaligus menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia.

Penemuan mengenai potensi energi alternatif semakin memacu para peneliti untuk terus mengembangkan teknologi salah satunya yaitu di bidang bioenergi. *Microbial fuel cells* merupakan salah satu teknologi alternatif pengolahan air limbah secara anaerob dengan konsep dasar bioenergi, yang berpotensi menghasilkan energi listrik dari sumber bahan organik dengan menggunakan katalis mikroba. *Microbial fuel cells* juga mampu mengolah air limbah yang mengandung bahan pencemar organik tinggi. Bahan pencemar organik ataupun kontaminan organik yang terdapat didalam air limbah dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh mikroorganismenya. Hal ini sangat menguntungkan dalam proses pengolahan air limbah karena dapat mengurangi parameter pencemar khususnya pencemar organik. Dengan melihat efektivitas kinerja reaktor *microbial fuel cells* yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah sekaligus memproduksi energi listrik, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja reaktor *microbial fuel cells*.

Dalam upaya meningkatkan kinerja reaktor *microbial fuel cells* banyak peneliti mulai melakukan pengembangan baru mengenai *microbial fuel cells*. Beberapa diantaranya yaitu dengan melakukan penambahan beberapa jenis mediator dalam reaktor *microbial fuel cells*. Pada dasarnya terdapat dua jenis mediator, pertama yaitu mediator yang berasal dari bahan kimia yang dapat bersifat toksik pada dosis tertentu. Contoh mediator kimia yaitu *methylene blue (MB)*, *methyl orange (MO)*, *bromocresol green (BG)*, *thionine*, dan lain sebagainya. Kemudian yang kedua adalah mediator yang bersifat alami, contohnya adalah *humic acid* (asam humat). Dilihat dari kedua sifat mediator tersebut peneliti lebih banyak menggunakan mediator berupa *humic acid*. Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Huang *et al*, (2008:2), penambahan mediator berupa *humic acid* dapat meningkatkan transfer elektron pada reaktor *microbial fuel cells*.

Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja reaktor *microbial fuel cells* dapat dipengaruhi oleh konsentrasi kandungan COD dalam air limbah dan adanya penambahan mediator. Oleh karena itu penelitian ini ditujukan untuk menganalisa kinerja dari reaktor *microbial fuel cells* ketika konsentrasi COD dan penambahan *humic acid* digunakan sebagai variabel penelitian.

Metodologi Penelitian

Tahapan kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan utama yaitu tahap persiapan, tahap *seeding* dan aklimatisasi, kemudian yang terakhir adalah tahap *running* (pengoperasian reaktor secara kontinyu). Tahap persiapan meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan reaktor serta kelengkapannya, dan pembuatan limbah artifisial yang dibuat dari glukosa monohidrat dan asam asetat serta pemberian nutrisi yang sesuai. Tahap *seeding* dan aklimatisasi dilakukan sebelum tahap *running*. *Seeding* dilakukan untuk pembibitan atau memperbanyak populasi bakteri pada reaktor, sedangkan aklimatisasi dilakukan untuk adaptasi atau penyesuaian diri bakteri terhadap kondisi air limbah yang akan diolah. Setelah tahap *seeding* dan aklimatisasi selesai, dilanjutkan dengan tahap *running* yaitu tahap pengoperasian reaktor secara kontinyu. Dari tahap *seeding* dan aklimatisasi serta pada tahap *running* dihasilkan data uji yang setelah dilakukan pengolahan data didapat data efisiensi penurunan konsentrasi COD dan produksi listrik yang digunakan dalam analisa data dan pembahasan dalam bab ini.

Karakteristik Air Limbah

Sesuai dengan data kandungan nilai konsentrasi COD pada air limbah berkonsentrasi rendah yaitu pada nilai COD 381.7 mg/l, konsentrasi sedang COD 889.5 mg/l, dan konsentrasi tinggi 1400 mg/l. Sehingga masing-masing konsentrasi COD tersebut dapat digunakan sebagai dasar pembuatan air limbah artifisial yang akan digunakan dalam penelitian yaitu COD 400 mg/l, 800 mg/l, dan COD 1200 mg/l.

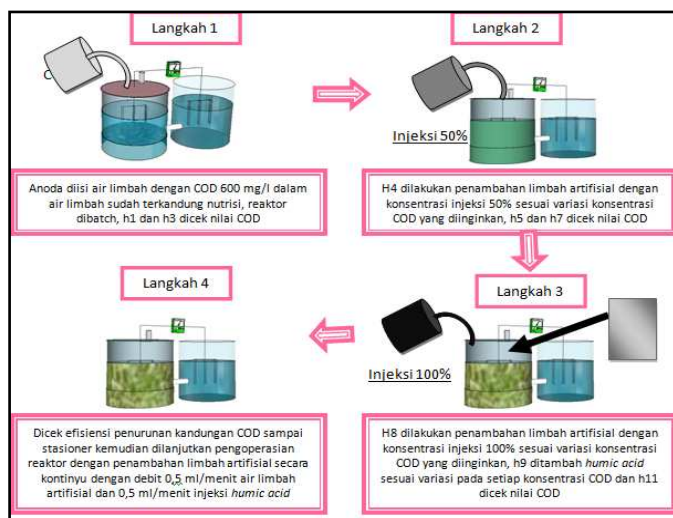
Limbah artifisial yang digunakan pada penelitian ini dibuat menggunakan bahan-bahan antara lain Asam Asetat (CH_3COOH), glukosa monohidrat, aquadest, serta penambahan nutrisi berupa KH_2PO_4 untuk sumber P (Fosfor) dan KNO_3 untuk sumber N (Nitrogen). Peneliti menggunakan air limbah artifisial untuk mewakili konsentrasi COD pada air limbah yang ada dilapangan. Air limbah artifisial ini digunakan pada saat tahap *seeding* dan aklimatisasi serta pada tahap *running*. Pada tahap *seeding* dan aklimatisasi air limbah artifisial digunakan sebagai sumber substrat untuk bakteri yang terdapat dalam air limbah septic tank yang digunakan sebagai sumber mikroorganismenya. Perbandingan air limbah artifisial dengan air limbah septic tank pada tahap *seeding* dan aklimatisasi adalah 1/3 : 2/3.

Pembuatan air limbah artifisial ini ditambahkan nutrisi berupa KH_2PO_4 untuk sumber P

(Fosfor) dan KNO_3 untuk sumber N (Nitrogen) dengan rasio C : N : P = 100 : 5 : 1. Penambahan nutrisi ini dilakukan untuk membantu mengoptimalkan pertumbuhan bakteri pada reaktor. Nutrisi berupa C dan N biasanya sudah terdapat pada kandungan air limbah akan tetapi karena peneliti menggunakan air limbah artifisial untuk tahap *seeding* dan aklimatisasi serta tahap *running*, agar nutrisi dari bakteri tercukupi maka pada air limbah perlu ditambahkan nutrisi. Untuk penambahan nutrisi dilakukan perhitungan pada masing-masing variasi konsentrasi COD.

Tahap *Seeding* dan Aklimatisasi (*Batch*)

Tahap *seeding* atau pembibitan bakteri dilakukan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme yang kemudian akan digunakan pada tahap penelitian selanjutnya. Bibit mikroorganisme diperoleh dari limbah domestik yaitu berasal dari limbah *septic tank*. Setelah proses pembibitan dilakukan selanjutnya masuk pada tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi merupakan tahap dimana proses pengadaptasian mikroorganisme yang telah dikembangkan terhadap lingkungan baru (Astuti, 2007). Berikut adalah skema tahap *seeding* dan aklimatisasi.



Gambar 1. Skema Tahap *Seeding* dan Aklimatisasi

Setelah dilakukan proses *seeding* dan aklimatisasi selama 13 hari telah didapatkan penurunan nilai COD dalam keadaan stasioner. Setelah kondisi stasioner dicapai dilanjutkan proses pengoperasian reaktor dengan melakukan pengaliran air limbah artifisial secara kontinyu. Pada proses aklimatisasi pada h10 dilakukan penambahan *humic acid* pada duplo reaktor dengan cara *batch*. Penambahan *humic acid* ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi reaktor setelah diberi injeksi 100% sesuai dengan nilai COD yang

diharapkan dan saat dilakukan penambahan *humic acid* yang mempunyai nilai COD tertentu.

Dari grafik hasil penelitian dibawah ini diketahui bahwa efisiensi penurunan nilai COD terbesar terdapat pada nilai COD 1200 mg/l yang penurunan kandungan nilai COD mencapai 90%. Pada kondisi ini bakteri secara maksimal memanfaatkan kandungan organik yang terdapat pada air limbah. Kondisi ini terjadi pada hari ke 11 sejak aklimatisasi dimulai. COD merupakan wujud zat organik yang *biodegradable* atau dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Alaerts *et al*, 1984). Mikroba anaerob yang terdapat pada reaktor menggunakan senyawa organik sebagai asektor elektron dalam proses oksidasi biologinya. Sehingga nilai kandungan COD didalam reaktor menjadi berkurang karena telah digunakan untuk proses metabolisme bakteri didalamnya.

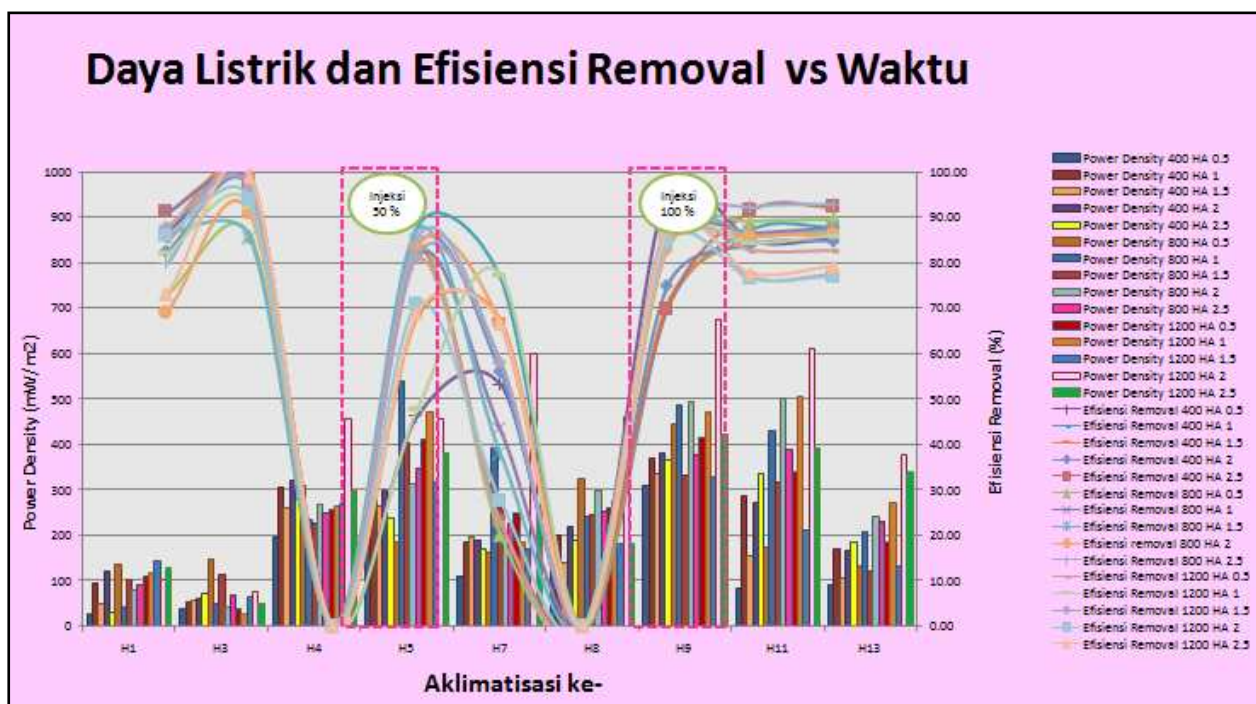
Kondisi reaktor pada saat proses *seeding* dan aklimatisasi ini dapat dikatakan dalam kondisi optimum. Suhu reaktor berkisar antara 32-35 °C, hal ini sesuai dengan suhu optimal lingkungan hidup untuk mikroorganisme yang berada pada proses pengolahan anaerob. Nilai pH optimum pada saat tahap *seeding* dan aklimatisasi ini berlangsung yaitu pH $7 \pm 0,4$ (Sukkasem, 2011). Dengan kondisi lingkungan yang optimal pertumbuhan dan metabolisme dari mikroorganisme juga optimal. Sehingga, proses pendegradasian bahan pencemar dapat berlangsung dengan maksimal.

Untuk setiap penurunan nilai COD apabila dilihat pada grafik diatas pada semua konsentrasi COD menggambarkan kondisi stasioner yaitu fluktuatif tidak lebih dari 10% dari h11 atau setelah injeksi 100% dilakukan pada masing-masing reaktor. Untuk penurunan konsentrasi COD 400 mg/l efisiensi removal mencapai 85,3% dengan penambahan HA 0,5 g/l, 87,71% dengan penambahan HA 1,0 g/l, 86,08% dengan penambahan HA 1,5 g/l, 84,7 % dengan penambahan HA 84,7%, dan 92,3% pada penambahan HA 2,5 g/l. pada konsentrasi COD 800 mg/l, efisiensi removal pada penambahan HA 0,5 g/l 89,62%, penambahan HA 1,0 g/l 87,72%, penambahan HA 1,5 g/l 87,12%, penambahan HA 2 g/l 86,35% dan penambahan HA 2,5 g/l 92,75%. Sedangkan untuk konsentrasi COD 1200 mg/l, penambahan HA 0,5 g/l efisiensi removal mencapai 82,6%, untuk penambahan HA 1 g/l efisiensi removal mencapai 86%, penambahan HA 1,5 g/l efisiensi removal mencapai 77,36 %, penambahan HA 2,0 g/l efisiensi removal mencapai 76,88%, dan yang terakhir adalah penambahan HA 2,5 g/l efisiensi removal mencapai 79,22%.

Untuk setiap penurunan nilai COD apabila dilihat pada grafik diatas pada semua konsentrasi COD menggambarkan kondisi stasioner yaitu fluktuatif tidak lebih dari 10% dari h11 atau setelah injeksi 100% dilakukan pada masing-masing reaktor. Kondisi ini diartikan bahwa mikroorganisme yang

terdapat pada masing-masing reaktor mampu beradaptasi, oleh karena itu dapat dilanjutkan dengan proses selanjutnya yaitu pengoperasian reaktor dengan pengaliran kontinyu. Pada tahap *running* inilah dapat dilihat bagaimana penurunan konsentrasi COD dan produksi listrik pada setiap reaktor sesuai dengan variasi konsentrasi COD maupun penambahan *humic acid*, sehingga dapat ditentukan kondisi optimumnya. Tahap aklimatisasi ini dilakukan selama 14 hari, dimulai pada tanggal 14 September 2014 sampai tanggal 29 September 2014. Berakhirnya tahap aklimatisasi ditandai dengan penurunan kandungan

nilai COD yang stabil atau efisiensi penurunan konsentrasi COD menunjukkan angka kestabilan. Angka kestabilan yaitu tingkat fluktuasi dari efisiensi penurunan COD telah konstan dengan tingkat fluktuatif tidak lebih dari 10 % (Septyana, 2013). Dari grafik dibawah ini akan terlihat untuk keseluruhan reaktor mengalami penurunan konsentrasi COD dilihat dari efisiensi penurunan kandungan COD pada hari ke-9 dan hari ke-13 tingkat fluktuasi tidak lebih dari 10 %.

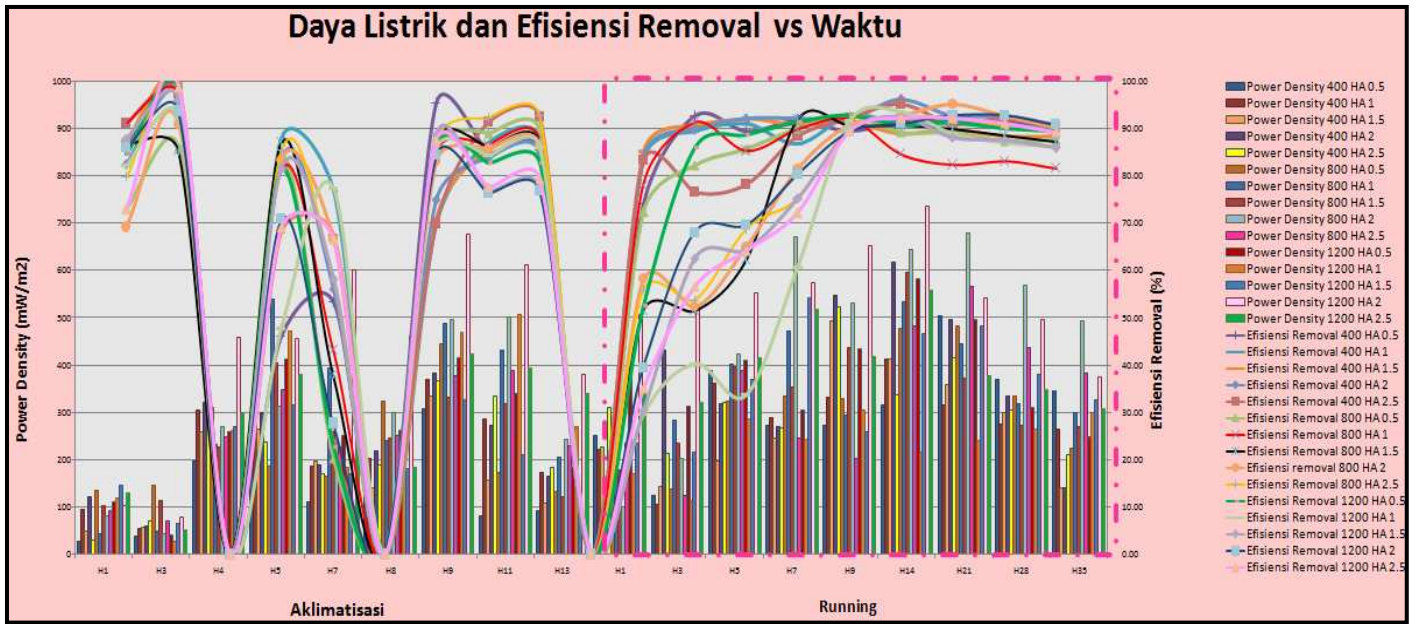


Gambar 2. Grafik Daya Listrik dan Efisiensi Removal vs Waktu Tahap Aklimatisasi

Tahap *Running* (Kontinyu)

Setelah proses aklimatisasi selesai yaitu ditandai dengan pergantian konsentrasi air limbah mencapai 100% dan efisiensi penurunan konsentrasi COD tidak lagi fluktuatif atau efisiensi penyisihan mencapai angka kestabilan maka pengoperasian kontinyu reaktor dapat dilakukan (Astuti, 2007). Sesuai dengan perhitungan debit = 1 ml/menit atau 0,06 l/jam dengan $t_d=10$ jam, peneliti menggunakan reaktor dengan volume = 1L akan tetapi volume kerja yang digunakan hanya 600 ml. Dengan debit 1 ml/menit ini peneliti membagi dua debit inlet menjadi masing-masing 0,5 ml/menit untuk air limbah artifisial dan 0,5 ml/menit untuk injeksi larutan *humic acid*. Gambar 4 dibawah ini merupakan skema inlet reaktor pada tahap *running*. Tahap *running* dimulai pada tanggal 2 Oktober 2014.

Pada tahap ini reaktor masing-masing dioperasikan secara kontinyu yaitu dengan mengalirkan air limbah artifisial sesuai dengan konsentrasi COD masing-masing yaitu 400 mg/l, 800mg/l, 1200 mg/l dan injeksi *humic acid* dengan variasi konsentrasi 0,5g/l, 1g/l, 1,5 g/l, 2 g/l, dan 2,5 g/l. Air limbah dan injeksi *humic acid* dialirkan dari reservoir menuju masing-masing reaktor dengan debit 0,5 ml/menit. Dari kedua variasi diatas yaitu konsentrasi COD dan *humic acid* setelah dilakukan pengoperasian reaktor dapat diketahui nilai optimum dari penurunan konsentrasi nilai COD dan produksi listrik yang dihasilkan. Analisa data yang dilakukan pada tahap pengoperasian reaktor *Dual Chamber Microbial Fuel Cells* ini meliputi pH, suhu, voltase, arus, COD dan BOD. Pengambilan data dimulai dari H0 pengoperasian reaktor. Nilai H0 ini nantinya yang akan menjadi parameter pembandingan dari hasil analisa data dihari berikutnya pada tahap *running* ini.



Gambar 3. Grafik Daya Listrik dan Efisiensi Removal vs Waktu

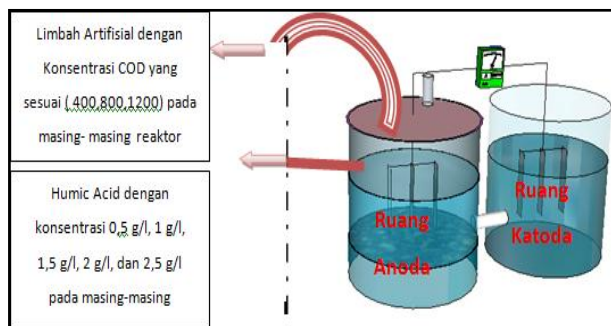
Sesuai dengan grafik pada gambar 3 dapat dilihat efisiensi penurunan kandungan COD dan produksi listrik optimum pada COD 400 mg/l, terletak pada variasi konsentrasi COD 400 mg/l dan penambahan HA 2,0 g/l. Efisiensi removal COD tertinggi yaitu sebesar 96,08%. Produksi listrik tertinggi yaitu sebesar 616 mW/m². Untuk konsentrasi COD 800 mg/l, efisiensi removal COD dan produksi listrik tertinggi didapatkan pada variasi COD 800 mg/l dengan penambahan *humic acid* 2 g/l, dengan efisiensi penurunan konsentrasi COD sebesar 95,1 % dan produksi listrik mencapai 678 mW/m². Dengan variasi konsentrasi COD 1200 mg/l, efisiensi penurunan konsentrasi COD dan *power density* terbesar terletak pada variasi konsentrasi COD 1200 mg/l dengan penambahan *humic acid* sebesar 2 g/l. Dalam kondisi ini efisiensi removal kandungan organik berupa COD yang dapat disishkan sebesar 92,67 % dengan produksi listrik sebesar 736,58 mW/m².



Gambar 5. *Humic Acid*

Dengan penambahan mediator berupa *humic acid* dapat membantu mempercepat dalam kegiatan transport elektron (Huang, *et al*, 2008). Apabila elektron yang ditangkap semakin banyak maka arus dan voltase yang dihasilkan akan lebih tinggi, sehingga *power density* juga meningkat. *Humic Acid* dapat membantu dalam proses penguraian bahan organik. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Helles pada tahun 2010 yang menyebutkan bahwa *humic acid* mengandung gugus hidrofobik dan gugus hidrofilik. Gugus hidrofobik dapat berinteraksi dengan kontaminan organik dan logam berat yang terdapat dalam air limbah sehingga dapat mengurangi kandungan organik air limbah.

Dari beberapa penjelasan diatas dan berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan kondisi konsentrasi COD optimum terletak pada COD 1200 mg/l. Hal ini dilihat dari penurunan konsentrasi COD yang terbesar terlihat pada COD 1200 mg/l,



Gambar 4. Skema Tahap *Running*

dengan kondisi yang demikian produksi listrik yang dihasilkan juga lebih tinggi. *Humic Acid* dapat membantu dalam proses penguraian bahan organik dan dalam penelitian *humic acid* dapat mengurangi nilai kandungan COD dengan efisiensi mencapai 90%. Efisiensi tertinggi yaitu terletak pada kandungan nilai penambahan *humic acid* 2,0 g/l pada saat H9 yaitu sebesar 92,67%. Pada gambar diatas dapat dilihat efisiensi penurunan kandungan COD 1200 mg/l. Untuk efisiensi tertinggi terlihat pada COD 1200mg/l dengan penambahan *Humic Acid* 2,0 g/l. *Humic acid* dapat membantu dalam proses pertumbuhan bakteri.

Dengan adanya penambahan *humic acid* kedalam air limbah dapat membantu bakteri dalam proses pertumbuhan. *Humic acid* berperan sebagai substrat sehingga bakteri dapat menggunakannya dalam proses metabolismenya.

Mediator yang digunakan pada penelitian ini yaitu mediator yang bersifat alami yaitu berupa *humic acid*. *Humic Acid* dipilih sebagai mediator elektron karena sifatnya yang tidak toksik terhadap mikroorganisme (Zhang et al, 2008). Dengan tingkat toksik yang kecil diharapkan dalam proses tidak menghambat bakteri dalam melakukan proses metabolismenya, karena proses metabolisme bakteri berperan penting dalam pendegradasian air limbah. Substrat organik yang ada pada air limbah digunakan untuk proses metabolisme.



Gambar 6. Gambar Reaktor DCMFCs

Dari hasil penelitian dilihat untuk penambahan *humic acid* 1,5 g/l, produksi listrik yang dihasilkan masih dibawah penambahan *humic acid* 2 g/l. Akan tetapi, hasil produksi listriknya lebih stabil untuk konsentrasi 1,5 g/l (Huang, et al, 2008). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Thygesen et al, 2008, *power density* tertinggi pada saat penambahan *humic acid* dengan konsentrasi 2 g/l. Kondisi ini juga didapatkan oleh peneliti bahwa konsentrasi yang tepat dari penambahan *humic acid* pada reaktor untuk membantu meningkatkan produksi listrik terletak pada penambahan 2 g/l. Walaupun mediator elektron berperan untuk meningkatkan transfer elektron atau meningkatkan produksi listrik,

bukan berarti semakin banyak penambahan mediator semakin banyak pula energi listrik yang dihasilkan.

Sesuai dengan data hasil penelitian diatas, yaitu dengan membandingkan hasil efisiensi removal COD dan produksi listrik yang dihasilkan, dengan variasi yang berbeda antara konsentrasi COD dengan penambahan *humic acid* kedalam reaktor didapatkan kondisi optimum. Kondisi optimum kinerja reaktor DCMFCs ini didapatkan pada variasi konsentrasi COD 1200 mg/l dengan penambahan *humic acid* sebesar 1200 mg/l. Pada kondisi ini efisiensi removal konsentrasi COD terletak pada 92,67% dan produksi listrik mencapai 736,58 mW/m².

Kesimpulan

- Adanya pengaruh dari konsentrasi COD dengan penambahan *humic acid* dalam kinerja reaktor *Microbial Fuel Cells*. Hal ini dapat dilihat dengan hasil penelitian yang menunjukkan nilai yang berbeda dalam kondisi konsentrasi COD dan *humic acid* yang ada dalam reaktor berbeda.
- Setelah penelitian dilakukan didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa titik optimum yaitu ketika nilai penurunan konsentrasi COD terbesar dan produksi listrik tertinggi terdapat pada variasi COD 1200 mg/l dan konsentrasi penambahan *humic acid* 2 g/l.

Daftar Pustaka

- Aelterman, P. K. Rabaey, P. Clauwaert and W. Verstraete. 2006. *Microbial Fuel Cells for wastewater treatment*. Laboratory of Microbial Ecology and Technology (LabMET). Ghent University. 6:289-294.
- Alaerts G, Sri Sumestri Santika. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional : Surabaya-Indonesia.
- Astuti Ariani Dwi, Wahyudi Wisaksono, Angreini Ratri Nurwini. 2007. *Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif dengan Variasi Waktu Tunggal*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti. 4(2) : 30-35.
- Huang L, Iriani Angelidaki. 2008. *Effect of Humic Acids on Electricity Generation Integrated With Xylose Degradation in Microbial Fuel Cells*. *Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 100(3):413-421.
- Septyana Ian. 2014. *Pengaruh Variasi Debit dan Jumlah Elektroda terhadap Penurunan COD dan Produksi Listrik di dalam Reaktor Microbial Fuel Cells (MFCs) Studi Kasus: Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Salatiga*. *eprints.undip.ac.id*.

- Sukkasem.C, S. Laehlah, A. Hniman, S. O'thong, P. Boonsawang, A. Rarngnarong, M. Nisoa, P. Kirdtongmee. 2011. Upflow Bio-filter Circuit (UBFC) Biocatalyst Microbial Fuel (MFC) Configuration and Application to Biodiesel Wastewater Treatment. *Journal of Bioresource Technology*. 22 : 10363-70.
- Thygesen Anders, Fin Willy Poulsen, Booki Min, Irini Angelidaki, Anne Belinda Thomsen. 2008. Comparison of Acetate, Glucose and Xylose in Microbial Fuel Cells With Humic Acid as Mediator. *Journal of Bioresource Technology*. 100(3): 1186-91
- Zhang Yifeng, Liping Huang, Jingwen Chen, Xianliang Qiao, Xiyun Cai. 2008. Electricity Generation in Microbial Fuel Cells : Using Humic Acids as a Mediator. *Journal of Biotechnology*. 136 :474-475