

LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN



MODEL MATEMATIS PARTIKEL TUNGGAL TEKNOLOGI GASIFIKASI UNTUK KONVERSI BIOMASSA SEBAGAI ENERGI TERMAL PADA PROSES PENGERINGAN TEH

oleh

Ir. H. Diyono Ikhsan, SU
Didik Ariwibowo, ST

UPT-PUSTAK-UNNDP
No. Daft... 689/Lap/FT/07
Tgl. : 2/07

DIBIYAI OLEH DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
SURAT PERJANJIAN NO: 014/SP2H/PP/DP2M/III/2007 tanggal 29 Maret 2007
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2007

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

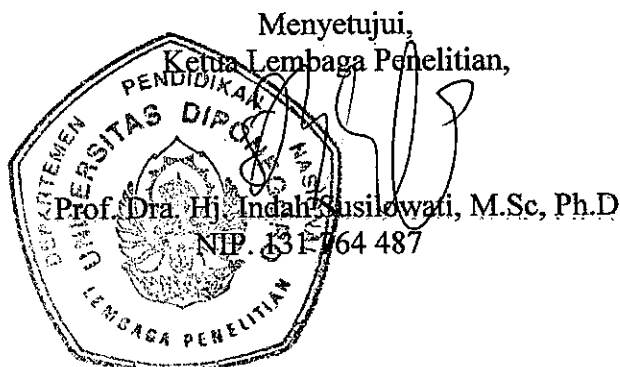
1. Judul Penelitian : Model Matematis Partikel Tunggal Teknologi Gasifikasi Untuk Konversi Biomassa Sebagai Energi Termal Pada Proses Pengeringan Teh
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Ir. H. Diyono Ikhsan, SU
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 130 801 587
 - d. Pangkat/Golongan : Pembina/IV c
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - f. Fakultas/ Jurusan : Teknik /Teknik Kimia
 - g. Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro
 - h. Pusat Penelitian : Fakultas Teknik UNDIP
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 Orang
4. Lokasi Penelitian : Lab. Energi Teknik Mesin, Lab. Proses Kimia Terapan, Lab. Komputasi Proses dan Lab. Analisa Kimia T. Kimia UNDIP Fakultas Teknik UNDIP
5. Kerja sama dengan institusi lain
- a. Nama instansi : -
 - b. Alamat : -
6. Masa Penelitian : 9 bulan
7. Biaya yang Diperlukan : Rp 30.000.000 (tiga puluh juta rupiah)



Ir. Hj Sri Eko Wahyuni, MS
NIP. 130 898 929

Semarang, 26 November 2007
Ketua Peneliti,

Ir. H. Diyono Ikhsan, SU
NIP. 130 801 587



Prof. Dra. Hj. Indah Susilowati, M.Sc, Ph.D
NIP. 131 764 487

RINGKASAN DAN SUMMARY

Energi mempunyai peran penting dalam kelangsungan hidup industri pengolahan teh. Biaya untuk generasi dan aplikasi energi mempunyai kontribusi besar pada total biaya proses pengolahan teh. Penggunaan bahan bakar minyak (BBM) dan listrik, terutama pada proses pengeringan merupakan tahap pemakai energi terbesar. Sejalan dengan perkembangan industri pengolahan teh Indonesia, maka dirasa perlu untuk segera memanfaatkan sumber biomassa di perkebunan teh melalui penerapan teknologi gasifikasi. Pengembangan proses pengolahan teh di masa mendatang harus lebih memperhatikan aspek-aspek energi dan lingkungan sebagai bahasan utama.

Oleh karenanya, perlu kajian pengembangan teknologi gasifikasi dengan menelaah model matematis partikel tunggal dalam mengkonversi biomassa sebagai energi termal agar memenuhi kualitas gas pada proses pengeringan teh. Kegiatan pemodelan diawali dengan menyusun proses perpindahan panas dan massa yang mungkin berdasarkan kajian teoritis dan berdasarkan pada banyak penelitian sebelumnya. Model yang dipostulasi, kemudian diturunkan untuk memperoleh persamaan yang nantinya akan diuji dengan menggunakan data yang diperoleh dari eksperimental. Eksperimen dilakukan guna mendapatkan data-data dalam penentuan parameter koefisien perpindahan panas dan massa yang dimodelkan dalam persamaan empiris. Data-data yang telah diukur digunakan sebagai alat untuk memvalidasi postulasi yang telah ditetapkan. Dengan demikian akan diperoleh model dan persamaan empiris partikel tunggal yang tervalidasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses gasifikasi yang dilangsungkan pada laju alir yang rendah, akan menghasilkan gas bakar dengan nilai kalor relatif rendah. Disisi lain kondisi ini juga menghasilkan gas dengan kadar tar tinggi. Kualitas gas hasil dengan kadar tar tinggi sebagai energi termal pada proses pengeringan tidak diinginkan, karena diduga mempengaruhi kualitas teh jadinya. Bertambah besarnya laju alir udara akan menghasilkan gas dengan kualitas yang lebih baik, ditinjau dari nilai kalor maupun kadar tar. Kondisi ini dipertahankan pada suatu selang laju alir tertentu. Pada kondisi ini nisbah udara-kayu mempunyai nilai tertentu.

Energy has taken an important role for tea manufacture. Costing energy generating and applying contributes to total tea manufacturing cost. Using oil and electric especially at drying is high consumed energy step. As developing tea manufacturing in Indonesia, it needs to explore biomass source by gasification technology. The future tea manufacture has to consider energy and environment aspects as the main discuss.

In order that, gasification technology needs to be studied by observing mathematics model of single particle analysis in biomass conversion as a thermal energy so that it fulfills gas quality at drying. The modelling was begun by possible heat and mass transfer process according to theories and previous study. Postulated model was broken down to obtain an equation which was tested with experiment data. Experiment was performed to collect data for determining of heat and mass transfer coefficients in emperical equation. The measured data were used to validate determined postulation. Then validated single particle emperical equation and model was obtained.

The results shows that gasification under low velocity yields a low caloric gas and high tar concentration. The gas producer with high tar concentration is not allowed because it will influence to tea quality. The higher flow rate which flow through gasifier the higher gas quality obtained based on caloric value and tar contain. This condition was kept within a range of flow rate. At this condition the air-wood ratio has a certain value.

PRAKATA

Penelitian merupakan unsur kedua Tri Darma Perguruan Tinggi, serta sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas pengajar, serta merupakan masukan yang dapat dipergunakan masyarakat.

Puji syukur peneliti panjatkan kehadurat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan barokah-Nya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Dengan selesainya penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada

1. Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini.
2. Pimpinan Universitas Diponegoro yang telah memberikan kepercayaan untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro yang telah memberikan rekomendasi sehingga terlaksananya penelitian ini.
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah menyediakan fasilitas untuk melaksanakan penelitian.

Peneliti menyadari laporan ini masih ada kekurangan, oleh sebab itu, kritik dan saran pembaca sangat diharapkan guna perbaikan dan kesempurnaan penelitian ini. Peneliti berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.

Semarang, 26 November 2007

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan	i
Ringkasan dan Summary.....	ii
Prakata.....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Lampiran.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Proses Gasifikasi	3
2.2 Reaktor Gasifikasi Unggun Bergerak Searah (<i>Moving Bed Tipe Cocurrent</i>)	7
2.2.1 Tahap Pengeringan.....	7
2.2.2 Tahap Pirolisa.....	8
2.2.3 Tahap Oksidasi.....	10
2.2.4 Tahap Reduksi.....	10
2.3 Pembentukan Model Partikel Tunggal.....	10
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT.....	14
BAB IV. METODE PENELITIAN	12
4.1 Pelaksanaan Penelitian.....	15
4.1.1 Pemodelan.....	15
4.1.2 Eksperimen.....	15
4.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	15
4.3 Pendekatan Variabel Proses	16
4.4 Prosedur Percobaan.....	18
4.5 Intepretasi Data	18
4.5.1 Persamaan Dalam Dimensi Ruang Dan Waktu	18
4.5.2 Diskretisasi Terhadap Jarak	19
4.5.3 Kondisi Batas	21
4.5.4 Penyelesaian Persamaan Diferensial Biasa Simultan	21
4.5.5 Perhitungan Integrasi	22
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
6.1 Kesimpulan	31
6.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil analisa kimia kayu	23
Tabel 2. Kinerja gasifier.....	24
Tabel 3. Neraca massa dan panas.....	26

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Elemen volum padatan.....	12
Gambar 2. Reaktor Gasifikasi Unggun Bergerak Searah.....	16
Gambar 3. Detil Proses Penelitian	17
Gambar 4. Fenomena perpindahan panas dalam gasifier.....	25
Gambar 5. Profil temperatur dalam gasifier sebagai fungsi waktu.....	25
Gambar 6. Profil temperatur dalam gasifier.....	27
Gambar 7. Profil konversi karbon dalam gasifier	28
Gambar 8. Profil konversi hidrogen dalam gasifier.....	29
Gambar 9. Profil konversi oksigen dalam gasifier.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Prosedur Analisis Komposisi Gasa	34
Lampiran B. Pengukuran Kadar Tar dan Air	36
Lampiran C. Penggunaan Energi pada Unit Operasi Pengolahan Teh	37
Lampiran D. Daftar Riwayat Hidup Peneliti	38
Lampiran E. Foto Kegiatan Laboratorium	42

BAB I

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan 15% sumber energi dunia, di negara-negara maju persediaan biomassa sebesar 3% atau 8 exajoule (EJ) dari total energi primer (Robert dkk., 1997). Di negara-negara maju bahan bakar biomassa digunakan sebagai sumber energi termal proses dan listrik. Konversi biomassa sebagai bahan bakar merupakan salah satu opsi untuk mengurangi penumpukan CO₂. Manfaat setempat dengan adanya perkebunan energi adalah berkurangnya erosi, restorasi dari lahan yang rusak, dan berkurangnya dampak negatif dari pusat-pusat tenaga listrik berbahan bakar fosil (misalnya SO_x dan NO_x).

Ketergantungan industri pengolahan teh pada satu sumber energi Bahan Bakar Minyak (BBM) tidak dapat dibiarkan terus menerus. Industri pengolahan teh ke depan harus mampu mengembangkan sumber-sumber energi lain, baik yang berbentuk energi konvensional maupun energi baru dan sedapat mungkin terbaharukan (Yulianto, M.E, dkk, 2006). Biomassa yang terdapat dalam jumlah cukup besar pada perkebunan teh di Indonesia merupakan salah satu sumber bahan baku untuk proses gasifikasi. Dari identifikasi yang dilakukan, potensi biomassa di perkebunan teh setara dengan $1,28 \times 10^{14}$ kJ/tahun atau setara dengan 325×10^7 liter IDO/tahun. Biomassa tersebut dapat dimanfaatkan untuk menggantikan sumber energi yang digunakan selama ini.

Kendala utama yang dihadapi oleh industri pengolahan teh dalam pemanfaatan limbah perkebunan teh (biomassa) untuk energi pada proses pengolahan teh adalah belum dikembangkannya teknologi gasifikasi untuk mengkonversi biomassa menjadi energi termal yang memenuhi syarat dalam pengolahan teh. Salah satu teknologi yang memiliki peluang baik untuk diterapkan dalam industri pengolahan teh adalah teknologi gasifikasi biomassa.

Teknologi gasifikasi merupakan proses termokimia yang dapat diterapkan untuk mengkonversi biomassa yang ada di perkebunan teh. Hasil konversi dari biomassa perkebunan teh menjadi energi termal dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan teh. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi termal melalui proses gasifikasi memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan penggunaan langsung bahan bakar padatnya. Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain adalah kemudahan pada distribusi, kemudahan pada pengendalian pembakaran, mudah didalam *handlingnya*, nilai kalor gas

yang dihasilkan sangat tinggi dan memberikan efisiensi termal yang lebih tinggi serta emisi yang sedikit. Oleh karenanya, perlu kajian pengembangan teknologi gasifikasi dengan menelaah model matematis partikel tunggal dalam mengkonversi biomassa sebagai energi termal agar memenuhi kualitas gas pada proses pengeringan teh.