



SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES 2010
ISSN : 1411-4216

MODIFIKASI ZEOLIT LOKAL GUNUNGKIDUL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PERFORMA BIOGAS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

**Satriyo Krido Wahono, Roni Maryana, M. Kismurtono, Khoirun Nisa,
dan C. Dewi Poeloengasih ^{*)}**

UPT Balai Pengembangan Proses dan Teknologi Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Desa Gading Kecamatan Playen Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta
PO BOX 174 WNO 55861 Telp/fax : (0274) 392570 / 391168

Abstrak

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang telah banyak diaplikasikan ke masyarakat, khususnya bagi masyarakat peternakan. Dari berbagai jenis gas yang terkandung dalam biogas yang merupakan sumber energi adalah metana dengan komposisi berkisar antara 40 – 70 %. Apabila konsentrasi metana dalam biogas < 65 %, pemanfaatan metana hanya terbatas sebagai bahan bakar. Dengan dilakukan tahap pemurnian metana dalam biogas menggunakan zeolit lokal Gunungkidul yang termodifikasi, maka biogas dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan generator sehingga dapat diaplikasikan untuk berbagai kegiatan. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi zeolit lokal gunungkidul dengan berbagai material yang lain, yaitu basa kuat (NaOH), bentonit lokal Boyolali, kaolin lokal Semin - Gunungkidul, gamping, tapioka dan kitosan cair. Dari modifikasi yang dilakukan dipilih material modifikasi zeolit dengan kaolin lokal Semin – Gunungkidul yang menghasilkan listrik dari generator sebesar 181,9 V ; 1,13 A.

Kata kunci : Biogas, Pemurnian metana, Zeolit lokal Gunungkidul, Generator, Listrik

MODIFICATION AS AN EFFORT LOCAL ZEOLITE – GUNUNGKIDUL PERFORMANCE IMPROVEMENT FOR BIOGAS ELECTRICITY GENERATION

Abstract

Biogas is one of the alternative energy and has been applied to the community, especially for farming communities. From the various types of gases contained in the biogas, which is the energy source is methane with a composition ranging about 40-70%. When the concentration of methane in biogas <65%, it is only use for fuel of burner. By doing the phase purification of methane in biogas use of modified local zeolite - Gunungkidul, the biogas can be converted into electrical energy using generators that can be applied to various activities. In this research, modifications of local zeolite - Gunungkidul with various other materials, they are strong base (NaOH), local bentonite - Boyolali, local kaolin from Semin - Gunungkidul, limestone, starch and liquid chitosan. From the modifications, local kaolin from Semin - Gunungkidul was selected. It can generate electricity from generators at 181.9 V and 1.13 A.

Keywords : Biogas, Methane purification, Local Zeolite Gunungkidul, Generator, Electricity

Pendahuluan

Teknologi biogas telah dikembangkan di berbagai negara, Denmark sejak tahun 1970-an serta Cina dan India sejak tahun 1980-an (Raven dkk, 2005; Setyo, 2005). Biogas termasuk teknologi energi yang multifungsi karena residu proses biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk berkualitas tinggi. Selain itu pemanfaatan metana dalam biogas merupakan tindakan ramah lingkungan karena tanpa dimanfaatkan metana hasil penguraian limbah secara natural akan terlepas dan mencemari atmosfer sebagai salah satu gas rumah kaca. Biogas dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan panas dan listrik, bahan bakar kendaraan bermotor, injeksi ke dalam sistem

^{*)} Satriyo Krido Wahono, E-mail : dna_tqim@yahoo.com, satr002@lipi.go.id

perpipaan gas dan dikonversi menjadi bahan kimia yang lain (Kangmin dan Wan Ho, 2006). Kemurnian biogas yang dihasilkan dari biodigester belum optimal, dengan komposisi gas utama berupa metana dengan kadar antara 40 – 75 %, komposisi biogas seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kandungan gas dalam biogas

No	Jenis Gas	Satuan	Komposisi						
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
1	Metana (CH ₄)	%	54 – 70	55 – 65	55 – 75	50 – 75	55 – 70	40 – 70	50 – 60
2	Karbon Dioksida (CO ₂)	%	27 – 45	35 – 45	25 – 45	25 – 40	30 – 45	30 – 60	40 – 60
3	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	ppm	Sedikit	0 – 1	0 – 3	< 2	< 500	0 – 3	< 100
4	Nitrogen (N ₂)	%	0,5 – 3	0 – 3	0 – 0,3	< 2	0 – 2	-	-
5	Hidrogen (H ₂)	%	-	0 – 1	1 – 5	< 1	-	0 – 1	-
6	Oksigen (O ₂)	ppm	0,1	-	0,1 – 0,5	< 2	-	-	-

Keterangan : (a) Harahap dkk, 1980; (b) Arifin dkk, 2008; (c). www.kolumbus.fi; (d) Hambali dkk, 2007; (e) Monnet, 2003; (f) Muryanto dkk, 2006; (g) Pellerin dan walker, 1988

Salah satu metode untuk meningkatkan performa biogas dapat dilakukan melalui proses adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa dimana terjadi kontak antara padatan dengan suatu campuran fluida, sehingga sebagian zat terlarut dalam fluida tersebut atau teradsorpsi yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi fluida tersebut (Brown, 1950). Material yang digunakan sebagai adsorben umumnya material yang berpori terutama pada letak tertentu dalam partikel (Hardjono, 1989). Salah satu adsorber padat yang berpotensi untuk memurnikan metana tersebut adalah zeolit. Di Indonesia, deposit zeolit alam cukup besar dan kemurniannya cukup tinggi dengan konsentrasi kandungan silika sekitar 60%. Daerah tambang zeolit diantaranya adalah daerah Lampung Selatan, Bayah, Cikembar, Cipatujah, Jawa Barat Nangapada, Kabupaten Ende NTT, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Gunung Kidul (Widayat 2008). Zeolit alam, khususnya zeolit lokal Gunungkidul – Yogyakarta mempunyai potensi untuk dipergunakan sebagai salah satu adsorben untuk mengoptimalkan performa biogas melalui pemurnian. Zeolit alam memiliki struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion dan penyerapan senyawa kimia (Anggoro, 2005). Zeolit alam yang telah diaktivasi dan dimodifikasi dapat dipergunakan sebagai adsorben bagi biogas. Zeolit alam lebih mempunyai daya adsorpsi air dari udara dari pada silika gel (Anggoro, 2005), sehingga uap air dalam biogas dapat terserap. Struktur zeolit juga dapat melakukan adsorpsi dan absorpsi terhadap senyawa H₂O, CO₂, SO₂, H₂S (Weitkamp dan Puppe, 1999), dengan kemampuan penyerapan zeolit terhadap gas – gas tersebut sampai 25 % (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Zeolit dapat mengontrol gas – gas penyebab utama efek rumah kaca yaitu CO₂ dan N₂O, kecuali CH₄ yang tidak terserap (Delahay dan Coq, 2002). Zeolit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemurnian biogas karena mampu menyerap semua gas pengotor utama yaitu uap air, CO₂ dan H₂S, namun tidak menyerap gas utama yang ingin dimurnikan yaitu CH₄ (Wahono, 2008).

Optimasi sistem biogas menggunakan zeolit lokal Gunungkidul – Yogyakarta bertujuan untuk meningkatkan kadar metana dalam biogas sehingga dapat diaplikasikan dalam konverter listrik. Proses konversi energi biogas menjadi energi listrik dilakukan karena metana sebagai komponen utama biogas merupakan gas yang tidak dapat dimampatkan dalam bentuk cair pada suhu ruangan ke dalam tangki (Wahono dan Pudjiono, 2007), sehingga energi biogas lebih mudah didistribusikan dan dimanfaatkan apabila telah dikonversi menjadi listrik. Biogas dengan metana kadar tinggi hasil dari sistem pemurnian dengan alat filter biogas berbasis zeolit lokal Gunungkidul yang telah dikembangkan, dapat diaplikasikan untuk meningkatkan performa generator gas/LPG yang sudah ada di pasaran dan mampu memelihara keawetan mesin karena mengurangi kemungkinan terjadinya korosi pada mesin. Sedangkan untuk aplikasi secara langsung untuk pembakaran/kompur dapat mempercepat proses pemasakan karena panas yang dihasilkan lebih tinggi dan mengurangi bau khas/kurang sedap dari biogas (Wahono dkk, 2009). Namun dalam pemanfaatan zeolit sebagai material penyerap memiliki kelemahan yang disebabkan oleh rendahnya tekanan biogas. Zeolit harus berukuran kerikil (5-10 mesh) agar dapat dilewati biogas. Jika zeolit berbentuk serbuk, biogas tidak akan mampu melewatinya dan kontak material penyerap dengan gas tidak optimal walaupun luas permukaan kontak zeolit lebih luas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan modifikasi dari material zeolit alam Gunungkidul menjadi bentuk pelet agar lebih mudah dalam proses pembuatan material dan dapat dimanfaatkan sebagai penyerap biogas. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan material modifikasi zeolit lokal Gunungkidul yang memiliki kemampuan mengikat zeolit dan dapat menghasilkan daya listrik optimal.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan

Pada penelitian ini digunakan bahan baku berupa biogas, zeolit alam Gunungkidul yang teraktivasi, NaOH, Aquadest, bentonit alam Boyolali, kaolin Semin Gunungkidul, gamping, tepung tapioka, chitosan cair produksi UPT BPPTK LIPI Gunungkidul - Yogyakarta.

Alat

Instalasi biogas di UPT BPPTK LIPI Gunungkidul – Yogyakarta dengan model *floating roof*, alat filter biogas, generator listrik biogas 700 W, ampere-volt meter, mesin gerinda (670 W).

Cara Kerja

Instalasi biogas di UPT BPPTK LIPI dengan model *floating roof* dipergunakan sebagai sumber penghasil biogas. Biogas yang dihasilkan sebelum dipergunakan untuk aplikasi, mengalami proses purifikasi dengan dilewatkan alat filter biogas yang berisi material penyerap berbahan dasar zeolit lokal Gunungkidul yang teraktivasi dan termodifikasi. Biogas diaplikasikan untuk bahan bakar generator listrik 700 W untuk menghidupkan mesin gerinda yang memiliki beban 670 W. Pengambilan data dilakukan pada saat aplikasi tersebut dengan menggunakan ampere-volt meter, nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari masing – masing modifikasi material penyerap dicatat sebagai data.

Modifikasi material penyerap dilakukan terhadap material utama berupa zeolit lokal gunungkidul yang telah diaktivasi. Aktivasi zeolit dilakukan dengan cara dealuminasi dan kalsinasi. Modifikasi zeolit dilakukan dengan mencampur zeolit lokal Gunungkidul yang teraktivasi dengan material lain yaitu basa kuat (NaOH 5 N), bentonit lokal Boyolali, kaolin lokal Semin - Gunungkidul, gamping, tapioka/kanji dan kitosan cair (konsentrasi 1%). Untuk modifikasi basa kuat; zeolit bentuk kerikil 5-10 mesh direndam selama 20 jam dalam NaOH pada perbandingan zeolit : larutan NaOH = 1 : 1. Untuk modifikasi bentonit, kaolin, gamping dan tapioka; zeolit serbuk teraktivasi ukuran 100 mesh dicampur dengan aquadest pada perbandingan material modifikasi : aquadest : zeolit = 1 : 3 : 6. Untuk modifikasi kitosan cair; zeolit serbuk teraktivasi ukuran 100 mesh dicampur dengan kitosan cair 1% pada perbandingan material modifikasi : zeolit = 1 : 3. Kemudian material termodifikasi tersebut dikeringkan dengan mengubah bentuk zeolit serbuk menjadi pelet terlebih dahulu, sedangkan zeolit kerikil langsung dikeringkan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan instalasi biogas di UPT BPPTK LIPI, Gading, Playen, Gunungkidul, Yogyakarta. Tipe instalasi biogas tersebut adalah digester *floating roof* dengan penampung gas berbahan *fiber glass*, dengan kapasitas 10 m^3 , tekanan biogas 4 – 6 cmH_2O , dan kadar metana dalam biogas rata – rata 62,5 % (Wahono dkk, 2008). Modifikasi material penyerap berbasis zeolit lokal berbentuk serbuk dengan merubah bentuknya menjadi pelet dengan menambahkan beberapa material lain yaitu bentonit lokal Boyolali, kaolin lokal Semin - Gunungkidul, gamping, tapioka/kanji dan kitosan cair (konsentrasi 1%) dilakukan secara manual. Sedangkan penambahan basa kuat (NaOH 5 N), dilakukan untuk zeolit lokal berbentuk kerikil (5 – 10 mesh) sebagai pembanding dengan cara perendaman. Material penyerap hasil modifikasi tersebut dimasukkan ke dalam alat filter biogas kemudian dipasang diantara instalasi biogas dan generator listrik biogas untuk meningkatkan kadar metananya. Biogas dialirkan melalui alat filter biogas menuju generator biogas sehingga menghasilkan energi listrik, kemudian energi listrik yang dihasilkan dipergunakan untuk menghidupkan alat gerinda listrik. Kegiatan dan peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 1 dan hasil modifikasi material penyerap berbasis zeolit lokal Gunungkidul seperti pada gambar 2.



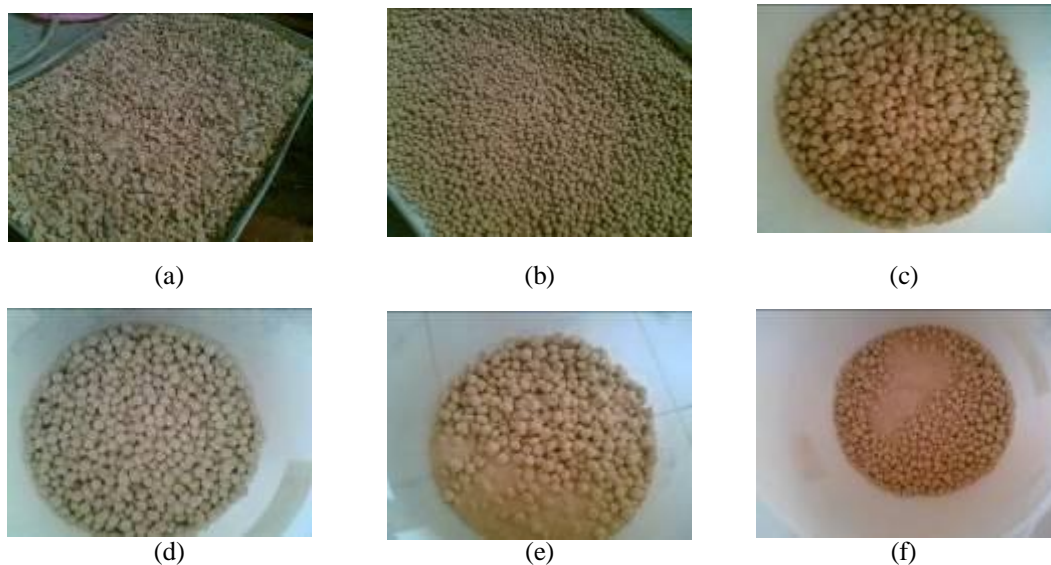
(a)



(b)



Gambar 1. Modifikasi zeolit lokal Gunungkidul sebagai material penyerap biogas untuk pembangkit listrik: (a) instalasi biogas *floating roof*, (b) pembuatan pelet zeolit, (c) alat filter biogas, (d) generator listrik biogas



Gambar 2. Hasil modifikasi zeolit lokal Gunungkidul dengan material tambahan berupa :
(a) basa kuat (NaOH); (b) Bentonit Boyolali; (c) Kaolin Semin Gunungkidul;
(d) Gamping; (e) Tapioka; (f) Kitosan Cair

Material penyerap hasil modifikasi seperti pada gambar 2, diisikan ke dalam alat filter biogas secara bergantian selama 30 menit. Masing – masing material filter tersebut diujicobakan untuk menyalakan generator biogas 700 W dengan beban alat gerinda listrik 670 W, kemudian diambil data tegangan dan arus listrik. Data tegangan dan arus listrik rata – rata yang dihasilkan oleh generator biogas tersebut dari masing – masing material filter seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Ujicoba material modifikasi absorben zeolit (uji generator untuk gerinda 670 watt)

Material Tambahan	Bentuk Material	Kekuatan Material	V_{avg}	A_{avg}	W_{avg}
NaOH (kerikil)	Kerikil	Utuh	147	1,1	162
Bentonit Boyolali	Pelet	Kuat	176,9	1,13	200
Kaolin Semin – GK	Pelet	Kuat	181,9	1,13	206
Gamping	Pelet	Agak Kuat	164,7	1,1	181
Tapioka/Kanji	Pelet	Rapuh	203,3	1,3	294
Kitosan Cair (1%)	Pelet	Sangat Rapuh	147,9	1,2	177

Berdasarkan hasil pada tabel 2, dapat dipilih material yang lebih baik/optimal untuk material penyerap biogas/material isian alat filter biogas berdasarkan kemudahan pembuatan/modifikasi, kekuatan material dan daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan kemudahan pembuatan, material berbentuk pelet lebih mudah dibuat dan menghasilkan hasil modifikasi material yang relatif seragam. Dalam pembuatan material penyerap dalam jumlah besar, pembuatan dalam bentuk pelet dapat dimekanisasi dengan bantuan mesin, sedangkan bentuk kerikil harus dilakukan secara manual dengan tenaga manusia. Material yang memiliki hasil modifikasi terbaik berdasarkan kekuatan material adalah zeolit bentuk kerikil dengan modifikasi larutan basa dan zeolit bentuk pelet dengan modifikasi bentonit Boyolali atau kaolin Semin – Gunungkidul. Hasil modifikasi material yang kuat dipilih agar dalam aplikasinya material penyerap tersebut tidak berubah menjadi bentuk serbuk/debu dan tidak terbawa masuk oleh biogas ke dalam mesin generator. Apabila material penyerap tersebut masuk ke dalam mesin generator, akan terjadi penumpukan serbuk/debu sehingga akan mengganggu kinerja mesin selanjutnya. Modifikasi material yang dapat menghasilkan daya listrik ≥ 200 watt adalah zeolit bentuk pelet dengan modifikasi material tapioka/kanji, kaolin Semin – Gunungkidul dan bentonit Boyolali. Daya listrik yang tinggi merupakan tujuan dari hasil konversi listrik dari biogas, sehingga dipilih hasil ujicoba yang menghasilkan daya listrik tinggi (≥ 200 watt) sebagai salah satu parameter penentuan material penyerap biogas yang baik/optimal. Daya listrik yang tinggi tersebut memiliki korelasi dengan kadar metana biogas yang dipergunakan sebagai bahan bakar, karena variabel selain kadar metana biogas dapat diasumsikan sama dalam aplikasi masing – masing modifikasi zeolit sebagai material penyerap. Perbedaan kadar metana dalam biogas tersebut dapat terjadi karena perbedaan kemampuan material penyerap dalam menyerap gas-gas pengotor. Apabila kadar metana biogas yang dihasilkan oleh hasil penyerapan material dalam alat filter biogas tinggi, maka daya listrik yang dihasilkan juga tinggi dan begitu juga sebaliknya. Oleh karena pertimbangan tersebut yaitu mudah dalam pembuatan material modifikasi (bentuk pelet), material yang dihasilkan kuat (tidak berubah menjadi debu/serbuk) dan daya listrik yang dihasilkan tinggi (≥ 200 watt), maka dipilih material modifikasi zeolit dengan kaolin lokal Semin – Gunungkidul berbentuk pelet sebagai material yang optimal dalam menyerap biogas. Sedangkan pada material modifikasi tapioka/kanji walaupun menghasilkan daya listrik yang lebih baik, namun materialnya rapuh sehingga dapat terjadi penumpukan debu/serbuk material penyerap dan mengganggu kinerja mesin selanjutnya.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh material modifikasi zeolit dengan kaolin lokal Semin – Gunungkidul berbentuk pelet sebagai material yang optimal dalam menyerap biogas karena mudah dalam pembuatan material modifikasi, material yang dihasilkan kuat dan daya listrik yang dihasilkan tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung terselesainya penulisan ini, khususnya kepada Tim Pengembangan Energi Alternatif dan Kelompok Program Teknologi Kimia UPT BPPTK LIPI Yogyakarta atas kerjasamanya dalam mewujudkan penulisan ini.

Notasi

V_{avg}	Tegangan listrik rata – rata	[Volt]
A_{avg}	Arus listrik rata – rata	[Ampere]
W_{avg}	Daya listrik rata – rata	[Watt]

Daftar Pustaka

- Anggoro, Didi Dwi dkk, (2005), “Pemanfaatan Zeolit Alam dalam Proses Pengeringan Daun Tembakau”, Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2005 ISSN : 1410 – 5667, Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- Anonim, “Basic Information on Biogas”, www.kolumbus.fi
- Arifin, R., F.F.P.Perdana dan S.R.Juliasuti, (2008), “Pengaruh Enzim α -Amilase dan EM-4 terhadap Pembentukan Biogas dari Limbah Padat Tapioka”, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2008 ISSN : 1411 – 4216, Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang
- Brown, G.G., (1950), “Unit Operation”, Modern Asia ed., John Wiley & Son, Inc., New York.
- Delahay, G. dan B. Coq, (2002), “Pollution Abatement Using Zeolites : State of The Art and Further Needs”, Catalytic Science Series – Vol. 3, Zeolites for Cleaner Technologies, Chapter 16, Imperial College Press, London



SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES 2010
ISSN : 1411-4216

- Hambali, E., dkk, (2007), "Teknologi Bioenergi", Agro Media Pustaka
- Harahap, F., dkk, (1980), "Teknologi Gas Bio", ITB Press, Bandung
- Hardjono, (1989), "Operasi Teknik Kimia II", edisi pertama, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kangmin, Li dan Mae-Wan Ho, (2006), "Biogas China", Institute of Science in Society Press Release 02/10/06, www.i-sis.org.uk
- Monnet, F., (2003), "An Introduction to anaerobic digestion of organic waste", Remade Scotland
- Muryanto, J. Pramono, dkk, (2006), "Biogas, Energi Alternatif Ramah Lingkungan", Cetakan 1, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah, Ungaran
- Pellerin, R. A dan L. P. Walker, (1988), "Operation and Performance of Biogas Fueled Cogeneration Systems", Energy in Agriculture
- Raven, et.al, (2005), "Biogas plants in Denmark: successes and setbacks", Eindhoven University of Technology, The Netherlands
- Setyo I., Yuli, (2005), "Reaktor Biogas Skala Kecil/Menengah (Bagian Pertama)", ISTECS, Japan, www.beritaiptek.com
- Sutarti, M, dan Rachmawati, M., (1994), "Zeolit Tinjauan Literatur", Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah.Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Wahono, Satriyo Krido dan P. I. Pudjiono, (2007), "Bioenergi dan Industri Manufaktur", Makalah Pembicara Utama dalam Seminar Nasional Bidang Teknologi – HMJ Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
- Wahono, Satriyo Krido, (2008), "Kajian : Pemanfaatan Zeolit Lokal Gunungkidul – Yogyakarta untuk Optimasi Sistem Biogas", Prosdiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2008, ISSN 1410-5667, Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya
- Wahono, Satriyo Krido, Roni Maryana dan M. Kismurtono, (2008), "Peningkatan Kemurnian Metana dalam Biogas Menggunakan Larutan KOH di Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta", Prosiding Seminar BAPEDA DIY – LIPI, Yogyakarta
- Wahono, Satriyo Krido, Hardi Julendra dan Andi Febrisiantosa, (2009), "Peningkatan Performa Biogas Melalui Teknologi Pemurnian Metana di UPT Kapitan Meo, Kabupaten Belu – Nusa Tenggara Timur", Prosiding Seminar LIPI – UGM – Disperta – PATPI – BI DIY, Yogyakarta
- Weitkamp, J. dan L. Puppe, (1999), "Catalysis and Zeolites Fundamentals and Applications", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Jerman
- Widayat, dkk, (2008), "Pengaruh Konsentrasi HCl dan Jenis Reaktan dalam Pembuatan Katalis Zeolit untuk Proses Dehidrasi dari Zeolit Alam", Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2008 ISSN : 1411 – 4216, Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang