

Kumpulan Abstrak
PROSIDING
ISSN 1411-4216



SEMINAR NASIONAL
**REKAYASA KIMIA
& PROSES**
2013
28 - 29 Agustus 2013



JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG



SUSUNAN PANITIA
SEMINAR NASIONAL REKAYASA KIMIA PROSES 2013

- Penanggung Jawab : Dr. Ir. Budiyo, M.Si.
Dr. Siswo Sumardiono, S.T., M.T.
- Dewan Editor : Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, M.S.
Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA
Dr. rer. nat. Heru Susanto, S.T., M.M., M.T.
Dr. M. Djaeni, S.T., M.Eng.
Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc.
Dr. Ir. Didi Dwi Anggoro, M.Eng.
- Ketua : Dr. Nita Aryanti, S.T., M.T.
- Wakil Ketua : Dr. Widayat, S.T., M.T.
- Sekretaris : Aprilina Purbasari, S.T., M.T.
Dessy Ariyanti, S.T., M.T.
Anik Kristi Rahayu, S. Sos.
- Bendahara : Ir. Nur Rokhati, M.T.
Yuli Sugiarti
Erlina Sari
- Sie Acara : Dr. Andri Cahyo Kumoro, S.T., M.T.
Ir. Diah Susetyo Retnowati, M.T.
- Sie Makalah : Luqman Buchori, S.T., M.T.
Dr. Suherman, S.T., M.T.
Asep Muhamad Samsudin, S.T., M.T.
- Sie Konsumsi : Dr. Dyah Hesti Wardhani, S.T., M.T.
Ir. C. Sri Budiyati, M.T.
Indah Yuliana
- Sie Dana : Prof. Dr. Ir. Abdullah, M.S.
Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
Dr. Tutuk Djoko Kusworo, S.T., M.Eng.



Dr. Nyoman Widiasta, S.T., M.T.

Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng.

Ir. Agus Hadiyanto, M.T.

Perlengkapan dan : Ir. Hargono, M.T.

Transportasi Ir. Slamet Priyanto, M.S.

Darto, A.T.

Sukari

Sie Informasi dan : Dr. Istadi, S.T., M.T.

Dokumentasi



KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses (SRKP) merupakan salah satu forum diskusi ilmiah tahunan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro bagi para peneliti perguruan tinggi, praktisi industri, serta lembaga penelitian lainnya. SRKP bertujuan untuk menyebarluaskan gagasan serta ide-ide untuk dapat dikaji dan dikembangkan menjadi suatu teknologi dan rekayasa proses yang lebih bermanfaat. SRKP 2013 diselenggarakan pada tanggal 28-29 Agustus 2013 di LP2MP Universitas Diponegoro, Gedung Widya Puraya, Kampus Undip Tembalang.

Buku kumpulan abstrak ini berisi abstrak makalah yang dipresentasikan pada SRKP 2013. Dalam seminar ini, panitia mengundang 5 *keynote speakers* dan 4 *invited speakers* serta telah menerima 106 abstrak untuk dapat dipresentasikan pada SRKP 2013. Makalah yang dipresentasikan pada SRKP 2013 dibagi menjadi 9 bidang yaitu : Termodinamika dan Teknik Separasi, Kinetika Reaksi dan Katalisis, Bioteknologi dan Bioproses, Teknologi Pangan, Perancangan Proses dan Alat Proses, Konservasi dan Efisiensi Energi, Sistem Kontrol dan Dinamika Proses, Material Baru dan Pengolahan Limbah dan Manajemen Lingkungan. Makalah lengkap dapat diperoleh pada prosiding dalam bentuk CD dengan ISSN 1411-4216.

Panitia mengucapkan terima kasih kepada para *keynote speaker*: Ir. Johannes Widjonarko, MBA, Dr. Ir. Dadan Kusdiana, M.Sc., Dr. Ahmad Jaiz bin Alimin, Assoc.Prof. Dr. Hii Ching Lik dan Dr. Hadiyanto. Ucapan terima kasih juga disampaikan panitia kepada Prof. Herri Susanto, Prof. Purwanto, Prof. Bambang Pramudono dan Dr. M. Djaeni sebagai *invited speakers*. Panitia mengucapkan terima kasih kepada SKK Migas sebagai sponsor tunggal dalam penyelenggaraan seminar ini. Selain itu disampaikan terima kasih kepada pemakalah seminar dan semua pihak yang berpartisipasi dan mendukung pelaksanaan seminar ini.

Panitia mohon maaf apabila ada kekurangan dalam penyelenggaraan seminar dan penyusunan buku abstrak ini. Semoga penyelenggaraan SRKP 2013 ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Agustus 2013

Panitia SRKP 2013



DAFTAR MAKALAH
SEMINAR NASIONAL REKAYASA KIMIA DAN PROSES 2013

Plenary Paper

- P. 01** FROM HARVESTING TO CONSUMER DEMAND IN FOOD PROCESSING, **Hii Ching Lik**, Department of Chemical & Environmental Engineering University of Nottingham, Malaysia.
- P. 02** VALORISASI MIKROALGA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DAN SEBAGAI SUMBER ENERGI DAN PANGAN ALTERNATIF, **Hadiyanto**, Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE) Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

Invited Paper

- IP. 01** SISTEM PENGERING DENGAN MEDIA UDARA YANG DIDEHUMIDIFIKASI ZEOLITE SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN MUTU PRODUK BAHAN PANGAN, **Mohamad Djaeni, Ratnawati, Jumali**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- IP.02** SURFAKTAN DAN APLIKASINYA DALAM BIDANG ENERGI DAN PANGAN, **Bambang Pramudono**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

A. Termodinamika dan Teknik Separasi

- A. 01** PENGUKURAN KESETIMBANGAN UAP-CAIR SISTEM BINER 2-BUTANOL + GLISEROL, SISTEM TERNER METANOL + 2-BUTANOL + GLISEROL DAN ETHANOL + 2-PROPANOL + GLISEROL PADA RANGE SUHU 313.3 K SAMPAI 333.15K, **Monica Wisnu, Fatika Ellena, Winarsih, Gede Wibawa**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- A. 02** POTENSI EKSTRAK KULIT BATANG TRENGGULI (*Cassia fistula*) SEBAGAI BIOLARVASIDA NYAMUK *Aedes aegypti* YANG RAMAH LINGKUNGAN, **Hermien Noorhajati, Nanik Siti Aminah, Diyani Paramita R.**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas W. R. Supratman, Surabaya
- A. 03** PEMILIHAN PELARUT EKSTRAKSI ETANOL DARI PELARUT BERBASIS ALKOHOL PADA PROSES FERMENTASI-EKSTRAKTIF, **Tri Widjaja, Yanuar Arief Prasetya, dan Mulan Nur Shabrina**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- A. 04** HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY/HPLC AS A SEPARATION AND CHARACTERIZATION METHODS OF VITAMIN E FROM PALM OIL, **Sabrina Aprilisa Martha, Ferry F. Karwur, Ferdy S. Rondonuw**, Biology Postgraduate Program, Satya Wacana Christian University, Salatiga
- A. 05** PEMILIHAN PEMODIFIKASI ELUEN UNTUK PEMUNGUTAN ORYZANOL DALAM MINYAK BEKATUL MENGGUNAKAN ADSORBEN SILIKA, **Susanti, A.D., Sediawan, W.B., Wirawan, S.K., dan Budhijanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- A. 06** PENGARUH VARIASI DEBIT AIR SEBAGAI ABSORBEN TERHADAP PEMURNIAN GAS METAN (CH₄) PADA GAS LANDFILL DI TPST BANTAR



- GEBANG BEKASI, **Hairul Huda dan Febrina Zulya**, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Samarinda
- A. 07** OPTIMASI PROSES EKSTRAKSI REAKTIF MINYAK JAHE DENGAN KATALIS HCL DENGAN BERBANTUKAN GELOMBANG ULTRASONIK, **Abdullah, Widayat, Hadiyanto, Dian Arofisma, Maharani Kusumaningrum**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- A. 08** EKSTRAKSI TIMAH DARI LIMBAH SLAG MENGGUNAKAN PELARUT ASAM KLOORIDA, **Febianta P. Mustika, Indra A. Tambunan, Susianto dan Fadlilatul Taufany**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- A. 09** EVALUASI ACID GAS REMOVAL UNIT YAITU AMINE PROCESS TECHNOLOGY DALAM PEMISAHAN CO₂ DAN H₂S DARI GAS ALAM, **Gede Wibawa, Vicky Imam Abdillah, Agung Nur Wachid dan Setiyo Gunawa**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- A. 10** UJI KINERJA KOLOM ADSORPSI UNTUK PEMURNIAN ETANOL SEBAGAI ADITIF BENSIN BERDASARKAN LAJU ALIR UMPAN DAN KONSENTRASI PRODUK, **Rosalia Sira Sarungallo, Benyamin Tangaran, Maxie Djonny, Henny Felicia**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus
- A. 11** EFEKTIVITAS OZONE BACKWASHING UNTUK REDUKSI FOULING PADA PEMISAHAN EMULSI MINYAK AIR, **I. Prihatiningtyas, N. Aryanti dan D. Ikhsan**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- A. 12** POTENSI MEMBRAN ULTRAFILTRASI UNTUK PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI, **N. Aryanti, H. I. Safitri, R. F. R. Astuti dan B. Pramudono**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- A. 13** PEMODELAN PERPINDAHAN MASSA PADA EKSTRAKSI ASBUTON, **Harisma Lathifah, Ali Altway, dan Susianto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- A. 14** PROSES PENGAMBILAN OLEORESIN DARI CABE JAWA MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI MULTI TAHAP DENGAN PELARUT ETANOL, **Jayanudin, Indrayatmi dan Saras Unggul Utami**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- A. 15** PERILAKU FOULING PADA PROSES FRAKSINASI KITOSAN DENGAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI, **Titik Istirokhatun dan Nur Rokhati**, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- A. 16** PENGARUH LAJU ALIR DAN SUHU UDARA PENDINGIN TERHADAP KECEPATAN PENDINGINAN JAGUNG DENGAN METODE *Mixed Adsorption Fluidized Bed Dryer*, **Luqman Buchori, Apriyan Tri Kusuma, Aleithea Rizkita Arifin, Didi Dwi Anggoro, Setia Budi Sasongko dan Mohamad Djaeni**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- A. 17** EKSTRAKSI ANTIOKSIDAN DARI KULIT KENTANG HITAM SEBAGAI OBAT KANKER, **Albertus Adrian Sutanto, Yustian Suharto, Christian Wijaya, Andreas Tony Soegiharto, Ariel Arif Atmadja, dan Hadiyanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- A. 18** PENGARUH KONTROL SUHU DAN HUMIDITY TERHADAP PROSES PENDINGINAN SELEDRI (*Apium graveolens*) DENGAN *TRAY DRIER*, **Ulfah Mediaty Arief ^{*)}, Aji Prasetyaningrum ^{**)}, Saptariana ^{*)} Agus Suryanto ^{*)}, ^{*)}**



Jurusan Teknik Elektro Fak. Teknik Universitas Negeri Semarang, **) Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknik Universitas Diponegoro

- A. 19** PERPINDAHAN PANAS DAN MASSA PADA EVAPORASI *VINASSE* DI DALAM *FALLING FILM EVAPORATOR* DENGAN ADANYA ALIRAN UDARA, **Suhadi, Altway A., Susianto, Budhikarjono K.**, Labperpanmass Jurusan Teknik Kimia, F.T.I., ITS
-

B. Kinetika Reaksi dan Katalisis

- B. 01** KINETIKA REAKSI DEASETILASI KITIN LIMBAH UDANG BERBANTUKAN ULTRASONIK, **Zainal Arifin, Dedy Irawan, Yuliana Dumais**, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
- B. 02** PEMANFAATAN GLISEROL MENJADI GLISEROL KARBONAT MENGGUNAKAN KATALIS PADAT INDION 255 NA, **Herian Fahlawan, Sigit Sulistiono, Agung Surya Saputra, Khoirul Huda, Dhiaunnaser Asshobar, Nuryoto dan Jayanudin**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- B. 03** DEGRADASI SELULOSA MENGGUNAKAN PROSES HIDROTERMAL DENGAN *PRE-TREATMENT* SONIKASI DALAM LARUTAN BERKATALIS, **Zaky Darmawan, Hamam Sahroni, Novi E, Sumarno**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- B. 04** OPTIMASI KATALIS PROMOTOR GANDA BERBASIS $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ PADA TRANSESTERIFIKASI MINYAK SAWIT, **Achmad Roesyadi¹, Ignatius Gunardi¹, Nyoman Puspa Asri², Santi Dyah Savitri¹**, ¹Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS), ²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas W.R. Supratman (Unipra)
- B. 05** AKTIVITAS KATALIS $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ PADA TRANSESTERIFIKASI MINYAK SAWIT DALAM REAKTOR *Fluidized Bed*, **Ignatius Gunardi, Achmad Roesyadi, Sunu Ria Puspitaningati, Renata Permatasari, Santi Dyah Savitri**, Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)
-

C. Bioteknologi dan Bioproses

- C. 01** PEMANFAATAN LIMBAH AIR KELAPA SEBAGAI MEDIA PEMERAS DALAM PRODUKSI VIRGIN COCONUT OIL SECARA FERMENTASI ALAMI BERBASIS RAMAH LINGKUNGAN, **Andi Aladin¹, Setyawati Yani¹, Nurjannah¹, Indah Yuni dan Agustina Wangsa²**, ¹Jurusan Teknik Kimia Fak. Tek Industri Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar, ²Mahasiswa S2 Teknik Kimia PPs UMI Makassar
- C. 02** PENGARUH VARIASI pH DALAM PROSES FERMENTASI BAGAS TEBU MENJADI GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN *ENTEROBACTER AEROGENES*, **Arief Widjaja, Setiyo Gunawan, Aliyah Purwanti, Arief Rahmatullah, Alfariesta Gusti Gilang Ramadhan, Andika Dwi Hermawan**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- C. 03** PEMBUATAN ETANOL DARI NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer L*) DENGAN PROSES FERMENTASI EKSTRAKTIF SECARA IMMOBILISASI SEL DALAM PACKED BED BIOREACTOR, **Astuti Lisa Wardany, Azlina**
-



- Tyara Putri, Tri Widjaja**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- C. 04** PENGGUNAAN *PRETREATMENT* BASA PADA PROSES DEGRADASI ENZIMATIK AMPAS TEBU UNTUK PRODUKSI ETANOL, **Azizah Ayu Kartika , Hikmatush Shiyami Mariana, Arief Widjaja, dan Mulyanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- C. 05** BOKATALIS METODE KO-IMOBILISASI GLUCOAMYLASE DENGAN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* UNTUK PEMBUATAN BIO-ETANOL DARI SORGHUM (*sorghum bi color*) DENGAN REAKSI SIMULTAN HIDROLISA DAN FERMENTASI, **Dyartanti, E.R., Margono, Nura, S.A. dan Ramadhani,A.N.**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- C. 06** PRODUKSI MINYAK NILAM MELALUI METODE FERMENTASI MENGGUNAKAN KAPANG *PANEROCHAETE CHRYSOSPORIUM*, **Sri Rulianah**, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
- C. 07** ISOLASI DAN PEMURNIAN SENYAWA AKTIF YANG DIHASILKAN OLEH JAMUR ENDOFIT TANAMAN KAKAO, **Rofiq Sunaryanto dan Anis H Mahsunah**, Balai Pengkajian Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi BPPT

D. Teknologi Pangan

- D. 01** FITOKIMIA DAN PERANANNYA PADA PANGAN FUNGSIONAL, **Suharwadji Sentana**, Bidang Fisika Industri dan Lingkungan Pusat Penelitian Fisika LIPI
- D. 02** KEMAMPUAN *EDIBLE FILM* PATI GANYONG (*Canna edulis Kerr.*) BERANTIMIKROBA DAN BERANTIOKSIDAN EKSTRAK BAWANG (*Allium sativum*) DALAM MENGHAMBAT KERUSAKAN SOSIS, **Dyah Hesti Wardhani, Ratna Paramitha Sari, dan Septia Tri Wulandari**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- D. 03** CHARACTERIZATION AND ISOLATION OF VITAMIN E ISOMERS FROM PALM-FATTY ACID DISTILLATE (PFAD) BY UV-VIS, HPLC, AND COLUMN CHROMATOGRAPHY, **Sabrina Aprilisa Martha, Ferry F. Karwur, Ferdy S. Rondonuwu**, CARC Laboratory, Biology Postgraduate Program, Satya Wacana Christian University
- D. 04** PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI TEPUNG DAN PATI UBI JALAR UNGU, **Ariesty Arlene, Anastasia Prima K., dan Willy Lukas**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
- D. 05** PENGGUNAAN STARTER PADA INDUSTRI PENGOLAHAN MOKAF DAN KELEBIHANNYA, **Suharwadji Sentana**, Bidang Fisika Industri dan Lingkungan Pusat Penelitian Fisika LIPI
- D. 06** KAJIAN PROSES PEMBUATAN DAN KARAKTERISTIK BERAS ANALOG UBI JALAR (*Ipomea Batatas*), **Hasnelly, M. Supli E., dan Putri Silvia P**, Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung
- D. 07** SIFAT FUNGSIONAL PATI GANYONG (*Canna edulis Kerr*) TERMODIFIKASI SECARA HIDROTERMAL, **Dyah Hesti Wardhani, Olivia Anastria, dan Maila Yesti Kuswandari**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

- D. 08** PENGARUH PENAMBAHAN CHITOSAN PADA PEMBUATAN *BIODEGRADABLE FOAM* BERBASIS PATI JAGUNG DAN PATI SINGKONG, **Nanik Hendrawati**, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
- D. 09** SUHU PEMANGGANGAN DAN PERBANDINGAN JENGKOL DENGAN TEPUNG TERIGU TERHADAP KARAKTERISTIK COOKIES JENGKOL (*Pithecolobium jiringa*), **Thomas Gozali, Supli.Efendi, Hendra Abdul Buchori**, Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan
- D. 10** ACETYLATION OF GADUNG (*Dioscorea hispida Dennst*) FLOUR USING ACETIC ACID GLACIAL: EFFECT OF REACTION TIME ON SWELLING POWER AND SOLUBILITY, **Andri Cahyo Kumoro^{1,2}, Rizka Amalia^{1,2}, Catarina Sri Budiati¹, Diah Susetyo Retnowati¹ and Ratnawati¹**, ¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Diponegoro University, ²Master of Chemical Engineering Program, Faculty of Engineering, Diponegoro University
- D. 11** PENGARUH KONSISTENSI SUSPENSI DAN KONSENTRASI OKSIDATOR H₂O₂ TERHADAP SIFAT FUNGSIONAL TEPUNG UMBI TALAS BOGOR (*Colocasia esculentum (L) Schott*) TEROKSIDASI, **Dessy Ariyanti dan Catarina Sri Budiati**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- D. 12** DIVERSIFIKASI MINYAK CENGKEH MENJADI FINE CHEMICAL, **Widayat¹, Bambang Cahyono², Hadiyanto¹, dan Ngadiwiyono²**, ¹Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, ²Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang

E. Perancangan Proses dan Alat Proses

- E. 01** METODE PEMARUTAN DAN PEMERASAN KELAPA DALAM PRODUKSI VIRGIN COCONUT OIL SECARA FERMENTASI ALAMI BERBASIS RAMAH LINGKUNGAN, **Lastri Wiyani¹, Andi Aladin^{*1}, Abdullah², Mustafiah³ dan Rahmawati³**, ¹Jurusan Teknik Kimia Fak. Tek Industri Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar, ²Jurusan Budidaya Pertanian, Fak. Pertanian UMI Makassar, ³Mahasiswa Teknik Kimia Fak. Tek Industri UMI Makassar
- E. 02** PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP PEMBUATAN KARBON HITAM DARI BAMBU ORI DAN PETUNG UNTUK BAHAN TINTA FOTOKOPI, **Paiman Jhony, Hosta Ardhyananta, Andromeda Dwi Laksono, Gita Novian Hermana dan Aulia Fajrin**, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E. 03** PRODUKSI GAS HIDROGEN DENGAN PEMANFAATAN GELOMBANG RADIO *SHORTWAVE* (SW), **Silvana Dwi Nurherdiana, Maulita Dismayanda, Rangga Aji Baskara, Nuari Wahyu Dwi Cahyani dan Hamzah Fansuri**, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E. 04** PENINGKATAN LAJU REAKSI GLISEROL MENJADI GLISEROL KARBONAT MENGGUNAKAN KATALIS PADATAN DIDALAM REAKTOR BERPENGADUK, **Hilman Ibn Mahdi, Eka Irawan, Nuryoto, Jayanudin**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- E. 05** DESAIN PROTOTIPE *ROTARY DRYER* UNTUK PROSES *UPGRADING* BATUBARA LIGNIT KALIMANTAN TIMUR, **Mardhiyah Nadir*, Muhammad Syahrir*, Bahtiar****, *Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, ** Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Samarinda
- E. 06** EVALUASI METODE PENGERINGAN VAKUM-*FREEZE DRYING* PADA TEKANAN PENGERINGAN DAN KETEBALAN CAIRAN SAMPLE YANG

- BERBEDA TERHADAP KARAKTERISTIK FUNGSIONAL TEPUNG PUTIH TELUR, **A. Hintono¹, Sutaryo¹, Nahariah² A.M.Legowo¹**, ¹ Program Studi Ilmu Peternakan Fakultas Peternakan dan Pertanian UNDIP Semarang, ²Laboratorium Daging dan Telur Fakultas Peternakan Unhas Makassar
- E. 07** PENGEMBANGAN MODEL ALAT PENYULINGAN UNTUK PRODUKSI MINYAK ATSIRI JERINGAU (*Acorus Calamus*), **Lyse Bulo, Maxie Djonny, Rosalia Sira Sarungallo**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus
- E. 08** STUDY STABILITAS DAN EFEK PENAMBAHAN STABILIZER DALAM MEREDUKSI DEKOMPOSISI HIDROGEN PEROKSID, **Lino Meris R, Dimas Jouhari A.M, Rizka Yuliani P, Juwari dan Renanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E. 09** ALAT PENDING KABUT (*SPRAY DYER*) UNTUK PEMBUATAN ZAT WARNA ALAMI DARI KULIT KAYU MAHONI, KULIT KAYU TINGI, DAN KULIT KAYU SOGA JAMBAL DALAM BENTUK KONSENTRAT TINGGI, ¹**Paryanto, ¹ Agus Purwanto dan ²Ahmad Yunus**, ¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNS, ²Fakultas Pertanian UNS
- E. 10** UJI PEMANFAATAN TANIN DARI EKSTRAK DAUN TEMBAKAU SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA LUNAK, **Marta Pramudita, Utami Ledyana, dan Aditya Fajar**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

F. Konservasi dan Efisiensi Energi

- F. 01** BLENDING BATUBARA HASIL FLOTASI DENGAN BATUBARA BITUMINOUS, **Andi Aladin, Abdul Makhsud, Mandasini, dan Bambang Sardi**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- F. 02** PRODUCTION OF BIODIESEL FROM ACTIVATED SLUDGE, **Phuong Lan Tran Nguyen, Alchris Wu Go, Aning Ayucitra, Suryadi Ismadji and Yi-Hsu Ju**, Department of Chemical Engineering National Taiwan University of Science and Technology
- F. 03** PEMANFAATAN BIOMASSA AMPAS TEBU (BAGGASE) SEBAGAI BAHAN BAKAR RENEWABLE PADAT SIAP PAKAI DENGAN METODE TOREFAKSI DAN DENSIFIKASI, **Yuniar Venta T.P., Ayu Sameswari Sasongko dan Trividiati Khusnul Ilmiah**, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- F. 04** OPTIMASI PENCAMPURAN ADITIF DAN BATUBARA DENGAN METODE *SPRAYING* PADA PROSES *UPGRADING* BATUBARA LIGNIT KALIMANTAN TIMUR, **Yuli Patmawati, Damianus Samosir, Suwarto**, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda
- F. 05** POTENSI GASIFIKASI BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DI PROVINSI JAWA TENGAH: MODEL PENGEMBANGAN BERBASIS MASYARAKAT, **Agus Wariyanto, Wahyudi Hariyanto, Kuscahyo Budi Prayogo**, Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Provinsi Jawa Tengah
- F. 06** PENINGKATAN KADAR LIPID PADA ALGAE *CHLORELLA VULGARIS* DAN *BOTRYOCOCCUS BRAUNII* KARENA PENGARUH PENAMBAHAN LOGAM BERAT (Cu dan Cd) DAN SALINITAS PADA LIMBAH INDUSTRI PT. SIER., **Nuniek Hendriane, S. R. Juliastuti, Ayu Dina E., dan Firdausil J.**, Jurusan



Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- F. 07** PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI RANDU MENGGUNAKAN KATALIS KOH KULIT RANDU SEBAGAI UPAYA *GREEN ENERGY AND TECHNOLOGY*, **Mudzofar Sofyan, Ayu Chyntia, Prafitra Asih R.S.P., Ilham Tanjung dan Zeno Rizqi**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- F. 08** EVALUASI KINERJA *CRUDE DISTILLATION UNIT* MENGGUNAKAN INTEGRASI PANAS DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK *PRESSURE DROP* UNTUK MEMPEROLEH KEUNTUNGAN MAKSIMUM, **Moch. Hasan, Nadiar Chairani Rahamri, dan Renanto Handogo**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Semarang
- F. 09** PENGARUH TEKANAN HIDROGEN DAN WAKTU REAKSI TERHADAP PROSES DAN HASIL KONVERSI PADA PENCAIRAN BATUBARA PERINGKAT RENDAH, **Harli Talla, Wayan Warmada, Sugeng Sapto Surjono, Hendra Amijaya**, Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- F. 10** JARINGAN PERTUKARAN MASSA DENGAN 2-RICH STREAM DAN 2-LEAN STREAM PADA KOLOM ABSORBER TERINTEGRASI SWEETENING COG, **Angga Wahyu Wicaksono, Frestia Utami, Juwari, dan Renanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- F. 11** DISTRIBUSI PRODUK PADA PIROLISIS GAMBUT DARI AREA KECAMATAN MUARA BADAK KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA KALIMANTAN TIMUR, **Sitti Sahraeni, Harjanto, Irmawati Syahrir, Sophia Auliasari**, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

G. Sistem Kontrol dan Dinamika Proses

- G. 01** DESAIN PENGENDALI MIMO IMC 2x2 PADA FUNGSI TRANSFER PROSES KOLOM DISTILASI WOOD & BERRY, **Muhammad Baqir, Cittra Bagus Pamungkas, Renanto, Juwari**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- G. 02** SIMULASI ABSORPSI REAKTIF CO₂ SKALA INDUSTRI DALAM KONDISI NON-ISOTHERMAL DENGAN PELARUT K₂CO₃ BERKATALIS, **Nur Ihda Farihatin Nisa, Firsta Hardiyanto, Hendi Riesta Mulya, Ali Altway dan Susianto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- G. 03** TUNING PARAMETER PENGENDALI MIMO IMC PADA PROSES QUADRUPLE TANK, **Sony Ardian Affandy, Fariz Hidayat, Renanto, Juwari**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- G. 04** PENGGUNAAN RATIO CONTROL PADA SISTEM DUA DAN TIGA ALIRAN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI ASPEN HYSYS, **Indrawan Pinandita, Aditya Anugerah Putra, Juwari, dan Renanto**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- G. 05** Analisa Kestabilan Berbagai Fungsi Transfer Proses dengan Kriteria Kestabilan Nyquist Menggunakan Program MATLAB, **Ahmad Misfa Kurniawan, Amelia Djafaar, Renanto, dan Juwari**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

H. Sistem Kontrol dan Dinamika Proses

- H. 01** KOPOLIMERISASI CANGKOK *STARCH* TERAKTIFASI PADA MONOMER SYNTHETIC MELALUI METODE ATRP (*ATOMIC TRANSFER RADICAL POLYMERIZATION*), **A.S. Handayani, M. Chalid, Emil Budianta, Dedi Priadi**, Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia, Banten
- H. 02** KOMPOSIT MEMBRAN ABS TERSULFONASI UNTUK PEMFC, **Nur Hidayati, Herry Purnama, Siti R. Nihayati, dan Fathekah L.N. Wati**, Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta
- H. 03** PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH KULIT PISANG, **Tuani Lidiawati S. , Lanny Yovita S., Antonius Oetama, dan Samuel Raymond T.**, Pusat Studi Lingkungan Universitas Surabaya
- H. 04** DEGRADASI KITOSAN PADA PROSES HIDROTERMAL BERTEKANAN CO₂ SUPERKRITIS DENGAN PRETREATMENT SONIKASI, **Cucuk Evi Lusiani, Meta Maya Sari, dan Sumarno**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- H. 05** PEMBUATAN *POLYURETHANE FOAM* BERBASIS *CASTOR OIL* DENGAN MENGGUNAKAN *BLOWING AGENT* KARBONDIOKSIDA, **Aunur Rofiq, Jakfar Sodik, dan Sumarno**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- H. 06** SONICATION TECHNIQUE FOR IMPROVING PROCESS IN SYNTHETIC ZEOLITE MANUFACTURING FROM RICE HUSK ASH, **Herry Purnama, Malik Musthofa, Adhen H. Akhwan, Intan K. Dewi**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- H. 07** PENGARUH *CROSSLINKING AGENT* KALSIMUM KLORIDA PADA PEMBUATAN FILM KOMPOSIT ALGINAT-KITOSAN DENGAN METODE *LAYER BY LAYER*, **Nur Rokhati, Titik Istirokhatun, Giovanni Anward, dan Yusuf Hidayat**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- H. 08** INTEGRASI PENYINARAN DENGAN SINAR UV PADA PROSES INVERSI FASE UNTUK PEMBUATAN MEMBRAN NON-FOULING, **Heru Susanto, Addina Pradita Nur dan Dini Karunia Sari**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- H. 09** PRODUCTION OF PITCH BASED CARBON FIBER FROM OIL PALM TRUNK, **Suyanto, Kotetsu Matsunaga and Kinya Sakanishi**, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang Selatan
- H. 10** KARAKTERISASI METODE ARUS PAKSA DALAM SIMULATOR PROTEKSI KATODIK SISTEM PERPIPAAN, **Nurchahyo**, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung.
-

I. Pengolahan Limbah dan Manajemen Lingkungan

- I. 01** PENURUNAN KADAR COD DAN PENINGKATAN KADAR LIPID PADA *CHLORELLA VULGARIS* DAN *BOTRYOCOCCUS BRAUNII* DENGAN VARIABEL NITROGEN, CO₂ DAN SALINITAS, **Sri Rachmania Juliastuti, Nuniek Hendrianie, Iko Premono Harimurti, Dimas Dwi Novrian**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- I. 02** PENURUNAN KANDUNGAN LIPID MENGGUNAKAN MIKROORGANISME *Rhizopus Oligosporous* DAN *Aspergillus Niger* DENGAN METODE
-



- FERMENTASI PADA PEMBUATAN KOMPOS MENGGUNAKAN LIMBAH *SLUDGE* INDUSTRI PENGOLAHAN SUSU, **Sri Rachmania Juliastuti***, **Rian Setya Budi dan Taufiqurrusydi**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- I. 03** PENGOLAHAN LIMBAH KULIT KAKAO (*THEOBROMA CACAO L.*) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PIROLISIS DENGAN DUA SIKLUS DESTILASI, **Imam Hidayat**, Universitas Hasanudin
- I. 04** PENGARUH PENGGUNAAN INHIBITOR KERAK EDTA PADA *FOULING FACTOR* DALAM PROSES EVAPORASI LIMBAH RADIOAKTIF, **Zainus Salimin dan Endang Nuraeni**, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN
- I. 05** PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG UDANG SEBAGAI KITOSAN MELALUI VARIASI PADA TAHAP DEMINERALISASI DAN DEPROTEINASI, **Jayanudin, Dhena Ria Barleany, Rochmadi, Wiratni, Nasihin, dan Mela Widiawati**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten
- I. 06** KARAKTERISTIK CHAR PADA KULIT PISANG KEPOK (*MUSA PARADISIACA*) DAN SAMPAH ORGANIK PASAR SEGIRI SAMARINDA, **Novy Pralisa Putri, Imadini Nur Fadilah, Fajar Lizmawan**, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, Samarinda
- I. 07** PENGALAMAN PENGOPERASIAN PROTOTYPE *PACKING ABSORBER* DI TPST BANTAR GEBANG, **Ari Susandy dan Rininta T. Noor**, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
- I. 08** PENGKAJIAN ASPEK KESELAMATAN DAN EKONOMI PADA PENGELOLAAN LIMBAH CAIR AKTIVITAS TINGGI SKALA INDUSTRI, **Herlan Martono, Aisyah dan Wati**, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Badan Tenaga Nuklir Nasional Kawasan Puspipstek, Tangerang Selatan
- I. 09** INVENTARISASI LIMBAH RADIOAKTIF BAHAN REFLEKTOR, PADA RENCANA DEKOMISIONING REAKTOR TRIGA MARK II BANDUNG, **Mulyono Daryoko dan Yuli Purwanto**, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Badan Tenaga Nuklir Nasional Kawasan Puspipstek, Tangerang Selatan
- I. 10** ANALISA THERMOGRAVIMETRY BRIKET CHAR SAMPAH KOTA DENGAN VARIASI PEREKAT, **Dwi Aries Himawanto**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- I. 11** PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI PENGALENGAN UDANG SEBAGAI KOAGULAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL, **Agus Santosa, Bambang Poedjojono, Santi Dyah Savitri**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas W..R. Supratman, Surabaya
- I. 12** ANALISIS POTENSI BAHAYA SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN SISTEM KESELAMATAN DI INDUSTRI KIMIA, **Ratna Indu Dewi, Arfi Maulana dan Yuyun Yuniati**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
- I. 13** MANAGEMENT HPNA HC UNIBON RU II DUMAI, **Budi Tri Jatmiko, Novi Lestu Sibagariang**, Hydrocracking Complex (HCC) Pertamina RU II Dumai

VALORISASI MIKROALGA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DAN SEBAGAI SUMBER ENERGI DAN PANGAN ALTERNATIF

Hadiyanto^{*)}

Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE)
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang, 50275, Telp/Fax: (024)7460058
^{*)}Penulis korespondensi: h.hadiyanto@undip.ac.id

Abstrak

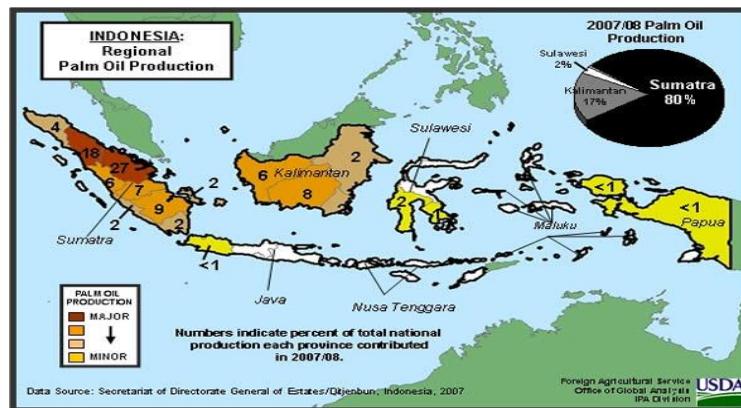
Limbah Cair Kelapa Sawit (Palm Oil Mill Effluent-POME) merupakan limbah hasil pemrosesan buah kelapa sawit mentah (Fresh Fruit Bunch) menjadi Crude Palm Oil (CPO). Dari 1 ton FFB akan dihasilkan 0.2 ton CPO dan 0.6 ton POME serta sisanya limbah padat. Dengan kandungan COD 50.000 ppm dan BOD 25.000 ppm, maka limbah POME ini merupakan limbah berbahaya yang memerlukan penanganan sebelum dibuang ke lingkungan. Selain kandungan COD dan BOD yang tinggi, limbah POME masih mengandung nutrisi tinggi yaitu Nitrogen, Phosphor dan Kalium yang dapat digunakan sebagai nutrisi untuk tanaman termasuk mikroalga. Penanganan yang selama ini dilakukan adalah dengan menggunakan kolam facultative anaerob di mana limbah POME diaerasi dalam sehingga kandungan COD akan turun. Namun demikian, metode ini masih menjadi persoalan saat aerasi gas CH₄ dan CO₂ terlepas ke udara sehingga POME menjadi sumber pencemaran gas rumah kaca. Diperkirakan 1 ton POME dapat menghasilkan 12.36 kg gas CH₄ dan 6.4 kg gas CO₂. Sehingga diperlukan suatu metode pengolahan dan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit ini untuk menurunkan kandungan COD sekaligus mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Pada karya unggulan ini, akan ditampilkan metode pengolahan limbah POME dengan memanfaatkan mikroalga. Limbah cair kelapa sawit dengan kandungan COD tinggi difermentasi secara anaerob dalam biodigester untuk menghasilkan biogas dimana 1 ton POME akan dihasilkan 28 m³ biogas. Selanjutnya sisa limbah yang telah difermentasi digunakan sebagai media tumbuh mikroalga karena masih mengandung nutrisi (N,P dan K) tinggi. Untuk tumbuh, mikroalga dalam open pond dialiri biogas sebagai sumber carbon untuk fotosintesis. Mikroalga setelah 1-2 minggu dapat menghasilkan biomasa dengan kandungan protein, lipid maupun karbohidrat tergantung pada jenis mikroalganya. Biomasa ini dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik maupun memasak.

Kata Kunci : Mikroalga, Spirulina, Biorefinery, Energi, Pakan

1. Latar Belakang

Saat ini, Indonesia menjadi penghasil produk Crude Palm Oil (CPO) terbesar di dunia diikuti oleh Malaysia. Saat ini produksi CPO Indonesia berjumlah 28 juta ton pada tahun 2013 dan sebagian besar diproduksi di daerah Sumatra (Gambar 1). Dari jumlah tersebut, 21 juta ton diperuntukkan untuk komoditi ekspor dan 7 juta untuk kebutuhan domestik (www.detik-finance.com). Dengan demikian, Indonesia saat ini berkontribusi pada produksi CPO dunia sebesar 44%, sedangkan Malaysia sebesar 42%. Persoalan utama dari produksi CPO ini adalah dihasilkannya limbah baik itu cair maupun padat. Limbah cair yang dihasilkan umumnya disebut sebagai palm oil mill effluent (POME), sedangkan limbah padat berupa tandan kosong, cangkang dan serabut.

Limbah cair kelapa sawit (POME) dihasilkan dari pemrosesan produk CPO di mana dari 1 ton buah kelapa sawit (*Fresh Fruit Bunch*-FFB) akan dihasilkan 0.2 ton CPO dan 0.6 ton limbah cair kelapa sawit (POME) dengan 0.2 ton sisanya adalah limbah padat (Hadiyanto et al,2012b). Tingginya limbah cair ini disebabkan oleh besarnya penggunaan air proses yaitu 5 m³ untuk tiap 1 ton FFB yang digunakan. Dengan tingginya produksi POME tersebut maka saat Indonesia sudah menghasilkan sekitar 84 juta ton (=28 juta ton CPO x 0.6 ton POME / 0.2 ton CPO).



Gambar 1. Peta produksi CPO di Indonesia (USDA,2008)

Limbah POME menjadi persoalan disebabkan oleh kandungan COD dan BOD nya yang tinggi (COD : 50.000 mg/L, BOD : 25.000 mg/L) sedangkan total padatan terlarut (TSS) sebesar 40.500 mg/L. Di sisi lain limbah POME masih mengandung nutrient tinggi seperti total nitrogen, phosphor dan Kalium yang bermanfaat sebagai nutrient tanaman. Melihat potensi polutan yang tinggi, limbah POME ini harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Saat ini, sebagian besar pabrik kelapa sawit menggunakan system facultative anaerobic ponds untuk mengolah limbah cair tersebut dengan tujuan untuk mengurangi kadar COD dan BOD serta beberapa indikator polutan lainnya seperti TSS. Namun demikian pada proses tersebut, banyak gas CH₄ dan CO₂ yang terlepas ke atmosfer. Saat ini pengolahan POME menggunakan kolam terbuka dengan sistem facultative anaerobic ponds. Pengolahan dengan sistem pond memiliki efek samping yaitu terlepasnya gas-gas rumah kaca (GRK) yang berbahaya bagi lingkungan. 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 ton POME akan mengeluarkan emisi gas CH₄ sebesar 12.36 kg (Yacob et al, 2006), sedangkan emisi gas CO₂ diperkirakan sekitar 6.4 kg untuk tiap ton POME (Vijaya et al, 2010). Dengan demikian jika Indonesia menghasilkan POME sebesar 84 juta ton, maka akan dihasilkan emisi gas CH₄ sebesar 1.10⁹ juta kg dan CO₂ sebesar 5.10⁸ juta kg. Hal ini menjadi perhatian serius Pemerintah dalam pengolahan limbah cair kelapa sawit. Untuk itu dalam karya unggulan ini diusulkan inovasi metodologi dalam pemanfaatan limbah cair POME sebagai sumber energi biogas. Dengan kandungan nutrient yang masih tinggi terutama total nitrogen dan phosphor, maka limbah POME berpotensi sebagai sumber nutrient bagi mikroalga di mana biomasa mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan maupun minyak.

Mikroalga merupakan mikroorganisme photosynthetic dengan ukuran 1-500 µm yang membutuhkan cahaya serta mikro nutrient untuk tumbuh dan menghasilkan biomasa. Mikronutrient yang diperlukan umumnya mengandung Nitrogen, Phosphor dan Kalium, sedangkan biomasa yang dihasilkan sebagian besar didominasi oleh lipid (60%), protein (50-70%) dan Karbohidrat (40%). Kandungan lipid merupakan potensi yang besar untuk digunakan sebagai biodiesel, karbohidrat merupakan sumber utama untuk bioethanol sedangkan protein merupakan sumber makanan. Selain itu, biomasa tersebut dapat diekstrak untuk mendapatkan beberapa senyawa aktif (PUFA, DHA, omega-3, phycocyanin dan β-carotene) yang bermanfaat untuk food/feed supplements, kosmetik, maupun kesehatan. Oleh karena itu mikroalga memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi sumber bahan energi nabati dan serta food fortification. Bahkan penelitian terbaru menunjukkan bahwa mikroalga berpotensi sebagai bahan biosemen (Aryanti et al, 2012). Isu utama produksi biomasa mikroalga untuk skala besar dalam open pond adalah tidak homogennya aliran sirkulasi medium dalam pond's channel, dan timbulnya dead zone dalam pond. Pola aliran yang tidak homogen menyebabkan nutrient yang diberikan ke mikroalga tidak terdistribusi dengan sempurna, sedangkan adanya dead zone menyebabkan daerah yang anaerobic, sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroalga itu sendiri (Weissman et al.,1988; Richmond, 1992). Perancangan open pond yang optimal sangat dibutuhkan untuk memperbaiki perancangan konvensional menggunakan persamaan Manning. Dalam persamaan Manning, perancangan tidak mempertimbangkan pola aliran dan tidak memperhatikan sisi hidrodinamik(Hadiyanto et al, 2013a). Untuk itu diperlukan suatu system inovasi dalam perancangan open pond menggunakan system hidrodinamik menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD). Selain tujuan di atas, artikel ini juga bertujuan untuk memaparkan integrasi mikroalga sebagai pengolah limbah POME dan sekaligus penghasil bahan bakar nabati dan feed/food supplement. Di dalam artikel ini juga akan dipaparkan perancangan open pond dengan system hidrodinamika untuk memperbaiki perancangan open pond secara konvensional.

Tujuan artikel ini adalah untuk menggambarkan potensi mikroalga sebagai sumber bioenergi dan pangan sekaligus sebagai media pengolahan limbah cair kelapa sawit. Di dalam artikel ini akan ditampilkan aspek

kemanfaatan teknologi dari perancangan open pond dengan CFD, dan produksi biomasa alga diintegrasikan dengan pengolahan limbah.

2. Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah Cair Kelapa Sawit (Palm Oil Mill Effluent atau POME) merupakan limbah yang berasal dari pemrosesan Crude Palm Oil (CPO) dari buah kelapa sawit (Fresh Fruit Bunch atau FFB). Diperkirakan bahwa dari 1 ton FFB akan menghasilkan 0.6 ton limbah POME. Limbah POME berbentuk koloid suspensi dengan kandungan air 95-96%, 0.6-0.7 % minyak dan 4-5% total padatan termasuk didalamnya 2-4% padatan tersuspensi (Lam and Lee,2011). Karakteristik limbah POME secara umum digambarkan pada Tabel 1. Meskipun limbah POME bukan limbah yang beracun namun sifatnya yang berbau, kandungan COD dan BOD tinggi, merupakan ancaman yang berbahaya bagi lingkungan. Di samping kandungan pollutan yang tinggi, POME masih mengandung Total Nitrogen, Phosphor dan Potasium yang dapat dimanfaatkan untuk nutrisi tanaman termasuk mikroalga melalui proses fotosintesis.

Dengan kandungan pollutan yang tinggi, maka system pengolahan dengan anaerobic merupakan system yang banyak digunakan. Sistem facultative anaerobic dalam kolam merupakan system yang banyak digunakan. Dengan system ini dapat mengurangi kadar COD/BOD sebesar 80-90% dalam waktu tinggal 30-60 hari. Selain kolam anaerobic, pengolahan menggunakan membrane juga banyak diterapkan. Kelemahan dari system facultative anaerobic terbuka adalah terlepasnya gas CH₄ dan CO₂ ke atmosfer serta bau limbah yang sangat mengganggu.

Tabel 1. Karakteristik POME (Sethupathi,2004)

Parameters	Mean*	Range*	Metals & Other Constituents	Mean*
pH	4,2	3,4-5,2	Phosphorus	180
Oil & Grease	6.000	150-18.000	Potassium	2.270
BOD; 3-day, 30°C	25.000	10.000-44.000	Magnesium	615
COD	50.000	16.000-100.000	Boron	7,6
Suspended Solid	40.500	11.500-79.000	Iron	47
Dissolved Solids	18.000	5.000-54.000	Manganese	2,0
Ammonical Nitrogen	35	4-80	Copper	0,9
Total Nitrogen	750	80-1.400	Zinc	2,3
			Calcium	440

*satuan dalam mg/L kecuali pH

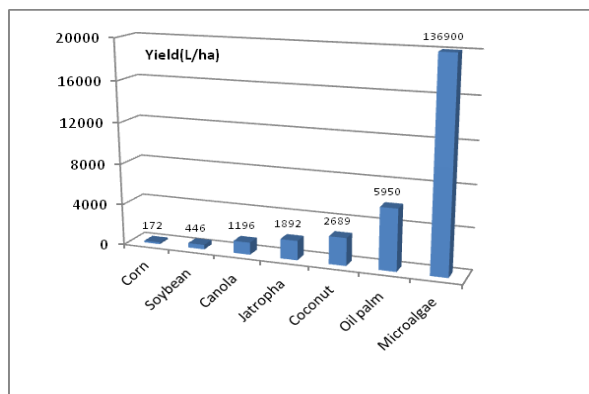
Kandungan Nitrogen dalam POME umumnya berupa senyawa organik (protein) yang kemudian dikonversi menjadi Ammoniak-Nitrogen (Chow,1991). Perbandingan C:N pada POME relative rendah yaitu 6.5 :1 dibandingkan dengan gambut (C:N=50:1). Kandungan N,P dan K secara konsisten masih besar dalam POME sehingga memungkinkan digunakan sebagai pupuk tanaman. Kandungan logam berat seperti Pb dapat ditemukan dalam POME tetapi konsentrasinya sangat kecil dan dibawah ambang batas (17.5 µg/g) (James et al., 1996). Kandungan Pb ini berasal dari pipa, tanki serta kontaine selama proses (James et al., 1996).

3. Mikroalga

Mikroalga merupakan mikroorganisme (ukuran 1-500 µm) yang menggunakan cahaya untuk memetabolisme CO₂ menjadi biomasa CH₂ONP dengan bantuan sinar matahari dan air medium sesuai dengan reaksi berikut (Shelef, 1976; Edwards, 1980):



Reaksi tersebut disebut proses fotosintetik dimana oksigen juga di hasilkan sebagai hasil samping. Untuk tumbuh mikroalga membutuhkan rasio C:N:P=122:16:1 (dalam mol). Intensitas cahaya matahari (UV light) yang sampai ke permukaan bumi sekitar 1500-2500 W/m². Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-500 µm, baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut, yang lazim disebut fitoplankton. Di dunia mikrobial, mikroalga termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin). Isnansetyo dan Kurniastuty (1995), menyatakan bahwa terdapat empat kelompok mikroalga antara lain : diatom (*Bacillariophyceae*), alga hijau (*Chlorophyceae*), alga emas (*Chrysophyceae*) dan alga biru (*Cyanophyceae*). Mikroalga sebagai mikroorganisme fotosintesis telah diteliti menjadi alternative sebagai pengganti komoditas tanaman darat sebagai sumber penghasil minyak (Chisti,2007). Dibandingkan dengan tanaman darat penghasil minyak, mikroalga memiliki produktivitas minyak yang lebih tinggi per satuan luas lahan yang digunakan (Gambar 2).



Gambar 2. Perbandingan yield minyak dari tanaman darat dan mikroalga per satuan luas area yang digunakan

Sedangkan minyak yang dihasilkan dari mikroalga tergantung pada jenis mikroalga yang digunakan. Beberapa jenis mikroalga mempunyai kandungan lipid bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan Tabel 3 menunjukkan potensi mikroalga sebagai sumber protein dan karbohidrat.

Tabel 2. Kandungan minyak dari beberapa jenis mikroalga (Chisti,2007)

Mikroalga	Kandungan minyak (%)
<i>Botryococcus Braunii</i>	25-75
<i>Chlorella sp</i>	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca sp.</i>	16–37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis sp.</i>	25–33
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris sp.</i>	20–35
<i>Nannochloropsis sp.</i>	31–68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35–54
<i>Nitzschia sp.</i>	45–47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20–30
<i>Schizochytrium sp.</i>	50–77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15–23

Selain kandungan lipid, mikroalga juga merupakan sumber protein dan karbohidrat (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan Protein dan Karbohidrat dari Berbagai Mikroalga

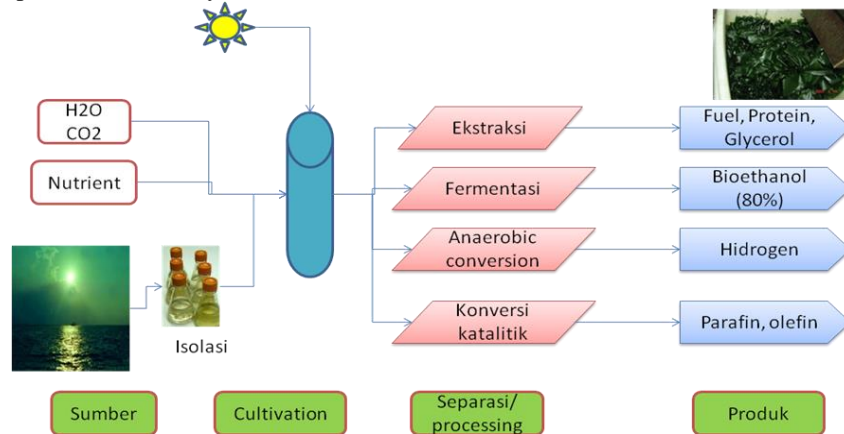
Mikroalga	Protein (%)	Karbohidrat (%)
<i>Anabaena clyndricia</i>	43-56	25-30
<i>Chlamidomonas rheinhardii</i>	48	17
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	15-17
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4
<i>Dunaliella salina</i>	57	32
<i>Euglena gracilis</i>	39-61	14-18
<i>Phorphyridium cruentum</i>	28-39	40-57
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17
<i>Spirulina plantesis</i>	46-63	8-14
<i>Tetrasemis maculate</i>	52	15

Selain kandungan minyak, mikroalga mengandung banyak senyawa yang sangat potensial untuk dijadikan produk. Mikroalga lainnya seperti, *Botryococcus braunii*, *Dunaliella salina*, *Monallanthus salina* mempunyai kandungan lemak berkisar 40 - 85% (Borowitzka, 1998). Kandungan lemak mikroalga tergantung dari jenis mikroalga, rata-rata pertumbuhan dan kondisi kultur mikroalga (Chisti, 2007). Lemak mikroalga pada umumnya terdiri dari asam lemak tidak jenuh, seperti linoleat, *eicosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (

DHA). Mikroalga mengandung lemak dalam jumlah yang besar terutama asam arachidonat (AA, 20:4 ω 6) (yang mencapai 36% dari total asam lemak) dan sejumlah asam eikosapentaenoat (EPA, 20:5 ω 3) (Fuentes, et al., 2000). Selain itu, lemak mikroalga juga kaya akan asam lemak poliatidat jenuh (PUFA) dengan 4 atau lebih ikatan rangkap. Sebagai contoh, yang sering dijumpai yaitu *eicosapentaenoic acid* (EPA, C20:5) dan *docosahexaenoic acid* (DHA, C22:6) (Chisti, 2007). Beberapa mikroalga menyajikan spektrum asam lemak yang lebih besar, ketika dibandingkan dengan tanaman yang mengandung minyak, selain itu juga mengandung struktur molekul dengan lebih dari 18 atom karbon (Belarbi et al, 2000).

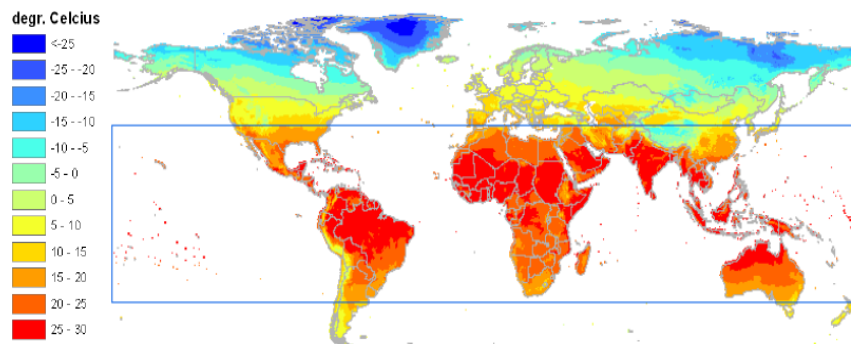
4. Kultivasi Mikroalga

Pengembangbiakan mikroalga telah dimulai sejak tahun 1950 dimana alga dimanfaatkan sebagai sumber protein untuk mensuplai kebutuhan protein di dunia. Untuk memperoleh biomasa, mikroalga dikultivasi dalam sebuah bioreaktor (Gambar 3). Bioreaktor yang digunakan umumnya ada dua jenis yaitu: open pond dan photobioreactor (closed system). Pemilihan jenis bioreaktor yang digunakan akan mempengaruhi produktivitas mikroalga (Richmond, 2000). Mikroalga biasanya dikultivasi di sistem terbuka (open photobioreactors) dan tertutup (closed photobioreactors) dengan diiluminasi baik dengan cahaya buatan ataupun cahaya matahari dengan temperature 27-30°C dan pH 6.5-9. Untuk sistem tertutup, bioreaktor akan mudah untuk dikendalikan baik flow, cahaya maupun kontaminasinya.



Gambar 3. Skema produksi biomasa mikroalga

Ketersediaan cahaya merupakan salah satu faktor terpenting dalam kultivasi mikroalga untuk fotosintesis. Chisti (2007) melaporkan bahwa diperkirakan sebanyak 25% biomasa yang diproduksi selama siang hari, akan hilang dalam kondisi gelap (malam). Berdasarkan posisi geografi, Indonesia mempunyai potensi ketersediaan cahaya matahari yang sangat besar (Gambar 4). Intensitas cahaya matahari sangat besar dan dapat mencapai 2400 W/m² (Hadiyanto et al, 2012).



Gambar 4. Posisi geografis Indonesia memungkinkan untuk mendapatkan cahaya yang relatif besar dengan temperature rata-rata lebih besar dari 20°C.

Untuk kultivasi skala besar, jenis rector open pond merupakan pilihan utama, dibandingkan photobioreaktor yang umumnya untuk skala kecil dan laboratorium. Saat ini industri yang beroperasi skala besar menggunakan open pond untuk produksi alga biomass (Gambar 5). Dibandingkan dengan photobioreaktor, open pond

mempunyai beberapa kelebihan maupun kekurangan (Table 4). Open pond memerlukan luas area yang lebih besar, dan kehilangan air medium akibat dari penguapan lebih besar.



Gambar 5. photobioreactor tertutup (a) dan open pond (b) untuk kultivasi mikroalga

Photobioreaktor dengan system tertutup dapat mengurangi terjadinya penguapan air medium. Demikian juga dengan factor CO₂-losses, dengan system terbuka, kehilangan CO₂ pada open pond akan semakin besar ke udara. Faktor kontaminasi menjadi kelemahan lain dari system open pond.

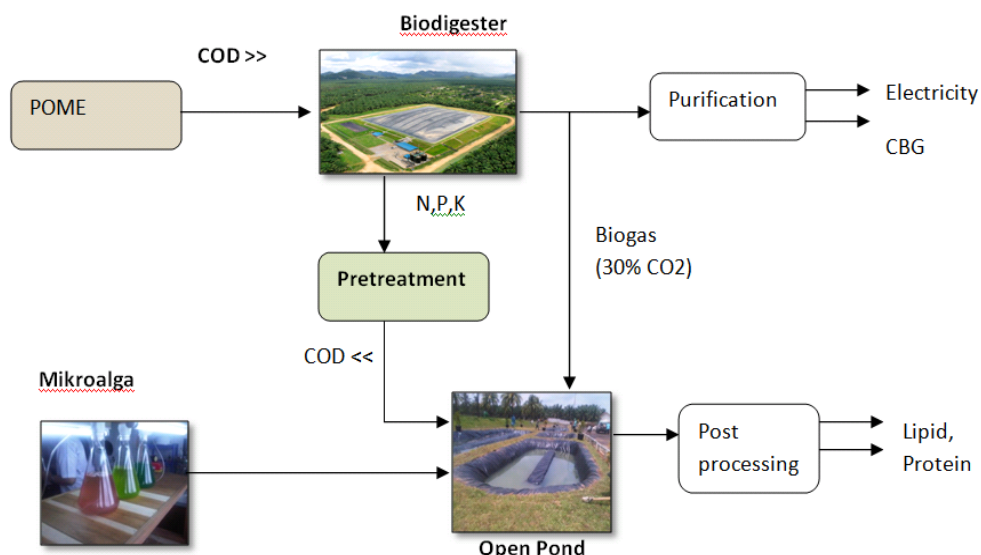
Tabel 4. Perbandingan Open pond dan Photobioreactor (Carlsson, 2007)

Parameter	Open Pond	Photobioreaktor
Penguapan Air	Besar	Rendah
Kehilangan CO ₂	Besar	Rendah
Akumulasi O ₂	Rendah	Akumulasi O ₂ besar
Kontaminasi	Besar	Kecil
Konsentrasi Biomasa	Rendah (0.1-0.5 g/l)	Tinggi (0.5- 8 g/L)
Pengendalian proses	Relative sulit dengan perubahan cuaca dan angin	Relatif bisa di kendalikan
Start up	6-8 minngu	2-4 minggu
Biaya operasional	Murah	Relatif mahal
Biaya pemanenan	Mahal	Rendah
Aplikasi skala komersial	8-10000 ton/tahun	Umumnya untuk high added value product

Kontaminasi dapat berasal dari mikroalga jenis lain, bacteria maupun jenis serangga dan jamur. Temperatur, cuaca dan angin merupakan factor yang tidak dapat dikendalikan dan mempengaruhi produktivitas alga dalam open pond.

5. Integrasi POME treatment dan Produksi Biomasa Alga

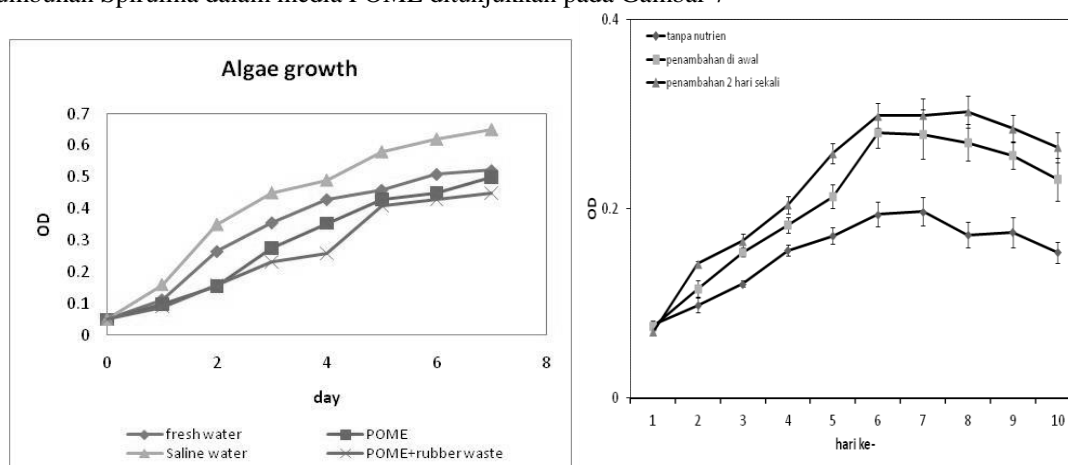
Konsep teknologi yang diajukan adalah dengan menggabungkan proses degradasi COD sehingga menghasilkan gas methane dan CO₂ atau yang disebut dengan biogas serta mengkombinasikan dengan kultivasi mikroalga. Dengan kandungan COD tinggi, POME mengeluarkan gas methane dan CO₂ ke atmosfer. Menurut Yacob et al (2005) untuk tiap 1 kg COD yang terdegradasi akan dihasilkan 0.23 kg gas methane dan 0.019 kg gas CO₂. Jika POME diumpankan ke dalam reactor anaerobic (biodigester) maka kedua gas tersebut dapat ditangkap sebagai biogas. Dari perhitungan diperoleh bahwa untuk tiap ton POME dengan COD 50000 mg/L akan dihasilkan biogas sebesar 20- 28 m³. Biogas mengandung 30-40% CO₂ selanjutnya dapat dikonversi menjadi listrik maupun Compressed Biogas (CBG) setelah dilakukan purifikasi untuk meningkatkan nilai kalornya. Untuk limbah pada PTPN VII Lampung dengan kapasitas 400 ton/hari, dapat dihasilkan listrik dari biogas setara dengan 0.7 MW.



Gambar 6. Sistem terintegrasi antara produksi biogas dan biomasa alga

Sisa cairan yang diolah dalam biodigester dan masih mengandung Nutrient (N,P,K) tinggi selanjutnya diumpungkan ke dalam reaktor mikroalga. Reaktor mikroalga yang dipilih yaitu open pond dengan pertimbangan ekonomisnya. Mikroalga dipilih berdasarkan produk akhir yang diinginkan. Untuk terjadinya proses fotosintesis, maka mikroalga membutuhkan sumber carbon dan pada proses ini, sumber karbon akan diperoleh dari biogas (CO_2 : 30-40%), sedangkan methana tidak akan terserap oleh mikroalga. Setelah 10-15 hari, maka biomasa mikroalga dapat diperoleh untuk dikonversi lebih lanjut menjadi protein maupun minyak lipid. Dengan proses ini maka diperoleh beberapa keuntungan antara lain: Emisi gas rumah kaca CH_4 dan CO_2 dapat dikurangi, limbah cair sisa dapat dimanfaatkan dan sudah sesuai ambang mutu yang ditetapkan, selain itu di peroleh sumber biomasa untuk feed suplemen maupun biodiesel.

Pada penelitian ini, evaluasi pertumbuhan mikroalga dalam media POME dilakukan dengan mikroalga jenis *Spirulina sp* dan *Chlorella sp*. *Spirulina sp* merupakan mikroalga yang mempunyai kandungan protein mencapai 50-70% sedangkan *Chlorella sp* merupakan mikroalga dengan kandungan lipid 30-40% (Chisti, 2007). Pertumbuhan *Spirulina* dalam media POME ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. (a) Pertumbuhan *Spirulina* dalam beberapa medium termasuk POME dan (b) Pertumbuhan *Spirulina* dalam POME dengan variasi penambahan nutrient

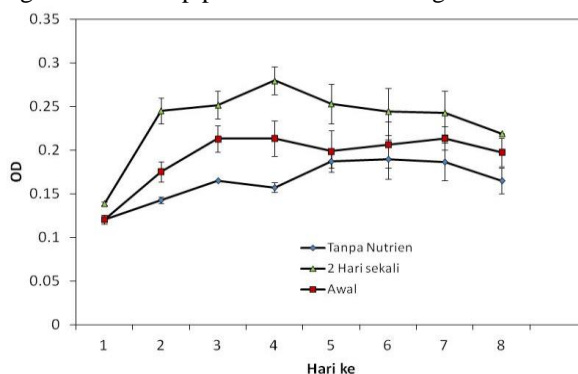
Gambar 7 menunjukkan pertumbuhan mikroalga *Spirulina sp* dalam berbagai variasi media antara lain Fresh water, Saline water, dan POME. Mikroalga *Spirulina sp* mampu tumbuh dalam media POME dan penambahan limbah karet dalam media POME mampu meningkatkan growth rate nya. Penambahan limbah karet ini akan menambahkan nutrient N dan P sehingga kebutuhan untuk photosynthesis secara stoichiometri tercukupi. Pada Gambar 7b terlihat bahwa penambahan eksternal nutrient dalam medium POME memberikan efek yang cukup signifikant.

Analisa hasil produk Spirulina yang ditumbuhkan dalam medium POME dibandingkan medium air tawar (control) ditunjukkan pada Tabel 5. Kandungan lipid dalam POME lebih besar dibandingkan control sedangkan kandungan fibre lebih kecil. Hal ini dimungkinkan media POME masih mengandung minyak dan memberikan efek ke analisa biomasa. Namun demikian, secara keseluruhan biomasa yang diperoleh dari dua media, menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroalga dalam POME sebanding dengan mikroalga yang ditumbuhkan dalam air tawar.

Tabel 5. Hasil analisa Spirulina dikultivasi dalam media POME dan Air

Media	Protein (%)	Lipid (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Water (%)
POME	54,86	0,3868	32,6490	10,3971	16,7039
Air tawar	58,71	0,0856	36,2861	8,9864	14,3855

Hal ini juga ditunjukkan dengan pertumbuhan mikroalga jenis Chlorella (Gambar 8). Penambahan nutrient memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan mikroalga.



Gambar 8. Pertumbuhan mikroalga Chlorella dalam medium POME

Proses pemanfaatan limbah POME sebagai media pertumbuhan mikroalga telah diaplikasikan di Unit Pengolahan Bekri PTPN VII Lampung. Proyek implementasi ini bekerjasama dengan KU Leuven Belgium (Prof Koenraad Maylart), Maris Project BV Netherlands dan PT Wirana Divisi Renewable Energy (Indonesia). Saat ini pemanfaatan limbah POME sudah dikembangkan skala produksi dengan kapasitas biomasa yang dihasilkan 40 kg/bulan (Gambar 9-10).



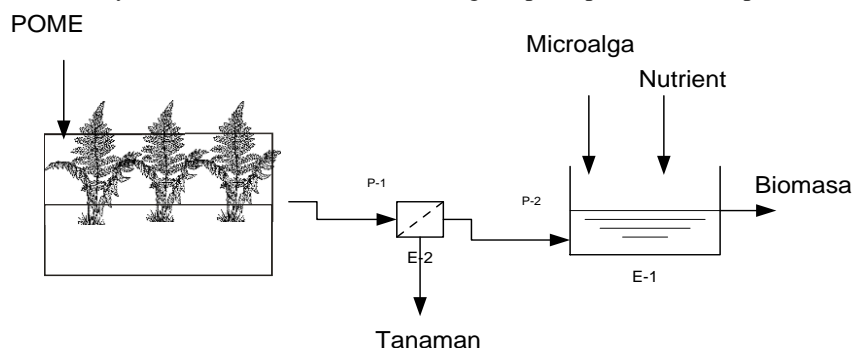
Gambar 9. Pengerjaan Open Pond Untuk pertumbuhan Mikroalga di PTPN VII Lampung



Gambar 10. Proses Pemanenan Mikroalga di PTPN VII Lampung

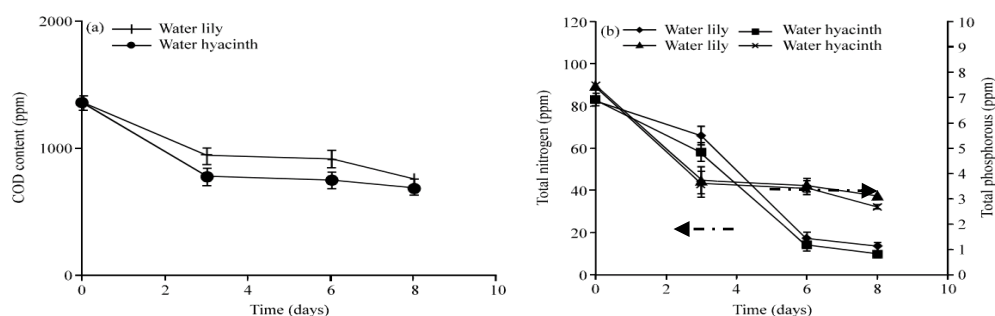
6. Pretreatment Menggunakan Two Stages Phytoremediation

Phytoremediasi merupakan pengurangan pollutant dalam limbah dengan menggunakan tanaman air. Tanaman yang paling banyak digunakan adalah Enceng gondok (*water hyacinth*), apu-apu maupun teratai (Hadiyanto et al, 2013a). Sisa limbah POME yang telah difermentasi dalam biodigester, masih mengandung COD dan nutreint cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai nutrient untuk mikroalga. Metode ini merupakan phytoremediasi dua tahap (*two stages phytoremediation*) seperti yang dtunjukkan pada Gambar 11. Untuk menurunkan COD, maka phytoremediasi tahap pertama menggunakan tanaman air (aquatic plants) dan setelah 10 hari COD terserap sebesar 50%. Limbah hasil remediasi tahap I, disaring dan kemudian diumpukan dalam reaktor mikroalga untuk remediasi tahap II. Pada tahap ini reaktor ini, mikroalga mampu menyerap nutreint N,P,K untuk pertumbuhannya. Setelah 14 hari maka mikroalga dapat dipanen untuk diperoleh biomasanya.

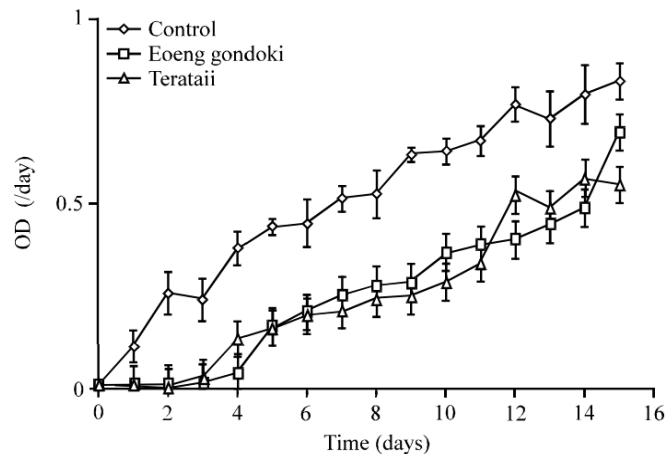


Gambar 11. Two stage phytoremediations untuk pengolahan limbah cair kelapa sawit (Hadiyanto et al, 2013a; Soetrinanto et al, 2012; Hadiyanto et al, 2012b)

Gambar 12 menunjukkan penurunan kadar COD dan nutreint (N,P) pada remediasi tahap I. Penelitian menggunakan enceng gondok (*water hyacinth*) dan teratai (*water lily*) menunjukkan penurunan 50% COD setelah remediasi selama 8 hari. Sedangkan nutrient Nitrogen dapat direduksi sebesar 60% dan total phosphor selama 80% (Hadiyanto, 2012a; Hadiyanto et al, 2013a). Remediasi tahap II merupakan remediasi menggunakan mikroalga, dalam penelitian ini digunakan *Spirulina sp* sebagai penghasil protein (Gambar 12). Gambar menunjukkan pertumbuhan *Spirulina sp* dalam medium limbah POME dari tahap I dibandingkan dengan control medium air tawar. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *Spirulina* mampu tumbuh dengan media POME hasil remediasi dengan enceng gondok dan teratai dan mencapai tingkat produktivitas yang sama dibandingkan control (Hadiyanto et al, 2012a ; Hadiyanto et al, 2013a).



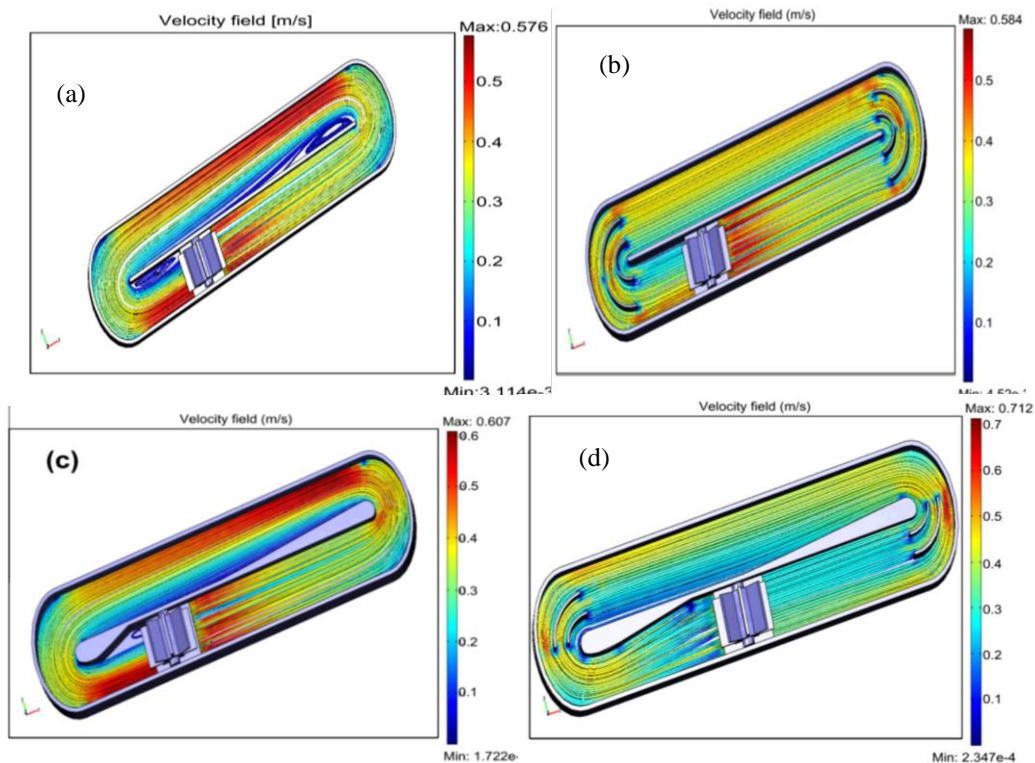
Gambar 12. Penurunan COD dan nutreint N dan P dalam medium POME dengan phytoremediasi menggunakan Water Lily dan Enceng Gondok (Hadiyanto et al, 2013a; Soetrinanto et al, 2012)



Gambar 13. Pertumbuhan *Spirulina* dalam remediasi tahap II (Hadiyanto et al,2013a)

7. Perancangan Open Pond secara Hydrodynamic Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)

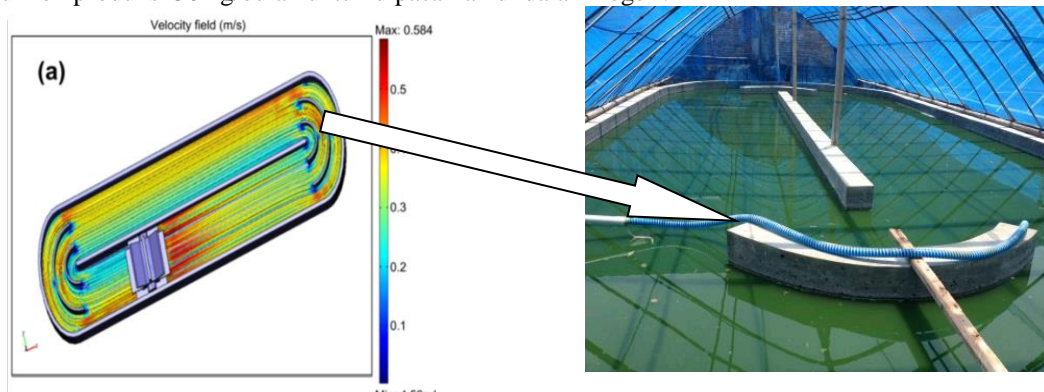
Permasalahan utama dalam penggunaan open pond adalah tidak meratanya aliran dalam kolam (channel) jika tidak dirancang dengan optimal. Selain itu timbul masalah dead zone (daerah anaerobic) yang akan mengurangi produktivitas mikroalga (Hadiyanto et al, 2013b). Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perancangan secara hidrodinamik perlu dilakukan. Perancangan yang selama ini dilakukan adalah dengan metode persamaan Manning (Borowitzka, 1988), namun metode ini tidak memperhatikan pola aliran dalam kolam.



Gambar 14. Simulasi CFD untuk pola aliran dalam open pond. (a). Pola aliran dalam normal open pond, ditandai dengan tidak terdistribusi normal aliran dalam channel (dead zone ditandai dengan warna biru), (b). Simulasi modifikasi open pond dengan penambahan deflector aliran, (c). Simulasi open pond dengan modifikasi pembatas channel, (d). Modifikasi dengan pembatas dan setengah deflector (Hadiyanto et al,2013b).

Gambar 14 menunjukkan pola aliran dalam open pond konvensional dan pond yang telah dimodifikasi. Pada open pond konvensional (Gambar 14a) ditemukan adanya dead zone pada ujung belokan aliran. Dead zone ini menyebabkan aliran terhenti dan nutrisi tidak dapat diakses oleh mikroalga sehingga pada daerah ini sel mikroalga akan mengalami kematian (Hadiyanto et al, 2013). Inovasi untuk menghilangkan dead zone ini adalah

dengan memodifikasi open pond dengan deflector dan tembok pemisah antar channel (Gambar 14 b-d). Dengan modifikasi ini dead zone dapat dikurangi dan aliran dapat terdistribusi normal. Implementasi inovasi ini telah dilakukan pada CV NeoAlga sebagai partner kerjasama dalam teknologi seperti ditunjukkan pada Gambar 15. CV NeoAlga merupakan UKM yang memproduksi protein dari mikroalga dan saat ini mampu memproduksi 30 kg/bulan untuk dipasarkan di dalam negeri.



Gambar 15. Instalasi pond termodifikasi di CV NeoAlga Sukoharjo, Jawa Tengah

8. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa limbah cair kelapa sawit (POME) dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai sumber energi dan sebagai nutrient pertumbuhan mikroalga. Aplikasi teknologi telah menunjukkan bahwa mikroalga mempunyai keuntungan yang besar untuk perolehan energi dan bahan pakan/pangan alternatif.

Proses integrasi pengolahan limbah POME dengan kultivasi mikroalga memberikan keuntungan:

- Dihasilkannya bioenergi (biogas) yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan/listik maupun bahan bakar. Hal ini untuk menunjang program pemerintah dalam penyediaan energy alternative sebagai salah satu bauran energy nasional.
- Dihasilkannya biomasa alga yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai feed suplemen.
- Dikurangnya emisi gas CH_4 dan CO_2 dari limbah cair kelapa sawit.
- Teknologi ini dapat diaplikasikan pada jenis limbah lain yang mempunyai kadar COD atau nutrient tinggi seperti industry pupuk, amoniak, maupun industri tahu, tekstil dsb.

Two stages phytoremediation merupakan pretreatment limbah cair secara biologi dan efisien untuk menurunkan kadar COD dan nutrient.

Perancangan dengan CFD memberikan hasil yang optimal untuk penggambaran (visualisasi) profil aliran dalam open pond. Selain itu, dengan CFD maka perancangan open pond dengan metode konvensional (Manning) dapat ditingkatkan.

Daftar Pustaka

- Ariyanti D, Handayani NA, Hadiyanto (2012) Feasibility of Using Microalgae for Biocement Production through Biocementation. *J Bioprocess Biotechniq* 2:111 doi: 10.4172/2155-9821.1000111
- Carlsson, A.S., van Beilen, J.B., Möller, R., & Clayton, D. 2007. EPOBIO: Realizing the economic potential of sustainable resources—Bioproducts from non-food crops. In D. Bowles (Ed.), *Micro and macro algae: Utility for industrial applications*. Newbury, UK: University of York, CPL Press
- Chisti, J., 2007, *Biodiesel from microalgae.*, *Biotechnology Advances*, (25) 294-306. Cisneros,
- Chow, M.C., 1991. Palm Oil Mill Effluent Analysis. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, pp: 11-18
- Hadiyanto and M.M. Nur. (2012a). Potential of Palm Oil Mill Effluent (POME) as Medium Growth of *Chlorella sp* for Bioenergy Production. *International Journal of Environment and Bioenergy* 3(2):67-74
- Hadiyanto, Christwardana, M and Soetrisnanto, M., (2013a). Phytoremediations of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Using Aquatic Plants and Microalga for Biomass Production, *Journal Environmental Science and Technology*, 6(2): 1-12
- Hadiyanto, Elmore, S., Van Gervend, T., Stankiewicz, A. (2013b). Hydrodynamic evaluations in high rate algae pond (HRAP) design. *Journal of Chemical Engineering* 217: 231-239

- Hadiyanto, H., & Christwardana, M. (2012b). APLIKASI FITOREMEDIASI LIMBAH JAMU DAN PEMANFAATANNYA UNTUK PRODUKSI PROTEIN. *JURNAL ILMU LINGKUNGAN*, 10(1), 32-37
- Huang G, Chen F, Wei D, Zhang X, Chen G. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Appl Energy* 2010;87:38–46.
- Ichsan and Hadiyanto, (2013), Integrated Biogas-Microalgae from Waste Waters as the Potential Biorefinery Sources in Indonesia, *Prosiding EBTKE CONEX 2013*, Jakarta
- James, R., K. Sampath and S. Alagurathinam, 1996. Effects of lead on respiratory enzyme activity, glycogen and blood sugar levels of the teleost *Oreochromis mossambicus* (Peters) during accumulation and depuration. *Asian fisheries science. Metro Manila*, 9: 87-100
- Lam, M.K. and, Lee, K.T. 2011. Renewable and sustainable bioenergies production from palm oil mill effluent (POME): Win-win strategies toward better environmental protection. *Biotechnology Advances*, Elsevier, Vol. 29 (1) : 124-141
- Leung DYC, Wu X, Leung MKH. 2010. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl Energy* ;87:1083–95.
- M.J. Barbosa, H. Hadiyanto, R.H. Wijffels, (2004), Overcoming shear stress of microalgae cultures in sparged photobioreactors, *Biotechnology and Bioengineering*, 85 (2004), pp. 78–85
- Ma F, Hanna MA. 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresour Technol* ;70:1–15.
- Mata TM, Martins AA, Caetano NS. 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. *Renew Sust Energy Rev* ;14:217–32.
- Minowa T, Yokoyama A-Y, Kishimoto M, Okakurat T. 1995. Oil production from algal cells of *Dunaliella tertiolecta* by direct thermochemical liquefaction. *Fuel*;74(12):1735–8.
- Patil V, Tran K-Q, Giselrod HR. 2008. Towards sustainable production of biofuels from microalgae. *J Mol Sci* ;9:1188–95.
- Pinzi S, Garcia IL, Lopez-Gimenez FJ, Luque de Castro MD, Dorado G, Dorado MP. 2009. The ideal vegetable oil-based biodiesel composition: a review of social, economical and technical implications. *Energy Fuels* ;23(5):25–41.
- Promya, J., S. Traichaiyaporn and R.L. Deming. 2008. The Optimum N:P Ratio of Kitchen Wastewater and Oil-Extracted Fermented Soybean Water for Cultivation of *Spirulina platensis*: Pigment Content and Biomass Production. *Int. J. Agric. Biol.*, 10: 437–441
- Pulz O, Gross W. Valuable Products from Biotechnology of Microalgae. *Applied Microbiology and Biotenology* 204;65:635-48.
- Richmond A, Boussiba S, Vonshak A, Kopel R. 1993. A New Tubular Reactor for Mass Production of Microalgae Outdoor. *Journal of Applied Phycology* ;5:327-32.
- Rodolfi L, Zittelli GC, Bassi N, Padovani G, Biondi N, Bonini G, et al. 2009. Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low cost photobioreactor. *Biotechnol Bioeng* ;102(1):100–12
- Rupani, P.F., Singh, R.P., Ibrahim, M.H., dan Esa Norizan. 2010. Review of Current Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment Methods: Vermicomposting as a Sustainable Practice. *World Applied Sciences Journal*. 11: 70-81.
- Sethupathi, S., 2004. Removal of residue oil from palm oil mill effluent (POME) using chitosan, Universiti Sains Malaysia
- Soetrisnanto, D, Christwardana, M and Hadiyanto, (2012). APPLICATION OF PHYTOREMEDIATION FOR HERBAL MEDICINE WASTE AND ITS UTILIZATION FOR PROTEIN PRODUCTION. *Jurnal REAKTOR* 14(2): 129-134
- Weissman, J.C., Goebel, R.P. and Benemann, J.R., 1988. Photobioreactor design: mixing, carbon utilization, and oxygen accumulation. *Biotechnology. Bioengineering*. 31, 336–344.
- Yacob, S., Hassan, M.A., Shirai, Y., Wakisaka, M., Subash, S. 2006. Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment, *Science of the Total Environment* 366 : 187– 196



SEMIPAR NASIONAL REKAYASA KIMIA dan PROSES 2013

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Kampus Undip Tembalang-Semarang 50239
Telp.: 024-7460058; Fax: 024-76480675; email: srkp2013@live.undip.ac.id
Website: www.srkp2013.undip.ac.id



Semarang, 11 Juli 2013

No. : 11/K-KS/SRKP/VII/2013
Lamp. : Petunjuk Penulisan Makalah SRKP 2013
Hal : Permohonan Pengiriman Makalah Pembicara Kunci

Kepada Yth.
Bapak Dr. Hadiyanto
Universitas Diponegoro

Dengan hormat,

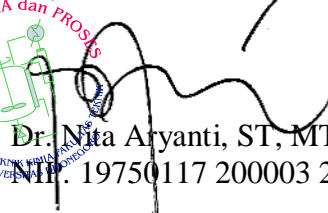
Berkaitan dengan penyelenggaraan Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2013 (SRKP 2013) yang semakin dekat yaitu pada:

Hari/tanggal : Rabu-Kamis / 28-29 Agustus 2013
Waktu : 08.00 WIB - selesai
Tempat : Jurusan Teknik Kimia-FT UNDIP
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang-Semarang 50239

kami selaku panitia memohon Bapak untuk dapat mengirimkan makalah yang akan disampaikan dalam SRKP 2013 dengan format terlampir.

Demi kelancaran acara mohon untuk dapat mengirimkan makalah tersebut sebelum tanggal 1 Agustus 2013. Atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan banyak terima kasih.

Hormat kami,
Ketua Panitia SRKP 2013


Dr. Nita Aryanti, ST, MT
NIP. 19750117 200003 2 001





SERTIFIKAT

Diberikan kepada

Dr. Hadiyanto

atas partisipasinya sebagai

Keynote Speaker

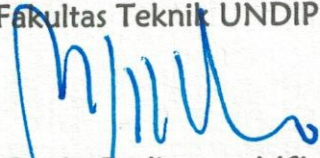
dalam acara

SEMINAR NASIONAL REKAYASA KIMIA DAN PROSES 2013

"Pengembangan Teknologi Proses Berkelanjutan dalam Pemberdayaan Sumber Daya Alam untuk Mewujudkan Ketahanan Energi dan Pangan"

Semarang, 28-29 Agustus 2013

Ketua Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik UNDIP


Dr. Ir. Budiyo, MSi
NIP. 19660220 199102 1001

Ketua Panitia


Nita Aryani, ST., MT., PhD
NIP. 19750117 200003 2001