

SKRIPSI

ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA



RAHMAD ALDI

03051381722086

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

SKRIPSI

ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh

RAHMAD ALDI

03051381722086

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

RAHMAD ALDI

03051381722086

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP :197112251997021001

Palembang, 30 Juni 2022

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi

Dr. Fajri Vidian, S.T.,M.T.

NIP :197207162006041002

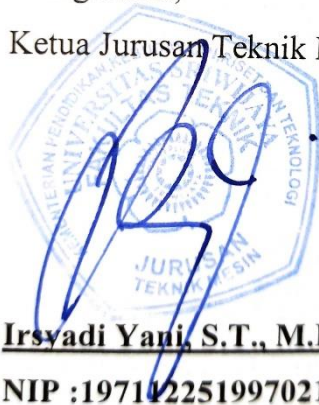
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI


NAMA : RAHMAD ALDI
NIM : 03051381722086
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL : ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA
DIBUAT : MARET 2021
SELESAI : MEI 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP :197112251997021001

Palembang, 30 Juni 2022
Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi



Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T.
NIP. 197207162006041002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Energi Proses Gasifikasi Biomassa” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 Mei 2022

Palembang, 1 Juni 2022

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

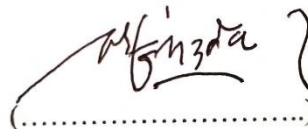
1. (Ir. Dyos Santoso, M.T.)
NIP. 196012231991021001



(.....)

Sekretaris:

2. (Aneka Firdaus, S.T., M.T.)
NIP. 197502261999031001



(.....)

Anggota:

3. (Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.)
NIP. 196005281989031002



(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP :197112251997021001

Palembang, 30 Juni 2022

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi



Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T.

NIP. 197207162006041002

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rahmad Aldi
NIM : 03051381722086
Judul : Analisis Energi Proses Gasifikasi Biomassa

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 30 Juni 2022



Rahmad Aldi
NIM. 03051381722086

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmad Aldi
NIM : 03051381722086
Judul : Analisis Energi Proses Gasifikasi Biomassa

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 30 Juni 2022



Rahmad Aldi
NIM. 03051381722086

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT atas berkat dan rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik mesin pada fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis Energi Proses Gasifikasi Biomassa”.

- a) Kedua Orang tua peneliti yang selalu mendukung penulis baik dukungan secara moral dan material dalam menyusun Tugas Akhir ini dengan baik.
- b) Dr. Fajri Vidian, S.T.,M.T. selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- c) Dosen-dosen Teknik Mesin yang telah membagi ilmu dan memberikan memberikan inspirasi selama masa perkuliahan;
- d) Semua teman-teman yang saling memberikan bantuan dan dukungan;
- e) Seluruh keluarga besar Civitas Akademika Fakultas Teknik universitas sriwijaya

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT, berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Palembang, 30 Juni 2022



Rahmad aldi

RINGKASAN

ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Mei 2022

Rahmad Aldi;

Dibimbing oleh Dr. Fajri Vidian, S.T.,M.T

ENERGY ANALYSIS OF BIOMASS GASIFICATION PROCESS

XVII + 54 Halaman, 12 Tabel, 17 Gambar

Penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara semakin dikurangi perannya baik di dunia maupun di Indonesia, hal ini disebabkan oleh bahan bakar fosil adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga dengan penggunaan secara terus menerus dengan skala besar mengurangi cadangan bahan bakar fosil tersebut. Gasifikasi biomassa dipilih sebagai salah satu cara untuk memanfaatkan limbah biomassa menjadi energi. Gasifikasi biomassa merupakan suatu proses dekomposisi termal dari bahan-bahan organik melalui pemberian sejumlah panas dengan suplai oksigen terbatas untuk menghasilkan *synthesis gases* yang terdiri dari CO, H₂, CH₄. sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan, Menghitung energi mendetail yang masuk dan keluar dalam proses gasifikasi Mendapatkan jumlah energi masuk dan keluar *gasifier* dengan variasi laju aliran udara pada 3,65 kg/h. 5,18 kg/h dan 7,2 kg/h. Energi keluar dihitung dari komponen gas, tar, char, dan ash. Pada Proses Gasifikasi Kali ini yang Digunakan adalah Tipe *Fixed Bed downdraft Gasifier* peneliti akan menganalisis lebih detail berapakah jumlah energi yang masuk dari bahan bakar dan udara serta jumlah energi yang keluar dalam bentuk gas, dan menghitung adakah energi dari *tar*, *char*, dan *ash* dari proses gasifikasi Metode penelitian adalah kerangka pemecahan masalah menggambarkan secara singkat tahap pemecahan

masalah bersama Deskripsi Studi literatur digunakan sebagai landasan teori dalam pemecah masalah secara ilmiah. Setelah topik ditentukan pada tahapan dilakukan studi literatur yang dapat mendukung pengerjaan penelitian. Peningkatan laju pemakaian bahan bakar akan meningkatkan laju energi masuk dan keluar gasifier. setiap laju aliran massa bahan bakar laju aliran energi masuk selalu lebih sama dari laju aliran energi keluar yang sesuai dengan hukum kekekalan energi, Peningkatan laju aliran udara proses gasifikasi akan meningkatkan total laju aliran massa masuk dan total aliran massa keluar *gasifier*, Peningkatan laju aliran udara proses gasifikasi akan meningkatkan total laju aliran energi masuk dan total aliran energi keluar *gasifier*. dimana losses energi untuk masing-masing laju aliran massa udara sebesar 3,65 : 4,19 kW. 5,18 : 5,49 kW. 7,2 : 7,03 kW.

Kata kunci : Analisis, Energi, Gasifikasi, *Downdraft*, *Syngas*

Kepustakaan : 16 (2002-2014)

SUMMARY

ENERGY ANALYSIS OF BIOMASS GASIFICATION PROCESS

Scientific Paper In Form Of A Thesis, May 2022

Rahmad Aldi;

Supervised by Dr. Fajri Vidian, S.T.,M.T

ANALISIS ENERGI PROSES GASIFIKASI BIOMASSA

XVII + 54 Pages, 12 Tables, 17 Figures

The use of fossil fuels such as petroleum and coal is increasingly reduced role both in the world and in Indonesia, this is due to fossil fuel is a source of energy that can not be renewed so that the use continues to decline with a large scale reduce the fossil fuel reserves. Biomass gasification was chosen as one of the ways to utilize biomass waste into energy. Biomass gasification is a process of thermal decomposition of organic materials through the provision of a certain amount of heat with a limited oxygen supply to produce synthesis gases consisting of CO, H₂, CH₄. as the main product and a small amount of carbon charcoal and ash as the follow-up product, calculating the detailed energy in and out in the gasification process gets the amount of energy in and out of the gasifier with variations in the air flow rate at 3,65 kg/h. 5,18 kg/h dan 7,2 kg/h. The outgoing energy is calculated from the components of gas, tar, char, and ash in the gasification process this time used is the type of Fixed Bed downdraft Gasifier the researcher will analyze in more detail what is the amount of energy coming in from fuel and air as well as the amount of energy coming out in the form of gas, and calculate whether the energy from tar, char, and ash from the gasification process the research method is a problem-solving framework briefly describes the problem-solving stage together with the description of the literature study used as a theoretical basis in the scientific problem solver. After the topic is determined at the stage of literature studies that can support research work.

Increasing the fuel consumption rate will increase the rate of energy in and out of the gasifier. any fuel mass flow rate the incoming energy flow rate is always same than the outgoing energy flow rate, the increase in the air flow rate of the gasification process will increase the total incoming mass flow rate and the total outgoing mass flow of the gasifier, Increased air flow rate the gasification process will increase the total energy flow rate in and the total energy flow out of the gasifier. where the energy losses for each air mass flow rate of 3.65 : 4.19 kW. 5.18 : 5.49 kW. 7.2 : 7.03 kW.

Keywords : Analisis, Energy, Gasification, Downdraft, Syngas

Literature : 16 (2002-2014)

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	I
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PESETUJUAN AGENDA	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pembakaran	4
2.1.1 Proses Pembakaran.....	6
2.1.2. Reaksi Pembakaran	7
2.2 Gasifikasi.....	8
2.2.1 Teknologi Gasifikasi	9
2.2.2 Fixed Bed Gasifier	10
2.2.3 Tahapan proses gasifikasi	12
2.3. Analisa Energi Pada Proses Gasifikasi.....	15
2.3.1 Konservasi Massa.....	15
2.3.2 Konservasi Energi (Hukum 1 Termodinamika).....	17
2.3.3 Kesetimbangan Massa Pada Proses Gasifikasi	18

2.3.4 Kesetimbangan Energi Pada Proses Gasifikasi	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2. Metodologi Penelitian	24
3.3. Studi Literatur.....	25
3.3.1 Penentuan Parameter Input	25
3.4. Pengolahan Data.....	27
3.5. Pengolahan Data Kesetimbangan Energi	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1. Data hasil pengolahan	27
4.1.1 Data Kesetimbangan massa	30
4.1.1 Data Kesetimbangan energi	30
4.2. Diskusi.....	23
4.2.1 Hubungan antara aliran udara terhadap Kesetimbangan massa	30
4.2.2 Hubungan antara aliran udara terhadap Kesetimbangan energi	30
BAB 5 KESIMPULAN	23
DAFTAR RUJUKAN	49
DAFTAR LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Segi Tiga Api (The Fire Triangle).....	5
Gambar 2.2. Pembakaran Udara Stoikiometrik.....	6
Gambar 2.3. Pembakaran Udara Berlebih.....	7
Gambar 2.4. Updraft Gasifier.....	11
Gambar 2.5. Downdraft Gasifier.....	12
Gambar 2.6. Tahapan Proses Gasifikasi.....	15
Gambar 2.7. Dalam Kondisi Aliran Stabil Isi Massa Dan Energi.....	17
Gambar 2.8. Proses Perpindahan Massa Pada Gasifier.....	18
Gambar 2.9. Proses Perpindahan Energi Pada Gasifier	19
Gambar 2.10 Proses Perpindahan Reaktan Produk Pada Gasifier	20
Gambar 3.1. Diagram Metodologi Penelitian	22
Gambar 4.1 Hubungan Laju Udara Terhadap Kestimbangan Massa	41
Gambar 4.2. Hubungan Laju Udara Terhadap Aliran Massa Bahan Bakar	41
Gambar 4.3. Persentasi Perbedaan Laju Aliran Massa Masuk Dan Keluar	42
Gambar 4.4. Hubungan Laju Udara Terhadap Kestimbangan Energi.....	43
Gambar 4.5. Persentasi Energi Input Dan Output	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian	24
Tabel 3.2 Data Komposisi Produk Gas	24
Tabel 3.3 Data Bahan Bakar yang dikandung Bahan Bakar	24
Tabel 3.4 komposisi aliran udara	25
Tabel 3.5 Data Persentasi Perbedaan Massa Input Dan Output	25
Tabel 3.6 Hasil Pengolahan Data Keseimbangan Massa	26
Tabel 3.7 Berat Molekul Campuran Gas AFR 1,63	28
Tabel 3.8 Data Persentasi Perbandingan Energi Input Dan Output	38
Tabel 4.1 Data Keseimbangan Massa	39
Tabel 4.2 Perhitungan Keseimbangan massa	39
Tabel 4.3 Data Keseimbangan energi.....	40
Tabel 4.4 Perhitungan Keseimbangan energi.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	53
Lampiran 2	54
Lampiran 3	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara semakin dikurangi perannya baik di dunia maupun di Indonesia, hal ini disebabkan oleh bahan bakar fosil adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga dengan penggunaan secara terus menerus dengan skala besar mengurangi cadangan bahan bakar fosil tersebut. Selain cadangan bahan bakar fosil yang terus berkurang, penggunaan bahan bakar fosil juga mengakibatkan permasalahan lingkungan terutama efek rumah kaca.

Pencarian energi alternatif pengganti bahan bakar fosil terus digalakkan oleh Dunia maupun pemerintah Indonesia. Banyak sumber energi alternatif yang bersumber dari angin, air, biomassa dan lain-lain. Pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif terus digalakkan baik di Dunia maupun oleh pemerintah Indonesia. Biomassa umumnya yang sering dimanfaatkan sebagai bahan bakar seperti sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung, serbuk kayu dan tandan kelapa sawit.

Gasifikasi biomassa dipilih sebagai salah satu cara untuk memanfaatkan limbah biomassa menjadi energi. Gasifikasi biomassa merupakan suatu proses dekomposisi termal dari bahan-bahan organik melalui pemberian sejumlah panas dengan suplai oksigen terbatas untuk menghasilkan *synthesis gases* yang terdiri dari CO, H₂, CH₄. sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan (Higman dan Burgh, 2003).

Pemanfaatan bahan bakar padat menjadi energi dapat dilakukan oleh berbagai teknologi seperti pembakaran langsung dan gasifikasi. Gasifikasi saat ini sangat populer dibandingkan dengan pembakaran langsung ditinjau dari efisiensi yang dihasilkan lebih baik. Efisiensi yang dapat dicapai dengan teknologi gasifikasi sekitar 30-40%, lebih tinggi dari Teknologi pembakaran tradisional.

Gasifikasi adalah salah satu metoda pengkomversian energi dari bahan bakar padat menjadi gas. Pada proses ini dituntut suatu efisiensi yang baik yang artinya jumlah energi input dapat dikomversikan secara maksimal menjadi energi yang berguna.

Pada proses gasifikasi terutama pada eksperimental jarang sekali dihitung secara detail jumlah atau energi yang masuk dan energi keluar selama ini yang dihitung hanyalah energi masuk bahan bakar dan udara dan energi keluar gas hasil syngas dan mengabaikan *tar*, *char*, dan *ash* dan peneliti akan menghitung komponen yang dibiarkan tersebut. sehingga dapat diketahui berapa besar energi yang tak termanfaatkan melalui atau yang hilang kelingkungan. Perhitungan jumlah energi yang masuk dan keluar juga sangat diperlukan pada proses gasifikasi terutama untuk memperhitungkan keekonomian proses dan yang terakhir perhitungan kesetimbangan energi masuk dan keluar dibutuhkan dalam menghitung kinerja gasifier

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan dirumuskan masalah, Peneliti akan menganalisis lebih detail berapakah jumlah energi yang masuk dari bahan bakar dan udara serta jumlah energi yang keluar dalam bentuk gas, dan menghitung adakah energi dari *tar*, *char*, dan *ash* dari proses gasifikasi

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah mutlak diperlukan dalam suatu penelitian, hal ini bertujuan untuk membatasi penelitian agar dapat terencana dan terarah dengan baik. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Perhitungan Berfokus pada Energi keluar dihitung dari komponen gas, *tar*, *char*, dan *ash*
2. Biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar adalah *hazellnut shell*
3. Pada Proses Gasifikasi Kali ini yang Digunakan adalah Tipe *Fixed Bed downdraft Gasifier*
4. Analisis dilakukan dengan variasi laju aliran udara pada AFR 1,63. AFR 1,52. dan AFR 1,51

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapat hitungan energi mendetail yang masuk dan keluar dalam proses gasifikasi
2. Mendapatkan jumlah energi gas berupa energi berguna dan energi *losses* dengan variasi laju aliran udara pada AFR 1,63. AFR 1,52. dan AFR 1,51

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Membantu dalam melihat performansi dari gasifier apakah masih dapat bekerja dengan baik
2. Memberikan suatu acuan dan suatu gambaran jumlah energi yang dihasilkan dari masing-masing komponen dari gasifik

DAFTAR RUJUKAN

- Basu, P. (2010). "Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory". Academic press.
- Cahyono, M.S., (2013). Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 5, Nomor 2, Juni 2013 Hal. 67-76.
- Çengel, Y. A., Boles, M. A., & Buesa, I. A. (2006). "termodinâmica (Vol. 10)". São Paulo: McGraw-Hill.
- Dogru, M et al. (2002), Fuel Processing Technology, Gasification of sewage sludge using throated downdraft gasifier and uncertainty analysis, Vol. 75, pp. 55-82.
- Dogru, M., Howarth, C. R., Akay, G., Keskinler, B., & Malik, A. A. (2002). Gasification of hazelnut shells in a downdraft gasifier. *Energy*, 27(5), 415-427.
- Higman, C., & der Burgt, M. V. (2008). Gasification. 2nd.
- J. D. Martínez, K. Mahkamov, R.V. Andrade, E.E.S. Lora, Syngas production in downdraft biomass gasifiers and its application using internal combustion engines, *Renewable Energy*, 38, 2012, 1-9.
- J.D. Martinez, E.E.S. Lora, R. V. Andrade, R.L. Jaen, Experimental study on biomass gasification in a double air stage downdraft reactor, *Biomass and Bioenergy*, 35, 2011, 3465-3480.
- R. Ramansamy, M.K. Gounder, A Novel Hybrid Compact Filter System for A Downdraft Gasifier : An Experimental Study, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol 72, 2013, 663-668.
- S. Sivakumar, S. Ragnathan, N. Elango, Design and optimization analysis of 5 kWe Downdraft Gasifier, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 4, 2014, 141-143.
- Surjosatyo, A., & Vidian, F. (2012). "Tar content evaluation of produced gas in downdraft biomass gasifier". *Iran J Energy Environ*, 3(3), 210-2.
- Surjosatyo, A., Vidian, F., & Nugroho, Y. S. (2010). A review on gasifier modification for tar reduction in biomass gasification. *Jurnal Mekanikal*.
- Surjosatyo, A., Vidian, F., & Nugroho, Y. S. (2014). Experimental gasification of biomass in an updraft gasifier with external recirculation of pyrolysis gases. *Journal of Combustion*, 2014.

- Vidian, F. (2008). "Gasifikasi tempurung kelapa menggunakan updraft gasifier pada beberapa variasi laju alir udara pembakaran". *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 88-93.
- Wu, S., J. Gu, L. Li, Y. Wu and J. Gao. 2006. "The Reactivity and Kinetics of Yanzhou Coal Chars from Elevated Pyrolysis Temperature During Gasification in Steam at 900-1200 °C". Department of Chemical Engineering for Energy Resources, East China University of Science and Technology. Shanghai. China
- ZA. Zainal, R. Ali, G. Quadir, K.N. Seetharanu, Experimental Investigation of a Downdraft Biomass Gasifier. *Biomass Bioenergy*, 23, 2002, 283 – 289