

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Naskah Soal Tugas Akhir	iv
Halaman Persembahan	v
Prakata	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Notasi dan Singkatan	xiv
Intisari	xvi

Bab I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Sistematika penulisan	4

Bab II Tinjauan Pustaka

2.1 Eksperimen <i>Film Cooling</i> pada Nosel Roket.....	6
2.2 Analisis <i>Regenerative Cooling</i> pada Kombustor Roket	8
2.3 Analisis Pendinginan <i>Engine</i> Roket Berpropelan Cair.....	10

Bab III Teknologi Roket

3.1 Pendahuluan	14
3.1.1 Sejarah singkat	14
3.1.2 Prinsip kerja	16
3.1.3 Parameter penting.....	17
3.1.4 Jenis-jenis	17

3.1.5	Aplikasi.....	19
3.2	Roket Cair	20
3.2.1	Bagian-bagian Penting	20
3.2.2	Propelan cair	21
3.2.3	Analisis Dinamika Fluida	22
3.2.4	Teori nosel	28
3.2.5	Relasi Luas penampang dan kecepatan	26
3.3	<i>Engine</i> roket cair.....	30
3.3.1	Injektor	30
3.3.2	Ruang bakar	31
3.3.3	Nosel.....	32
3.3.4	Tinjauan Material.....	32
3.4	Perpindahan kalor	35
3.4.1	Konduksi.....	36
3.4.2	Konveksi.....	36
3.4.3	Radiasi	38
3.4.4	Pendinginan pada <i>engine</i>	38
3.4.5	Jenis-jenis pendinginan	40
3.5	Pendinginan Regeneratif.....	40
3.5.1	Analisis umum	41
3.5.2	Konveksi gas panas	42
3.5.3	Konveksi cairan pendingin	43

Bab IV Metodologi Simulasi

4.1	Pendahuluan	45
4.2	Metode dinamika fluida Komputasi	46
4.2.1	Kelebihan dan Kekurangan.....	46
4.2.2	Pemodelan matematis	47
4.2.3	Metode Diskretisasi.....	47
4.2.4	CFD Komersial	48
4.3	Langkah-langkah Analisa CFD	51
4.4	Domain Simulasi	52
4.4.1	Variasi model.....	54
4.4.2	Pembuatan mesh	56
4.5	Simulasi pembakaran.....	58

4.6	Simulasi CFD	59
4.7	Input data	60
4.7.1	Model Aliran	60
4.7.2	Material	60
4.7.3	Kondisi Batas	62
4.7.4	Kontrol Solusi	63

Bab V Hasil dan Pembahasan

5.1	Pendahuluan	64
5.2	Pengaruh Geometri	67
5.2.1	Model 1	67
5.2.2	Model 2	70
5.2.3	Model 3	72
5.2.4	Model 4	75
5.2.5	Pengaruh jumlah lubang inlet	76
5.2.6	Pengaruh luas penampang saluran pendingin pada nosel	79
5.3	Pengaruh laju Aliran Massa	80
5.4	Analisis Transien	82
5.4.1	Model 1	82
5.4.2	Model 4	87

Bab VI Penutup

6.1	Kesimpulan	91
6.2	Saran	92

Daftar Pustaka	93
-----------------------------	----

Lampiran-lampiran

1 Surat-surat pendukung	94
2 Persamaan pengatur dalam Fluent	96
3 Properti material	97
4 Hasil simulasi RPA	100
5 Data hasil simulasi <i>steady</i>	105
6 Data hasil simulasi <i>transient</i>	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Temperatur dinding nosel vs. <i>area ratio</i> pada MR=3.0.....	7
Gambar 2.2	Domain ruang bakar dan formulasi permasalahan	8
Gambar 2.3	Skema 3D domain komputasi.....	9
Gambar 2.4	Kontur temperatur gas, dinding, dan pendingin pada 5 lokasi aksial.....	9
Gambar 2.5	Kontur temperatur pada 4 bidang longitudinal.....	10
Gambar 2.6	Domain simulasi yang dilakukan Boysan.....	11
Gambar 2.7	Pengaruh radiasi terhadap distribusi fluks kalor sepanjang arah aksial.....	12
Gambar 2.8	Pengaruh jumlah saluran pendingin terhadap temperatur maksimum	13
Gambar 3.1	Skema bagian-bagian roket padat.....	18
Gambar 3.2	Skema bagian roket cair dengan <i>pressurized gas</i>	20
Gambar 3.3	Bagian-bagian utama <i>engine</i> roket cair.....	31
Gambar 3.4	Grafik <i>tensile strength</i> vs temperatur beberapa bahan.....	33
Gambar 3.5	Distribusi <i>heat flux</i> pada dinding <i>engine</i>	39
Gambar 3.6	Distibusi temperatur pada sistem pendinginan roket.....	42
Gambar 3.7	Rezim pendidihan	43
Gambar 4.1	Alur simulasi CFD	51
Gambar 4.2	<i>Engine</i> RCX300H.....	52
Gambar 4.3	Beberapa dimensi utama <i>engine</i> RCX300H.....	52
Gambar 4.4	Komponen-komponen utama <i>engine</i> RCX300H.....	53
Gambar 4.5	Pemodelan <i>engine</i> 1	54
Gambar 4.6	Pemodelan <i>engine</i> 2	55
Gambar 4.7	Pemodelan <i>engine</i> 3	55
Gambar 4.8	Pemodelan <i>engine</i> 4	56
Gambar 4.9	Hasil pembuatan <i>mesh</i> model 1	57
Gambar 5.1	Distribusi kecepatan (Bilangan Mach) pada bidang simetri model 1	66
Gambar 5.2	Distribusi massa jenis pada bidang simetri model 1	67

Gambar 5.3	Distribusi temperatur pada bidang simetri model 1	68
Gambar 5.4	Distribusi temperatur model 1	68
Gambar 5.5	Grafik temperatur vs posisi pada dinding model 1 sepanjang arah aksial.....	69
Gambar 5.6	Grafik fluks kalor vs posisi pada dinding model 1	69
Gambar 5.7	Distribusi temperatur model 2	70
Gambar 5.8	Grafik temperatur vs posisi pada dinding model 2	71
Gambar 5.9	Grafik fluks kalor vs posisi pada dinding model 2	72
Gambar 5.10	Distribusi temperatur untuk model 3	73
Gambar 5.11	Grafik temperatur vs posisi pada dinding model 3	74
Gambar 5.12	Grafik fluks kalor vs posisi pada dinding model 3	74
Gambar 5.13	Distribusi temperatur untuk model 4	75
Gambar 5.14	Grafik temperatur vs posisi pada dinding model 4	75
Gambar 5.15	Grafik fluks kalor vs posisi pada dinding model 4	76
Gambar 5.16	Perbandingan distribusi temperatur model 1 dan 2	77
Gambar 5.17	Perbandingan distribusi temperatur pada model 3 dan 4	79
Gambar 5.18	Perbandingan kontur kecepatan pada penampang saluran pendingin di sekitar nosel ($x = 0,052$ m).....	80
Gambar 5.19	Variasi debit massa pada model 1	81
Gambar 5.20	Distribusi temperatur pada detik ke-1, 2, 6, 12, dan 20	83
Gambar 5.21	Tren perubahan fluks kalor rata-rata pada model 1	84
Gambar 5.22	Tren perubahan temperatur rata-rata pada model 1	85
Gambar 5.23	Tren laju aliran kalor pada model 1	86
Gambar 5.24	distribusi temperatur pada detik ke-1, 2, 6, 12, dan 20	87
Gambar 5.25	Tren perubahan fluks kalor rata-rata pada model 4	88
Gambar 5.26	Tren perubahan temperatur rata-rata pada model 4	89
Gambar 5.27	Tren laju aliran kalor pada model 4	89

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Beberapa kelompok variabel yang penting.....	28
Tabel 4.1	kelebihan dan kekurangan metode penelitian.....	45
Tabel 4.2	Spesifikasi <i>mesh</i> model 1 dan 2	57
Tabel 4.3	Spesifikasi <i>mesh</i> model 3 dan 4	58
Tabel 4.4	Hasil simulasi properti <i>thrust chamber</i> menggunakan RPA	59
Tabel 4.5	<i>solver setting</i>	60
Tabel 4.6	properti material yang digunakan.....	61
Tabel 4.7	kondisi batas simulasi.....	62
Tabel 4.8	Kontrol solusi numerik untuk simulasi.....	63
Tabel 5.1	Perbandingan distribusi temperatur pada permukaan dinding.....	77
Tabel 5.2	Perbandingan laju kalor pada permukaan dinding	78

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	area [m^2]
A_c	Luas penampang ruang bakar [m^2]
A_e	Luas penampang keluar (<i>exit</i>) nosel [m^2]
A_i	Luas penampang masuk nosel [m^2]
A_t	Luas penampang <i>throat</i> nosel [m^2]
a	kecepatan suara [m/det]
C_F	koefisien gaya dorong
c^*	kecepatan karakteristik [m/det]
c_p	kapasitas kalor spesifik pada tekanan konstan [kJ/kg.K]
c_v	kapasitas kalor spesifik pada volume konstan [kJ/kg.K]
ΔT	perbedaan temperatur [K]
E_v	modulus bulk [Pa]
F	gaya dorong [N]
g	percepatan gravitasi [m/det^2]
h	entalpi [kJ/kg]
h	koefisien konveksi [$\text{W/m}^2.\text{K}$]
I_{sp}	impuls spesifik [detik]
k	konduktivitas termal [W/m.K]
L	panjang karakteristik [m]
m	massa [kg]
$\dot{m}$	laju aliran massa [kg/det]
$\mathfrak{M}$	massa molar [kgmol atau kg/kmol]
p	tekanan [Pa]
p_a	tekanan atmosfer sekitar [Pa]
p_e	tekanan pada bagian keluar (<i>exit</i>) nosel/ [Pa]
Q	jumlah kalor [J]
$\dot{Q}$	laju perpindahan kalor [W]

Q''	fluks kalor [W/m^2]
R	konstanta gas [$\text{kJ}/(\text{kg.K})$]
R_u	konstanta gas universal [= $8,314 \text{ kJ}/(\text{kgmol.K})$]
T	temperatur [K]
T_m	titik lebur [K]
T_{wg}	temperatur permukaan dinding yang bersentuhan dengan gas [K]
T_{wl}	temperatur permukaan dinding yang bersentuhan dengan cairan pendingin [K]
u	energi dalam [kJ/kg]
V	volume [m^3]
v	kecepatan [m/det]
α_l	koefisien muai termal [$\text{mm/mm.}^\circ\text{C}$]
α	difusivitas termal [m^2/det]
ε	emisivitas
γ	<i>specific heat ratio</i> atau <i>isentropic exponent</i>
μ	viskositas dinamik [kg/m.det]
ρ	kerapatan/massa jenis [kg/m^3]
ς	konstanta Stefan-Boltzmann [$5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^4$]
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
FNA	<i>Fuming Nitric Acid</i>
OFR	<i>Oxidizer to Fuel Ratio</i>
RP-1	<i>Rocket Propellant – 1</i>
SLV	<i>Space launch vehicle</i>
SS	<i>Stainless Steel</i>