

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
INTISARI	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
 BAB III DASAR TEORI	 15
3.1. Biomassa	15
3.1.1. Pengertian biomassa	15
3.1.2. Teknologi pengolahan biomassa	16
3.2. Pembakaran Biomassa	19
3.2.1. Pengeringan	19
3.2.2. Devolatilisasi	20
3.2.3. Pembakaran arang	22

3.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat	26
3.3.1. Ukuran partikel bahan bakar	26
3.3.2. Kecepatan aliran udara	27
3.3.3. Temperatur udara pembakaran	27
3.3.4. Jenis bahan bakar	27
3.3.5. Densitas briket	28
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	29
4.1. Alat dan Bahan	29
4.1.1. Uji pirolisis	29
4.1.2. Tahap pembriketan	37
4.1.3. Uji pembakaran	38
3.1.4. Peralatan Pendukung	34
4.2. Jalannya Penelitian	42
4.2.1. Uji pirolisis	42
4.2.2. Tahap pembriketan	46
4.2.3. Uji pembakaran	48
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
5.1. Proses pirolisis	54
5.2. Pembriketan	54
5.3. Pengaruh variasi temperatur awal briket terhadap laju pembakaran briket arang sekam padi	56
5.3.1. Pengaruh variasi temperatur awal briket terhadap laju pembakaran pada debit udara 2,52 m ³ /h	56
5.3.2. Pengaruh variasi temperatur awal briket terhadap laju pembakaran pada debit udara 5,04 m ³ /h	61
5.3.3. Pengaruh variasi temperatur awal briket terhadap laju pembakaran pada debit udara 7,55 m ³ /h	66
5.4. Pengaruh variasi debit udara pembakaran terhadap laju pembakaran briket arang sekam padi	71

5.5. Perhitungan karakteristik kinetika reaksi pembakaran briket arang sekam padi	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1. Kesimpulan	80
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik konversi massa, kandungan <i>volatile matter</i> , kadar karbon dan abu terhadap temperatur pirolisis (Maiti <i>et al.</i> ,2006)	6
Gambar 2.2.	Variasi nilai HHV dan pH pada arang hasil pirolisis (Maiti <i>et al.</i> , 2006)	7
Gambar 2.3.	Kurva DTG, TGA dan DTA (Maiti <i>et al.</i> , 2006)	7
Gambar 2.4.	Grafik TGA dan DTG tiap sampel : (a) lemon <i>rice husk</i> , (b) Pa photo <i>rice husk</i> , (c) ROK 14 <i>rice husk</i> , (d) CP 4 <i>rice husk</i> (Mansaray dan Ghaly, 1999)	9
Gambar 2.5.	Hasil pengujian sampel pada atmosfer innert (a) grafik TGA, (b) grafik DTG (Munir <i>et al.</i> ,2009)	11
Gambar 2.6.	Hasil pengujian sampel pada atmosfer oksidatif (a) grafik TGA, (b) grafik DTG (Munir <i>et al.</i> ,2009)	11
Gambar 3.1.	Pirolisis pada partikel biomassa (Basu, 2010)	17
Gambar 3.2.	Densifikasi biomassa (a) <i>pellet</i> (b) briket	18
Gambar 4.1.	Sampel sekam padi kering	29
Gambar 4.2.	Tungku pyrolizer	30
Gambar 4.3.	Sketsa tungku pyrolizer	31
Gambar 4.4.	ADAM 4018	32
Gambar 4.5.	Tinggal digital A&D GF-300	33
Gambar 4.6.	Thermocouple dalam selongsong aluminium	34
Gambar 4.7.	Wadah sampel	35
Gambar 4.8.	Rangka aluminium	35
Gambar 4.9.	Skema rangkaian alat uji pirolisis	36
Gambar 4.10.	Bahan briket	37
Gambar 4.11.	Alat pencetak briket	38
Gambar 4.12.	Briket arang sekam padi	38
Gambar 4.13.	Rangkaian tungku pembakaran	39
Gambar 4.14.	Blower	39
Gambar 4.15.	Skema rangkaian alat uji pembakaran	41

Gambar 4.16.	Skema penempatan uji pirolisis	42
Gambar 4.17.	Pendeteksian <i>port</i> COM data <i>logger</i>	43
Gambar 4.18.	Pendeteksian <i>hardware</i> ADAM 4018 yang terhubung pada salah 1 <i>port</i> COM	44
Gambar 4.19.	<i>Module setting</i> ADAM 4018	44
Gambar 4.20.	Panel <i>data area</i> ADAM 4018	45
Gambar 4.21.	Adam.NET Trendlog for ADAM 4018	45
Gambar 4.22.	Proses pengepresan briket	48
Gambar 4.23.	Tampilan window RsCom	49
Gambar 4.24.	Skema penempatan thermocouple pada uji pembakaran	50
Gambar 4.25.	Pembacaan massa briket pada window RsCom	50
Gambar 4.26.	Tampilan window RsWeight	51
Gambar 4.27.	Tampilan grafik penurunan massa	52
Gambar 5.1.	Pencetakan briket menggunakan skala jarak piston (y)	55
Gambar 5.2.	(a) Briket arang sekam padi, (b) Briket arang sekam padi setelah uji pembakaran	55
Gambar 5.3.	Karakteristik pembakaran briket arang sekam padi dengan variasi terhadap temperatur awal briket pada debit udara $2,52\text{m}^3/\text{h}$	57
Gambar 5.4.	Hubungan temperatur awal briket terhadap (a) penurunan massa, (b) temperatur pembakaran dan (c) laju pembakaran pada $Q=2,52\text{ m}^3/\text{h}$	58
Gambar 5.5.	Karakteristik pembakaran briket arang sekam padi dengan variasi terhadap temperatur awal briket pada debit udara $5,04\text{m}^3/\text{h}$	62
Gambar 5.6.	Hubungan temperatur awal briket terhadap (a) penurunan massa, (b) temperatur pembakaran dan (c) laju pembakaran pada $Q=5,04\text{ m}^3/\text{h}$	63
Gambar 5.7.	Karakteristik pembakaran briket arang sekam padi dengan variasi terhadap temperatur awal briket pada debit udara $7,55\text{m}^3/\text{h}$	67

Gambar 5.8.	Hubungan temperatur awal briket terhadap (a) penurunan massa, (b) temperatur pembakaran dan (c) laju pembakaran pada $Q=7,55 \text{ m}^3/\text{h}$	68
Gambar 5.9.	Pengaruh debit udara terhadap laju pembakaran briket arang pada setiap temperatur awal yang berbeda	74
Gambar 5.10.	Grafik $\ln k$ versus $1/T$ (Kuo,1986)	77
Gambar 5.11.	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada variasi temperatur awal briket 175°C dan debit udara pembakaran $5,04 \text{ m}^3/\text{h}$	77

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Potensi limbah biomassa di Indonesia (Abdullah,2007)	2
Tabel 2.1.	Analisis <i>thermogravimetry</i> zona reaksi pertama (Mansaray dan Ghaly, 1999)	9
Tabel 2.2.	Analisis <i>thermogravimetry</i> zona reaksi kedua (Mansaray dan Ghaly, 1999)	10
Tabel 2.3.	Perhitungan parameter kinetic (Mansaray dan Ghaly, 1999)	10
Tabel 2.4.	Karakteristik <i>thermogravimetry</i> pada atmosfer inert (N ₂)	12
Tabel 2.5.	Karakteristik <i>thermogravimetry</i> pada atmosfer oksidatif	12
Tabel 2.6.	Sifat-sifat fisik dan kimia dari biomassa dan batubara (Demirbas, 2004)	14
Tabel 4.1.	Spesifikasi modul data akuisisi ADAM 4018	32
Tabel 4.2.	Spesifikasi timbangan digital A&D GF-300	33
Tabel 4.3.	Spesifikasi komputer	34
Tabel 5.1.	Hasil proses pirolisis	54
Tabel 5.2.	Ignition time, ignition temperatur, waktu pembakaran arang dan temperatur maksimum pembakaran pada debit udara 2,52 m ³ /h	59
Tabel 5.3.	Laju pembakaran maksimum pada debit udara 2,52 m ³ /h	61
Tabel 5.4.	Ignition time, ignition temperatur, waktu pembakaran arang dan temperatur maksimum pembakaran pada debit udara 5,04 m ³ /h	64
Tabel 5.5.	Laju pembakaran maksimum pada debit udara 5,04 m ³ /h	66
Tabel 5.6.	Ignition time, ignition temperatur, waktu pembakaran arang dan temperatur maksimum pembakaran pada debit udara 7,55 m ³ /h	69
Tabel 5.7.	Laju pembakaran maksimum pada debit udara 7,55 m ³ /h	71
Tabel 5.8.	Laju pembakaran dan temperatur puncak pembakaran briket arang sekam padi	73
Tabel 5.9.	Harga energi aktivasi dan koefisien pre-eksponensial	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1	Tabel properties udara pada 1 atm (Cengel,1998)	87
Lampiran A.2	Tabel properties udara pada 1 atm (Borman dan Ragland,1998)	88
Lampiran A.3	Tabel harga konstanta (C) dan (n) untuk menghitung Sherwood number (Incropera dan DeWitt,1985)	89
Lampiran B.1	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada temperatur awal briket $125^{\circ}C$	91
Lampiran B.2	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada temperatur awal briket $150^{\circ}C$	92
Lampiran B.3	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada temperatur awal briket $175^{\circ}C$	93
Lampiran B.4	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada temperatur awal briket $200^{\circ}C$	94
Lampiran B.5	Grafik $\ln k_{Ch}$ versus $1/T$ pada temperatur awal briket $225^{\circ}C$	95

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

β	= koefisien tranfer massa oksigen (m/s)
ρ	= massa jenis (kg/m ³)
ρ_u	= densitas molar udara (kmol/m ³)
ψ_{O_2}	= konsentrasi molar oksigen di atmosfer (%-vol)
$\psi_{O_2, s}$	= konsentrasi molar oksigen di permukaan reaksi (%-vol)
A	= koefisien Pre-Exponensial (m/s)
A_s	= luas permukaan reaksi yang tersedia (m ²)
C	= karbon
CO	= karbon monoksida
d	= diameter briket (m)
df	= <i>dry fuel</i> (bahan bakar kering)
D_{O_2, N_2}	= diffusivitas oksigen melalui nitrogen (m ² /s)
Ea	= energi aktivasi (kJ/kmol)
HHV	= hight heating value (kW)
hfg	= kalor laten penguapan per unit massa air (kJ/kg)
k_{ch}	= koefisien kinetika reaksi kimia (m/s)
k_{eff}	= koefisien reaksi total efektif (m/s)
LHV	= low heating value (kW)
m	= Massa (kg)
mv	= massa <i>volatile matter</i>
MWc	= berat molekul karbon (12 kg/kmol)
mo	= massa awal (g)
mf	= massa final/akhir (g)
mt	= massa tengah (g)
Nu	= angka Nusselt
P_{O_2}	= tekanan parsial oksigen di atmosfer (Pa)
Pr	= angka Prandtl

Pyr	=	pyrolysis
Q	=	debit udara (m^3/h)
R	=	konstanta gas universal = $8,314 \text{ J/mol.K}$
Re	=	angka Reynolds
Sc	=	angka Schmidt
Sh	=	angka Sherwood
t	=	waktu (s)
T awal	=	temperatur awal pembakaran ($^{\circ}\text{C}$)
Tc	=	Suhu karbon (K)
u	=	energi dalam per unit massa (kJ/kg)
v	=	kelajuan udara (m/s)
ν	=	viskositas kinematik (m^2/s)