

Power Electronic Interface pada Modul Photovoltaic yang Terhubung dengan Grid

Yusran¹, Mochamad Ashari², dan Adi Soeprijanto²

1. PPs Teknik Elektro ITS (Dosen Teknik Elektro Unhas), Surabaya

2. Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya

Kontak Person:

Yusran

Jl. Keputih Utara Gang Buntu No 22 Sukolilo

Surabaya, 60111

Telp: 08124181907, E-mail: yusranibnu@yahoo.com, yusran@elect-eng.its.ac.id

Abstrak

Paper ini membahas tentang power electronic interface pada modul photovoltaic yang terhubung dengan grid. Modul photovoltaic tersusun dari solar cell yang akan bekerja optimal pada MPP (maximum power point). Koneksi modul photovoltaic tersebut ke grid umumnya menggunakan power electronic converter. Inverter PV mengalami evolusi mulai dari centralized inverter, string inverters dan AC modules dan multi-string inverter, ac modules and ac cells. Topologi inverter dapat diklasifikasikan menjadi empat bagian berdasarkan: number of power processing stages, power decoupling, transformer and types of interconnection, dan types of grid interface.

Kata kunci : *power electronic interface, inverter, photovoltaic, grid*

Abstract

This paper describes about power electronic interface at photovoltaic module connected to grid. Photovoltaic module composed from solar cell that work optimally at MPP (maximum power point). Photovoltaic modul connection to grid commonly uses power electronic converter. PV inverter evolutes from centralized inverter, string inverters and AC modules and multi-string inverter, ac modules and ac cells. Inverter's topologi can be classified based on : number of power processing stages, power decoupling, transformer and types of interconnection, dan types of grid interface.

Keywords: *power electronic interface, inverter, photovoltaic, grid*

1 PENDAHULUAN

Permintaan listrik yang berasal dari energi surya tumbuh secara konsisten sebesar 20-25 % per tahun dalam kurun waktu 20 tahun terakhir ini. Hal ini dipicu oleh adanya penurunan biaya dan harga yang terkait dengan energi tersebut. Penurunan biaya dan harga tersebut dikendalikan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Adanya peningkatan efisiensi *solar cell*
2. Pengembangan teknologi manufaktur
3. Skala ekonomi

Peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan serta *distributed generation* memerlukan strategi baru untuk pengoperasiannya serta adanya manajemen *electricity grid* untuk memelihara dan meningkatkan keandalan dan kualitas pasokan daya. Teknologi elektronika daya memiliki peranan

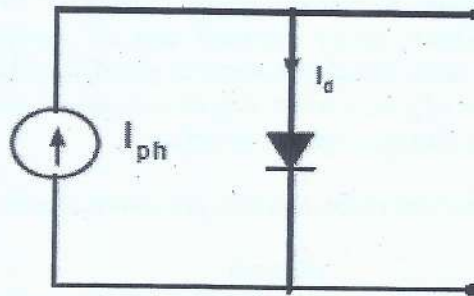
yang sangat penting pada sistem *distributed generation* serta integrasi sumber energi terbarukan ke dalam *electrical grid*. Teknologi tersebut dipakai secara luas dan mengalami perkembangan yang pesat seiring dengan makin banyaknya integrasi ke grid.

Lima tahun terakhir ini, elektronika daya mengalami evolusi cepat yang diakibatkan oleh dua faktor utama. Faktor pertama adalah perkembangan *fast semiconductor switches* yang mampu untuk *switching* cepat. Faktor yang kedua adalah pengenalan *real-time controller* yang dapat diimplementasikan pada *advanced* dan *complex control algorithm*. Hal tersebut menjadikan arah pengembangan elektronika daya menjadi *cost-effective* dan *grid-friendly converter*.

2 SOLAR CELL

Solar cell adalah komponen paling fundamental dari sistem *photovoltaic* yang merubah energi matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* tersebut mirip dengan *solid-state electronic device* yang umum digunakan seperti dioda, transistor dan lain-lain. *Solar cell* terdiri atas *p-n junction* yang terbentuk oleh material semikonduktor. Ketika sinar matahari menimpa *solar cell*, maka sepasang *electron-hole* dibangkitkan oleh energi dari cahaya (photon). Medan listrik yang terbentuk pada *junction* menyebabkan pasangan *electron-hole* akan berpisah dengan aliran elektron menuju daerah-n dan hole menuju daerah p. Tegangan listrik dibangkitkan pada output. *Photocurrent* (I_{ph}) akan mengalir melalui beban yang terhubung dengan terminal output pada *photovoltaic cell*.

Rangkaian ekuivalen ideal dari *solar cell* diperlihatkan pada gambar 1



Gambar 1 Diagram rangkaian ekuivalen *solar cell*

Rangkaian tersebut terdiri dari sumber arus yang paralel dengan dioda. Pada kasus ideal, persamaan arus-tegangan *solar cell* diberikan oleh persamaan :

$$I = I_{ph} - I_0(e^{qV/kT} - 1) \quad (1)$$

dimana

I_{ph} = Photo current

I_0 = diode reverse saturation current

q = muatan elektron (1.6×10^{-19} C)

k = konstanta Boltzman (1.38×10^{-23} J/K)

T = temperatur cell dalam Kelvin

Solar cell dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakah software PSIM. Simulasi didasarkan pada *datasheet* dari modul photovoltaic Shell SQ160PC. Parameter dari modul tersebut diberikan pada tabel 1. Modul tersebut terbuat dari 72 *solar cell* yang terhubung seri untuk memberikan daya output maksimum 160 W.

Karakteristik tegangan-arus (I-V) PV yang disimulasikan dari modul PV diperlihatkan pada gambar 2. Karakteristik didapatkan pada level konstan dari pemancaran dan temperatur sel konstan.

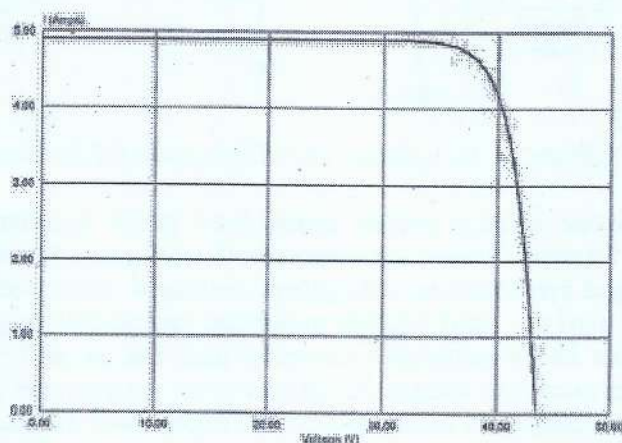
Titik paling signifikan dari plot karakteristik ini adalah arus hubung singkat (I_{sc}) dan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}). Arus hubung singkat adalah arus maksimum yang dihasilkan ketika sel

Power Electronic Interface pada Modul Photovoltaic yang Terhubung dengan Grid

dihubungsingkat dan tegangan terminal 0, pada beban nol. Tegangan rangkaian terbuka adalah tegangan yang melewati terminal sel dengan kondisi rangkaian terbuka, dimana arus adalah 0, dan resistansi beban tidak terbatas.

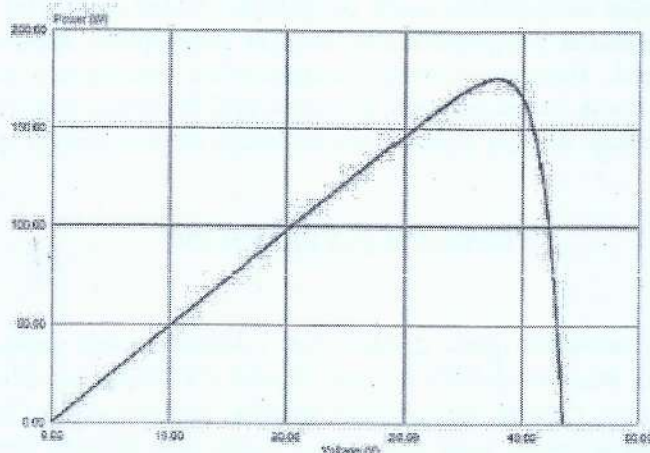
Tabel 1 Modul Photovoltaic (PV) Shell SQ160PC

Rated Power	P_R	160 W
Peak Power*	P^*_{MPP}	160 W
Peak Power Voltage	V_{MPP}	35 V
Peak Power Current	I_{MPP}	4.58 A
Open Circuit Voltage	V_{OC}	43.5 V
Short Circuit Current	I_{SC}	4.9 A
Minimum Peak Power	$P_{MPP-Min}$	152 W
Tolerance on Peak Power		$\pm 5\%$



Gambar 2. Karakteristik arus-tegangan modul PV Shell SQ 160 PC

Gambar 3 memperlihatkan karakter simulasi daya-tegangan modul PV. Untuk mendapatkan efisiensi maksimum dari *solar cell* maka penting untuk mengoperasikan sel pada titik dimana sel membawa daya maksimum. Kerja operasi ini dikenal sebagai *maximum power point* (P_{MPP}).



Gambar 3 Karakteristik daya-tegangan modul PV Shell SQ 160 PC

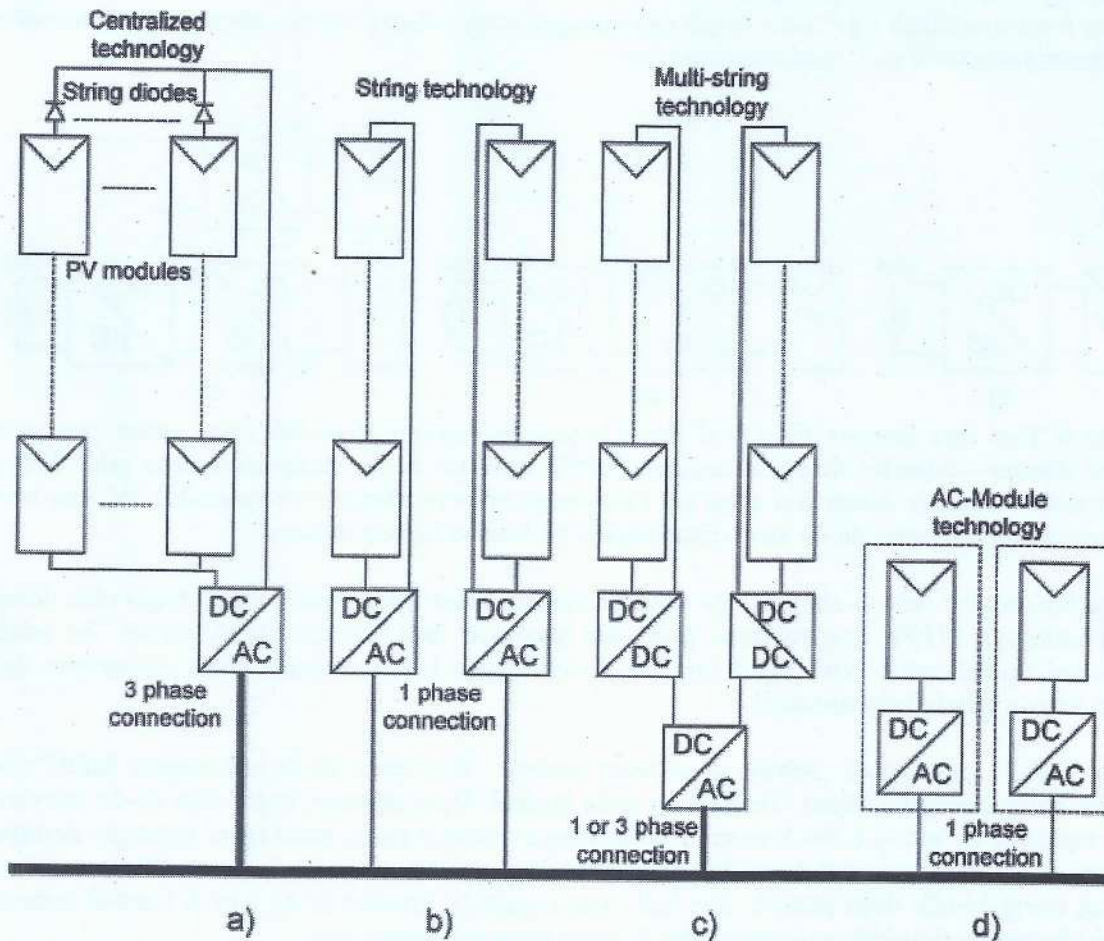
3 INVERTER INTERFACING PV MODULE

Sel PV secara umum dapat dihubungkan dengan grid (*grid connection application*) atau dapat digunakan sebagai *isolated power supplies*. Dua aplikasi sistem PV diperlihatkan pada gambar 4.

Power Electronic Interface pada Modul Photovoltaic yang Terhubung dengan Grid

amplification. Teknologi ini membutuhkan sekitar 16 modul PV seri (sistem Eropa). Tegangan rangkaian terbuka total untuk modul 16 PV dapat mencapai 720 V, yang dikenal sebagai 1000 V

MOSFET/IGBT yang mengizinkan tegangan de-rating 75 % dari semikonduktor. Namun demikian tegangan operasi normalnya hanya sekitar 450 – 510 V. Modul AC pada gambar 5(d) adalah integrasi antara inverter dan modul PV ke dalam satu *electrical device*. Hal tersebut untuk menghilangkan *mismatch losses* antara modul PV.



Gambar 5. Overview inverter PV (a) Centralized technology (b) String technology (c) Multi string technology (d) Ac module and ac cell technology

4.3 Multi String Inverter, AC Modules dan AC Cells

Inverter multi *string* yang diperlihatkan pada gambar 5(c) adalah pengembangan lebih lanjut dari inverter string, dimana beberapa *string*, *interface* dengan *dc-dc converter* ke *common dc-ac inverter*. Hal ini menjadi keuntungan bila dibandingkan dengan *centralized system*, karena setiap *string* dapat dikontrol secara individual.

Tantangan utama yang sebenarnya adalah pengembangan sebuah inverter yang dapat menguatkan tegangan sangat rendah 0,5 – 1.0 V dan 100 W per meter bujursangkar sampai ke level yang sesuai untuk grid, dengan efisiensi tinggi.

5 KLASIFIKASI TOPOLOGI INVERTER

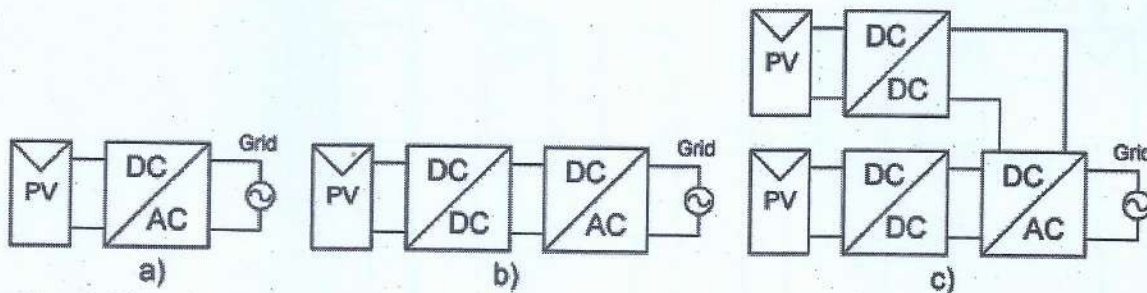
Secara konvensional, klasifikasi topologi PV dibagi atas dua kategori utama yaitu : inverter PV dengan konverter dc-dc (dengan atau tanpa isolasi) dan inverter PV tanpa konverter dc-dc.

Adapun klasifikasi lain dari topologi inverter yang menghubungkan modul PV ke single phase grid terbagi menjadi empat bagian berdasarkan :

1. jumlah *power procesing stages*
2. tipe *power decoupling* antara modul PV dan *single phase grid*
3. penggunaan transformator dan tipe interkoneksi
4. tipe dari *grid interface*

5.1 Jumlah Power Processing Stages

Gambar 6 menunjukkan tiga kasus *single* dan *multiple stage inverter* yaitu : *single power processing*, *dual power processing* dan *dual stage inverter*.



Gambar 6 Tiga tipe inverter PV (a) *A single power processing stage* (b) *Dual power processing inverter* dimana konverter dc-dc menangani MPPT, inverter dc-ac mengontrol arus grid. *Voltage amplification* termasuk dalam dua stage (c) *Dual-stage inverter*, dimana setiap modul PV atau *string* dihubungkan ke konverter dc-dc yang dihubungkan ke *common dc-ac inverter*

Gambar 6(a) adalah sebuah *single-stage inverter* dimana harus menangani seluruh tugas oleh dirinya sendiri misalnya MPPT, kontrol arus grid, dan mungkin juga *voltage amplification*. Ini adalah konfigurasi tipikal untuk *centralized inverter*. Inverter juga harus didesain untuk menangani daya puncak sebesar 2 kali daya nominal.

Gambar 6(b) melukiskan sebuah *dual-stage inverter*. Konverter dc-dc menangani MPPT (dan mungkin *voltage amplification*). Tergantung pada kontrol dc-ac inverter, output dari dc-dc konverter adalah tegangan dc murni (dan konverter dc-dc hanya didesain untuk menangani tegangan nominal) atau arus output dari konverter dc-dc dimodulasi untuk mengikuti *rectified sine wave* (konverter dc-dc sekarang meng-handle daya puncak, dua kali daya nominal). Inverter dc-ac adalah kontrol terhadap arus grid dengan *pulsewidth modulation (PWM)* atau bang-bang operation.

Gambar 6(c) adalah solusi untuk *multi string inverter*. Tugas konverter dc-dc hanya MPPT dan mungkin *voltage amplification*. Konverter dc-dc dihubungkan dengan *dc link* yang menjaga kontrol arus grid.

5.2 Power Decoupling

Power decoupling secara normal didapatkan melalui sebuah *electrolytic capacitor*. Komponen ini adalah faktor utama yang menentukan lifetime peralatan sehingga harus dijaga sebaik mungkin atau sebaiknya diganti dengan *film capacitor*. Kapasitor ditempatkan secara paralel dengan modul PV atau dalam *dc link* antara *inverter stage*.

Ukuran dari decoupling capacitor dapat dinyatakan dengan :

$$C = \frac{P_{PV}}{2 \cdot \omega_{grid} \cdot U_C \cdot u_C} \quad (2)$$

dimana : P_{PV} adalah daya nominal dari modul PV
 U_C adalah tegangan rata-rata yang melewati kapasitor
 u_C adalah amplitudo *ripple*

5.3 Transformator dan Tipe Interkoneksi

Beberapa inverter menggunakan sebuah transformator yang ditempelkan pada *high frequency dc-dc converter* atau *dc-dc inverter*, sementara yang lain menggunakan *line-frequency transformer*. Beberapa inverter bahkan sama sekali tidak menggunakan transformator. Inverter moderen cenderung menggunakan *high-frequency transformer*.

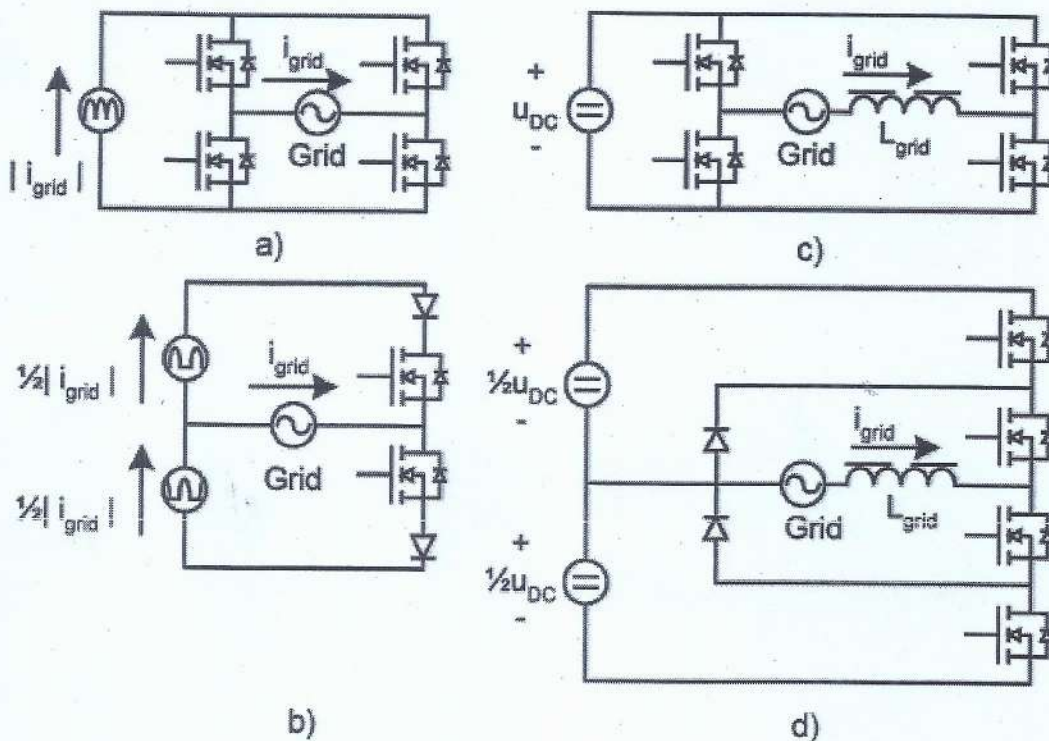
5.4 Tipe dari Interface Grid

Hanya inverter yang beroperasi dalam *current-source mode* yang dimasukkan dalam klasifikasi karena salahsatu tujuan inverter PV adalah menginjeksikan arus sinusoidal ke dalam grid.

Gambar 7 memperlihatkan 4 jenis dari sekian banyak jenis *possible grid-connected inverter*. Topologi gambar 7(a) dan 7(b) adalah *line frequency-commutated current source inverter (CSI)*. Arus yang mengalir ke *stage* telah dimodulasi dan dikontrol untuk mengikuti *rectified sinusoidal waveform* dan tugas dari rangkaian adalah membentuk ulang gelombang sinus dan menginjeksikannya ke dalam grid. Rangkaian menerapkan *zero-voltage switching (ZVS)* dan *zero-current switching (ZCS)* sehingga hanya *loss conduction* dari semikonduktor yang tersisa.

Gambar 7(c) adalah sebuah *standard full-bridge three level VSI* yang dapat membuat sebuah arus grid sinusoidal dengan menggunakan *positive/negative dc-link* atau tegangan nol, ke grid plus grid inductor

Gambar 7(d) adalah *half-bridge diode clamped three level VSI*, satu dari sekian banyak VSI, yang dapat membuat *3,5,7,...distinct voltage* melalui grid dan inductor. Keuntungannya adalah *switching frequency* dari setiap transistor dapat direduksi dan *power quality* dapat dijaga.



Gambar 8. Grid connected inverter stage (a),(b) Line commutated CSI switching at twice the line frequency (c),(d) Self-commutated voltage source inverter (VSI) switching with high frequency in PWM or bang-bang mode

6 KESIMPULAN

Paper ini membahas mengenai power electronic interface pada modul photovoltaic yang terhubung dengan grid. Desain inverter PV diharapkan masih terus berkembang seiring kebutuhan untuk mendapatkan performansi terbaik. Klasifikasi topologi inverter pada paper ini didasarkan atas *number of power processing stages, power decoupling, transformer and types of interconnection*, dan *types of grid interfac*

DAFTAR PUSTAKA

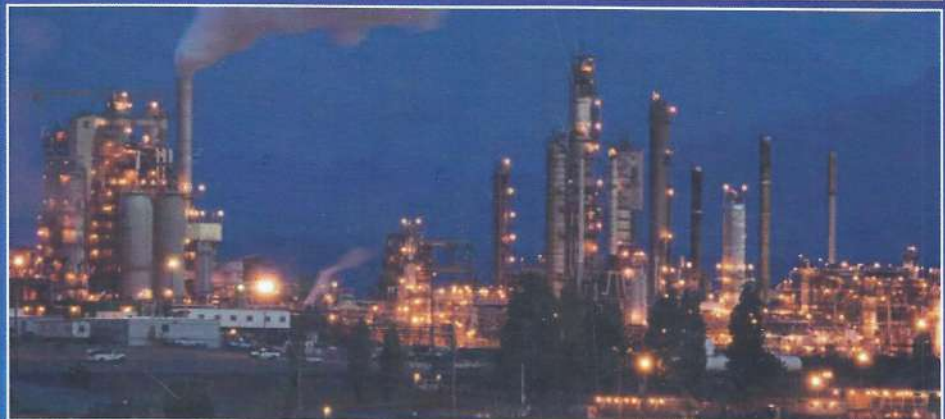
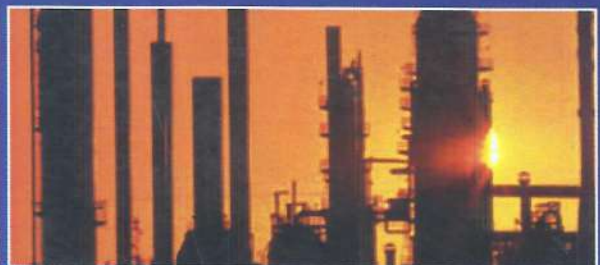
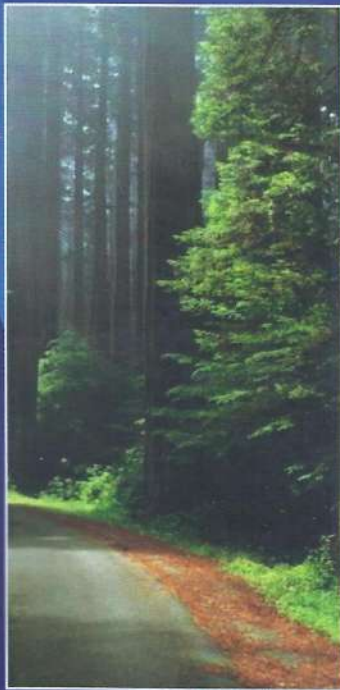
- [1] Carpinelli, G., Celli, G., Mocci, S., Pilo, F., Proto, D., dan Russo, A., "Multiobjective Programming for The Optimal Sizing and Siting of Power-Electronic Interfaced Dispersed Generators", *Proceeding of PowerTech*, 2007
- [2] Carrasco, J.M., Bialasiewicz, J.T., Guisado, R.C.P., and Leon, J.I., "Power-Electronic Systems for The Grid Integration of Renewable Energy Source : A Survey", *IEEE Transactions on Industrial Electronic*, Vol.53, No.4, 2006
- [2] Esmaili, G., "Application of Advanced Power Electronics in Renewable Energy Sources and Hybrid Generating Systems", *Dissertation of The Ohio State University*, 2006
- [3] Kjaer, S.B., Pederson, J.K., and Blaabjerg, F., "A Review of Single-Phase Grid-Connected Inverters for Photovoltaic Modules", *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol.41, No.5, 2005
- [4] Medina, A., Hernandez J.C., and Jurado, F., "Optimal Placement and Sizing Procedure for PV Systems on Radial Distribution Systems", *Proceeding of 2006 International Conference on Power System Technology*, 2006
- [5] Rashid, M.H., "Power Electronic, Circuits, Devices, and Application", 2nd ed, Prentice -Hall International, Inc, 1991



Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

SEMINAR TEKNOLOGI INDUSTRI XIV
Kampus ITS Surabaya, 22-23 Juli 2009

PROCEEDING SEMINAR



Surabaya, 22-23 Juli 2009

ISBN : 979-545-043-3

SAMBUTAN DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI ITS

pada

Seminar, Workshop, dan Pameran Teknologi Industri ke-14

Tanggal 22-23 Juli 2009 di Kampus ITS-Sukolilo, Surabaya

Dengan Tema Pokok:

"Renewable Energy and Sustainable Development in Indonesia"

Assalamualaikum. Wr. Wb,

Pertama-tama marilah kita panjatkan Puji Syukur ke hadirat Allah SWT, yang atas ijin dan karuniaNya telah mempertemukan kita pada kesempatan yang berbahagia ini. Mudah-mudahan Seminar, Workshop, dan Pameran Teknologi Industri ke-14 ini dapat berjalan dengan sukses sesuai tujuannya, sehingga rumusan-rumusannya mampu memberikan kontribusi nyata terhadap permasalahan-permasalahan pembangunan industri nasional dan percepatan pengembangan energi terbarukan dan pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Seminar, Workshop, dan Pameran Teknologi Industri ke-14 yang diselenggarakan oleh Civitas Akademika Fakultas Teknologi Industri (FTI) ITS ini adalah merupakan kesinambungan seminar rutin yang diselenggarakan secara nasional sejak tahun 1985 oleh FTI-ITS. Sejak saat itu, seminar yang diselenggarakan selalu mengangkat perkembangan aktual di sektor industri dan permasalahan nasional. Dengan demikian, rumusan-rumusan yang dihasilkan dalam seminar tersebut dapat disumbangkan guna membantu memecahkan permasalahan nasional dan sedikit banyak mewarnai berbagai kebijakan nasional.

Sebagaimana dipahami bahwa energi adalah sumber daya yang strategis dan memegang peranan penting dalam pembangunan. Sektor energi masih menjadi sektor penting dalam perekonomian nasional yang menyumbang devisa yang cukup besar. Namun ironisnya, Indonesia sebagai negara yang sesungguhnya memiliki cadangan energi cukup besar, justru mengalami krisis energi. Krisis energi ini tentu saja berdampak pada industri yang ditandai dengan menurunnya kinerja industri nasional. Beruntung Indonesia memiliki sumber daya dan potensi energi terbarukan yang melimpah. Potensi yang berlimpah ini perlu dikembangkan secara intensif di dalam strategi kebijakan energi "*energy mix-policy*" nasional di masa datang.

Memahami permasalahan tersebut di atas, maka tepatlah bila Seminar Teknologi Industri ke-14 ini mengambil tema : "*Energi Terbarukan dan Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia*". Bahkan Seminar tahun ini disertai pula dengan pelaksanaan Workshop dengan sub-tema "*Peranan Stakeholders dalam Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia*" dan Pameran Teknologi di bidang energi terbarukan. Dengan tema tersebut, kegiatan ini diharapkan mampu menjadi wahana yang efektif untuk komunikasi antar praktisi dan peneliti serta sebagai usaha untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang strategi pemanfaatan energi terbarukan dan usaha peningkatannya.

Akhirnya, pada kesempatan yang baik ini, perkenankan kami menyampaikan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada seluruh pembicara utama, penyaji makalah, peserta, sponsor, seluruh civitas akademika FTI-ITS yang telah berusaha keras dengan penuh dedikasi dan semua pihak yang telah membantu suksesnya kegiatan ini. Semoga kerjasama yang telah kita bangun selama ini dapat terus kita tingkatkan di masa-masa mendatang. Kami mohon maaf atas segala kekurangan dan kekilafan, mudah-mudahan segala yang kita lakukan dan rumuskan dalam seminar ini dapat bermanfaat bagi kemajuan nusa, bangsa dan kemanusiaan.

Wassalamualaikum Wr., Wb.,

Surabaya, 22 Juli 2009

Fakultas Teknologi Industri – ITS
Dekan,

Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA

NIP. : 131 651 434

Tim Editor :

Dr. Maria Anityasari, S.T., M.E.
Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng.
Arief Rahman, S.T., M.Sc.
Dody Hartanto, S.T., M.T.
Ahmad Fatih Fudhla, S.T.
Wifqi Azlia, S.T.

ISBN : 979-545-043-3
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya - Indonesia
2009

Susunan Panitia Seminar Teknologi Industri XIV

**Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 22-23 Juli 2009**

Pelindung	: Rektor ITS
Penasehat	: Prof.Dr.Ir.Sulistijono, DEA (Dekan FTI ITS)
Steering Committee	
Ketua	: Ir. Budi Santosa, MS., PhD
Anggota	: Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M.Eng Dr. Ir. Mohammad Ashari, M.Eng Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng Ir. Mochtar Karokaro, MSc. Dr. Ir. Aulia M.T.Nasution, MSc Dr. Ir. Udi Subakti C, M.Eng.Sc
Organizing Comittee	
Ketua	: Dr. Maria Anityasari, S.T., M.E.
Sekretaris	: Arief Rahman, S.T., M.Sc. Drs. Rachmad Effendi
Bendahara	: Naning Wessiani, S.T., M.M. Drs. Ec. Moh. Toha
Sponsorship, Publikasi, & Dokumentasi Keseekretariatan	: Yudha Andrian, S.T. Hakun Wira, ST, MT : Drs. Imam Sapi'i Sunarto, S.Sos Nanang Setiyo Utomo
Perlengkapan & Transportasi	: Nugroho, S.T., S.E. Drs. Ngarbi
Konsumsi	: Dra. Hendra Suhartini
Divisi Seminar	
Makalah & Prosiding	: Yudha Prasetyawan, S.T., M.Eng. Dody Hartanto, S.T., M.T.
Acara & Protokoler	: Nani Kurniati, S.T., M.T. Ratna Sari Dewi, S.T., M.T.
Divisi Workshop	: Syarifa Hanoum, S.T., M.T.
Divisi Pameran	: Adithya Sudiarno, S.T., M.T. Niniet Indah A., S.T., M.T.

DAFTAR ISI

A. MANAJEMEN ENERGI

<i>Bali Electrical Energy Deman: Forecast and Supply Strategies</i> W. G. Ariastina I N. Setiawan I N. S. Kumara	_____	A01
Kajian Tekno Ekonomi Produksi Bioetanol di Indonesia sebagai Energi Alternatif Jangka Pendek dan Menengah Gede Wibawa Prabowo Heru Setyawan Hamzah Fanzuri	_____	A02
Program Eksploitasi Air Gua Plawan dengan Energi Terbarukan Risang Dipta Peramana	_____	A03
Paguyuban Air Minum Masyarakat Yogyakarta sebagai Sebuah Strategi Pemberdayaan Masyarakat dalam Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Pedesaan Anggit Prasadha	_____	A04
Potensi Batubara Kualitas Rendah (<i>Low Rank Coal</i>) sebagai Bahan Bakar <i>Power Plant</i> di Indonesia Winarsih Grastayana Suki Dicky Afrizal Gede Wibawa	_____	A05
<i>Desain Hybrid Sistem: Photovoltaic</i> dengan Mikrohidro untuk Energi Keberlanjutan dan Desa Mandiri Energi A. Khulaemi	_____	A06
Kajian Potensi Tenaga Angin untuk Tiga Lokasi Sampang, Mojokerto dan Nganjuk di Jawa Timur Ali Musyafa' Agus Dharma I Made Yulistiwa Negara Imam Robandi	_____	A07
<i>Benchmarking</i> Penggunaan Energi Listrik dan Termal Industri Semen Sudirman Palaloi	_____	A08
Peran Bahan Bakar Alternatif dalam Industri Semen Stefano Munir	_____	A09
Analisa Perilaku Konsumen Listrik Segmen R1 di Surabaya M. Anityasari D. Sinaga	_____	A10
Perancangan Model Konseptual dalam Pengembangan Industri Energy Terbarukan dari Bahan Baku Nabati melalui Pendekatan Klaster Industri Sri Gunani Partiwı Maria Anityasari Indah Baroroh	_____	A11
<i>Reduce of Emitting Greenhouse Gases as a Result of Fuel Efficiency on Aviation Maintenance Industry</i> Lia Yuanawati Cornelis Radjawane	_____	A12

Electricity Access for Remote Sub-Villages Around Bali: Local Resources and Technology Assessments

Nyoman S. Kumara W.G. Ariastina I A.D Giriantari W. Sukerayasa _____ A13

Kajian Efisiensi Penggunaan Air Conditioner (AC) dengan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA) dan Life Cycle Cost (LCC)

M. Anityasari P. Idawati _____ A14

B. PENGEMBANGAN ENERGI

Maximum Output Power Tracking dengan Metode Direct Field Oriented Control pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Stand Alone

Muldi Yuhendri Mochamad Ashari Mauridhi Hery Purnomo _____ B01

Jarak Pagar (*Jatropha curcas L*) sebagai Energi Terbarukan dan Penunjang Pembangunan Berkelanjutan

Roy Hendroko Tony Liwang _____ B02

Perengkahan Minyak Sawit dan Metil Ester Menggunakan Katalis HZSM-5 untuk Menghasilkan Biofuel

Nurjannah Irmawati A. Rosyadi Danawati H.P. _____ B03

Optimisasi Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Hibrida Diesel Generator - Battery - Panel Surya dengan Pelacak Daya Maksimum untuk Base Transceiver System (BTS)

M. Ashari S. Anam I.M. Yulistya Negara Arief Mustofa _____ B04

Pembuatan Biogas dari Limbah Berserat Tinggi melalui Proses Pretreatment Menggunakan Jamur *Phanerochaete chrysosporium*

M. Nur Taufik Julyafanny A. Nuniek Hendrianie _____ B05

Pengaruh Oktan Buster Terhadap Kualitas Biodiesel dari Biji Karet

M.Rachimoellah Asni Saleh Fitri Wahyuni _____ B06

Perancangan Sistem Kendali Tegangan Generator Induksi Terintegrasi dengan Buck-Boost Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Soediby Soediby Mochamad Ashari Imam Robandi _____ B07

Pengaruh Sulphate-Reduction Bacteria (SRB) terhadap Reduksi Gas H₂S pada Pembuatan Biogas dari Biotong

Endah Widya N. Yuana Veronika S. S.R. Juliastuti Nuniek Hendrianie _____ B08

Perancangan dan Implementasi Sistem Penghemat Listrik PLN untuk Daya 1300 Watt dengan Menggunakan Solar Panel

Albert Gunadhi _____ B09

**Pembangkit Listrik Hibrida Sel Surya - Genset Menggunakan Inverter
Multilevel untuk Daya Mandiri *Base Transceiver Station***

Bambang Sujanarko Mochamad Ashari Mauridhi Hery Purnomo

_____ B10

C. PROSES, TEKNOLOGI DAN SISTEM ENERGI

**Optimasi Desain Parameter Konsumsi Energi Alat Pemanas Bearing Model
U Tidak Simetris Menggunakan Prinsip Induksi Elektromagnetik dengan
Metode Taguchi**

Candra Bachtiyar Golfrid Gultom Hamdan S. Bintang

_____ C01

Pemodelan *Inverter* Satu Fasa *Single Pulse Width Modulation*

Yusran Mochamad Ashari Adi Soeprijanto

_____ C02

***Power Electronic Interface* pada Modul *Photovoltaic* yang Terhubung dengan
*Grid***

Yusran Mochamad Ashari Adi Soeprijanto

_____ C03

Transporting Switchgrass from Field to Bio-refinery

A. Larasati T. Liu Z. Yingjue

_____ C04

**Pengaruh Penggunaan *Unified Power Quality* dalam Memperbaiki Fluktuasi
Tegangan**

Wahyuni Martiningsih M. Ashari Adi Soeprijanto

_____ C05

**Penentuan Karakteristik Aerodinamika Aliran Melalui *Airfoil*
Joukowski/Pelat Datar pada Daerah *Endwall* (Kasus Sudut Serang 0o dan
5o)**

Fitrian Imaduddin Gunawan Nugroho Totok R. Biyanto

_____ C06

**Perancangan Sistem Informasi Perhotelan Terintegrasi dalam Laporan
Akuntansi Keuangan**

Dedi Rahardianto Moch. Arifin

_____ C07

Kinerja Bijih Besi Kalimantan Selatan sebagai Katalis Pencairan Batubara

Nining Sudini Ningrum Miftahul Huda Suganal

_____ C08

**Biodelignifikasi Secara Langsung pada Kayu Sengon dengan Enzim Lakase
dari Jamur *Trametes Versicolor***

Arief Widjaja Dwina Moentamaria Hery Wibowo

_____ C09

Hybrid Electrochemical Capacitor of IrO2 Nanocrystal and Hydrrous RuO2

D. Susanti D. S. Tai Sulistijono

_____ C10

**Pengaruh Suhu Karbonasi Terhadap Spesifikasi Semikokas sebagai Bahan
Baku Karbon Aktif**

Ika Monika Slamet Suprpto

_____ C11

Produktivitas Etanol dari Molases dengan Proses Fermentasi Kontinyu Menggunakan <i>Zymomonas mobilis</i> dengan Teknik Immobilisasi Sel K-Karaginan dalam Bioreaktor Packed-Bed	
Mulyanto Tri Widjaja Abdul Hakim M. Eko Frastiawan	_____ C12
Penggunaan Enzim <i>Xylanase</i> untuk Menurunkan Penggunaan Senyawa Berbasis Klor pada Proses Pengelantangan Ramah Lingkungan	
Arief Widjaja	_____ C13
Studi Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit dengan Katalis Heterogen dan Penggunaan Gelombang Ultrasonik	
A. Takwanto Mahfud Muharto	_____ C14
<i>Stress Intensity Factors for Interaction of a Crack with a Coated Hole</i>	
Alief Wikarta	_____ C15
Peningkatan Kualitas Coran Paduan Aluminium A356.0 dengan Cara Penambahan Magnesium dan Perlakuan Panas T6 Guna Penguatan Industri Otomotif	
Subowo Hari Subiyanto	_____ C16
Peningkatan Kualitas Coran Paduan Aluminium A356.0 dengan Metoda <i>Degassing Lance Pipe</i>, dan <i>Porous Plug</i> Guna Penguatan Industri Otomotif	
Hari Subiyanto Subowo	_____ C17
Pengaruh <i>Barium</i> dan <i>Stronsium</i> dalam Inokulan terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro <i>Cylinder Linear</i> BM-06 pada Proses Pengecoran Sentrifugal	
Sadino Rochman Rochiem Sigit Tri Wicaksono Mantya Hevar Rysta Kasih Dynok Dewi Setiawati	_____ C18
Pengaruh <i> Holding Time</i> pada Proses <i>Post Heat</i>, Laju Pendinginan dan Waktu Perendaman dalam Air Hujan terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pengelasan GTAW Baja T91	
Sadino Rochman Rochiem Moh. Farid Sigit Tri Wicaksono Much. Masrur	_____ C19
Studi Eksperimental Pengaruh Metode Perawatan (<i>Curing</i>) Beton terhadap Korosi Baja Tulangan pada Bagian Beton Bertulang yang Tidak Terendam Air	
Hasan Ash-shiddiqi Helena Carolina Kis Agustin	_____ C20
Studi Fase dan Mikrostruktur <i>Ytria Stabilized Zirconia</i> (8 YSZ) Akibat <i>Thermal Fatigue</i> sebagai Lapisan Perintang Panas untuk Aplikasi Temperatur Tinggi	
Rindang Fajarin Lukman Noerochim M. Ating Sulistijono	_____ C21

Studi Eksperimental Pengaruh <i>Inhibitor</i> Terhadap Korosi Baja Tulangan di Lingkungan Khlorida Melalui Metode Dipercepat Gunanto Widyasaputra H.C. Kis Agustin	C22
Studi Eksperimental dan Numerik tentang Pengaruh Penambahan Satu Buah Guide Vane Terhadap Pressure Drop Aliran di dalam Rectangular Elbow 90o pada Angka Reynolds 120000 Sutardi Ibnu Affan	C23
Kajian Penggunaan Sistem Refrigerasi Absorpsi pada Tata Udara Automobil Denny M.E. Soedjono	C24
Pengaruh Penggunaan Gasifikasi Batubara Terhadap Kinerja Mesin <i>Diesel</i> Sistem <i>Dual Fuel</i> Slamet Suprpto	C25
Reduksi Kerugian Sekunder pada Daerah <i>Rotor-Hub</i> Kompresor Aksial Melalui Penambahan <i>Blade Leading Edge Fairing</i> Heru Mirmanto Herman Sasongko	C26
Studi Eksperimental Tentang Karakteristik Aliran Fluida Melintasi Silinder Sirkular yang Diganggu Ellips ($A/B=1/3$) Teriris (10%) Afina S. Indah K. S. Riska M.M. Wawan A.W. Triyogi Y.	C27
Uji Unjuk Kerja Campuran CJO (Crude Jatropa Oil) - Kerosin dengan Pre-Heating pada Motor Diesel Putaran Konstan Atok Setiyawan Erik Henriko Eddy Hartono	C28
<i>Experimental Investigation on Flame Stability and Emissions of Natural Gas/Air Mixture Combustion within SiSiC Porous Burner</i> Yosef Manik Neda Djordjevic Nikolaos Zarzaliz	C29
<i>Mass- and Energy Balance of a Municipal Solid Waste Incinerator</i> Yosef Manik	C30
Karakterisasi Struktur Mikro dan Perubahan Fasa NiCoCrAlY sebagai Material Perintang Panas Hariyati P. Lukman N. Rindang F. Jutfi A.H. Sulistijono	C31
<i>Five Years Experience on PV-Diesel Hybrid System in Ponelo Island</i> Adjat Sudradjat	C32
Pengaruh Waktu Tahan Proses Pemanasan Partikel Al_2O_3 Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Isotropik Al/Al_2O_3 Widyastuti A.O. Riani Sadino	C33

D. RUANG LINGKUP LAINNYA

- Pengaruh *Liquid Hot Water* Terhadap Perubahan Struktur Sel Bagas**
Orchidea Rachmaniah Lisa Febriyanti S. Khoir Lazuardi _____ D01
- Karakterisasi Profil Tanah Dengan Menggunakan Analisa Kurva Dispersi.
Studi Kasus: Kampus Geomatika FTSP ITS Surabaya**
Hisbulloh Huda _____ D02
- Kombinasi *Idef0* Dan *Soft Systems Methodology 4 Stage* Dengan *Voting*
Sebagai Langkah *Debating* Untuk Analisa Kinerja Sistem Manufaktur
(Studi kasus ; *The Order Handling Manufacturing Systems*)**
Slamet Budiarto _____ D03
- Program Manajemen Ergonomi Pada Pengolahan Limbah Sabut Kelapa
Menjadi Industri Kreatif yang Berkelanjutan**
Eko Nurmianto Waluyohadi Idrus Arsyad Agung Puguh Irawan Utama _____ D04
- Implementasi Ergonomi Makro Dan Teknologi Pangan Dalam Mengelola
Limbah Ikan Menjadi Produk Makanan Yang Sustainable**
Eko Nurmianto Nugroho Priyo Waluyohadi Retnani Rahmiati Radiq Wahyu
Sasmito Hadi Irawan Utama Mairina Anggarini _____ D05
- Peran Ergonomi Makro Dan Desain Produk Kerajinan Dalam Mengolah
Limbah Pantai Menjadi Produk Kreatif (*Best Practice*: Pelaksanaan CSR di
PT. PowerGen Jawa Timur, Probolinggo)**
Eko Nurmianto Lantip Trisunarno John Hardi Nugroho Priyo Waluyohadi
Etty Nurhayati Irawan Utama Mairina Anggarini _____ D06
- Perancangan Prototipe *Safety Knowledge Management* pada Program
Peningkatan Implementasi Keselamatan Kesehatan Kerja (Studi
Kasus:Perusahaan Pupuk Nasional)**
Arief Rahman Ratna Sari Dewi Eny Yuli Astutik _____ D07
- Model Integrasi *Supply Chain Management* Untuk Peningkatan Daya Saing
Pada Industri Konstruksi**
Abriyani Sulistyawan _____ D08
- Kajian Numerik Atomisasi dan Pembakaran pada *Coal Water Mixture*
Menggunakan Injektor Type *Air Assisted Spray Injector* dan *Swirler* Udara**
Suroto Bambang Sudarmanta _____ D09