

TESIS

MODEL KINETIKA PIROLISIS GAMBUT

Disusun Oleh :

HERMAN

NRP. 2395201006



No. INDUK	0761/02
TGL TERIMA	04-10-2001
REVISI	
No. BUKU	662.622.1 Her m-1
KEP. KE	1 (SATU)

PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
BIDANG KEAHLIAN TEKNOLOGI PROSES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1998

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL KINETIKA PIROLISIS GAMBUT

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Herman

2395.201.006

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis

1. Prof. Oedjoe Djoeriaman, M.Sc, Ph.D

Nip : 130 261 402

2. Dr. Ir. Mahfud, DEA

Nip : 131 569 371

3. Ir. Lindu Sunarko, MS

Nip : 130 532 039

4. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M.Eng

Nip : 130 368 613

Tanggal Ujian :

23 Januari 1998

Periode Wisuda :

April 1998

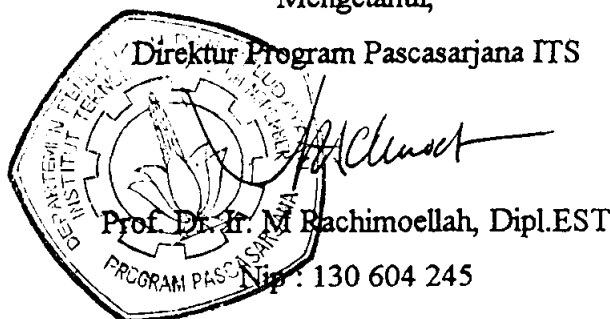
Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. M Rachimoellah, Dipl. EST

Nip : 130 604 245

Mengetahui,

Direktur Program Pascasarjana ITS



Prof. Dr. Ir. M Rachimoellah, Dipl. EST

Nip : 130 604 245

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini yang merupakan prasyarat memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu dalam penelitian ini, terutama kepada :

1. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl. EST., selaku pembimbing penelitian dan Direktur Program Pascasarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Dr. Ir. Nonot Soewarno, M. Eng., selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ir. Suryadi Ismadji, MT., yang telah banyak memberikan masukan dalam penelitian ini.
5. Ir. Nani Indraswati, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Unika Widya Mandala Surabaya.
6. Prof. Ir. Mudjijati, Ph.D., selaku Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Unika Widya Mandala Surabaya.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

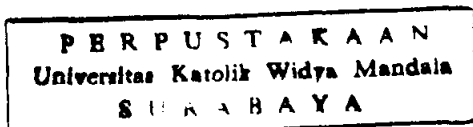
Akhir kata, semoga penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Desember 1997

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMBANG	x
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
 I. PENDAHULUAN	
1. Latar Belakang	1
2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
3. Tinjauan Pustaka	
3.1. Gambut	2
3.2. Pirolisis	6
3.3. Kinetika Pirolisis	14
3.4. Model-model Kinetika Pirolisis	16
3.5. Teknik Pirolisis	23
II. LANDASAN TEORI	25
III. METODOLOGI PENELITIAN	
1. Bahan	30
2. Alat	32



3. Pelaksanaan Penelitian	33
4. Prosedur Analisis	34
5. Variabel	35
6. Gambar dan Susunan Peralatan	35
7. Cara Pengambilan Data	38
8. Pengolahan Data	38
IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan	
1. Kinetika Reaksi	39
2. Komposisi Produk Pirolisis	58
V. Kesimpulan dan Saran	
1. Kesimpulan	65
2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN A	70
LAMPIRAN B	84

DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
1	Komposisi unsur-unsur utama penyusun gambut Indonesia	4
2	Komposisi elementer tar gambut pada skala industri pilot plant	7
3	Hasil pirolisis gambut pada berbagai suhu	10
4	Komposisi elementer <i>semi-coke</i> dari hasil pirolisis gambut pada berbagai suhu	11
5	Macam-macam teknik termal pirolisis	23
6	Analisis proksimat gambut Kalimantan	31
7	Analisis ultimat gambut Kalimantan	31
8	Analisis proksimat gambut Riau	32
9	Analisis ultimat gambut Riau	32
10	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Kalimantan ukuran 8/12 mesh	39
11	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Kalimantan ukuran 25/40 mesh	40
12	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Kalimantan ukuran 40/60 mesh	41
13	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Riau ukuran 8/12 mesh	42

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
14	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Riau ukuran 25/40 mesh	43
15	Pengaruh suhu dan waktu terhadap normalisasi massa bahan volatil tiap saat dalam gambut Riau ukuran 40/60 mesh	44
16	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil char untuk gambut Kalimantan	58
17	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil tar untuk gambut Kalimantan	59
18	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil gas untuk gambut Kalimantan	59
19	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil char untuk gambut Riau	59
20	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil tar untuk gambut Riau	60
21	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil gas untuk gambut Riau	60
A.1.	Pengaruh waktu terhadap pengurangan berat total pada pirolisis gambut Kalimantan 8/12 mesh suhu 400 C	70
A.2.	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 8/12 mesh	72
A.3	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 25/40 mesh	73

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
A.4	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 40/40 mesh	74
A.5	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Riau ukuran 8/12 mesh	75
A.6	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Riau ukuran 25/40 mesh	76
A.7.	Pengaruh waktu dan suhu terhadap berat bahan volatil pada pirolisis gambut Riau ukuran 40/60 mesh	77
A.8	Pengaruh suhu terhadap hasil tar dan gas pada pirolisis gambut Kalimantan sampai waktu 90 menit	78
A.9	Pengaruh suhu terhadap hasil tar dan gas pada pirolisis gambut Riau sampai waktu 90 menit	79
A.10.	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil char untuk gambut Kalimantan	80
A.11	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap hasil char untuk gambut Riau	80
A.12	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap densitas gas dan tar untuk gambut Kalimantan	81
A.13	Pengaruh suhu dan ukuran partikel terhadap densitas gas dan tar untuk gambut Riau	82

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
B.1	Pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi untuk gambut Kalimantan	84
B.2	Pengaruh suhu terhadap konstanta kecepatan reaksi untuk gambut Riau	85
B.3	Pengaruh waktu dan suhu terhadap laju devolatilisasi total pada pirolisis gambut Riau ukuran 8/12 mesh	88
B.4	Pengaruh waktu dan suhu terhadap laju devolatilisasi total pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 8/12 mesh	89
B.5	Contoh perbandingan antara data massa bahan volatil penelitian dan model 1, model 2 untuk gambut Kalimantan ukuran 40/60 mesh, suhu 400 C dan 700 C	91
B.6	Contoh perbandingan antara data massa bahan volatil penelitian dan model 1, model 2 untuk gambut Riau ukuran 40/60 mesh, suhu 400 C dan 700 C	93

DAFTAR GAMBAR

No. gambar	Judul gambar	Halaman
1	Susunan peralatan pirolisis	36
2	Reaktor pirolisis	37
3	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 8/12 mesh	47
4	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 25/40 mesh	47
5	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 40/60 mesh	48
6	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Riau ukuran 8/12 mesh	48
7	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Riau ukuran 25/40 mesh	49

No. gambar	Judul gambar	Halaman
8	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap normalisasi massa <i>volatile matter</i> untuk berbagai suhu pada pirolisis gambut Riau ukuran 40/60 mesh	49
9	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap laju devolatilisasi total pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran 8/12 mesh	51
10	Hubungan antara waktu pirolisis terhadap laju devolatilisasi total pada pirolisis gambut Riau ukuran 8/12 mesh	51
11	Contoh perbandingan antara model 1, model 2 dan data percobaan pada pirolisis gambut Kalimantan ukuran partikel 40/60 mesh	54
12	Contoh perbandingan antara model 1, model 2 dan data percobaan pada pirolisis gambut Riau ukuran partikel 40/60 mesh	54
13	Pengaruh suhu terhadap hasil char pada pirolisis gambut Riau	61
14	Pengaruh suhu terhadap hasil tar pada pirolisis gambut Riau	61
15	Pengaruh suhu terhadap hasil gas pada pirolisis gambut Riau	62
16	Pengaruh suhu terhadap hasil char pada pirolisis gambut Kalimantan	62
17	Pengaruh suhu terhadap hasil tar pada pirolisis gambut Kalimantan	63
18	Pengaruh suhu terhadap hasil gas pada pirolisis gambut Kalimantan	63

DAFTAR LAMBANG

a	= konstanta laju devolatilisasi pada model reaksi paralel, 1/menit ⁴
a_1, a'_1, a_2, a'_2	= konstanta laju pada pengembangan model empiris, 1/menit ⁴
B	= berat kandungan volatil pada bahan tiap saat, gram
b	= konstanta laju devolatilisasi pada model reaksi paralel, 1/ ^o C
b	= konstanta integrasi (pada persamaan 12, =k.to), tidak berdimensi
Bi	= bilangan biot = $h.r_{eff}/K$, tak berdimensi
B_o	= berat kandungan volatil awal pada bahan, gram
b_M	= konstanta integrasi kinetika reaksi pembentukan hasil cair, tidak berdimensi
b_G	= konstanta integrasi kinetika reaksi pembentukan gas, tidak berdimensi
c	= faktor korelasi pada model reaksi paralel, tak berdimensi
C_p	= kapasitas panas bahan, J/kg. K
E, E_i	= energi aktivasi dan energi aktivasi untuk reaksi ke-i, kal/mol
E_o	= energi aktivasi rata-rata pada model pirolisis yang mengikuti distribusi Gauss, kal/mol
h	= koefisien perpindahan panas konveksi, J/detik. °C.m ²
K	= konduktivitas bahan, J/detik.K.m
k_M	= tetapan kinetika pembentukan hasil cair, 1/menit
k_G	= tetapan kinetika pembentukan hasil gas, 1/menit
k_o	= faktor tumbukan pada persamaan Arrhenius, 1/menit
k, k_i	= tetapan laju reaksi, 1/menit

m_{go}	= berat gambut yang digunakan, gram
m_{gt}	= berat total alat dan gambut tiap saat, gram
m_{gto}	= berat total alat dan gambut pada $t = 0$, gram
m_o	= jumlah <i>volatile matter</i> awal pada bahan, gram
$m_o(k)$	= distribusi jumlah awal <i>volatile matter</i> yang berhubungan dengan tetapan laju reaksi k , gram
m_{i_o}	= jumlah awal <i>volatile matter</i> pada bahan yang terdevolatilisasi oleh reaksi ke- i , gram
m_{i_t}	= jumlah <i>volatile matter</i> tiap saat pada bahan yang terdevolatilisasi oleh reaksi ke- i , gram
m_t	= jumlah <i>volatile matter</i> tiap saat pada bahan, gram
m^t	= normalisasi jumlah <i>volatile matter</i> tiap saat pada bahan ($=m_t/m_o$), tidak berdimensi
n	= jumlah reaksi yang terlibat pada model kinetika, tak berdimensi
q_1, q_2, q_i	= konstanta model menurut ekspansi deret Taylor, kg/detik^{-1}
R	= tetapan gas, $\text{kal/mol} \cdot ^\circ\text{K}$
t	= waktu pirolisis, menit
T	= suhu gas (menurut model reaksi tunggal), $^\circ\text{K}$
T_{gs}	= suhu gas (menurut model reaksi paralel dalam jumlah tak terbatas), $^\circ\text{C}$
T_o	= suhu awal partikel, $^\circ\text{C}$
T_p	= suhu partikel, $^\circ\text{C}$
t_o	= waktu awal pirolisis, menit
V_o	= volume hasil cair tiap saat, liter

V_M = volume gas tiap saat, liter

$V_{G\infty}$ = volume gas pada waktu tak berhingga, liter

$V_{M\infty}$ = volume hasil cari pada waktu tak berhingga, liter

Abjad Yunani

σ = standard deviasi disekitar E_0 pada model yang mengikuti distribusi Gauss, kal/mol

INTISARI

Bahan baku yang digunakan adalah gambut Kalimantan dan Riau. Pirolisis dilakukan dalam reaktor yang dilengkapi dengan pemanas listrik, pengontrol suhu, neraca, pendingin dan penampung hasil. Mula-mula gambut dimasukkan ke dalam reaktor, setelah tercapai suhu yang dikehendaki, dilakukan pencatatan berat gambut, volume hasil tar dan gas tiap saat. Variabel yang diteliti meliputi waktu (0 - 90 menit), suhu (400 °C - 700 °C) dan ukuran partikel (8/12, 25/40 dan 40/60 mesh).

Kinetika pirolisis gambut ditinjau dari laju pengurangan berat (laju devolatilisasi) mengikuti model kinetika reaksi paralel dalam jumlah tak terbatas dengan orde satu. Semakin tinggi suhu dan semakin kecil ukuran partikel gambut, laju devolatilisasi semakin besar. Komposisi produk antara tar, gas dan char dipengaruhi oleh ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel, hasil tar dan gas semakin banyak dan hasil char menurun. Hasil maksimal tar untuk gambut Kalimantan dan Riau diperoleh pada suhu 500 °C dan ukuran 40/60 mesh.

ABSTRACT

The material used in this research is the Kalimantan and Riau peat. Pyrolysis was carried out in a reactor attached with electric heater, temperature controller, thermobalance, condenser and product collectors. First, the peat was put into the reactor. After the desire temperature was reached, the mass of peat, the volume of tar produced and gas were recorded. The variables used in this experiment were pyrolysis times (0 - 90 minutes), temperatures (400 °C - 700 °C) and particle sizes (8/12, 25/40 and 40/60 mesh).

The kinetic of peat pyrolysis observed from the rate of mass reduction (devolatilisation rate) followed the kinetic model of the infinite parallel reaction with the first order. The devolatilisation rate increases as the temperature increases and the particle size decreases. The product distribution between tar, gas and char was influenced by the particle size as well. The smaller the particle size, the more tar and gas produced and the less char occurred. The maximum amount of tar produced from the pyrolysis of the Kalimantan and Riau peat was at 500 °C pyrolysis temperature and 40/60 mesh particle size.