

**PENELITIAN KESTABILAN DAN PANJANG NYALA
API PREMIX AKIBAT VARIASI DIAMETER DALAM
RING MENGGUNAKAN GAS PROPANA
PADA BUNSEN BURNER**

SKRIPSI

Oleh :

RACHMAT HARRIS FIRMANSYAH

04 03 02 05 8Y



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

**PENELITIAN KESTABILAN DAN PANJANG NYALA
API PREMIX AKIBAT VARIASI DIAMETER DALAM
RING MENGGUNAKAN GAS PROPANA
PADA BUNSEN BURNER**

SKRIPSI

Oleh :

RACHMAT HARRIS FIRMANSYAH

04 03 02 05 8Y



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

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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Kami menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**PENELITIAN KESTABILAN DAN PANJANG NYALA API PREMIX
AKIBAT VARIASI DIAMETER DALAM RING MENGGUNAKAN GAS
PROPANA PADA BUNSEN BURNER**

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 dilingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Januari 2008

Rachmat Harris F.

NPM. 04 03 02 05 8Y

PERNYATAAN PUBLIKASI

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian jangka panjang mengenai “Fenomena *Flame Lift-up* pada Nyala Api *Premix*” dengan peneliti utama, yaitu :

Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Dhiputra, Dipl.-Ing.

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, Januari 2008

Peneliti Utama,

Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Dhiputra, Dipl.-Ing.

NIP. 130 702 237

Rachmat Harris F.

NPM 04 03 02 05 8Y

PENGESAHAN

Sksripsi dengan judul :

**PENELITIAN KESTABILAN DAN PANJANG NYALA API PREMIX
AKIBAT VARIASI DIAMETER DALAM RING MENGGUNAKAN GAS
PROPANA PADA BUNSEN BURNER**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi.

Depok, Januari 2008

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Dhiputra, Dipl.-Ing.

NIP. 130 702 237

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan bimbingan-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga tidak lupa ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, antara lain :

1. Kedua orangtua tercinta yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan yang tidak terhingga baik moril dan materiil kepada penulis.
2. Bapak Prof. DR. Ir. I Made Kartika Dhiputra, Dipl.-Ing. selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, beserta istri beliau yang telah banyak memberikan dukungannya agar penulis tetap semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Hendri D.S. Budiono, selaku Ketua Departemen Teknik Mesin UI dan dosen-dosen Departemen Teknik Mesin yang telah memberikan saran dan masukannya.
4. Seluruh karyawan DTM FTUI, antara lain : Mas Yasin, Mas Udiyono, Mas Syarif, Mas Nurdin, Mas Awang, Mba Yani, Bu Tina, dan yang lainnya yang telah banyak membantu penulis.
5. Saudara-saudara saya yang telah memberikan dukungannya agar penulis tetap semangat menyelesaikan skripsi ini.
6. Tri Nugroho selaku rekan satu bimbingan skripsi, Bu Prapti, Bu Catur, Pak Hamdhan, Pak Eko, Pak Ombun, selaku tim *Flame and Combustion Laboratory* yang telah memberikan bantuan dan dukungannya selama penulis mengerjakan skripsi.
7. Anak-anak Mesin 2003 yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis.

8. Sahabat-sahabat terdekat saya yang telah memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi ini. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan di sini, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan akhir ini masih banyak kekurangan, baik dalam cara penulisan maupun pengumpulan dan pengolahan data. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dari para pembaca agar menjadi masukan untuk penulisan-penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Depok, Januari 2008

Penulis

Rachmat Harris F.

NPM. 04 03 02 05 8Y

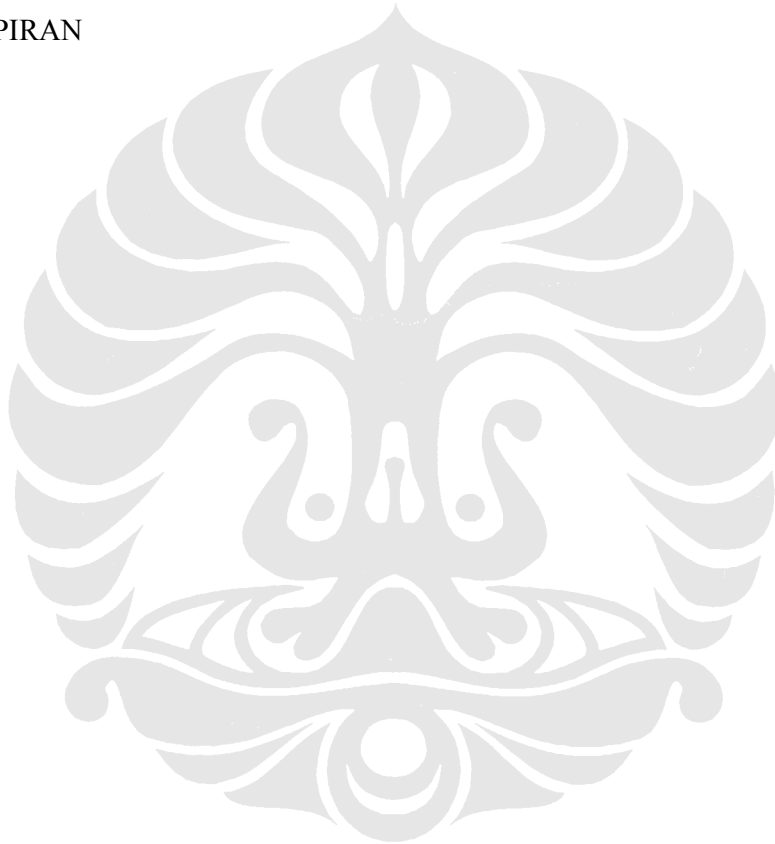
DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN PUBLIKASI	iii
PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xvi
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	5
1.3 TUJUAN PENULISAN	6
1.4 BATASAN MASALAH	6
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	7
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB II DASAR TEORI	9
2.1 <i>BUNSEN BURNER</i>	9
2.2 REAKSI PEMBAKARAN	10
2.2.1 Rasio Volumetrik	11
2.2.2 Campuran Udara-Bahan Bakar	12
2.2.2.1 Rasio Udara-Bahan Bakar (<i>Air-fuel Ratio/AFR</i>)	12
2.2.2.2 Rasio Bahan Bakar-Udara (<i>Fuel Air Ratio/FAR</i>)	12

2.2.2.3 Rasio Ekuivalen (<i>Equivalent Ratio, Φ</i>)	13
2.2.2.4 Udara Berlebih (<i>Excess Air – XSA</i>)	13
2.2.3 Fraksi Mol dan Fraksi Massa	14
2.2.3.1 Fraksi Mol	14
2.2.3.2 Fraksi Massa	14
2.2.3.3 Hubungan Fraksi Mol - Fraksi Massa – Massa Molekular	14
2.2.4 Beban Pembakaran (<i>Burning Load</i>)	15
2.3 BAHAN BAKAR GAS	15
2.3.1 Gas Alam (<i>Natural Gas</i>)	16
2.3.2 Gas Buatan	17
2.3.3 Gas Propana	17
2.4 NYALA API (<i>FLAME</i>)	19
2.4.1 Nyala api <i>premix</i> (<i>premixed flame</i>)	20
2.4.2 Laju Nyala Api Laminar	22
2.5 KARAKTERISTIK NYALA	23
2.5.1 Batas Mampu Nyala (<i>Flamability Limits</i>)	23
2.5.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Nyala	24
2.6 STABILITAS NYALA API (<i>FLAME STABILITY</i>)	25
2.6.1 Fenomena <i>Flashback</i>	26
2.6.2 Fenomena <i>Lift Off</i>	27
2.6.3 Fenomena <i>Blow-Off</i>	27
2.6.4 Fenomena <i>Lift-up</i> dan Daerah Stabilitas Nyala	27
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 PERALATAN PENELITIAN	30
3.1.1 <i>Bunsen Burner</i>	30
3.1.2 Ruang Pencampur (<i>Mixer</i>)	31
3.1.3 Tabung Pembakar (<i>Barrel</i>)	31
3.1.4 <i>Fuel Gas</i>	31
3.1.5 <i>Ring Stabilizer</i>	31
3.1.6 Peralatan Pendukung	32
3.2 PENYESUAIAN SKALA <i>ROTAMETER</i>	32

3.2.1 Langkah-langkah persiapan alat	33
3.2.2 Langkah-langkah penyesuaian skala <i>rotameter</i>	35
3.2.2.1 Penyesuaian skala untuk Gas Propana	35
3.2.2.2 Penyesuaian Skala Untuk Udara	35
3.2.3 Grafik hasil penyesuaian skala <i>rotameter</i>	36
3.2.3.1 Grafik Penyesuaian Skala Untuk Propana	36
3.2.3.2 Grafik Penyesuaian Skala Untuk Udara	36
3.3 METODE PENGAMBILAN DATA	37
3.4 PROSEDUR PERCOBAAN	38
3.4.1 Persiapan Awal Peralatan Uji	38
3.4.2 Pengukuran <i>flame length</i> , <i>lift-up</i> , dan <i>blow-off</i> tanpa menggunakan ring	39
3.4.3 Pengukuran <i>flame length</i> , <i>lift-up</i> , dan <i>blow-off</i> dengan menggunakan ring	39
BAB IV HASIL DAN ANALISA	41
4.1 DATA HASIL PERCOBAAN	41
4.2 PENGOLAHAN DATA	48
4.2.1 Contoh Perhitungan	48
4.2.2 Tabel Hasil Pengolahan Data	49
4.3 ANALISA GRAFIK PANJANG NYALA API <i>PREMIX</i>	56
4.3.1 Panjang Nyala Api <i>Premix</i> Dengan Ring Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,5$	56
4.3.2 Panjang Nyala Api <i>Premix</i> Dengan Ring Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,72$	57
4.3.3 Panjang Nyala Api <i>Premix</i> Dengan Ring Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 1$	59
4.3.4 Perbandingan Panjang Nyala Api <i>Premix</i> Pada Variasi Diameter Dalam Ring	61
4.4 ANALISA GRAFIK HUBUNGAN AFR DAN <i>BURNING LOAD</i> PADA <i>LIFT-UP</i> DAN <i>BLOW-OFF</i>	64
4.4.1 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring (Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,5$)	64
4.4.2 Hubungan AFR dan <i>Burning Load</i> (Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,5$)	66
4.4.3 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring (Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,72$)	68
4.4.4 Hubungan AFR dan <i>Burning Load</i> (Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 0,72$)	69
4.4.5 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring (Rasio $\frac{D_{ir}}{D_b} = 1$)	71

4.4.6 Hubungan AFR dan <i>Burning Load</i> (Rasio $\frac{Dir}{Db} = 1$)	73
4.4.7 Perbandingan Terjadinya <i>Lift-up</i> pada Variasi Diameter Dalam Ring	75
4.4.8 Perbandingan Terjadinya <i>Blow-off</i> pada Variasi Diameter Dalam Ring	78
BAB V KESIMPULAN	81
DAFTAR ACUAN	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	85



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Nyala api <i>lift-up</i>	4
Gambar 2.1 <i>Bunsen burner</i>	10
Gambar 2.2 Profil Nyala Api	20
Gambar 2.3 Struktur Nyala Api <i>Premix</i>	21
Gambar 2.4 Vektor Diagram Kecepatan Nyala Laminar	21
Gambar 2.5 Diagram stabilitas <i>flashback</i> , <i>lift-off</i> , dan <i>yellow tipping</i> untuk bahan bakar gas industri	26
Gambar 2.6 Grafik Perbandingan AFR dan BL	28
Gambar 3.1 Skema Pengambilan Data	30
Gambar 3.2 Dimensi ring 1	31
Gambar 3.3 Dimensi ring 2	32
Gambar 3.4 Dimensi ring 3	32
Gambar 3.5 Prosedur Penyesuaian Skala <i>Rotameter</i>	35

DAFTAR TABEL

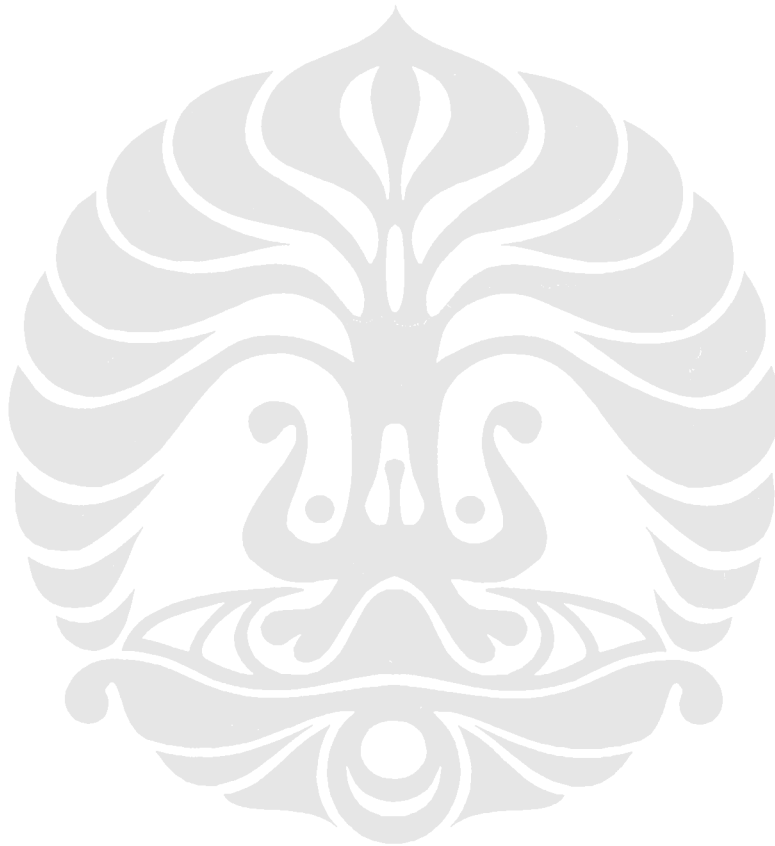
	Halaman
Tabel 2.1	Tabel karakteristik bahan bakar 19
Tabel 2.2	Tabel batas mampu nyala 24
Tabel 3.1	Tabel data percobaan tanpa menggunakan ring 37
Tabel 3.2	Tabel data percobaan dengan menggunakan ring 38
Tabel 4.1	Data percobaan tanpa menggunakan ring 41
Tabel 4.2	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 10$ mm) 42
Tabel 4.3	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 20$ mm) 42
Tabel 4.4	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 30$ mm) 43
Tabel 4.5	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 40$ mm) 43
Tabel 4.6	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 10$ mm) 44
Tabel 4.7	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 20$ mm) 44
Tabel 4.8	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 30$ mm) 45
Tabel 4.9	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 30$ mm) 45
Tabel 4.10	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 10$ mm) 46
Tabel 4.11	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 20$ mm) 46

Tabel 4.12	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 30$ mm)	47
Tabel 4.13	Data percobaan dengan menggunakan ring (Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 30$ mm)	47
Tabel 4.14	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> tanpa menggunakan ring	49
Tabel 4.15	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 10$ mm)	49
Tabel 4.16	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 20$ mm)	50
Tabel 4.17	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 30$ mm)	50
Tabel 4.18	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$ dan $x = 40$ mm)	51
Tabel 4.19	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 10$ mm)	51
Tabel 4.20	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 20$ mm)	52
Tabel 4.21	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 30$ mm)	52
Tabel 4.22	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$ dan $x = 40$ mm)	53
Tabel 4.23	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 10$ mm)	53
Tabel 4.24	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 20$ mm)	54
Tabel 4.25	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 30$ mm)	54
Tabel 4.26	Tabel AFR dan <i>Burning Load</i> dengan menggunakan ring ($D_{or} = 30$ mm; Rasio $D_{ir}/D_b = 1$ dan $x = 40$ mm)	55
Tabel 4.27	Tabel Pemetaan Parameter Analisa	55

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 3.1 Penyesuaian Skala Untuk Propana	36
Grafik 3.2 Penyesuaian Skala Untuk Udara	36
Grafik 4.1 Hubungan Panjang Nyala Api <i>Premix</i> dan <i>Burning Load</i> pada ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$	56
Grafik 4.2 Hubungan Panjang Nyala Api <i>Premix</i> dan <i>Burning Load</i> pada ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$	57
Grafik 4.3 Hubungan Panjang Nyala Api <i>Premix</i> dan <i>Burning Load</i> pada ring Rasio $D_{ir}/D_b = 1$	59
Grafik 4.4 Perbandingan Panjang Nyala Api <i>Premix</i> dan <i>Burning Load</i> Pada Variasi Diameter Dalam Ring Pada	61
Grafik 4.5 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$	64
Grafik 4.6 Perbandingan AFR dan <i>burning load</i> dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,5$	66
Grafik 4.7 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$	68
Grafik 4.8 Perbandingan AFR dan <i>burning load</i> dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$	69
Grafik 4.9 Perbandingan AFR pada variasi jarak ring dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 1$	71
Grafik 4.10 Perbandingan AFR dan <i>burning load</i> dengan ring Rasio $D_{ir}/D_b = 0,72$	73

Grafik 4.11	Hubungan AFR dan <i>burning load</i> saat <i>lift-up</i> pada variasi diameter dalam ring	75
Grafik 4.12	Hubungan AFR dan <i>burning load</i> saat <i>blow-off</i> pada variasi diameter dalam ring	78



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
AFR	<i>Air-Fuel Ratio</i>	-
Dir	Diamater dalam ring	mm
Dor	Diameter luar ring	mm
Db	Diameter <i>barrel</i>	mm
\dot{m}_a	Laju aliran massa udara	kg/s
\dot{m}_f	Laju aliran massa bahan bakar	kg/s
T	Temperatur	°C
LHV	Nilai Kalor Bahan Bakar	MJ/kg
x	Jarak pasang ring	mm
H _f	Panjang total nyala api <i>premix</i>	mm
L _f	Panjang nyala api <i>premix</i>	mm
V _u	Kecepatan aliran udara	m/s
V _g	Kecepatan aliran gas	m/s
ρ _a	Massa jenis udara	kg/m ³
ρ _f	Massa jenis bahan bakar	kg/m ³
Q _f	Kapasitas aliran bahan bakar	m ³ /s
Q _a	Kapasitas aliran udara	m ³ /s
RH	<i>Relative Humidity</i>	%
Rasio ^{Dir} / _{Db}	Rasio perbandingan diameter dalam ring dengan diameter <i>barrel</i>	-