

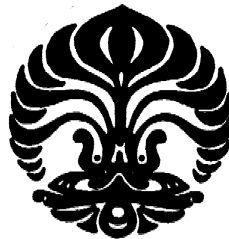
**PEMADAMAN API BAHAN BAKAR CAIR DAN
PADAT MENGGUNAKAN SISTEM KABUT AIR
MULTI NOSEL DENGAN JARAK ANTARA 4 CM**

SKRIPSI

Oleh

DODDY REZKI PRATAMA

04 04 02 022 3



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

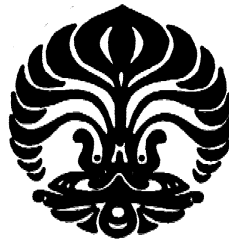
**PEMADAMAN API BAHAN BAKAR CAIR DAN
PADAT MENGGUNAKAN SISTEM KABUT AIR
MULTI NOSEL DENGAN JARAK ANTARA 4 CM**

SKRIPSI

Oleh

DODDY REZKI PRATAMA

04 04 02 022 3



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian jangka panjang mengenai “Pengembangan Sistem Pemadam Kebakaran Dengan Kabut Air ” dengan peneliti utama / dosen pembimbing : Ir. Yulianto S. Nugroho, MSc. PhD. Penggunaan data dan informasi yang tercantum dalam skripsi ini untuk maksud publikasi ilmiah dan populer hanya dapat dilakukan oleh peneliti utama atau atas ijin tertulis dari peneliti utama.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Yulianto S. Nugroho, MSc. PhD.

NIP 132 048 274

Doddy Rezki Pratama

NPM 04 04 02 022 3

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

PEMADAMAN API BAHAN BAKAR CAIR DAN PADAT MENGUNAKAN SISTEM KABUT AIR MULTI NOSEL DENGAN JARAK ANTARA 4 CM

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juli 2008

Doddy Rezki Pratama

NPM. 04 04 02 022 3

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**PEMADAMAN API BAHAN BAKAR CAIR DAN PADAT
MENGUNAKAN SISTEM KABUT AIR MULTI NOSEL DENGAN
JARAK ANTARA 4 CM**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 30 Juni 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Yulianto S.Nugroho, MSc. PhD

NIP. 132 048 274

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR ISTILAH & SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	5
1.4 PEMBATASAN MASALAH.....	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	7
BAB II DASAR TEORI.....	9
2.1 REAKSI PEMBAKARAN.....	9
2.2 POOL FIRE.....	11
2.2.1 Laju Pembakaran dan Laju Produksi Kalor (HRR) Pool Fire.....	12
2.2.2 Tinggi Nyala Api Pool Fire (Flame Height).....	14
2.3 Solid fuel (briket batubara).....	14
2.4 KELAS KEBAKARAN.....	16
2.5 SISTEM PEMADAM KEBAKARAN KABUT AIR.....	17
2.5.1 Kabut Air.....	17
2.5.2 Penggunaan Sistem Kabut Air.....	18
2.5.3 Pembentukan Droplet Dari Berbagai Jenis Nosel.....	19
2.5.4 Perlambatan Droplet Didalam Spray.....	21
2.5.5 Distribusi ukuran droplet.....	23
2.5.6 Performa Pemadaman Dengan Kabut Air.....	25

2.5.7 Karakteristik Kabut Air	31
BAB III METODOLOGI PENGUJIAN	35
3.1 TAHAP PERSIAPAN	35
3.1.1 Peralatan Keamanan	35
3.1.2 Spesifikasi & Persiapan Alat Uji	37
3.2 TAHAP PERCOBAAN & PENGAMBILAN DATA	43
3.2.1 Prosedur Pengambilan Data Flux Density	43
3.2.2 Prosedur Pengambilan Data Waktu Pemadaman, Temperatur Nyala, Laju Penurunan Massa & Laju Produksi Kalor (HRR) Pool Fire	45
3.2.3 Prosedur Pengambilan Data Waktu Pemadaman, Temperatur Nyala, & Laju Produksi Kalor (HRR) Briket Batubara	47
BAB IV HASIL & ANALISIS	49
4.1 KARAKTERISTIK POOL FIRE	49
4.1.1 Laju Pembakaran Bahan Bakar dan Laju Produksi Kalor	49
4.1.2 Tinggi Nyala Api & Bentuk Api Pool Fire	52
4.1.3 Temperatur Nyala	54
4.2 KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET (SOLID FUEL)	56
4.2.1 Temperatur Penyalaan	56
4.2.2 Laju produksi kalor (HRR)	58
4.3 PENGUJIAN KARAKTERISTIK WATER MIST UNTUK PEMADAMAN	59
4.3.2 Pengaruh Tekanan Terhadap Laju Aliran Kabut Air	60
4.3.3 Pengaruh Tekanan, Ketinggian Penyemprotan & Jumlah Nosel Terhadap Fluks Density Kabut Air	62
4.4 PEMADAMAN BAHAN BAKAR LIQUID & SOLID	68
4.4.1 Pemadaman Bahan Bakar Cair (Pool Fire)	68
4.4.2 Pemadaman Bahan Bakar Padat (Briket Batubara)	73
BAB V PERANCANGAN ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR)	79
5.1 DEFINISI DAN JENIS-JENIS APAR	79
5.2 DESAIN ALAT PEMADAM API RINGAN (APAR) DENGAN SISTEM KABUT AIR	81
BAB VI KESIMPULAN	87

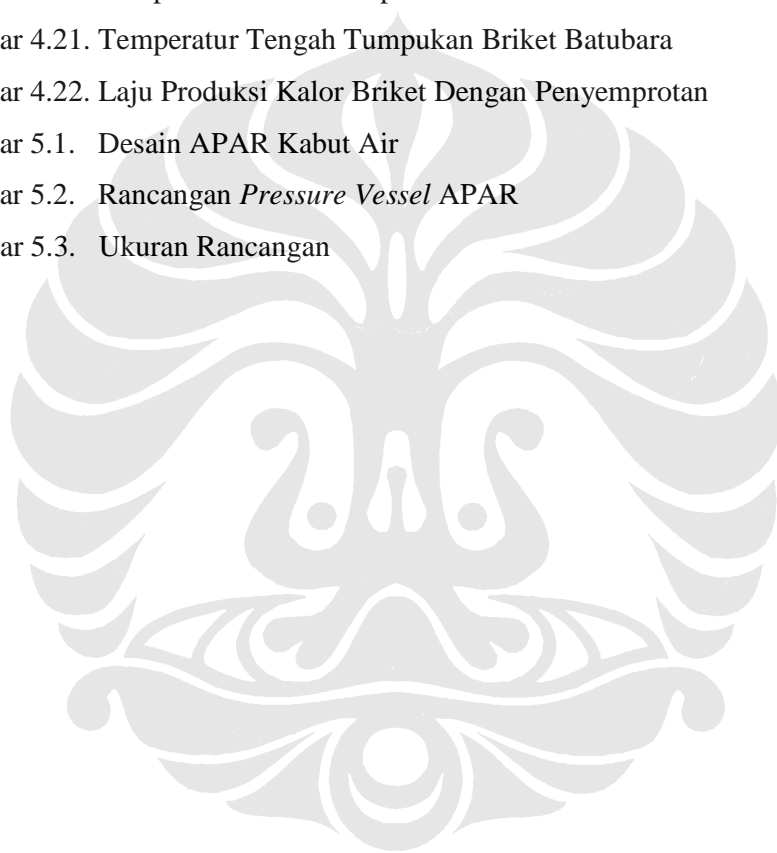
DAFTAR ACUAN.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN.....	92



DAFTAR GAMBAR

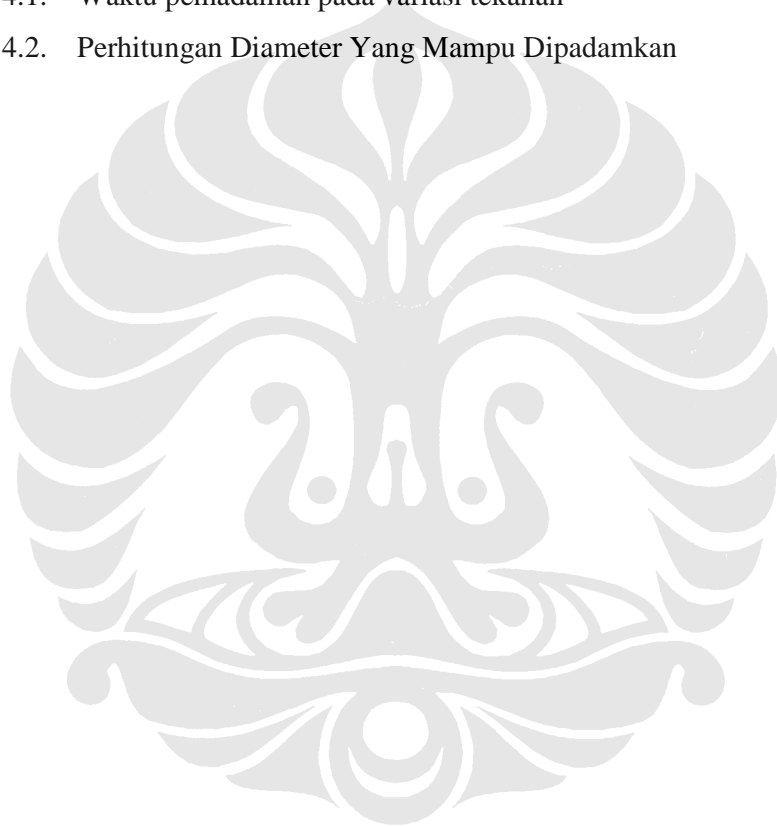
Gambar 2.1. Pembagian Zona Nyala <i>Pool Fire</i>	12
Gambar 2.2. Briket Batubara Jenis Telur	15
Gambar 2.3. Proses Pembakaran Solid Fuel	16
Gambar 2.4. Empat Cara Pembentukan Droplet	20
Gambar 2.5. Grafik Reynold Vs Ohnesorge	21
Gambar 2.6. Skematik Full Cone Spray	22
Gambar 2.7. Interaksi Api Dengan Kabut Air	26
Gambar 2.8. Kemampuan Dari Ukuran Droplet	31
Gambar 3.1. Wadah Bahan Bakar $d=8$ & 10 cm	37
Gambar 3.2. Tabung Nitrogen & Pressure Regulator	37
Gambar 3.3. <i>Pressure Vessel</i>	38
Gambar 3.4. Nosel <i>Greenhouse</i>	38
Gambar 3.5. Lima Nosel Berdiameter Luar 8 cm	39
Gambar 3.6. <i>Pressure Gauge</i>	40
Gambar 3.7. Timbangan & Busa	42
Gambar 3.8. Kompor Briket Batubara	43
Gambar 3.9. Proses Pengambilan Data <i>Flux Density</i>	45
Gambar 3.10. Skematik Pengambilan Data	47
Gambar 4.1. Grafik Laju Produksi Kalor Dengan Perbedaan Diameter	50
Gambar 4.2. Pola Laju Produksi Kalor <i>Pool Fire</i>	51
Gambar 4.3. Visual Nyala Api <i>Pool Fire</i>	53
Gambar 4.4. Grafik Tinggi Nyala Api <i>Pool Fire</i>	53
Gambar 4.5. Temperatur Nyala <i>Pool Fire</i> Pada Ketinggian Berbeda	54
Gambar 4.6. Perbandingan Temperatur Nyala Berbagai Diameter	55
Gambar 4.7. Temperatur Nyala Briket Batubara	57
Gambar 4.8. Laju Produksi Kalor Pembakaran Briket	58
Gambar 4.9. Kabut Air Yang Disemprotkan	60
Gambar 4.10. Perbandingan Tekanan & Laju Aliran Kabut Air	61
Gambar 4.11. <i>Flux Density</i> Pada Berbagai Tekanan	63
Gambar 4.12. Ilustrasi Semprotan Nosel	64

Gambar 4.13. <i>Flux Density</i> Pada Berbagai Ketinggian	65
Gambar 4.14. Tampilan 3-Dimensi <i>Flux Density</i>	67
Gambar 4.15. Waktu Pemadaman Dengan Perbedaan Tekanan	69
Gambar 4.16. Pola Temperatur Pemadaman <i>Pool Fire</i> P=7 bar	70
Gambar 4.17. Pola Laju Produksi Kalor (<i>Pool Fire</i>) Dengan Kabut Air	71
Gambar 4.18. Perbandingan <i>Flux Density</i> & Diameter Mampu Padam	73
Gambar 4.19. Pola Temperatur Pembakaran Briket Dengan Penyemprotan	74
Gambar 4.20. Temperatur Dasar Tumpukan Briket Batubara	76
Gambar 4.21. Temperatur Tengah Tumpukan Briket Batubara	77
Gambar 4.22. Laju Produksi Kalor Briket Dengan Penyemprotan	78
Gambar 5.1. Desain APAR Kabut Air	85
Gambar 5.2. Rancangan <i>Pressure Vessel</i> APAR	85
Gambar 5.3. Ukuran Rancangan	86



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Jumlah Kebakaran Berdasarkan Objek	2
Tabel 1.2.	Jumlah Kerugian Akibat Kebakaran	2
Tabel 2.1.	Komposisi Briket Batubara	15
Tabel 2.2.	Kelas Kebakaran	16
Tabel 2.3.	Penggunaan Ukuran Droplet.	24
Tabel 4.1.	Waktu pemadaman pada variasi tekanan	69
Tabel 4.2.	Perhitungan Diameter Yang Mampu Dipadamkan	72



DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A_w	Luasan Kabut Air	m^2
A_f	luas permukaan bakar	m^2
a_c	koefisien cakupan spray	
c_p	kapasitas thermal	J/mol K
c_{pv}	kapasitas termal dari uap air	J/mol K
C_D	koefisien Drag	
D	dimensi wadah	m
$D_{v0.9}$	diameter droplet dari 90% total volume yang jadi droplet kecil	μm
d	diameter droplet	m
E	Effisiensi sambungan bejana	
\bar{F}	Gaya total yang mengenai droplet	N
f_c	Fraksi kalor pembakaran dari bahan bakar dari api ke permukaan bahan bakar	
$k\beta$	faktor radiasi	m^{-1}
g	gravitasi	$\frac{m}{s^2}$
ΔH_c	entalpi pembakaran bahan bakar	kJ/mol
H_v	panas penguapan untuk air	
h	koefisien perpindahan panas konveksi	$kW/m^2 K$
k	koefisien perpindahan panas	$kW/m K$
L	jarak nosel ke permukaan bahan bakar	m
L_v	panas yang diperlukan untuk menghasilkan material menguap	kJ/g
L_{vf}	kalor laten bahan bakar yang berevaporasi	kJ/mol
L_{vw}	kalor laten air yang berevaporasi	kJ/mol
l	panjang karakteristik	m
m_f	laju pembakaran bahan bakar	kg/s

m_w	Laju pengeluaran kabut air	kg/s
m	massa droplet	kg
N	jumlah mol	
P	Tekanan nosssel	kPa
P	tekanan dalam bejana	psi
Q_f	Laju kalor yang ditransformasikan dari api ke permukaan bahan bakar	kW
Q_E	laju kalor eksternal yang ditransferkan ke bahan bakar	kW
Q_L	laju pelepasan kalor dari bahan bakar	kW
\dot{Q}_F''	heat flux berasal dari api	kW/m ²
\dot{Q}_L''	heat flux yang hilang ke permukaan bahan bakar	kW/m ²
q	laju kalor	kW
R	jari-jari dalam bejana	inch
r	jari-jari spray	m
S	laju perpindahan kalor sensibel pada Permukaan area bahan bakar	
S	tegangan maksimum yang dibolehkan bejana	psi
s	jarak dari nosssel	m
T	Temperatur	K
T_{wp}	temperatur uap air	K
ΔT	perbedaan temperatur antara udara dan droplet	
t	tebal minimum yang dibutuhkan	inch
u_{fmax}	kecepatan maksimum pada <i>fire plume</i>	m/s
u_w	kecepatan droplet air	m/s
u_{wo}	kecepatan awal droplet	m/s
v	kecepatan aliran	m/s
\bar{v}	vektor kecepatan droplet	
\bar{v}_l	vektor kecepatan di sekitar udara	m/s

X	fraksi mol kesempurnaan pembakaran.	
x	fraksi kabut air yang berperan dalam pendinginan lidah api	
α	sudut spray	
ρ	kerapatan fluida	kg/m^3
ρ_w	massa jenis air	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
ϕ	rasio udara dan bahan bakar	
δ	ketebalan lapisan kalor dibawah permukaan bahan bakar	m
ε	emisifitas	
σ	Konstanta Stefan-Boltmann ($\text{W/m}^2\text{K}^4$)	(5.67×10^8)
μ	viskositas dinamik	Ns/m^2
σ	Tegangan permukaan	N/m
ϑ	sudut cone	
ϕ	sudut ujung spray terhadap normal	