

ISSN : 1693 - 1750

PROSIDING



SEMINAR

TJIPTO UTOMO

VOLUME 8 TAHUN 2011

**SUMBER DAYA ALAM INDONESIA :
PERANAN PENDIDIKAN DAN TEKNOLOGI KIMIA DALAM
PEMANFAATANNYA SECARA BERKELANJUTAN**



***Kamis, 10 November 2011
Gedung Loka Paramakarsa
Jl. PHH Mustopha No.23 Bandung***

***Jurusan & Himpunan Mahasiswa
Teknik Kimia
Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung***



KATA PENGANTAR

Seminar Tjipto Utomo 2011 merupakan seminar nasional kedelapan yang diadakan oleh Jurusan dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung. Seminar ini diselenggarakan sebagai forum interaksi dan diskusi ilmiah antara kalangan akademisi, peneliti, praktisi, dan pemerhati ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai hasil-hasil penelitian maupun pengalaman teknis lainnya yang telah dicapai.

Secara khusus penyelenggaraan seminar ini ditujukan untuk memberikan penghargaan dan penghormatan kepada Prof. Ir. Tjipto Utomo yang telah berjasa dalam mengabdikan ilmu dan hidup beliau dalam meningkatkan dan mengembangkan pendidikan tinggi, khususnya bidang Teknik Kimia.

Adapun tema seminar yang diambil tahun ini adalah:

Sumber Daya Alam Indonesia: Peranan Pendidikan dan Teknologi Teknik Kimia dalam Pemanfaatannya Secara Berkelanjutan

Akhir kata Panitia Seminar Tjipto Utomo 2011 mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu terselenggaranya acara seminar. Khususnya kepada para pemakalah, terima kasih atas bekerja samanya melakukan perbaikan makalahnya masing-masing setelah mendapatkan masukan dari para peneliti lain selama diselenggarakannya seminar sehingga prosiding ini dapat diterbitkan hanya dalam waktu kurang dari satu bulan setelah seminar dilakukan.

Semoga seminar ini dapat menambah khasanah dan wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi kkimia di Indonesia sehingga dapat memacu perkembangan industry kimia di dalam negeri. Kepada semua Penyaji makalah dan peserta Seminar Tjipto Utomo 2011 kami mengucapkan selamat berseminar.

Bandung, 2 Desember 2011

Panitia STU 2011

SUSUNAN PANITIA
SEMINAR TJIPTO UTOMO 2011

Pelindung : **Rektor Institut Teknologi Nasional**

Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE

Tim Pengarah dan Reviewer Makalah:

Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE (Rektor ITENAS)

Dr. Ir. Danu Ariono (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITB)

Ir. Maya Ramadianti Musadi, Ph.D (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Ir. Suparman Juhanda, M.Eng (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Dicky Dermawan,ST.,MT. (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITENAS)

Penanggung Jawab : **Ketua Jurusan Teknik Kimia ITENAS Bandung**

Ir. Carlina Noersalim, MT.

Ketua Umum : Ir. Suparman Juhanda, M.Eng.

Ketua Pelaksana : Ir. Marthen Luther Doko, MT.

Bendahara : Dicky Dermawan,ST.,MT.

Seksi Kesekretariatan : Sirin Fairus,STP., MT. dan Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D

Koordinator Acara : Ronny Kurniawan,ST., MT.

Koor. Dana dan Publikasi : Jono Suhartono,ST.,MT.

Koor. Logistik dan Umum : Haryono,ST.,MT.

Koor. Konsumsi : Netty Kamal. Dra., M.Si

Koor. Makalah dan Dok. : Salafudin,ST.,MSc.

Dan Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia ITENAS

UCAPAN TERIMA KASIH

Panitia Seminar Tjipto Utomo 2011 mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung
2. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
3. Dr. Hadiyanto (UNDIP)
4. Dr. Maya Ramadanti Musadi
5. Dr. Tirto Prakoso (ITB)
6. Prof. Dr. Harsono Taroepratjeka, MSIE
7. Dr. Ir. Danu Ariono (Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia ITB)
8. Ir. Carlina Noersalim, MT.
9. Ir. Suparman Juhanda, M.Eng
10. Dyah Setyo Pertiwi, Ph.D
11. Dicky Dermawan, ST., MT

Dan semua pihak yang turut membantu dan berperan sehingga seminar ini dapat terselenggara dengan baik.

Makalah Seminar Tjipto Utomo 2011

- KS-1 Potensi Limbah Cair Kelapa Sawit (POME) untuk Penyediaan Bioenergi dan Feed Suplemen, **Hadiyanto**, Center for Biorefinery and Renewable Energy (C-BIORE), Department of Chemical Engineering, Diponegoro University
- A-1 Pemanfaatan Teknologi Gelombang Ultrasonik dalam Proses Pembuatan Biodiesel dari Crude Palm Oil (CPO), **Ramli, Marlinda, Muh. Irwan**, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
- A-2 Studi Pendahuluan NaNO_3 sebagai Inhibitor Korosi Sumuran pada Baja Tahan Karat AISI 904 L di Lingkungan Klorida, **I Gusti Ayu Arwati, Dra., MT.**, Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal
- A-3 Dampak Perubahan Intensitas Cahaya Matahari Global (ICMG) Terhadap Perubahan Konsentrasi Carbon Dioksida (CO_2) pada Proses Photosynthesis di Daerah Observasi LAPAN – Watukosek, **Eko Ribut Supriyanto, Toni Subiakto**, Peneliti LAPAN Watukosek
- A-4 Uji Kinerja Membran Elektrolit Polieter-eter Keton Termodifikasi untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung, **Sri Handayania, Eniya Listiani Dewib, Junius Hardya**, Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia, Serpong, Tangerang
- A-5 Kinetika Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas dan Metanol dengan Katalis KOH, **Siti Diyar Kholisoh dan Siswanti**, Program Studi Teknik Kimia FTI UPN “Veteran” Yogyakarta
- A-6 Studi Pembuatan Nano Komposit Nickel Zinc (Nizn) Ferrite dengan Teknologi Sol Gel, **Slamet Widodo**, PPET-LIPI, Jl. Sangkuriang Komp. LIPI Bandung 4013
- A-7 Teknologi Perancangan dan Fabrikasi Sensor Gas Berbasis Metal Oksida dengan Teknologi Film Tebal untuk Mendeteksi Pencemaran Lingkungan, **Slamet Widodo**, PPET-LIPI, Jl. Sangkuriang Komp. LIPI Bandung 4013
- A-8 Pembuatan Pulp Semi Kimia Dari Tandan Kosong Sawit Dengan Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit, **Lusiana Sri Wahyuni, Muhammad Iwan Fermi, Zulfansyah**, Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
- A-9 Pengendalian Korosi dengan Metoda inhibitor pada Tangki Penampung Kondensat LNG, **S. Juhanda, Marthen Luther Doko, Erwin Ferdian, Rizaly Arifin**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Itenas Bandung

- B-1 Pengaruh Komposisi Skim-Krim Santan Kelapa Segar terhadap Karakteristik Santan Kelapa Bubuk, **Endang Srihari, Farid Sri Lingganingrum, Adityadharma Wijaya, Prisilia Vianney S.**Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Surabaya
- B-2 Pemanfaatan Limbah Asap Karbonisasi Tempurung Kelapa dan Tongkol Jagung untuk Pembuatan Asap Cair (Liquid Smoke), **Siti Jamilatun**, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
- B-3 Optimasi Produksi Tepung Lidah Buaya (Aloe vera) Menggunakan Pengering Semprot dengan Variabel Suhu Pengeringan, **Tri Yuni Hendrawati, Dede Rukmayadi dan Edi Wahjono**, Program Studi Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal, Jakarta Barat
- B-4 Review Teknologi Proses Pengolahan Kakao, **Said Zul Amrainia, Hari Rionaldob, Hermantob, Nyoman Kurniawan, Zulfansyah**, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
- B-5 Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Serentak (SKFS) untuk Produksi Bioetanol dari Limbah Padat Industri Pulp dan Paper, **Sri Rezeki Muriaa , Putri Safariani Saria, Chairula, Misri Gozanb, Hendri Salmia, Said Zul Amrainia**, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- B-6 Analisa Perubahan Masa Bahan dan Mutu pada Pembuatan Grits Jagung Skala Pilot, **Nok Afifah, Enny Sholichah, dan Parama T.W.K.**, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Subang, Jawa Barat
- B-7 Analisis Kelayakan Lingkungan dan Ekonomi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biogas pada Industri Tahu, **Ade Triyasa**, Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung
- B-8 Rancang Bangun dan Pengujian Reaktor Batch Flash Pyrolysis, **Esti S Sukarsa, Rinjani R Rakasiwi, Salafudin, Netty Kamal**, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional, Bandung

- C-1 Koefisien Perpindahan Massa Ekstraksi padat-cair yang dinyatakan dengan Persamaan Dittoes Boelter, **Setiyadi**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya
- C-2 Koefisien Perpindahan Massa Air-Udara pada Pengeringan Kacang Tanah (*Arachis Hypogea*, L) dalam Unggun Diam, **Siswanti dan Endang Sulistyowati**, Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN “Veteran” Yogyakarta
- C-3 Efisiensi dan Efektifitas Pencucian pada Membran Ultrafiltrasi Sistem Aliran Dead End Proses Pengolahan Limbah Emulsi Minyak, **Syarfi, Said Zul Amraini, Nazaruddin dan Saytu Rachim**, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau
- C-4 Rancang Bangun dan Uji Pengering Hibrid Surya-Biomass untuk Pengeringan Bunga Rosella, **Suherman, Berkah Fajar, Hantoro Satriadi, Ahmad Shobib**, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang
- C-5 Kelimpahan plankton di ekosistem perairan kolam ikan mas Sumurgintung kabupaten Subang, **Sriharti, Carolina dan Fithria Novianti**, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI
- C-6 Produksi Etanol dari Koran Bekas dengan Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi
Sri Wahyu Murni dan Sri Sukadarti, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Yogyakarta
- C-7 Pengaruh Jenis dan Kecepatan Pengaduk pada Fermentasi Etanol Secara Sinambung dalam Bioreaktor Tangki Berpengaduk Sel Tertambat, **Ronny Kurniawan, S. Juhanda, Rusyad Syamsudin, Moh. Alief Lukman**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Itenas Bandung
- C-8 Pengaruh Retention Time Terhadap Kinerja Reaktor Hidrolisis Dalam Double- Stage Digestion, **Amalia* Husen* sirin fairus, Carlina Nursalim**, Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional, Bandung

- D-1 Pengaruh Rasio Massa Filler Hibrid Abu Sawit (Fly Ash)/Carbon Black dan Plasticizer Minarex Terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam, **Nirwana, Aska Ramadhan, Baihaki, Ida Zahrina, Bahruddin**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
- D-2 Pengaruh Filler Abu Sawit terhadap Morfologi dan Sifat Karet Alam Tervulkanis, **Bahruddin, Lili Saktiani, Tri Meilika Weni, Nirwana, Zulfansyah**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
- D-3 Pengaruh Filler Abu Sawit dan Plasticizer Minarex terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastic Vulcanizate (TPV) Berbasis Karet Alam, **Irtoni HS, M Ihsan Saputra, Permata T Hagana S, Bahruddin**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
- D-4 Pengolahan Limbah Cair Pabrik CPO dengan Teknologi Ozonasi, **Fifi Syafriani, Syarfi*, Zulfansyah, David Andrio**, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
- D-5 Sifat Fisik Pulp Semi Mekanis Batang Jagung dengan Pelarut Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit, **Ikmal Maulvi Sani, Zulfansyah, Muhammad Iwan Fermi**, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
- D-6 Sifat Fisik Pulp Ampas Tebu Dengan Proses Semi Kimia Dan Pelarut Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit, **Valiant Holy, Zulfansyah, Muhammad Iwan Fermi**, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
- D-7 Pengaruh Plastisizer Parafin Terhadap Sifat dan Morfologi Material Wood Plastic Composite Berbasis Batang Sawit, **Irtiahul Azmi, Eka Febria Sari, Ida Zahrina, Bahruddin**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik – Universitas Riau
- D-8 Pembuatan Pulp Semi Kimia dari Eceng Gondok dengan Ekstrak Abu Tandan Kosong Sawit, **Nurhayati, Muhammad Iwan Fermi, Zulfansyah**, Laboratorium Pengendalian dan Perancangan Proses, Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau

Potensi Limbah Cair Kelapa Sawit (POME) untuk Penyediaan Bioenergi dan Feed Suplemen

Hadiyanto

Center for Biorefinery and Renewable Energy (C-BIORE)
Department of Chemical Engineering, DIPONEGORO UNIVERSITY
Jl. Prof. Sudharto, SH-Tembalang, Semarang 50239; Phone: 024-7460058/081326477628

hady.hadiyanto@gmail.com

Abstrak

Palm oil mill effluent merupakan minyak cair kelapa sawit yang berasal dari pengolahan Fresh Fruit Bunch (FFB) untuk menghasilkan Crude Palm Oil (CPO). Sebanyak 0.6 ton POME dihasilkan dari 1 ton FFB disebabkan banyaknya air yang digunakan. POME sebelum dilakukan treatment masih mengandung BOD dan COD yang tinggi masing-masing sekitar 25000 mg/L dan 50000 mg/L sehingga limbah ini termasuk limbah B3. Selain parameter COD, BOD dan TSS, POME masih mengandung sisa nutrient yaitu nitrogen, phosphor dan beberapa mineral yang sangat potensial digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroalga melalui proses fotosintesis. Sedangkan kandungan COD tinggi sangat berpotensi sebagai penghasil biogas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah POME sebagai media pertumbuhan mikroalga sekaligus penghasil bioenergi terutama biogas dalam suatu konsep terintegrasi. Mikroalga yang akan digunakan yaitu *Spirulina sp* yang saat ini sangat berpotensi sebagai penghasil protein.

Kata kunci: Microalgae, *Spirulina*, bioenergy, protein, Palm Oil Mill Effluent.

1. Pendahuluan

Limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) merupakan limbah cair kelapa sawit yang saat ini masih menjadi masalah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah POME umumnya diperoleh dari sisa proses pembuatan Crude Palm Oil (CPO) di mana 1 ton kelapa sawit akan menghasilkan 50-60% POME dan 20% CPO. Indonesia memproduksi minyak kelapa sawit terbesar di dunia (hampir 50%) yaitu sebesar 16 juta ton CPO per tahun, sehingga dapat menghasilkan limbah cair sebanyak 48 juta ton tiap tahunnya.

Permasalahan utama dari limbah cair ini adalah tingginya konsentrasi COD, BOD dan total solid, sehingga limbah ini tidak dapat dibuang langsung ke lingkungan. Selain parameter tersebut, limbah POME masih mengandung sisa total nitrogen, phosphor dan kalium yang cukup tinggi, dan dapat dimanfaatkan sebagai nutrient dalam proses fotosintesis untuk pertumbuhan mikroalga (Tabel 1). Pengolahan limbah cair POME saat ini menggunakan system facultative anaerobic digestion ponds dengan meliputi pond untuk acidification, dan beberapa pond aerobic untuk menurunkan BOD/COD. Namun demikian pengolahan dengan metode ini belum memenuhi standar baku mutu sesuai dengan Kepmen LH Nomor 51/MEN LH/10/1995 jika akan dibuang langsung ke lingkungan. Pemanfaatan yang saat ini dilakukan adalah untuk air penyiraman tanaman kelapa sawit dan juga untuk kompos. Melihat potensi yang ada maka POME memungkinkan digunakan sebagai media untuk pertumbuhan mikroalga. Mikroalga selanjutnya dapat menghasilkan biomasa untuk produksi bahan makanan seperti protein ataupun lipid sebagai sumber bahan bakar. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cair kelapa sawit atau POME sebagai media pertumbuhan alga dan selanjutnya memproduksi biomasa untuk protein atau lipid, dengan menerapkan konsep integrasi anatar biofiksasi CO₂ dengan produksi biogas dan alga biomas.

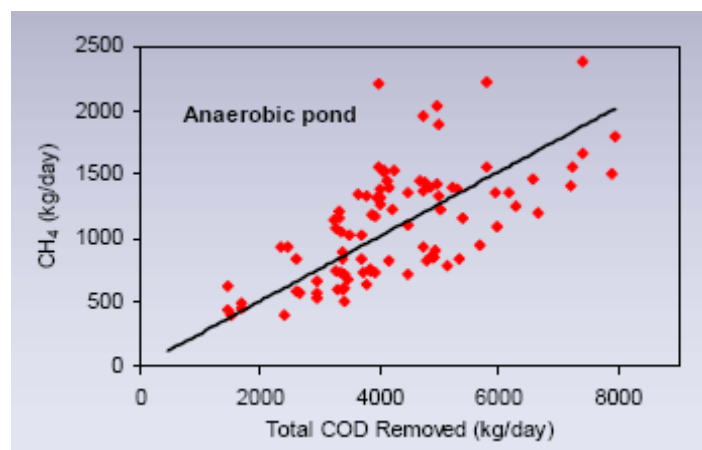
Tabel 1: Kharakteristik limbah POME

| General Parameters *all units in mg/l except pH | | | Metals and Other Constituents | |
|--|--------|------------------|----------------------------------|-------|
| | Mean | Range | | |
| pH | 4.2 | 3.4 – 5.2 | Phosphorus | 180 |
| Oil and Grease | 6 000 | 150 – 18 000 | Potassium | 2 270 |
| BOD | 25 000 | 10 000 – 44 000 | Magnesium | 615 |
| COD | 50 000 | 16 000 – 100 000 | Calcium | 440 |
| Total Solids | 40 500 | 11 500 – 79 000 | Boron | 7.6 |
| Suspended Solids | 18 000 | 5 000 – 54 000 | Iron | 47 |
| Total Volatile Solids | 34 000 | 9 000 – 72 000 | Manganese | 2.0 |
| Ammoniacal Nitrogen | 35 | 4 – 80 | Copper | 0.9 |
| Total Nitrogen | 750 | 80 – 1 400 | Zinc | 2.3 |

Emisi Gas Rumah Kaca dari POME

Hampir lebih dari 20 tahun, metode pengolahan limbah POME umumnya menggunakan pengolahan secara biologi meliputi sistem pond dengan metode anaerobic, aerobic maupun facultative dalam bentuk pond stabilisasi. Sistem anaerobik di pertimbangkan sebagai sistem yang baik mengingat beberapa keuntungan yaitu : (1). Energy yang dibutuhkan kecil, (2). Pembentukan sludge minimal, (3). Bau dapat dihindari, (4). Penggunaan bakteria anaerobik sangat membantu dalam pemecahan senyawa organik menjadi gas methana dan CO₂.

Pengolahan limbah POME dengan system anaerobic pond memiliki efek samping yaitu terlepasnya gas-gas rumah kaca ke atmosfer. Gas-gas tersebut antara lain adalah campuran dari gas methana (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Dengan kandungan COD yang tinggi maka gas methan dan CO₂ yang terlepas semakin besar, dengan asumsi bahwa dengan system pond tiap 1 m³ POME akan menurunkan 54.8 kg COD dan tiap berkurangnya 1 kg COD akan mengeluarkan gas methan sebesar 0.234 kg (Yacob et al,2006). Atau dengan kata lain, untuk 1 m³ POME dalam pond akan mengeluarkan emisi gas methan sebesar 12.8 kg. Sedangkan emisi gas CO₂ diperkirakan sekitar 19.4 kg/ton POME (Vijaya et al,2010).

**Gambar 1: Hubungan COD terdegradasi dengan CH₄ terlepas ke atmosphere**

Pertumbuhan Mikroalga

Mikroalga merupakan mikroorganisme yang autotroph dan membutuhkan cahaya beserta CO₂ dan nutrient untuk melakukan fotosintesis seperti ditunjukkan dalam reaksi berikut:



Reaksi photosynthetic menunjukkan bahwa untuk membentuk biomasa tergantung jenis dan species dari mikroalga tersebut (Tabel 2). Sesuai reaksinya photosintesis, mikroalga membutuhkan sumber carbon dalam bentuk CO₂, dan nutrient dalam bentuk Nitrogen dan Phosphor. Berdasarkan perbandingan mol C:N:P untuk photosynthetic yaitu 100:16:1, atau setara dengan 50:8:1 dalam perbandingan berat.

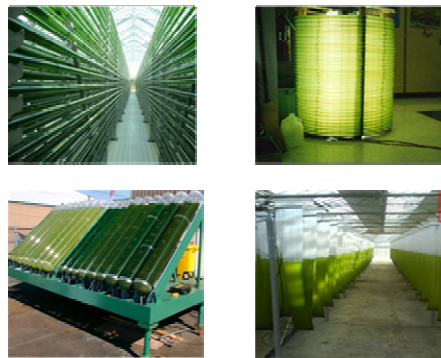
Tabel 2: Perbandingan komposisi mikroalga dengan beberapa sumber makanan (Spolaroe et al, 2006)

| Commodity | Protein | Carbo- hydrate | Lipid |
|----------------------------------|---------|-------------------|-------|
| Bakers' yeast | 39 | 38 | 1 |
| Meat | 43 | 1 | 34 |
| Milk | 26 | 38 | 28 |
| Rice | 8 | 77 | 2 |
| Soybean | 37 | 30 | 20 |
| <i>Anabaena cylindrica</i> | 43–56 | 25–30 | 4–7 |
| <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> | 48 | 17 | 21 |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | 51–58 | 12–17 | 14–22 |
| <i>Dunaliella salina</i> | 57 | 32 | 6 |
| <i>Porphyridium cruentum</i> | 28–39 | 40–57 | 9–14 |
| <i>Scenedesmus obliquus</i> | 50–56 | 10–17 | 12–14 |
| <i>Spirulina maxima</i> | 60–71 | 13–16 | 6–7 |
| <i>Synechococcus</i> sp. | 63 | 15 | 11 |

Sumber carbon untuk mikroalga dapat berupa senyawa NaHCO₃ ataupun CO₂ yang bersumber dari flue gas, ataupun biogas. Flue gas mempunyai kandungan CO₂ 10-20% sedangkan biogas mempunyai kandungan CO₂ sebesar 30-40%. Diharapkan dengan supply flue gas maupun biogas dapat memberikan sumber carbon melalui proses biofiksasi dan sekaligus untuk mereduksi efek rumah kaca dari CO₂.

Pertumbuhan mikroalga dapat dilakukan di reaktor terbuka maupun tertutup sesuai dengan kontak dengan matahari. Bentuk beberapa reaktor di tunjukkan pada Gambar 2.

Photobioreactors



Open pond (Raceways)



Gambar 2: Reaktor kultivasi mikroalga

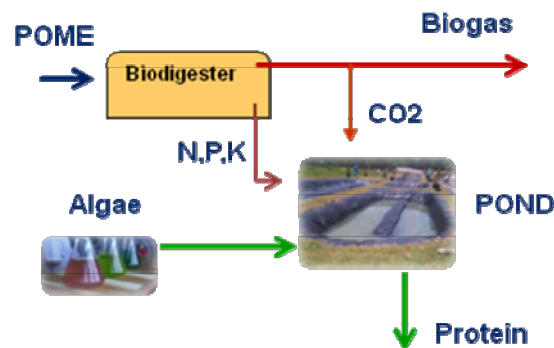
Perbandingan beberapa reaktor dapat ditunjukkan di Tabel 3.

Tabel 3: Perbandingan photobioreaktor jenis terbuka dan tertutup

| Photobioreaktor | Prospek | Kelemahan |
|----------------------------|---|--|
| Open ponds | Murah dan efisien untuk kultivasi mikroalga jumlah besar | Kesulitan untuk kultivasi dalam jangka panjang, produktivitas kecil, memerlukan lahan tanah yang luas, mudah terkontaminasi, terbatas pada strain tertentu |
| Flat-panel photobioreactor | Perpindahan masa tinggi, perpindahan cahaya baik, mudah untuk disterilisasi, baik untuk immobilisasi alga, luas permukaan besar | Untuk scale-up membutuhkan banyak kompartemen, sulit untuk mengontrol temperatur, shear stress tinggi |
| Tubular photobioreactors | Luas permukaan besar, cukup bagus tingkat produktivitasnya, relative murah | Gradien pH, DO dan CO ₂ sepanjang tube, terjadi fouling, dan membutuhkan ruang yang besar |

2. Metodologi

Pada penelitian ini konsep yang terintegrasi antara biofiksasi CO₂ dengan pengolahan limbah cair POME akan dilakukan. Diagram proses ditunjukkan pada Gambar 3.



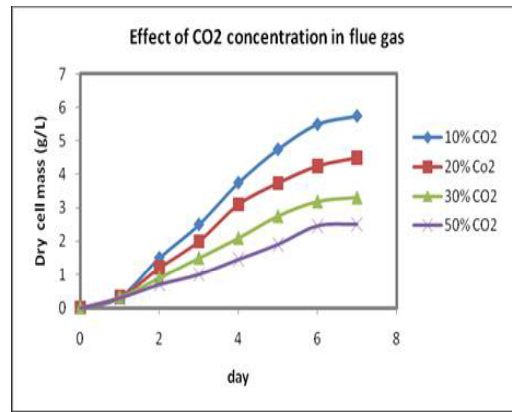
Gambar 3: Proses terintegrasi untuk produksi bioenergi dan protein

Proses biofiksasi dilakukan dengan menggunakan biogas yang diproduksi dari limbah cair POME awal dengan kadar COD 50000 mg/L. Dengan asumsi bahwa 1 m³ POME akan menghasilkan biogas sebesar 28 m³, maka dengan kapasitas 420 ton/hari, akan menghasilkan energy listrik sebesar 1 MW. POME yang telah mengalami penurunan COD selanjutnya digunakan sebagai media untuk mikroalga khususnya *Spirulina* sebagai penghasil protein dengan kandungan 50-70% (Morist et al, 2001).

3. Hasil dan Diskusi

a. Biofiksasi CO₂ dengan mikroalga

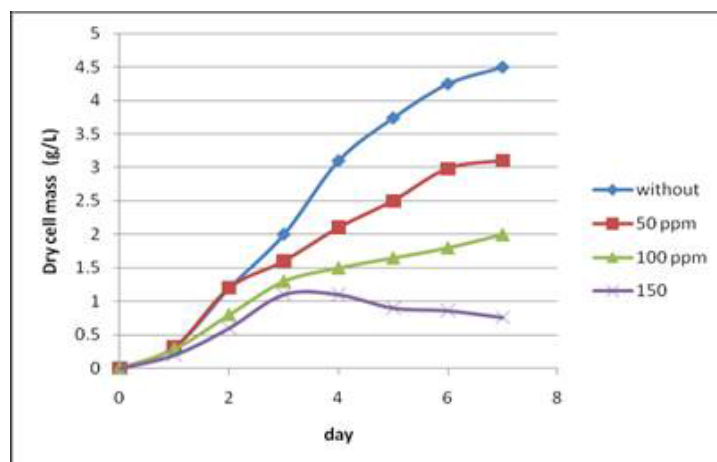
Biofiksasi CO₂ dilakukan dengan menggunakan gas CO₂ dengan variasi SO₂ dan NO_x. Gambar 4 menunjukkan pengaruh konsentrasi CO₂ terhadap pertumbuhan mikroalga.



Gambar 4: Pengaruh konsentrasi CO₂ terhadap pertumbuhan mikroalga

Mikroalga membutuhkan CO₂ untuk pertumbuhan sebagai sumber carbon di proses photosynthesis. Gambar 4 menunjukkan bahwa mikroalga mampu tumbuh dengan konsentrasi campuran gas CO₂ sampai 50%. Dengan demikian biogas dengan konsentrasi CO₂ 30-40% akan mampu meningkatkan biomass dari mikroalga. Hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa saat konsentrasi melebihi 50% pertumbuhan mikroalga akan menurun karena adanya *carbon inhibition*.

Sumber lain untuk carbon adalah flue gas dengan kondisi 10-20% CO₂. Kandungan lain dari flue gas adalah SO₂. Pada penelitian ini pengaruh SO₂ dievaluasi.

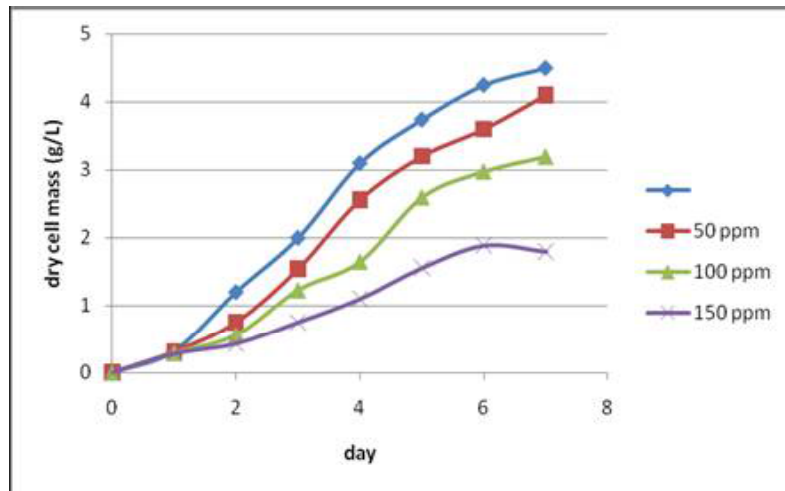


Gambar 5: Pengaruh konsentrasi SO₂ dalam campuran terhadap pertumbuhan mikroalga

Gambar 5 menunjukkan bahwa adanya SO₂ dalam campuran dengan CO₂ dapat menurunkan pertumbuhan alga. Dengan konsentrasi sampai 100 ppm, alga masih dapat tumbuh sedangkan penurunan terjadi setelah adanya SO₂ 150 ppm dengan konsentrasi CO₂ 20%.

Konsentrasi NO_x dalam flue gas memberikan pengaruh yang signifikan bagi pertumbuhan mikroalga. Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan adanya NO_x sebesar 150 ppm akan menurunkan biomasa mikroalga.

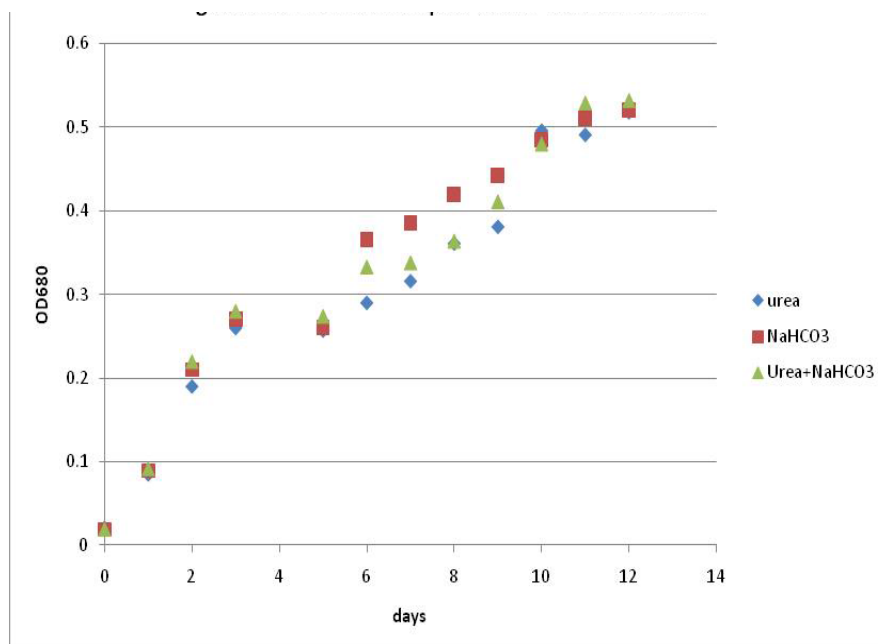
Dengan sumber carbon dari biogas maupun flue gas, maka secara ekonomis biaya kultivasi mikroalga dapat dikurangi.



Gambar 6: Pengaruh konsentrasi NOx dalam campuran terhadap pertumbuhan mikroalga

b. Pemanfaatan POME sebagai media

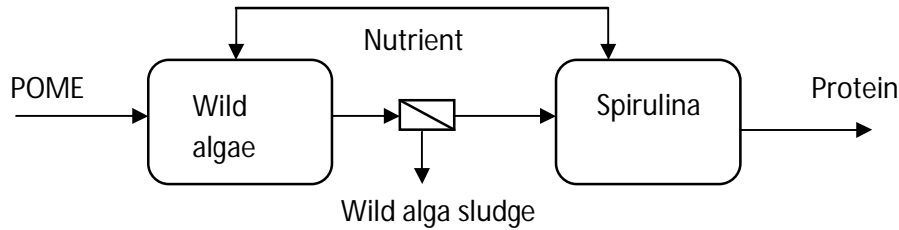
POME mengandung nutrient yang cukup tinggi sebagai media kultivasi mikroalga. Namun demikian permasalahan saat ini yaitu konsentrasi BOD yang tinggi menjadi kontaminan bagi mikroalga. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan BOD adalah dengan melakukan pengenceran (*dilution*). Gambar 7 menunjukkan hasil kultivasi mikroalga dalam POME dengan pengenceran.



Gambar 7: Pertumbuhan mikroalga dalam media POME dengan 5 x pengenceran.

Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan 5x pengenceran POME dapat dimanfaatkan sebagai media bagi pertumbuhan mikroalga. Namun demikian pengenceran ini juga menurunkan kandungan nutrient sehingga perlu penambahan nutrient seperti ZA dan urea.

Metode lain yang dikembangkan yaitu dengan menggunakan wild alga dimana *wild algae* jenis chlamydomonas, chlromonas atau scenedesmus digunakan untuk menurunkan BOD di stage pertama. Selanjutnya di stage kedua cairan sisa yang masih mengandung nutrient digunakan untuk kultivasi spirulina (Gambar 8).



Gambar 8: Two stages method untuk penurunan BOD dalam POME

Dengan menggunakan wild alga, penurunan BOD cukup signifikan dari 750 g/L menjadi 100 g/L. Sedangkan nutrient seperti N,P dan K tidak turun secara linear karena konsumsi wild alga yang kecil terhadap nutrient tersebut.

4. Simpulan

POME dengan kandungan COD tinggi mempunyai potensi sebagai penghasil bioenergi dalam hal ini biogas, dan dengan kandungan nutrientnya POME berpotensi sebagai media pertumbuhan alga untuk penghasil biomasa.

Metode treatment dengan wild alga merupakan salah satu metode yang murah dan efisien untuk mengurangi kadar BOD sedangkan nutrient dijaga tetap tinggi.

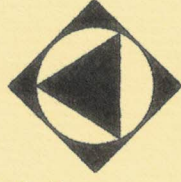
Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Konsorsium: PT Wirana Divisi Renewable Energy-Jakarta, Maris Project BV Netherlands dan KU Leuven Belgium beserta PTPN VII Lampung.

Pustaka

1. Morist,A., Montesinos,J.L, Cusido, J.A., and Godia,F,(20010.Recovery and treatment of *Spirulina platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. Process Biochemistry 37: 535-544.
2. S. Vijaya, A.N. Ma and Y.M. Choo,(2010).Capturing Biogas: A Means to Reduce Green House Gas Emissions for the Production of Crude Palm Oil, American Journal of Geoscience 1 (1): 1-6.
3. L. Reijnders , M.A.J. Huijbregts, (2008).Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases, Journal of Cleaner Production 16 : 477-482.
4. Yacob, S., Hassan, M.A., Shirai,Y., Wakisaka, M., and Subash, S.(2006). Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment. Science of the Total Environment 366 (2006) 187– 196.



JURUSAN TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL BANDUNG



Sertifikat

diberikan kepada

Dr. Hadiyanto, M.Sc.

sebagai

KEYNOTE SPEAKER

SEMINAR TEKNIK KIMIA TJIPTO UTOMO

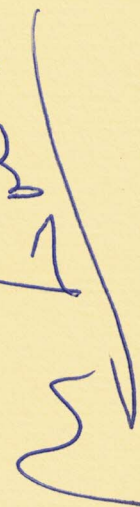
*yang diselenggarakan pada tanggal 10 November 2011
di Gedung Loka Paramakarsa ITENAS*

Ketua Jurusan

 **itenas**
TEKNIK KIMIA

Carlina Noersalim, Ir., M.T.

Ketua Pelaksana



Marthen Luther Doko, Ir., M.T.