

ISSN: 2477 - 2097

**SENTRINOV**

Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif 2016



POLITEKNIK NEGERI SEMARANG



POLITEKNIK NEGERI MALANG



POLITEKNIK NEGERI BALI

# SEMINAR NASIONAL TERAPAN RISET INOVATIF 2016

**"Inovasi Teknologi Cerdas dalam  
Pembangunan Bangsa Berkelanjutan"**

Vol: 01, 2016

# PROSIDING SENTRINOV

**Semarang, 15-16 Oktober 2016**

**Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M)  
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG  
Oktober 2016**

**Inovasi Teknologi Cerdas dalam Pembangunan Bangsa Berkelanjutan**

PROSIDING SENTRINOV Vol. 01, Tahun 2016 | ISSN: 2477 – 2097

Junaidi, Mardiyono (editor)

**SEMINAR NASIONAL TERAPAN RISET INOVATIF (SENTRINOV) 2016**

merupakan konferensi nasional yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Semarang untuk memfasilitasi para peneliti, akademisi dan praktisi industri dalam mempresentasikan hasil riset mereka yang bersifat terapan dan inovatif.

© 2016. dipublikasikan oleh P3M (Pusat Penelitian &amp; Pengabdian kepada Masyarakat)

**P3M**

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang Semarang

E Mail: [up2mpilines@gmail.com](mailto:up2mpilines@gmail.com), [p3m.polines@polines.ac.id](mailto:p3m.polines@polines.ac.id)Website: <http://p3m.polines.ac.id>

Foto Cover : Iwan Hermawan

disain Cover : Iwan Hermawan

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmaan dan rohiimNya sehingga Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) 2016 dapat diselenggarakan di Kota Semarang, Ibu Kota Jawa Tengah. Seminar ini merupakan konferensi nasional yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Semarang yang bekerjasama dengan Politeknik Negeri Malang dan Politeknik Negeri Bali untuk memfasilitasi para peneliti, akademisi dan praktisi industri dalam mempresentasikan hasil riset mereka yang bersifat terapan dan inovatif. SENTRINOV diselenggarakan setiap tahun, dinamakan Tahun 2016 ini adalah SENTRINOV yang ke dua dengan tema seminar: "Inovasi Teknologi Cerdas dalam Pembangunan Bangsa Berkelanjutan". Seminar ini juga bekerja sama dengan IAES (*Institute of Advanced Engineering and Science*) untuk mempublikasikan makalah-makalah yang terpilih dalam jurnal terindex Scopus (IJECE, Telkomika, dan IJEECS) dan DOAJ (IJAAS). Disamping itu prosiding dari seminar ini akan terindeks oleh IPI Portal Garuda dan Google Scholar. Dengan terlaksananya seminar ini diharapkan semakin mendekatkan hasil penelitian yang bersifat terapan dan inovatif ke tahap industrialisasi, komersialisasi dan pemanfaatan publik.

SENTRINOV 2016 diselenggarakan di Hotel Star Semarang pada 15 Oktober 2016 dengan menghadirkan dua *keynote speaker*, yaitu: Prof. Madya. Dr. Roszilah Hamid, seorang pakar Konstruksi Sipil dari Malaysia dan juga *Head Education Research Center, Faculty Engineering and Built Environment*, Universiti Kebangsaan Malaysia dan Dr. Mohammad Faisal, seorang pakar ekonomi makro dan juga Direktur CORE (*Center of Reform on Economics*) Indonesia. Terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada beliau berdua yang bersedia berbagi pengetahuan, keahlian, dan pengalamannya dalam seminar ini. Dalam SENTRINOV 2016 ini Panitia telah menerima 71 artikel dari penulis yang berasal dari 11 institusi dan 6 propinsi di Indonesia.

Kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moral maupun material sehingga seminar ini terselenggara dengan lancar, diantaranya para ahli yang tergabung dalam *Scientific Committee* yang memberi masukan dan saran untuk menghasilkan seminar berkualitas. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Pimpinan dan civitas akademika Politeknik Negeri Semarang atas dukungan kebijakan dan sarana prasarana sehingga kegiatan ini berjalan dengan lancar. Terima kasih dan penghargaan juga kami sampaikan kepada pihak mitra sponsor yang telah mendukung acara ini. Terima kasih juga kepada para pemakalah, presenter, moderator dan semua peserta yang telah berpartisipasi dalam seminar ini.

Kami mohon maaf apabila ada kekurangan dan kelemahan dalam menyelenggarakan kegiatan ini, kritik dan saran sangat kami harapkan agar perbaikan pelaksanaan SENTRINOV di tahun-tahun mendatang. Semoga hasil SENTRINOV 2016 di Politeknik Negeri Semarang ini dapat menambah pengembangan pengetahuan dan teknologi, serta bermanfaat bagi masyarakat. Akhirnya kami ucapkan selamat berjumpa kembali dalam Sentrinov 2017 mendatang yang akan dilaksanakan di Kota Malang dengan tuan rumah penyelenggara Politeknik Negeri Malang.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Semarang, 15 Oktober 2016

Ketua Panitia

SENTRINOV 2016

Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T.

**KATA Sambutan**  
**Kepala P3M Polines**

Assalamu'alaikum wr wb.

Puji syukur kepada Alloh SWT atas limpahan rahmaan dan rohiimNya sehingga prosiding dapat diterbitkan. Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Semarang (Polines) berkomitmen meningkatkan publikasi ilmiah dengan mendorong peneliti mempublikasikan hasil-hasil penelitian melalui seminar nasional.

Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) merupakan seminar nasional yang sejalan dengan program hilirisasi hasil penelitian yang dicanangkan oleh Kementerian Ristek dikti dan juga menjadi agenda tahunan sebagai media komunikasi dan publikasi riset terapan yang inovatif. SENTRINOV 2016 ini merupakan pelaksanaan seminar nasional kedua di Kota Semarang dan diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Semarang. Berbeda dengan pelaksanaan tahun sebelumnya, pelaksanaan tahun ini Polines bekerjasama dengan Politeknik Negeri Malang dan Politeknik Negeri Bali sebagai mitra penyelenggara. Untuk kegiatan SENTRINOV tahun-tahun berikutnya direncanakan akan diselenggarakan di Kota Malang dan Denpasar dengan tuan rumah penyelenggara Politeknik Negeri Malang serta Politeknik Negeri Bali. Tidak menutup kemungkinan, politeknik atau perguruan tinggi vokasi lainnya untuk bergabung dalam konsorsium ini guna lebih meningkatkan dan menyebarluaskan atau desiminisasi dan hilirisasi hasil-hasil penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan.

SENTRINOV 2016 mengangkat tema "Inovasi Teknologi Cerdas dalam Pembangunan Bangsa Berkelanjutan" diikuti oleh 11 perguruan tinggi negeri dan swasta se-Indonesia. Hasil karya ilmiah para peneliti, setelah melalui proses review dituangkan dalam prosiding ini.

Akhir kata kami mengucapkan terimakasih kepada Prof. Madya. Dr. Roszilah Hamid, *Head Education Research Center, Faculty Engineering and Built Environment*, Universiti Kebangsaan Malaysia dan Dr. Mohammad Faisal, Direktur CORE (*Center of Reform on Economics*) Indonesia yang berkenan bertindak sebagai narasumber, Polinema dan PNB sebagai *co-organizers*, Tim reviewer, pemakalah, panita dan seluruh peserta atas terselenggaranya SENTRINOV 2016.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Semarang, 15 Oktober 2016

Kepala P3M,

Politeknik Negeri Semarang

Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, S.T., M.T.

**PANITIA SENTRINOV 2016**

Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, S.T., M.T. – Penanggung Jawab  
Siti Arbainah, S.E., M.M. – Pengarah Teknis  
Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T.– Ketua Pelaksana  
Dra. Mardinawati, M.M. – Koordinator Administrasi dan Keuangan  
Drs. M. Asrori, M.Si.– Koordinator Acara dan Ceremonial  
Dra. Nur Rini, M.Pd.– Tim Acara dan Ceremonial  
Suharto, Ir., M.Pd.– Tim Sponsorship dan Kerjasama  
Syahid, S.T., M.Eng. – Tim Sponsorship dan Kerjasama  
Dr. Amin Suharjono, S.T., M.T. – Tim Call For Paper dan Review  
Mardiyono, S. Kom, M.Sc. – Tim Call For Paper dan Review  
Nikmatuniayah, S.E. M.Si. Akt. – Tim Call For Paper dan Review  
Iwan Hermawan, S.Kom., M.T.– Publikasi dan Dokumentasi  
Prayitno, S.T., M.T. – Publikasi dan Dokumentasi  
Junaidi, S.T., M.Eng. – Tim Editor dan Prosiding  
Hery Tristijanto, S.T., M.Eng. – Tim Editor dan Prosiding  
Lilie Triyono, S,T., M.Kom. – Tim Editor dan Prosiding  
Dra. Siti Nur Barokah, M.M. – Tim Konsumsi dan Perlengkapan  
Aryanti Sari Dewi, A.Md. – Administrasi  
Zuhara Nur dintha – Administrasi  
Mulyono, A.Md. – Administrasi

**DEWAN REDAKSI**

Dr. Eng. Sidiq Syamsul Hidayat, S.T., M.T.

Siti Arbainah, S.E. M.M.

Hery Tristijanto, S.T., M.Eng.

Siti Nur Barokah, S.E., M.M.

**SCIENTIFIC COMMITTEE**

Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, S.T., M.M., M.T. (UNDIP)  
Dr. Suharnomo, S.E., M.Si. (Manajemen UNDIP)  
Dr. Hj. Nunuy Nur Afiah, S.E., MSi,Ak. (UNPAD)  
Ratih Indri Hapsari, S.T., M.T., Ph.D. (POLINEMA)  
Indrazno Siradjuddin, S.T., M.T., Ph.D. (POLINEMA)  
Dr. Eng. Faisal Rahutomo, S.T., M.Com. (POLINEMA)  
Dr. Eng. Anggit Murdani, S.T., M.Eng. (POLINEMA)  
Dr. Ir. I Made Suarta, S.E., M.T. (PNB)  
Dr. I Ketut Budarma, M.Par., MMTHRL (PNB)  
Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Eng. (PNB)  
Dr. Ir. Prima Kristalina, M.Kom. (PENS)  
Dr. Lukito Edi Nugroho (UGM)  
Dr. Kurnia Ekasari, S.E., M.Si., Akt. (POLINEMA)  
Dr. Moechammad Sarosa, Dipl.Ing., M.T. (POLINEMA)  
Dr. Hardiwinoto, S.E., M.Si. (UNIMUS)  
Dr. Ari Kamayanti, S.E., M.Si., Akt. (UB)  
Dr. Aji Dedi Mulawarman, S.E., M.Si., Ak. (UB)  
Dr. Oman Rusmana, S.E., M.Si.,Ak. (UNSOED)  
Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., MSc. (UNNES)  
Dr. Fatchul Arifin, S.T. M.T. (UNY)  
Bambang Supriyo, BSEE, M.Eng.SC., PhD. (POLINES)  
Dr. Samuel Beta K., , ING.TECH., M.T. (POLINES)  
Dr. Eni Dwi Wardihani, S.T., M.T. (POLINES)  
Dr. Sugeng Ariyono, B. Eng, M. Eng. (POLINES)  
Dr. Sri Hardiningsih, H.S., M. Hum. (POLINES)  
Dr. Jozef Bambang Tri Joga, Drs, M.Pd. (POLINES)  
Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T. (POLINES)  
Dr. Drs. Edy Suhartono, M.Si. (POLINES)  
Dr. Drs. Anwar Sukito Ardjo, M Kom. (POLINES)  
Dr. Amin Suharjono, S.T., M.T. (POLINES)  
Dr. Sidiq Syamsul Hidayat, S.T., M.T. (POLINES)

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	ii
SAMBUTAN KEPALA P3M POLINES .....	iii
PANITIA SENTRINOV 2016 .....	iv
DEWAN REDAKSI .....	v
SCIENTIFIC COMMITTEE .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
KEYNOTE SPEAKER .....	1

## DAFTAR ABSTRAK MAKALAH PRESENTASI

**Bidang Kajian: Sains dan Teknologi Terapan**

Korpus Berita Daring Bahasa Indonesia Dengan <i>Depth First Focused Crawling</i> <i>Aad Miqdad Muadz Muzad, Faisal Rahutomo</i> .....	11
Pengembangan Aplikasi Kaleidoskop Berita Otomatis Berbahasa Indonesia <i>Afri Yosela Putri, Faisal Rahutomo</i> .....	12
Peningkatan Usaha Klaster Industri Kecil Kerajinan Serok Dari Bahan Kayu Di Magelang <i>Ahmad Supriyadi, Sri Harmanto, Adi Listiono</i> .....	13
Rancang Bangun Sistem Telemetry Secara Real Time Data Besaran Listrik Di Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Semarang <i>Ainun Widi Cahyaningrum, Juni Prasetyo, Rizal Kurniawan, Septy Wilda Kusuma, Syahid</i> .....	14
Model Dan Perancangan Kontrol Industri Berbasis <i>Networked Control System</i> (NCS) Menggunakan Arduino <i>Ari Sriyanto N., Wahyu Sulistiyo, Thomas Agung Setyawan</i> .....	15
Aktivitas Katalitik Limbah <i>Wire Plating Sludge</i> Pada Pembakaran Batu Bara <i>Armi Wulanawati, Mohammad Khotib, Sri Mulijani, And Eristiady Febryanwar</i> .....	16
Rancang Bangun Mesin <i>Wood Plastic Composite Screw Extrusion Molding</i> (Bagian Dari Prototipe Unit Produksi Panel Komposit Kayu Plastik Untuk Dinding Dan Lantai) <i>Aryo Satito</i> .....	17
Studi Simulasi Penggunaan Nozzle-Diffuser Savonius Tandem Pada Turbin Air Cross Flow Sumbu Vertikal (CROSSVAT) <i>Bagus Wahyudi, Satworo Adi Widodo</i> .....	18



Analisis Daya Tahan Baterai Dan Akurasi Pengukuran Sensor Suhu Dan Kelembaban Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Mesin Pengering Gabah <i>Bimo Ajie Nugroho, Sidiq Syamsul Hidayat, Amin Suharjono</i> .....	19
Pola Retak Lentur Geser Balok Beton Bertulang Dengan <i>Orthotropic Model</i> <i>Dedi Budi Setiawan</i> .....	21
Sistem <i>Tracking</i> Robot Pada Rule Terbatas Menggunakan GPS <i>Tracker</i> Berbasis Android <i>Dhesi Wardhani, Eni Dwi Wardihani, Amin Suharjono</i> .....	23
Pintu Morse: “Pintu Morse: Kode Ketukan Pada Pintu Berbasis Mikrokontroler Sebagai Sistem Penguncian, Bel Pintu, Dan Notifikasi Melalui Pesan Singkat” <i>Dita Nur Ismi, Sakka Fatahillah, Abdul Basith Faiz Al-Ahmad, Aprilla Putri Hardiyanti, M. Mahfud Farid Taufiqi</i> .....	24
Aplikasi Metode <i>Hill-Climb Search</i> Untuk Ekstraksi Daya Maksimum Pada Sistem Konversi Energi Angin <i>Dwiana Hendrawati, M. Denny Surindra</i> .....	25
Studi Awal Klasifikasi Artikel Wikipedia Bahasa Indonesia Dengan Menggunakan Metoda <i>K Nearest Neighbor</i> <i>Erik Hardiyanto, Faisal Rahutomo</i> .....	26
Analisis Komparasi <i>Cache Replacement Algorithm</i> Untuk Meningkatkan Kinerja <i>Proxy Server</i> Pasar Grosir Pekalongan <i>Eskandaru Erin Sadewa, Muhammad Anif, Sidiq Syamsul Hidayat</i> .....	27
Peningkatan Kualitas Serat Rekel Untuk Bahan Komposit Sebagai Bahan Komponen Kendaraan Bermotor <i>Herwandi, Robert Napitupulu</i> .....	29
Situasi Dan Permasalahan Parkir On-Street Di Kawasan Pusat Kota Malang <i>Imma Widyawati Agustin</i> .....	30
GAMANIK "Galah Mangga Elektronik" Alat Pemetik Buah Mangga Elektronik Dengan Pisau Pemotong <i>Rotary</i> Berbasis <i>Scissor Mechanism</i> Dan Kontrol Radio Frekuensi <i>Johan Bayu Prakoso, Retno Dwi Aryani, Muhammad Nur Faiz, Ilham Afif Bukhori, Novita Erma Putri Lestari</i> .....	31
Analisis <i>Performance</i> Fitur Bentuk, Warna Dan Tekstur Citra Pada Penelusuran Informasi Aset Berbasis <i>CBIR</i> <i>Jumi, Achmad Zaenuddin</i> .....	32
Studi Awal Pembentukan Lubang Gerusan Dan Lapis Armor Pada Proses Gerusan Di Hilir Bed Sill <i>Junaidi, Ukiman, Risman</i> .....	33

Pemutihan Tepung Porang ( <i>Amorphophallus Onchophyllus</i> ) Menggunakan Natrium Metabisulfit Dan Vitamin C <i>Kristinah Haryani, Suharto, Suryanto, Sarana, Teguh Budi Santosa .....</i>	34
Perilaku Lentur Balok Aplikasi Tulangan Komposit Dengan Perlakuan Beda Mutu Serta Workability Untuk Konstruksi Bangunan Gedung <i>Marsudi, Martono .....</i>	36
Rancang Bangun Mesin Pemeras Tepung Beras Aruk <i>Muhammad Subhan, Zaldy Kurniawan .....</i>	39
Iptek Bagi Masyarakat Kelompok Peternak Ayam Bangkok Banyumanik <i>Nanang Budi Sriyanto, Hery Purnomo, Daryadi .....</i>	39
Mesin Pengupas Biji Jenitri Sistem Rotari Untuk Membantu UKM Pengrajin Biji-Bijian Langka <i>Paryono, Agus Suwondo, Teguh Budi Santoso .....</i>	41
Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses Elektrokoagulasi <i>Prayitno, Sri Rulianah, Anang Takwanto .....</i>	42
Rancang Bangun Alat Penghitung Jumlah Benih Ikan Menggunakan Logika Matrix Berbasis Microcontroller <i>Purwanto, Unang Achlisən .....</i>	43
Optimasi Proses <i>Electrical Discharge Machining Singking</i> Material Aisi 4340 Menggunakan <i>Back Propagation Artificial Neural Network–Genetic Algorithm</i> <i>Robert Napitupulu, Yuriko Adeputra, Dan Otto Purnawarman .....</i>	45
LOLIS ( <i>Load Limiting System</i> ) <i>Roni Apriantoro, Ardi Firmansyah, Tri Utami, Tohirin, Amin Suharjono.....</i>	47
Alat Pendeteksi Kecelakaan Pada Mobil Dan Pengirim Informasi Lokasi Kecelakaan Kepada Pihak Berwajib <i>Sofiani Putri, Fatima Cikal N A, Alang Mafuzakaria, Tegar Priambudi, Muhammad Ali Ma'sum, Sidiq Syamsul Hidayat .....</i>	48
Peningkatan Usaha Lukisan Cat Pada Kerajinan Coran Aluminium Di Juwana Pati Jawa Tengah <i>Sri Harmanto, Ahmad Supriyadi, Moch. Abdul Kodir .....</i>	49
Pengaruh Temperatur Penuangan Terhadap Kekerasan Dan Porositas Pada Cetakan Logam <i>Sri Harmanto, Ahmad Supriyadi, Riles Melvy Wattimena .....</i>	50
Kekuatan Lentur Dan Tekuk Beton Pengganti Agregat Kasar Dengan Limbah Kantong Plastik <i>Sudarmo, Karnawan Joko Setiono, Anung Suwarno .....</i>	51

Rig Desain Untuk Cam Penggerak <i>Elektro-Mechanical Single Acting Pulley Actuator Continuously Variable Transmission (EMSAPA-CVT)</i> Pada Sepeda Motor <i>Sugeng Ariyono, Sumiyarso B. Sutadi Ly., Carli, Dan Supriyo B. ....</i>	52
Pengembangan Rancang Bangun Canting Batik Cap Berkualitas Biaya Murah <i>Suharto, Suryanto, Sarana ....</i>	53
Strategi Pengembangan Budidaya Kerang Hijau ( <i>Pernaviridis</i> ) Dengan Metode <i>Floating Box</i> Di Kota Tegal <i>Sutaman, Sri Mulatsih, Narto ....</i>	55
Pemanfaatan Teknologi Pengering Gabah Tipe Resirkulasi Di Desa Cepoko Sawit Kecamatan Sawit Kabupaten Boyolali <i>Syahid, Subuh Pramono, Yusuf Herlambang ....</i>	56
Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Adsorben Polutan Pada Mesin Bensin <i>Yuniarto Agus W. ....</i>	57
<b>Bidang Kajian: Sosial, Ekonomi dan Humaniora Terapan</b>	
Pengembangan Produk Olahan Berbasis Sumber Daya Ekonomi Perdesaan (Kasus : Produk Olahan Hasil Pertanian Sentra Buah Desa Cabean, Kabupaten Demak) <i>Achma Hendra Setiawan, Darwanto, Suharnomo, Dan Anis Chariri ....</i>	59
Inovasi Teknologi Pelacakan Dan Tarif Cukai Untuk Membuat Penyelundupan Rokok Kurang Menguntungkan <i>Agung Budilaksono, Triyono ....</i>	60
Akuntansi Aset Biologis Tanaman Kelapa Berbasis <i>International Accounting Standards (IAS) 41</i> <i>Anita L.V. Wauran, Jeffry Rengku, Joseph N. Tangon ....</i>	61
Vocational Pedagogy: From Theory To Practice <i>Ardian Wahyu Setiawan ....</i>	62
Pengembangan Desa Wisata Berbasis Konservasi Dan Edukasi Pertanian Organik <i>Arif Pujiyono, Darwanto, Purbayu Budi Santosa, Edy Yusuf, Dan Budi Raharjo ....</i>	63
Pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi Sebagai Pengembangan Profesional Dosen Politeknik <i>Eddy Triyono ....</i>	64

Model Pengembangan Wilayah Berdaya Saing Berbasis Pada Kompetensi Inti Di Kabupaten Semarang <i>Eka Murtiasri</i> .....	65
Peningkatan Nilai Tambah Industri Wayang Kulit Melalui Penyiapan Destinasi Wisata Pendidikan, Seni Dan Budaya <i>Eka Murtiasri, Suharto, Sartono</i> .....	67
<i>Adventure Of Jaka Kendil: Sebagai Upaya Pelestarian Budaya Lokal</i> <i>Eko Harry Pratisto, Liliek Triyono, Agus Purnomo</i> .....	69
Strategi Penjualan Online Produk Celengan Dari Barang Bekas Dengan Pernik Batik <i>Enita, Anissa, Azmi, Khumaira, Rahmat, Sulasih</i> .....	70
IbM UKM Piring Kertas <i>Hadiahti Utami, Siti Nur Barokah, Supandi</i> .....	72
Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu, Kelembaban Dan Level Larutan Nutrisi Pada Budidaya Tanaman Hidroponik Tipe <i>Nutrient Film Technique</i> (NFT) Berbasis Web <i>Helmy, Arif Nursyahid, Thomas Agung Setyawan, Abu Hasan, Eni Dwi Wardihani, Ari Sriyanto Nugroho</i> .....	73
Aplikasi Model <i>Artificial Neural Network</i> Pada Analisis Determinan Profitabilitas Bank Syariah (Studi Empiris Pada Bank Syariah Di Indonesia Periode 2006.Q1 – 2016.Q1) <i>Hantoro Ksaid Notolegowo, Arif Pujiyono</i> .....	74
Katalog <i>Virtual Reality E-Tourism</i> Berbasis Video 360 Sebagai Konten Digital Kreatif Bagi Media Simulasi Profil Destinasi Wisata <i>Iwan Hermawan</i> .....	75
Model COBIT Dalam Perencanaan Sistem Informasi Pada UKM Industri Kreatif Berbasis Kerajinan Logam Dan Pis Kepeng Kuningan (Studi Kasus UD. Sinar Abadi Dan UD. Karya Logam Di Juwana) <i>Iwan Hermawan, Mustakiem, F. Jafier, Ariyawan Wp, Suwardi</i> .....	76
Pengembangan Model Strategi Bersaing <i>Quantitative Strategic Planning Matrix</i> (QSPM) <i>Ivoletti Walukow, Shane A. Pangemanan</i> .....	78
Pengembangan Usaha Ekonomi Kreatif Berbasis Pedesaan Di Kabupaten Minahasa Utara <i>Jeffry O. Rengku, Nixon Sondakh, Loula L. L. Walangitan</i> .....	79
Penerapan Ipteks Produk Torakur Melalui Manajemen Ekspor, Keuangan Dan Akuntansi <i>Lardin Korawijayanti, Bambang Sumiyarso Dan Marliyati</i> .....	80

Penerapan Iptek Pada Kelompok Pengrajin Tas Teratai Temanggung <i>Mardinawati, Ulfah Hidayati, Kunto Purbono</i> .....	82
Karakteristik Industri Kreatif Di Jawa Tengah Menghadapi <i>Asean Economic Community</i> <i>Marliyati, Lardin Korawijayanti, Ulfah Hidayati</i> .....	83
IbPE Pada Industri Tenun Troso Kabupaten Jepara Jawa Tengah <i>Muhammad Asrori, Zaenal Abidin, Noor Suroija</i> .....	84
Pengembangan Model Pembelajaran Pemasaran Internasional Berbasis Web Modular Di Jurusan Administrasi Niaga Politeknik Negeri Malang <i>Mohammad Maskan, Deddy Kusbianto Purwoko Aji, Mustofa Hadi, Ludfi Djajanto</i> .....	86
Rancang Bangun Sistem Informasi UKM Sebagai Sarana Perdagangan Batik Dengan <i>E-Marketplace</i> Di Pekalongan <i>Muhammad Rizky Akbar, Sarana, Agus Suwondo</i> .....	87
Manajemen Strategis Pengelolaan Zakat Badan Amil Zakat Nasional (BAZNAS) Kota Semarang <i>Nikmatuniayah, Lilis Mardiana A.</i> .....	88
IbM Pada Kelompok Sadar Wisata Pandanaran Di Desa Wisata Kandri, Kecamatan Gunung Pati, Semarang <i>Noor Suroija, Subandi, Muhammad Asrori</i> .....	89
Pemberdayaan Peternak Cacing Tanah Di Desa Keji Ungaran Barat Kabupaten Semarang <i>Petrus Maharsi</i> .....	91
Peningkatan Kualitas Produk Dan Kompetensi Pengrajin Kulit M Zed Production Dan Lis'A'Collection Temanggung <i>Sandi Supaya, Sam'ani, Poniman</i> .....	92
Varibel Penentu Penguatan Kelembagaan Dan Usaha Koperasi Simpan Pinjam Dalam Rangka Peningkatan Kinerja <i>Sri Widiyati, Th. Tyas Listyani</i> .....	93
Pemberdayaan Usaha Mikro Emping Ketan Khas Kendal Berbasis Kebutuhan <i>Siti Arbainah, Jati Handayani, Wiwik Purwati W.</i> .....	94
Pemasaran <i>Words Of Mouth (WOM)</i> Pada Bisnis Ritel Pasar Modern Berbasis Pesan Komunikasi Pelanggan <i>Siti Arbainah, Sugiarti, Hadiahti Utami</i> .....	95
Penerapan Iptek Pada Usaha Kue Dan Makanan Di Tegalsari Kota Surakarta <i>Sugiarti, Aris Sunindyo</i> .....	96

Analisis Aspek-Aspek Ujian Esai Daring Berbahasa Indonesia <i>Trisna Ari Roshinta, Faisal Rahutomo</i> .....	97
Penerapan Iptek Pada Usaha Kerajinan Sarung Goyor Di Kecamatan Kalijambe Kabupaten Sragen <i>Tutik Dwi Karyanti, Sartono</i> .....	98

**AKTIVITAS KATALITIK LIMBAH WIRE PLATING SLUDGE PADA  
PEMBAKARAN BATU BARA****Armi Wulanawati<sup>1)</sup>, Mohammad Khotib<sup>1)</sup>, Sri Mulijani<sup>1)</sup>, And Eristiady  
Febryanwar<sup>1)</sup>**<sup>1</sup>Kimia, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680  
E-mail: armiwulanawati@yahoo.com**Abstract**

A catalyst burning is an ingredient additive added to fuel as like coal, in order to increase energy production. A catalyst can be alkali metal, metal alkaline soil, and metal transition. In this study, a catalyst made from sewage sludge wire electroplating which contains high heavy metals and dispersed into the mix vegetable oils, water, and surfactant Berol 226. The catalyst concentration in coal type subbitumin used ( the energy value is 5235.09 cal/ g ) is  $\pm 0.1$  % b/b. Sludge wire plating was varied into 4 type catalyst, namely 2 % sludge, 3% sludge, 2% and 3% oxalic acid, and 3% sludge and 3% oxalic acid. The results of the activity catalytic committed using analyzer thermal differential obtained the increasing efficiency burning coal up to 73% by the addition of a catalyst 3% sludge and 3% oxalic acid in burning coal.

**Keywords:** *wire plating sludge, catalyst, coal***Abstrak**

Katalis pembakaran merupakan bahan aditif yang ditambahkan pada bahan bakar seperti batu bara, sehingga energi yang dihasilkan meningkat. Katalis dapat berupa logam alkali, logam alkali tanah, dan logam transisi. Pada penelitian ini, katalis dibuat dari limbah *wire plating sludge* yang memiliki kandungan logam cukup tinggi dan didispersikan ke dalam campuran minyak nabati, air, dan surfaktan Berol 226. Konsentrasi katalis di dalam batu bara jenis subbitumin yang digunakan (nilai kalor 5235.09 kal/g) adalah  $\pm 0.1$ % b/b. Limbah *wire plating sludge* ini divariasikan ke dalam 4 jenis katalis, yaitu 2% *sludge*, 3% *sludge*, 2% *sludge* dan 3% asam oksalat serta 3% *sludge* dan 3% asam oksalat. Hasil uji aktivitas katalitik yang dilakukan menggunakan penganalisis termal diferensial diperoleh adanya peningkatan efisiensi pembakaran batu bara hingga mencapai 73% dengan penambahan katalis 3% *sludge* dan 3% asam oksalat pada pembakaran batu bara.

**Kata Kunci:** *wire plating sludge, katalis, batu bara***PENDAHULUAN**

Pembakaran batu bara merupakan salah satu cara penting memanfaatkan batu bara dalam menghasilkan energi alternatif yang relatif murah. Namun, penggunaan batu bara dapat menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan baik berupa limbah gas maupun padat seperti NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dan partikulat (Muchjidin, 2006). Emisi NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub> selama pembakaran dapat menyebabkan hujan asam dan fotokimia (Guan *et al.*, 2003). Keberadaan zat-zat pencemar sekaligus berakibat menurunkan efisiensi pembakaran batu bara. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan logam alkali, logam alkali tanah, atau logam transisi yang bertindak sebagai katalis (Zhou *et al.*, 2010). Penelitian Ovez (2007) menunjukkan bahwa logam dapat menurunkan jumlah NO<sub>x</sub> hingga kurang dari 10 ppm dibandingkan tanpa katalis yang mencapai 25-30 ppm. Selain itu, beberapa

oksida logam transisi seperti  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{LaCoO}_3$  berhasil mendegradasi CO menjadi  $\text{CO}_2$  melalui aktivitas katalitik (Onggo dan Fansuri, 1999). Pada penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.* (2011) beberapa logam seperti Cu, Ni, Zn, Cr, dan Fe diperoleh dari limbah padat (*sludge*) hasil proses elektroplating. Berdasarkan hal-hal tersebut maka pada penelitian ini akan dilakukan uji aktivitas katalitik terhadap limbah *wire plating sludge* pada kondisi tanpa dan dengan asam dalam berbagai variasi *sludge* guna meningkatkan efisiensi pembakaran batu bara.

## METODE PENELITIAN

### Pencirian Batu bara

#### Kadar Abu Sludge dan Batu Bara (AOAC 2005)

Cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama  $\pm 15$  menit dan ditimbang hingga bobot konstan. Batu bara/*sludge* (sampel) dimasukkan ke dalam cawan tersebut sebanyak  $\pm 5$  g, lalu dipijarkan di atas nyala api hingga asap putih yang dihasilkan hilang. Cawan berisi sampel hasil pemijaran dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  selama 5 jam. Cawan dikeluarkan dari tanur dan dibiarkan mendingin. Setelah tidak terlalu panas, cawan dimasukkan ke dalam desikator  $\pm 15$  menit dan ditimbang hingga bobot konstan.

#### Kadar Air Batu Bara (SNI 2004)

Cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam, lalu dimasukkan ke dalam desikator selama  $\pm 15$  menit dan ditimbang hingga bobot konstan. Batu bara dimasukkan ke dalam cawan tersebut sebanyak  $\pm 5$  g. Cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam, kemudian dikeluarkan dari oven. Setelah tidak terlalu panas, cawan dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang hingga bobot konstan.

#### Nilai kalor (ASTM 1996)

Batu bara yang telah dihaluskan menjadi 100 mesh ditimbang sebanyak 0.516 g, lalu diukur nilai kalornya dengan menggunakan kalorimeter bom Parr 6200.

### Preparasi Katalis

#### Tanpa Penambahan Asam Oksalat

Minyak nabati sebanyak 80 mL dimasukkan ke dalam gelas piala 100 mL, dan ditambahkan surfaktan Berol 226 sebanyak 8 mL kemudian diaduk. Selama pengadukan, ditambahkan  $\pm 2$  g atau  $\pm 3$  g *sludge* yang telah disaring dengan ukuran 100 mesh dan telah diabukan. Selanjutnya, air distilasi sebanyak 12 mL ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan diaduk hingga homogen. Larutan *sludge* 2% selanjutnya disebut katalis A, dan larutan *sludge* 3% disebut katalis B

#### Dengan Penambahan Asam Oksalat 3%

Sebanyak 12 mL asam oksalat 3% ditambahkan pada  $\pm 2$  g atau  $\pm 3$  g *sludge* kemudian didiamkan beberapa saat sampai terbentuk warna hijau kecoklatan pada bagian air. Masing-masing didispersikan ke dalam campuran 80 mL minyak nabati, dan 8 mL berol 226, diaduk hingga homogen. Katalis A dan B dengan



penambahan asam oksalat 3% ini selanjutnya disebut berturut-turut katalis C dan D.

#### Uji Kadar Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (modifikasi Dobrinas *et al.* 2010)

Sebanyak 3.0145 g *sludge* direaksikan dengan  $\pm 3$  g asam oksalat yang dilarutkan di dalam 15 mL akuades. Filtrat yang dihasilkan disaring, diambil sebanyak 0.5 mL, dan dimasukkan ke dalam labu takar 5 mL 1,10-ortofenantrolina dan 8 mL buffer asetat, ditera menggunakan akuades. Sebanyak 5 mL larutan tersebut diencerkan kembali dengan akuades di dalam labu takar 100 mL. Larutan yang terbentuk diukur dengan dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum 510 nm dan dihitung kadar Fe yang dihasilkan.

Deret standar  $\text{Fe}^{2+}$  disiapkan dari larutan induk FAS yang mengandung 11.30 mg/L  $\text{Fe}^{2+}$  di dalam labu takar 500 mL. Selanjutnya, larutan  $\text{Fe}^{2+}$  0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, dan 2.0 mL dibuat dari larutan induk tersebut di dalam labu takar 100 mL dan masing-masing larutan ditambahkan 5 mL 1,10-ortofenantrolina serta 8 mL buffer asetat kemudian ditera dengan akuades.

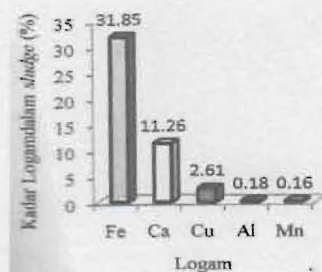
#### Uji Aktivitas Katalitik

Empat variasi katalis (A, B, C, D) yang telah dibuat masing-masing dicampurkan dengan batu bara. Nisbah katalis dengan batu bara ialah 1:10000. Setiap variasi katalis dihomogenkan dengan menggunakan mortar selama  $\pm 3$  jam. Setelah itu, ditimbang  $\pm 22$  mg dan ditempatkan ke dalam krus platinum lalu diuji menggunakan DTA dengan dialiri gas nitrogen. Suhu dinaikkan secara bertahap hingga mencapai 1000 °C dalam 50 menit. Batu bara tanpa katalis juga diukur menggunakan DTA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ciri-ciri *Sludge*

Kadar abu limbah *wire plating sludge* cukup tinggi yaitu 56.89%, dengan persentase kandungan logam terbanyak Fe sebesar 55.98% dari keseluruhan kadar abu yang diperoleh tersebut (Gambar 1). Menurut May (2007), Mn, Fe, dan Cu merupakan logam-logam transisi yang dapat digunakan sebagai komponen aktif utama pada katalis bahan bakar padat (batu bara). Sedikitnya 50% yang sering digunakan adalah Fe (Zhou *et al.* 2010). Dengan demikian, *wire plating sludge* berpotensi sebagai bahan baku untuk zat aditif pembakaran batu bara.



Gambar 1 Kadar logam di dalam *sludge*

**Ciri-ciri Batu Bara**

Berdasarkan ciri-ciri fisik batu bara yang meliputi kadar air, kadar abu, dan nilai kalor (Tabel 1), diperoleh batu bara yang dapat menghasilkan pembakaran cukup efisien karena mengandung air tidak melebihi 20-30% (Siritheerasas *et al.* 2008). Keberadaan air dapat menurunkan nilai kalor dalam proses pembakaran batu bara karena material seperti air, nitrogen, sulfur dan mineral mengalami reaksi endotermik yang akan mengurangi energi yang sebenarnya dalam batu bara (Muchjidin 2006).

Tabel 1 Hasil analisis parameter batu bara

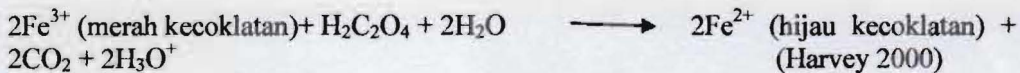
Parameter	Hasil
Kadar air (%b/b)	14.20
Kadar abu (%b/b)	8.33
Nilai kalor (kal/g)	5235.09

Sementara itu, kadar abu yang diperoleh kurang dari 10%. Semakin rendah kadar abu, jumlah kalor yang dibutuhkan untuk memecah mineral-mineral di dalam batu bara seperti lempung dan karbonat semakin kecil, sehingga nilai kalor yang dikandung akan semakin tinggi. Nilai Kalor merupakan kalor yang dilepaskan atau dihasilkan dari pembakaran *combustible material* dalam batu bara (Nuroniah 1996). Energi dibebaskan dari interaksi eksotermik senyawa hidrokarbon dengan oksigen. Nilai kalor yang dihasilkan pada batu bara ini adalah 5235.09 kal/g. Berdasarkan nilai kalor yang terukur, batu bara tergolong kalor sedang yaitu 5100-6100 kal/g (Hadiyanto 2010)

**Hasil Preparasi Katalis**

Komposisi katalis batu bara meliputi minyak nabati, air, berol 226, dan wire plating sludge. Minyak nabati dan air berfungsi sebagai pendispersi *wire plating sludge*, dan berol 226 berperan sebagai surfaktan yang mengurangi energi antarmuka padatan-cairan serta memperlambat penggumpalan atau pembentukan sedimen (Myers 2006).

Preparasi katalis dilakukan tanpa dan dengan penambahan asam oksalat untuk menguji pengaruh keberadaan Fe<sup>2+</sup> hasil reduksi Fe<sup>3+</sup> di dalam *sludge* terhadap efisiensi pembakaran batu bara. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

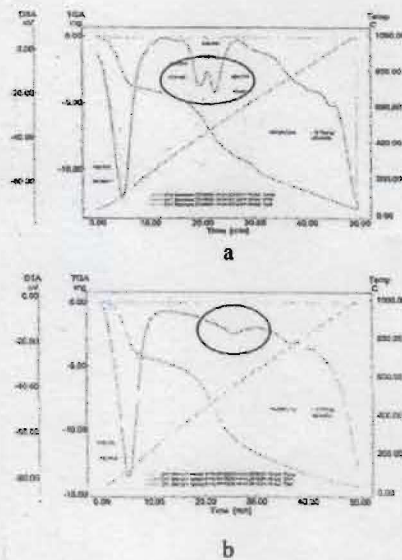


Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa bentuk besi yang sering digunakan sebagai katalis adalah logam besi, besi klorida, besi sulfat, besi nitrat, dan garam-garam besi lainnya (Zhou *et al.* 2010), sementara hasil analisis menunjukkan bahwa konsentrasi besi yang terukur pada *wire plating sludge* 3% dengan penambahan asam oksalat 3% adalah 0.05 % b/b. Hal ini berarti bahwa *wire plating sludge* dengan penambahan asam oksalat mengandung katalis Fe<sup>2+</sup>.

**Aktivitas Katalitik**

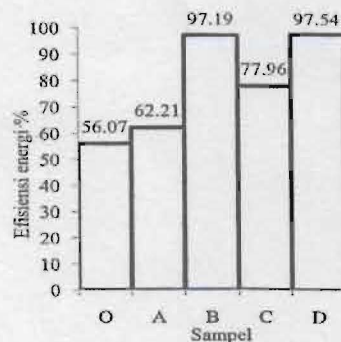
Hasil pembakaran batu bara tanpa dan dengan penambahan katalis menggunakan DTA menunjukkan bahwa awal pembakaran tanpa penambahan katalis (Gambar 2a), terjadi pada menit ke 20-22 dengan suhu 428.80-485.71 °C yang teridentifikasi dari

terbentuknya 2 lembah yang merupakan tahapan pembakaran bahan atsiri dan titik nyala *char* (Liu *et al.* 2002). Hal tersebut tidak terjadi pada pembakaran dengan katalis (Gambar 2b), yang hanya membentuk 1 lembah dan sekaligus membuktikan keberadaan pengaruh katalis terhadap efisiensi pembakaran batu bara.



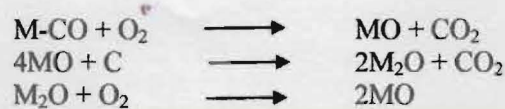
Gambar 2 Kurva DTA pembakaran batu bara tanpa(a) dan dengan (b) katalis

Berdasarkan perhitungan efisiensi energi diperoleh bahwa efisiensi pembakaran batu bara tanpa penggunaan katalis adalah 57% (Gambar 3). Keberadaan katalis A, yang berarti adanya kandungan *wire plating sludge* pada batu bara dapat meningkatkan efisiensi pembakaran sebesar 11%. Peningkatan efisiensi ini semakin besar dengan bertambahnya *sludge* 1% pada katalis B hingga mencapai 73%. Hal ini dapat terjadi karena meningkatnya jumlah  $Fe^{3+}$  ketika jumlah *sludge* meningkat pula.



Gambar 3 Efisiensi energi pembakaran batu bara (O), dan batu bara+ katalis (A, B, C, D)

Dugaan reaksi yang terjadi pada saat pembakaran batu bara menggunakan katalis logam (M) adalah sebagai berikut:



Logam pada saat pembakaran mengalami dekomposisi, kemudian berikatan dengan CO yang berasal dari pemutusan kerangka batu bara membentuk kompleks M-CO yang selanjutnya bereaksi dengan oksigen menghasilkan MO. Reaksi MO dengan C akan menghasilkan M<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>. Reaksi M<sub>2</sub>O dengan oksigen akan kembali membentuk MO. Dalam proses tersebut, oksigen terus dialirkan dari logam ke karbon sehingga mempercepat difusi oksigen pada permukaan *char*. Hal ini akan meningkatkan efisiensi pembakaran karbon atau batu bara.

Peningkatan efisiensi pembakaran juga dapat terjadi akibat penambahan asam oksalat. Keberadaan asam ini dalam katalis A atau disebut sebagai katalis C dapat meningkatkan efisiensi hingga sebesar 39%. Namun, hal ini tidak terjadi pada penambahan asam oksalat dalam katalis B atau disebut sebagai katalis D. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat dikatakan bahwa efisiensi pembakaran batu bara dengan katalis ±0.1%, tanpa atau dengan penambahan asam oksalat adalah ±97% yang setara dengan persentase kehilangan bobot sebesar ±89%. Pada penelitian Gong *et al.* (2010), pemakaian katalis 2% pada pembakaran batu bara bitumen, antrasit, dan grafit juga mampu menghasilkan kehilangan bobot lebih dari 80%. Selain itu, menurut Guan *et al.* (2003), besi Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> memiliki kecenderungan katalitik yang sama pada saat pembakaran batu bara. Penambahan FeCl<sub>2</sub> dan FeCl<sub>3</sub> sebanyak 2% ke dalam batu bara mampu menurunkan jumlah CO yang diemisikan pada saat pembakaran.

## SIMPULAN

Limbah *wire plating sludge* 3% dengan nisbah bobot terhadap batu bara 1:1000 tanpa atau dengan penambahan asam oksalat 3% menunjukkan aktivitas katalitik dengan terjadinya peningkatan efisiensi pembakaran sebesar 73%. Hal ini berarti limbah *wire plating sludge* dapat dikategorikan sebagai katalis yang cukup baik dalam meningkatkan efisiensi pembakaran batu bara. Namun, perlu kiranya dilakukan optimasi kadar *sludge* maupun asam oksalat sehingga dapat diperoleh peningkatan efisiensi pembakaran batu bara yang lebih maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist.(2005).  
 [ASTM] American Society for Testing and Materials.(1996).  
 Dobrinan, S., Alina, S., Cateluta, B.G., & Mihaela, T. (2010). Comparative methods applied for determination of total iron from beer samples. *Ovidius Univ Annals Chem*, 21, 35-40.  
 Gong, X., Zhancheng, G., & Zhi, W. (2010). Reactivity of pulverized coals during combustion catalyzed by CeO<sub>2</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Combustion and Flame*, 157, 351-356.  
 Hadiyanto. (2010). Anatomi sumber daya batu bara serta asumsi pemanfaatan untuk PLTU di Indonesia.  
 Li, P.P., Peng, C.S., Li, F.M., Song, S.X., & Juan, A.O. (2011). Copper and nickel recovery from electroplating sludge by combined sulfidation and oxidation treatment. *Civil and Environt Eng*, 2(2), 62-66.  
 Liu, Y., Defu, C., & Tongmu, X. (2002). Catalytic reduction of SO<sub>2</sub> during combustion of typical Chinese coals. *Fuel Processing Technol*, 79, 157-169.

- May, W.R. (2007). Method of reducing smoke and particulate emissions from steam boilers and heaters operating on solid fossil fuels. *US patent 7 229 482 B2*
- Muchjidin. (2006). Pengendalian mutu dalam industri batu bara. Bandung: ITB.
- Myers, D. (2006). Surfactant science and technology. New Jersey: J Wiley.
- Nuroniah, N. (1996). Analisis sifat kimia dan pengujian fisik batu bara. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.
- Onggo, D., & Fansuri, H. (1999). Penggunaan differential thermal analysis (DTA) pada penentuan aktivitas dan reaktivitas katalis  $Fe_2O_3$ ,  $Co_3O_4$ , NiO, CuO, dan  $LaMO_3$  (M = Fe, Co, dan Ni) untuk oksidasi CO menjadi  $CO_2$ . *J Mat Sci*, 4, 13-19.
- Ovez, O.N. (2007). The removal of carbon monoxide by iron oxide nanoparticle in car exhaust [tesis]. Turki, TK: Dokuz Eylul University.
- Siritherasas, P., Chomtida, C., & Piyaporn, S. (2008) Combustion of moist coal briquettes. *Chiang Mai J Sci*, 35(1), 35-42.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. (2004).
- Zhou, B., Wu, Z., & Fransson, M. (2011). Crystalline nanocatalyst combustion properties of fuel and fuel composition incorporating such catalyst. *US patent 7 7758 660 B2*.