

TUGAS AKHIR

**PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN
UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA
INVERSE DIFFUSION FLAME DENGAN MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR CNG**



Disusun Oleh :

MOH. TAUFIK NUROCHMAN	(1421404617)
HELMI YAHYA ARSWENDA	(1421404618)
GIGIH PERWIRA MUKTI	(1421404585)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2019**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN
UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA
INVERSE DIFFUSION FLAME DENGAN MENGGUNAKAN
BAHAN BAKAR CNG**



Disusun Oleh:

MOH. TAUFIK NUROCHMAN (1421404617)
HELMI YAHYA ARSWENDA (1421404618)
GIGIH PERWIRA MUKTI (1421404585)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2019**




Tugas Akhir

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : MOH TAUFIK NUROCHMAN
NBI : 1421404617
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA *INVERSE DIFFUSION FLAME* DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CNG


Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing


Pramoda Agung S., S.T., M.T
NPP. 20420960458

Dekan
Fakultas Teknik


Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes.
NPP. 20410900197

Ketua Program Studi
Teknik Mesin


Ir. Ichlas Wahid, M.T
NPP. 20420900207



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

“PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA *INVERSE DIFFUSION FLAME* DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CNG”

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik Mesin pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir (TA) yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian bersumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 16 Januari 2019



Moh. Taufik Nurochman

NBI. 1421404617

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa:

Nama : Moh. Taufik Nurochman
Nomor Mahasiswa : 1421404617

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Badan Perpustakaan UNTAG Surabaya karya ilmiah saya yang berjudul :
Pengaruh Tekanan Bahan Bakar Dan Kecepatan Udara Terhadap Struktur Nyala Api Pada Inverse Diffusion Flame Dengan Menggunakan Bahan Bakar CNG
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada).

Dengan demikian saya memberikan kepada Badan Perpustakaan UNTAG Surabaya hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Surabaya

Pada tanggal : 28 Januari 2019

Yang menyatakan



(Moh. Taufik Nurochman)



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penulisan Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik, sebagaimana diketahui bahwa penulisan Tugas Akhir ini merupakan kelengkapan kurikulum pada Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah berperan besar terhadap terselesaikannya penelitian ini, antara lain:

1. Pramoda Agung S.,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang selalu merelakan waktunya untuk membimbing kami serta memberikan masukan-masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Ichlas Wahid, M.T selaku Kaprodi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Seluruh dosen fakultas teknik, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Kedua orang tua yang selalu mendoakan, dan mendukung untuk segera menyelesaikan pendidikan S1.
5. Keluarga besar Engineering 2014 yang selalu mengajarkan kekompakan dan terimakasih atas kerjasamanya selama ini.
6. Alvina Rohmatul Jannah, S.Pd yang selalu memberi motivasi untuk segera menyelesaikan pendidikan S1.
7. Semua pihak yang terkait dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan. Saya sangat menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan segala bentuk



Tugas Akhir

saran dan kritik yang membangun guna penyempurnaan Tugas Akhir baik saat ini maupun di masa yang akan datang.

Semoga yang terdapat didalam laporan tugas akhir penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan pada seluruh lapisan masyarakat pada umumnya serta menjadi kajian bagi banyak pihak, amin.

Surabaya, 16 januari 2019

Penulis



ABSTRAK

PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA *INVERSE DIFFUSION* *FLAME* DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CNG

Sejalan dengan pesatnya pembangunan dan jumlah penduduk, semakin pesat juga pemanfaatan konversi energi kimia menjadi energi mekanik, salah satunya adalah dengan proses pembakaran, baik berupa pembakaran dalam maupun pembakaran luar, Pembakaran merupakan salah satu teknologi konversi energi yang paling banyak dipakai saat ini. Hal ini dikarenakan besarnya energi yang dapat dibangkitkan dalam waktu yang relatif cepat pada suatu proses pembakaran

Saat ini penggunaan gas CNG di Indonesia sudah menjadi hal yang umum. Sebagian penduduk, industry makanan mulai berpindah memakai gas CNG dikarenakan harga gas CNG lebih murah dan ramah lingkungan, dengan menggunakan burner tipe inverse diffusion flame hasil panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran akan lebih besar dibandingkan dengan kompor konvensional.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan burner tipe inverse diffusion flame dengan variasi tekanan bahan bakar 0,5 bar, 0,75 bar dan kecepatan udara 10,616 m/detik , 14,862 m/detik

Bedasarkan hasil pengujian dan analisa bahwa campuran udara dan bahan bakar sangat berpengaruh terhadap bentuk badan api, distribusi temperature, keringgian nyala api, temperature center line dan q radiasi, pada percobaan tekanan bahan bakar 0,50 bar dan kecepatan 14,862 m/detik dihasilkan nyala api biru yang memiliki arti bahan bakar terbakar sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar bahan bakar yang digunakan maka akan semakin besar pula udara yang dibutuhkan dalam proses pembakaran.

PENGARUH TEKANAN BAHAN BAKAR DAN KECEPATAN UDARA TERHADAP STRUKTUR NYALA API PADA *INVERSE DIFFUSION FLAME* DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR CNG

ABSTRAK

Sejalan dengan pesatnya pembangunan dan jumlah penduduk, semakin pesat juga pemanfaatan konversi energi kimia menjadi energi mekanik, salah satunya adalah dengan proses pembakaran, baik berupa pembakaran dalam maupun pembakaran luar, Pembakaran merupakan salah satu teknologi konversi energi yang paling banyak dipakai saat ini. Hal ini dikarenakan besarnya energi yang dapat dibangkitkan dalam waktu yang relatif cepat pada suatu proses pembakaran

Saat ini penggunaan gas CNG di Indonesia sudah menjadi hal yang umum. Sebagian penduduk, industry makanan mulai berpindah memakai gas CNG dikarenakan harga gas CNG lebih murah dan ramah lingkungan, dengan menggunakan burner tipe inverse diffusion flame hasil panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran akan lebih besar dibandingkan dengan kompor konvensional.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan burner tipe inverse diffusion flame dengan variasi tekanan bahan bakar 0,5 bar, 0,75 bar dan kecepatan udara 10,616 m/detik , 14,862 m/detik

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa bahwa campuran udara dan bahan bakar sangat berpengaruh terhadap bentuk badan api, distribusi temperature, keringgian nyala api, temperature center line dan q radiasi, pada percobaan tekanan bahan bakar 0,50 bar dan kecepatan 14,862 m/detik dihasilkan nyala api biru yang memiliki arti bahan bakar terbakar sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar bahan bakar yang digunakan maka akan semakin besar pula udara yang dibutuhkan dalam proses pembakaran.

Kata kunci: pembakaran, burner *inverse diffusion flame*, CNG (*Compressed Natural Gas*)

PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya waktu, tingkat populasi manusia semakin meningkat. Kenaikan populasi ini menyebabkan resiko naiknya kebutuhan energi. Jumlah konsumsi bahan bakar fosil baik minyak bumi, gas alam, ataupun batu bara di Indonesia kian tahun kian bertambah. Sedangkan bahan bakar dari fosil tidak dapat diperbaharui kembali (non renewable). Hal ini menyebabkan krisis energi non – renewable. Hal tersebut sejalan dengan pesatnya pembangunan dan jumlah penduduk, semakin pesat juga pemanfaatan konversi energi kimia menjadi energi mekanik, salah satunya adalah

dengan proses pembakaran, baik berupa pembakaran dalam maupun pembakaran luar yang digunakan dalam berbagai bidang, seperti industri, rumah tangga dan transportasi

Pembakaran merupakan salah satu teknologi konversi energi yang paling banyak dipakai saat ini. Hal ini dikarenakan besarnya energi yang dapat dibangkitkan dalam waktu yang relatif cepat pada suatu proses pembakaran

Dalam proses terjadinya api, membutuhkan tiga unsur utama, yaitu: panas, bahan bakar dan oksidator. Api dapat dicegah atau dipadamkan dengan menghapus atau

meng- hilangkan salah satu unsur dari tiga unsur utama yang ada dalam ilustrasi segitiga api tersebut. Api pasti akan terjadi, saat tiga unsur dalam segitiga api bergabung dalam komposisi yang tepat. salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh pembakaran yang lebih bersih, yaitu dengan melakukan proses pembakaran pada kondisi campuran dengan nilai udara yang lebih tinggi atau kaya oksigen dan miskin bahan bakar, sehingga pembakaran yang dihasilkan akan lebih sempurna.

Rumusan Masalah

Bentuk aliran api akan memberikan pengaruh yang sangat besar pada fenomena daerah api (*flame*). Kesulitan penentuan aliran api terdapat pada titik api yang akan diambil dan kestabilan api. Karena dengan berubahnya bentuk menyebabkan tidak stabilnya pengukuran temperature di setiap titik yang diambil. Berdasarkan uraian pendahuluan maka masalah yang akan kami coba selesaikan adalah :

1. Bagaimana pengaruh perubahan tekanan bahan bakar (kecepatan udara konstan) terhadap struktur api : badan api, distribusi temperatur, ketinggian nyala api, temperatur center line, Q radiasi, pada *Inverse Diffusion Flame* ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan kecepatan udara (tekanan bahan bakar konstan) terhadap struktur api : badan api, distribusi temperatur, ketinggian nyala api, temperatur center line, Q radiasi, pada *Inverse Diffusion Flame* ?

Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin kami capai dari penelitian ini adalah :

1. Bisa menganalisa pengaruh perubahan tekanan bahan bakar (kecepatan udara konstan) terhadap struktur api : badan api, distribusi temperatur, ketinggian nyala api, temperatur center line, Q radiasi, pada *Inverse Diffusion Flame*.
2. Bisa menganalisa pengaruh perubahan kecepatan udara (tekanan bahan bakar konstan) terhadap struktur api : badan api, distribusi temperatur, ketinggian nyala api, temperatur center line, Q radiasi, pada *Inverse Diffusion Flame*.

Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang optimal dan terarah serta demi tercapainya tujuan penelian, maka penelitian dibatasi oleh hal - hal berikut:

1. Peralatan pembakaran yang kami gunakan adalah burner *Inverse Diffusion Flame* dengan ukuran $D_{air} = 1,6$ cm, $D_{fuel} = 3,4$ cm
2. Bahan bakar yang di gunakan CNG dengan tekanan 0,5 bar dan 0,75 bar.
3. Kondisi ruang dan pengaruh angin di abaikan.
4. Variasi kecepatan udara 10,616 m/detik dan 14,862 m/detik
5. Variasi pengaturan akan berubah setiap 15 menit dengan bantuan alat flow meter, dan rotameter.
6. Parameter yang di teliti meliputi bentuk badan api, distribusi temperature, ketinggian api, temperature center line dan Q radiasi pada api *Inverse Diffusion Flame*.
7. Penggunaan termokopel type S dengan diameter 5 mm, panjang

probe stick 100 mm, probe bahan stainless steel dan platinumium, panjang kabel termokopel 3000 mm dan suhu mencapai 1500 °C konstan.

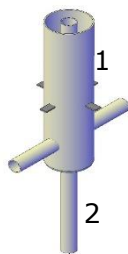
Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui stuktur nyala api yang terjadi pada burner *Inverse Diffusion Flame*.
2. mengetahui bentuk badan api yang ideal dan stabil.
3. Mampu menentukan distribusi temperature pada pengaruh kecepatan udara dan tekanan bahan bakar dengan menggunakan bahan bakar gas CNG.

TINJAUAN PUSTAKA

Spesifikasi Burner



Gambar 1. Burner

Jenis Burner	Inverse Diffusion Flame	
Ukuran Burner	Diameter Burner Pipa 1	1 cm
	Tinggi Pipa 1	14 cm
	Diameter Burner Pipa 2	3 cm
	Tinggi Pipa 2	10 cm

Bahan Bakar



Gambar 2. Bahan Bakar

Compressed Natural Gas (CNG) adalah bahan bakar yang berasal dari gas alam yang terkompresi pada tekanan penyimpanan 200-248bar dan berguna sebagai bahan bakar pengganti bensin, solar, dan LPG, Kandungan CNG diantaranya Sebagai Berikut:

Nama Unsur	Kadar Kandungan
Hidrogen (H ₂)	1,82 %
Metana (CH ₄)	93,33 %
Etilena (C ₂ H ₄)	0,25 %
Karbonmonoksida	0,45 %
Karbondioksida (CO ₂)	0,22 %
Nitrogen (N ₂)	3,40 %
Oksigen (O ₂)	0,35 %
Hidrogen sulfida (H ₂ S)	0,18 %

Tabel 1. Kandungan CNG

Kompresor



Gambar 3. Kompresor

tipe : Lakoni 225
 Daya Listrik : 1.500 Watt
 Kapasitas Tangki : 25 liter
 Max. Speed : 2.800 rpm
 Pressure : 8 bar
 Flow : 192 liter/menit

Rotameter



Gambar 4. Rotameter

Minimum Pembacaan : 10 LPM
Maximum Pembacaan : 100 LPM
Lubang Koneksi : SDL 1/2 "

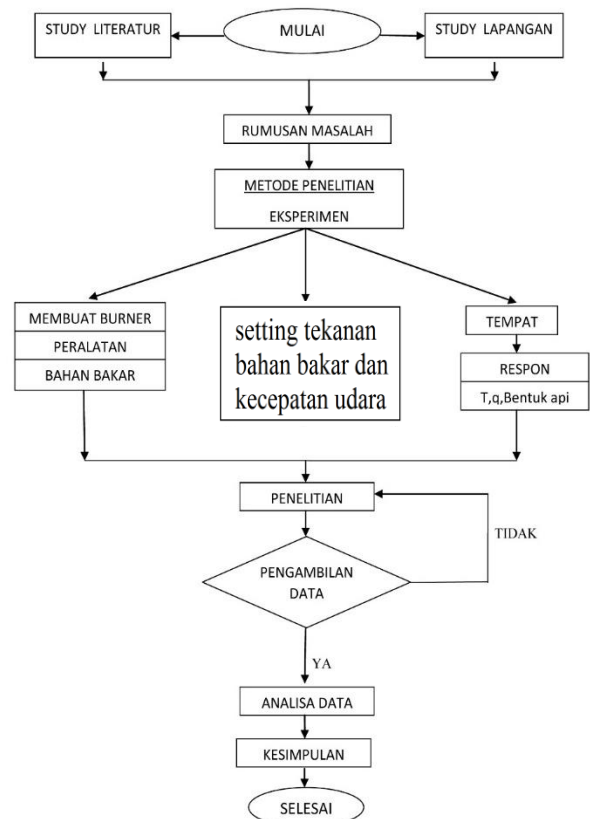
Kamera



Gambar 5. Kamera

Kategori : Kamera Digital
Body Color : hitam
Tipe : DSLR
Screen size : 2" - 3"
Megapixel : 20 MP

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data distribusi temperature dilakukan dengan alat bantu komputer dimana pengambilan data dilakukan sebanyak 8 titik pada setiap posisi yang terdiri dari 4 chanel termokopel dengan durasi 25 detik dan bergeser sebesar 0,5 cm kesamping sampai mendapatkan data yang diperlukan. Data yang diambil dimulai dengan ketinggian sejajar bibir burner hingga sebanyak tinggi nyala api dengan jarak 1 cm sampai mencapai batas maksimal pengambilan data yaitu 20 cm.

Settingan Tekanan

Settingan Tekanan bertujuan untuk mengatur keluaran bahan bakar dan udara agar api yang dihasilkan bisa setabil sesuai yang di harapkan oleh penguji. Dalam percobaan ini memiliki dua variasi settingan, diantaranya sebagai berikut:

Variasi P. Bahan Bakar = 0,5 Bar, P. Udara = 6 Bar

Fuel	P _{fuel}	V _{fuel}	P _{air}	V _{air}
	bar	m/detik	Bar	m/detik
CNG	0.50	0,330	6	10,616
				14,862

Tabel 2. Setingan Variasi Percobaan pertama

Variasi P. Bahan Bakar = 0,75 Bar, P.Udara = 6 Bar

Fuel	P _{fuel}	V _{fuel}	P _{air}	V _{air}
	bar	m/detik	Bar	m/detik
CNG	0,75	0,462	8	10,616
				14,862

Tabel 3. Setingan Variasi Percobaan kedua

ANALISA DATA DAN PERHITUNGAN

Pengukuran Tekanan Bahan Bakar 0,5 Bar

Berikut data yang di dapat dari percobaan V.bahan bakar = 0,330 m/detik, P.bahan bakar = 0.50 bar, V.udara = 10,616 m/detik, P.udara = 6 bar

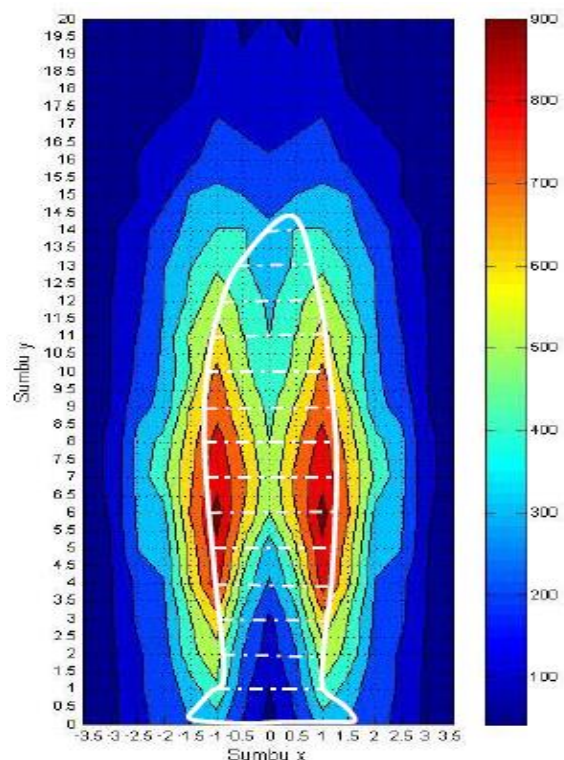
H	Sampel							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
20 cm	101	97	110	89	78	72	74	42
19 cm	111	101	120	87	69	78	74	43
18 cm	129	101	182	92	89	86	75	46
17 cm	167	192	207	169	101	95	79	47
16 cm	210	223	253	181	129	101	81	53
15 cm	272	302	325	302	172	100	82	54
14 cm	315	407	407	319	268	143	89	57
13 cm	362	411	488	400	294	167	92	59
12 cm	381	466	569	429	301	179	97	61
11 cm	398	503	636	517	319	204	99	65
10 cm	461	515	725	501	321	218	100	68
9 cm	467	619	767	612	327	271	101	69
8 cm	498	676	846	651	439	331	115	71
7 cm	523	729	878	686	486	329	113	75
6 cm	498	701	935	710	365	319	105	78
5 cm	335	589	887	641	342	303	97	78
4 cm	289	469	850	611	292	221	94	75
3 cm	175	366	667	498	274	219	87	66
2 cm	141	291	554	477	257	182	81	63
1 cm	92	235	484	349	234	189	73	59
0 cm	68	198	343	302	226	177	65	57

Tabel 4. Distribusi Temperature Api



Gambar 7. Bentuk Badan Api

Penggabungan dari tabel 4. Distribusi temperature api dan gambar 7. Bentuk Badan Api. Selanjutnya diolah menggunakan software matlab untuk mengetahui gradasi warna, serta mengetahui besaran temperature yang dihasilkan pada setiap ketinggian.



Gambar 8. Distribusi Temperature Api

Berikut data yang di dapat dari percobaan V.bahan bakar = 0,330 m/detik, P.bahan bakar = 0.5 bar, V.udara = 14,864 m/detik, P.udara = 6 bar

Sampel								
H	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
20 cm	102	192	172	162	141	133	110	95
19 cm	130	265	262	213	153	149	125	98
18 cm	279	371	337	259	179	129	137	102
17 cm	313	471	371	353	198	135	112	110
16 cm	340	537	410	344	218	149	111	95
15 cm	466	580	487	410	221	158	101	107
14 cm	483	611	592	443	227	167	105	113
13 cm	536	669	610	472	259	151	110	111
12 cm	430	680	659	468	215	153	109	92
11 cm	425	730	700	595	289	168	125	67
10 cm	359	807	786	567	298	187	110	60
9 cm	329	812	830	586	274	164	109	53
8 cm	293	802	900	558	259	152	112	50
7 cm	249	757	810	526	182	123	102	47
6 cm	150	603	813	595	138	133	98	45
5 cm	137	435	762	522	151	118	77	44
4 cm	128	372	836	520	139	112	59	46
3 cm	102	227	807	510	130	108	50	44
2 cm	84	197	532	492	126	92	41	41
1 cm	60	103	436	463	118	69	36	39
0 cm	41	61	343	258	108	64	32	32

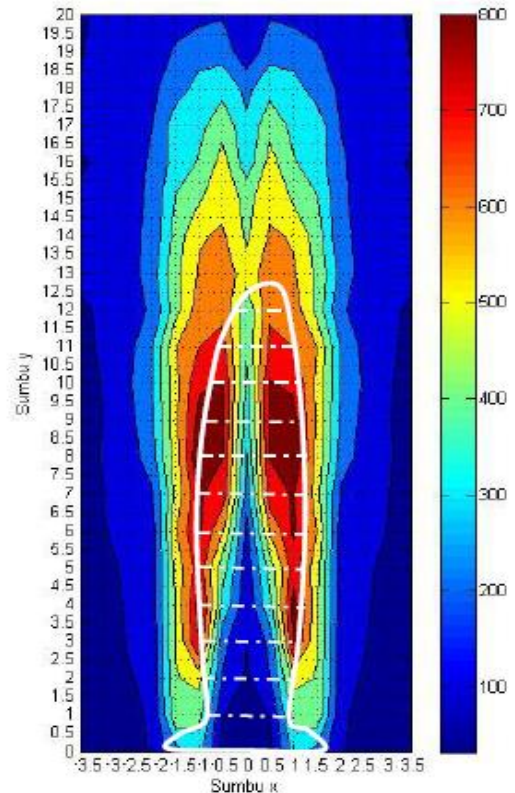
Tabel 5. Distribusi temperature Api



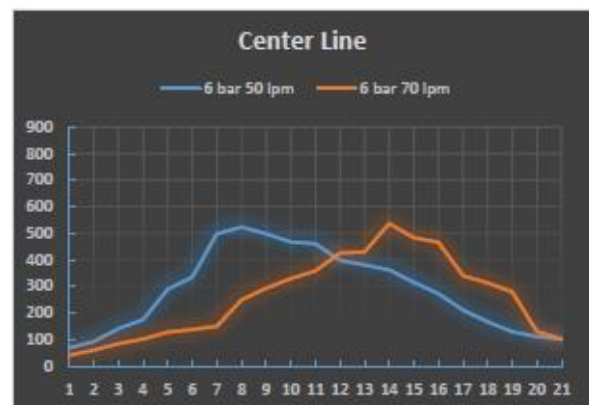
Gambar 9. Bentuk Badan Api

Penggabungan dari tabel 5. Distribusi temperature api dan gambar 9. Bentuk Badan

Api. Selanjutnya diolah menggunakan software matlab untuk mengetahui gradasi warna, serta mengetahui besaran temperature yang dihasilkan pada setiap ketinggian.



Gambar 10. Distribusi temperature Api



Grafik 1. Distribusi Temperatur Center Line

diketahui nilai temperature centerline yang paling besar terjadi pada Variasi V.bahan bakar = 0,330 m/detik, P.bahan bakar = 0.5 bar, V.udara = 14,864 m/detik,

P.udara = 6 bar, Pada Ketinggian 14 cm
 temperature Center Line 536 °C

Pengukuran Tekanan Bahan Bakar 0,75 Bar

Berikut data yang di dapat dari percobaan V.bahan bakar = 0,462 m/detik, P.bahan bakar = 0.75 bar, V.udara = 10,616 m/detik, P.udara = 8 bar

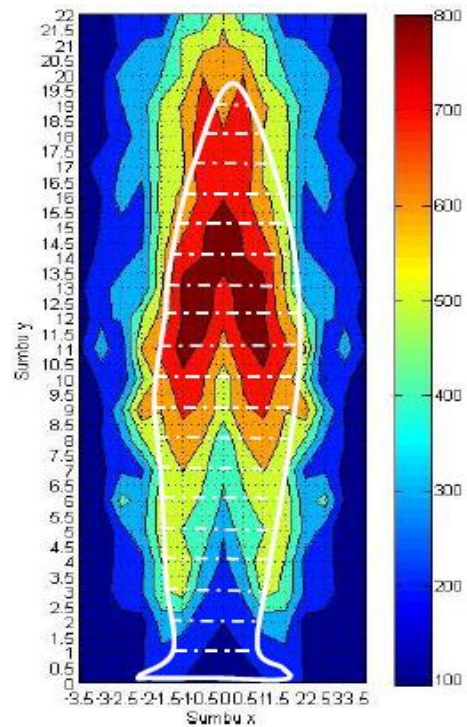
H	Sampel							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
22 cm	590	425	413	238	208	256	140	129
21 cm	661	440	526	326	318	204	180	126
20 cm	658	701	512	574	308	344	176	153
19 cm	542	873	615	579	362	296	182	180
18 cm	519	856	599	551	317	281	162	162
17 cm	606	683	551	525	331	305	257	157
16 cm	590	659	497	568	267	350	198	179
15 cm	637	711	471	466	268	266	210	135
14 cm	748	838	681	579	314	280	218	169
13 cm	609	820	678	521	300	321	278	185
12 cm	717	853	806	571	499	311	287	141
11 cm	666	615	833	732	607	221	351	198
10 cm	531	717	625	568	483	198	230	103
9 cm	545	682	720	535	656	385	185	113
8 cm	423	602	538	477	491	292	195	131
7 cm	362	466	602	525	280	291	159	119
6 cm	390	477	452	427	355	439	169	115
5 cm	295	460	493	546	373	249	113	122
4 cm	141	371	592	460	264	260	105	130
3 cm	121	317	534	483	286	271	128	132
2 cm	100	127	225	292	171	151	125	125
1 cm	195	116	137	281	192	152	193	105
0 cm	162	180	101	273	197	155	153	95

Tabel 6. Distribusi Temperature Api



Gambar 11. Bentuk Badan api

Penggabungan dari tabel 6. Distribusi temperature api dan gambar 11. Bentuk Badan Api. Selanjutnya diolah menggunakan software matlab untuk mengetahui gradasi warna, serta mengetahui besaran temperature yang dihasilkan pada setiap ketinggian.



Gambar 12. Distribusi temperature Api

Berikut data yang di dapat dari percobaan V.bahan bakar = 0,462 m/detik, P.bahan bakar = 0.75 bar, V.udara = 14,862 m/detik , P.udara = 8 bar

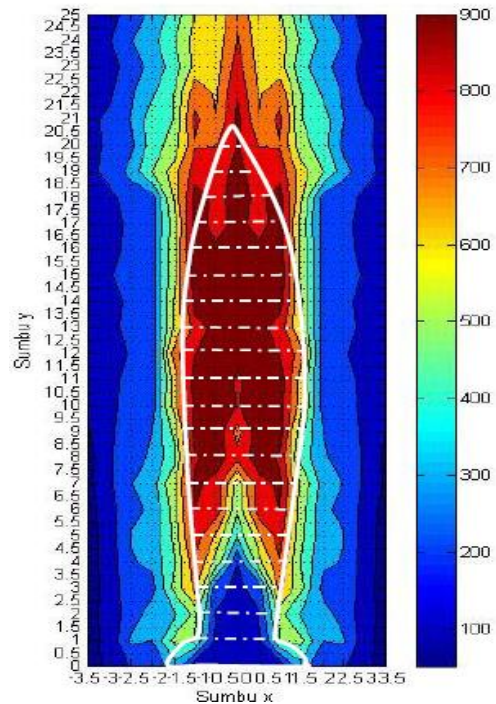
Sampel								
H	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
25 cm	784	628	615	431	338	240	169	139
24 cm	810	643	641	486	365	294	195	169
23 cm	849	656	647	436	344	239	173	136
22 cm	895	690	764	504	384	285	185	160
21 cm	926	703	823	502	455	304	226	175
20 cm	904	797	793	539	458	276	230	157
19 cm	923	883	859	646	499	341	220	185
18 cm	931	879	941	615	259	218	190	169
17 cm	945	840	968	550	277	224	169	149
16 cm	985	925	944	575	271	243	154	126
15 cm	938	927	967	575	273	285	183	140
14 cm	940	944	941	608	268	238	150	132
13 cm	989	936	858	604	270	249	164	167
12 cm	931	955	896	751	233	220	128	130
11 cm	883	967	981	640	248	223	183	129
10 cm	892	981	938	643	261	241	176	109
9 cm	760	961	950	524	302	260	182	96
8 cm	836	939	888	476	312	270	185	77
7 cm	542	873	915	579	362	296	182	80
6 cm	519	856	899	551	317	281	162	62
5 cm	406	683	851	525	331	305	157	57
4 cm	202	561	790	496	318	293	154	55
3 cm	179	233	731	525	272	272	147	51
2 cm	129	196	533	389	346	259	143	65
1 cm	100	160	496	528	300	314	138	61
0 cm	161	108	117	364	200	208	133	56

Tabel 7. Distribusi temperature Api



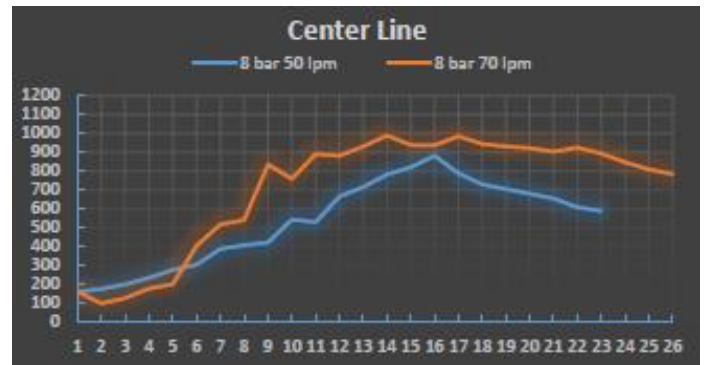
Gambar 13. Bentuk Badan Api

Penggabungan dari tabel 7. Distribusi temperature api dan gambar 13. Bentuk Badan Api. Selanjutnya diolah menggunakan software matlab untuk mengetahui gradasi warna, serta mengetahui besaran temperature yang dihasilkan pada setiap ketinggian.



Gambar 14. Distribusi Temperature Api

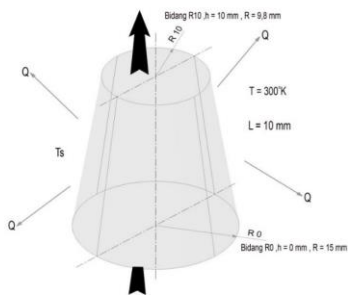
diketahui nilai temperature centerline yang paling besar terjadi pada variasi V.bahan bakar = 0,462 m/detik, P.bahan bakar = 0.75 bar, V.udara = 14,862 m/detik , P.udara = 8 bar.



Grafik 2. Distribusi Temperatur Center Line

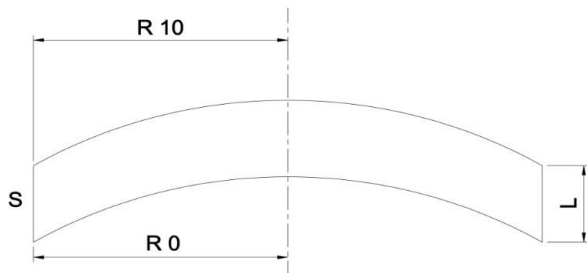
Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas secara radiasi pada api diakibatkan oleh emisi gas panas yang dihasilkan oleh proses pembakaran. Sebagai pendekatan untuk memudahkan analisa maka diasumsikan radiasi terjadi pada setiap luasan selimut bidang ketinggian api.



Gambar 15. Penampang selimut api “burner” pada ketinggian 0 dan 1 cm dengan L = 10mm

Bila luasan selimut kerucut terpancung tersebut kita bentangkan, maka akan didapatkan luasan selimut kerucut terpancung sebagai berikut :



Gambar 16. Luasan selimut kerucut terpancung bidang 0 dan 1 terpampang

Selimut Kerucut :

$$S = \sqrt{(r_{10} - r_0)^2 + L^2}$$

$$S = \sqrt{(9,65 - 15)^2 + 10^2}$$

$$S = 11,341 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan luasan selimut kerucut terpancung untuk ketinggian 0 sampai 1 cm, sebagai berikut :

$$A_s = \pi (r_0 + r_{10})s$$

$$= 3,14 (9,65 + 15) \times 11,341$$

$$= 877,814 \text{ mm}^2$$

Dari luasan kerucut diatas akan dicari perpindahan panas radiasi yang terjadi sepanjang luasan selimut yang mengelilingi api pada “burner” dengan V.bahan bakar = 0,330 m/detik, P.bahan bakar = 0.5 bar, V.udara = 10,616 m/detik, P.udara = 6 bar.

Sebagai contoh perhitungan digunakan “burner” pada ketinggian 0 dan 10 dengan L = 10 mm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_{0-1} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_{\infty}^4)$$

Dimana :

- ϵ = Emisivitas gas panas (black body)
- σ = Konstanta bolztman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)
- A_s = Luas selimut terpancung
- T_s = Temperatur permukaan selimut kerucut terpancung
- T_{∞} = Temperatur sekeliling

Sehingga,

$$Q_{0-1} = 1 \times 5,67 \cdot 10^{-8} \times 8,77 \times 10^{-4} (575^4 - 300^4)$$

$$= 5,038 \text{ Watt}$$

Karena perpindahan panas radiasi untuk setiap ketinggian mempunyai pengaruh terhadap jumlah panas yang dilepaskan, maka panas yang dilepaskan oleh api di setiap ketinggiannya adalah sebagai berikut :

$$Q_{0-100} = Q_{0-10} + Q_{10-20} + Q_{20-30} + \dots + Q_{90-100}$$

Q radiasi total		
P.Bb : 0.50 bar , V.Bb : 0,330 m/detik, P. udara : 6 bar		
H	V.Udara 10,616 m/detik	V.Udara 14,862 m/detik
130-140	4,068	
120 - 130	14,485	
110 - 120	23,516	19,836
100 - 110	13,634	34,732
90 - 100	48,025	46,161
80-90	66,253	64,644
70-80	74,959	14,332
60-70	39,088	20,223
50-60	73,12	40,59
40-50	61,209	52,768
30-40	28,152	45,652
20-30	15,613	12,988
10-20.	10,786	7,152
0-10	5,038	3,573
Total Q	477,946	362,651

Tabel 8. Q Radiasi Variabel P. Bahan Bakar = 0,5 Bar , P. Udara = 6 Bar

Q radiasi total		
P.Bb : 0,75 bar , V.Bb : 0,462 m/detik,P. udara: 8 bar		
h	V.Udara	
	10,616 m/detik	14,862 m/detik
170 – 180	9,589	74,583
160 – 170	15,668	80,046
150 – 160	10,294	95,956
140 – 150	21,595	25,804
130 – 140	17,413	26,302
120 – 130	23,165	49,938
110 – 120	48,452	31,738
100 – 110	24,33	32,162
90 – 100	20,919	17,888
80-90	15,077	79,606
70-80	18,471	21,892
60-70	10,193	75,349
50-60	18,15	60,13
40-50	21,213	44,905
30-40	15,03	33,54
20-30	1,781	12,879
10-20.	0,613	0,814
0-10	0,573	0,75
Total Q	292,526	764,282

Tabel 9. Q Radiasi Variabel P. Bahan Bakar = 0,75 Bar , P. Udara = 8 Bar

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari penelitian exsperimental yang telah dilakukan, semakin besar kecepatan udara maka bentuk badan api semakin rendah, Q radiasi semakin rendah, sedangkan api dewasa semakin cepat terjadi
2. Berdasarkan berbagai macam variasi tekanan bahan bakar yang dilakukan, semakin besar bahan bakar, maka badan api semakin tinggi, Q radiasi semakin tinggi, sedangkan api dewasa semakin lambat (kaya bahan bakar)
3. Dari bentuk badan api yang kita dapatkan pada Gambar 13 setelah kita ukur ketinggian nyala api didapatkan tinggi nyala api paling tertinggi terjadi pada tekanan bahan bakar 0,75

bar dengan kecepatan udara 14,862 m/s yaitu 18 cm.

4. Berdasarkan hasil analisa data dan perhitungan perpindahan panas secara radiasi, didapat panas secara radiasi yang tertinggi pada tekanan bahan bakar 0,75 bar dengan kecepatan udara 14,862 m/s denagan nilai 42,46 watt.

Saran

Dari percobaan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran untuk penelitian yang akan datang perlu dilakukan :

1. Untuk mendapatkan data distribusi temperatur yang lebih akurat, pada penelitian lanjutan hendaknya tekanan yang keluar dari tabung CNG dijaga konstan dengan cara memasang manometer pada instalasi gas antara tabung CNG ke flow meter.
2. Untuk menjaga agar api tetap konstan lakukan percobaan pada tempat tertutup.
3. Semakin kecil diameter termokopel yang di gunakan, data yang dihasilkan akan lebih akurat, dikarenakan termokopel tidak mengganggu bentuk badan api.

REFERENSI

1. Smoke, M.D. 2005. *Soot formation in laminar diffusion flame.*
2. Ahmet E, Karatas. 2012. *Soot formation in high pressure laminar diffusion flames.*
3. Kennedy I.M, Makel, D.B. 1993. *Soot formation in laminar inverse diffusion flames.*
4. Mikofski, MA. 2006. *Structure of laminar sooting inverse diffusion flames.* Combustion and flame 149(4)
5. Mikofski, MA. 2006. *Flame height measurement of laminar inverse diffusion flame.* Combustion and Flame (146):63-72
6. Pratomo S. 2009. *Analisis temperature "Flame Seat Ring" pada fenomena "Lift-Up" pembakaran non-difusi.*

7. <http://www.iaa.ncku.edu.tw/~cywang/courses/heat%20transfer/AA412Ch12a.pdf>
8. <https://artikel-teknologi.com/mengenal-compressed-natural-gas/>
9. Cahyono, Eko Budi, " *Studi Eksperimental Pengaruh Jarak Nozzle Terhadap Distribusi Api Optimal Pada Burner Non Premix*", Tugas Akhir S1 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2005
10. Ribu, Mohammad, " *Studi Eksperimental Distribusi Temperatur Api Laminer dan Variasi Sudut Reflektor Pada Kompor Gas Subsidi Pemerintah*", Tugas Akhir S1 Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, 2009
11. Hariyono, " *Pengaruh Bentuk Lubang Laluan Udara Divergen Konis Terhadap Pembakaran Pada Kompor Minyak Tanah Bersumbu*", Tugas Akhir S1 ITS Surabaya, 2009



DAFTAR ISI

COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	i
MOTTO	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I	
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II	
DASAR TEORI	
2.1 Inverse Diffusion Flame	9
2.2 Definisi Pembakaran	10
2.3 Bahan Bakar Gas	11
2.4 Campuran Udara Dan Bahan Bakar	12
2.4.1 Rasio Udara Bahan Bakar	13
2.4.2 Rasio Bahan Bakar - Udara.....	13



Tugas Akhir

2.4.3	Rasio Ekiivalen	13
2.4.4	Udara Berlebihan.....	14
2.5	Karakteristik Nyala	14
2.5.1	Batas Mampu Nyala.....	14
2.5.2	Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Nyala	15
2.6	Klasifikasi Nyala Api	15
2.6.1	Pembakaran Premix	15
2.7	Proses Perpindahan Panas	16
2.7.1	Radiasi	16
2.7.2	Kuantitas Radiasi	17
2.8	Intensitas Radias	19
2.9	Sifat – Sifat Radiasi	20

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alur	21
3.2	Study Literatur	22
3.3	Study Lapangan	22
3.4	Rumusan Masalah	22
3.5	Metode Penelitian	22
3.5.1	Alat dan Bahan	22
3.5.1.1	Burner	22
3.5.1.2	Kerangka Burner	23
3.5.1.3	Termokopel	24
3.5.1.3.1	Sensor Termokopel	24
3.5.1.3.2	Control Termokopel	25
3.5.1.4	Bahan Bakar	25
3.5.1.5	Kompresor	26
3.5.1.6	Rota Meter	27
3.5.1.7	Flow Meter	27
3.5.1.8	Kamera	28
3.5.2	Setting Tekanan	28
3.5.3	Tempat	29
3.5.4	Respon	29
3.6	Pengambilan Data	29



3.7 Analisa Data	29
3.8 Kesimpulan	30

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Seketsa Alat Percobaan	31
4.2 Pengukuran Distribusi Temperatur	33
4.2.1 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar 0,5 bar	34
4.2.2 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar 0,75 bar	41
4.2.3 Rasio Ekiivalen	48
4.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi	49
4.4 Perbandingan Kecepatan Udara	53

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

TABEL 4.2.1.1.1 DISTRIBUSI TEMPERATUR V udara 10,616 m/s, P udara 6 Bar	32
TABEL 4.2.1.2.1 DISTRIBUSI TEMPERATUR V udara 14,862 m/s, P udara 6 Bar	35
TABEL 4.2.2.1.1 DISTRIBUSI TEMPERATUR V udara 10,616 m/s, P udara 8 Bar	39
TABEL 4.2.2.2.1 DISTRIBUSI TEMPERATUR V udara 14,862 m/s, P udara 8 Bar	42
TABEL 4.2.3 TABEL PERHITUNGAN RASIO EKIVALEN	46
TABEL 4.3.1 TABEL HASIL Q RADIASI P.bb 0,50 Bar, V.bb 0,330 m/s, P.udara 6 Bar	49
TABEL 4.3.2 TABEL HASIL Q RADIASI P.bb 0,75 Bar, V.bb 0,462 m/s, P.udara 8 Bar	50



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 KUANTITAS RADIASI	17
GAMBAR 2.2 ARAH RADIASI NEUTRAL	18
GAMBAR 2.3 SUDUT SOLID	18
GAMBAR 2.4 EMISI DARI ELEMEN LUASAN	19
GAMBAR 2.5 SPEKULAR DAN REFLEKSI DIFFUSI	20
GAMBAR 3.5.1 DESAIN BURNER	23
GAMBAR 3.5.2 DESAIN KERANGKA BURNER	23
GAMBAR 3.5.3 RANGKAIAN TERMOKOPEL	24
GAMBAR 3.5.4 MODUL TERMOKOPEL	25
GAMBAR 3.5.5 TABUNG CNG	26
GAMBAR 3.5.6 KOMPRESSOR	26
GAMBAR 3.5.7 ROTAMETER	27
GAMBAR 3.5.8 FLOW METER	27
GAMBAR 3.5.9 KAMERA	28
GAMBAR 4.1 SKEMA PERCOBAAN	32
GAMBAR 4.2.1.1.2 BADAN API DENGAN V_{udara} 10,616 m/s, P_{udara} 6 Bar	35
GAMBAR 4.2.1.1.3 MATLAB DISTRIBUSI TEMPERATUR	36
GAMBAR 4.2.1.2.2 BADAN API DENGAN V_{udara} 14,862 m/s, P_{udara} 6 Bar	38
GAMBAR 4.2.1.2.3 MATLAB DISTRIBUSI TEMPERATUR	39
GAMBAR 4.2.2.1.2 BADAN API DENGAN V_{udara} 10,616 m/s, P_{udara} 8 Bar	42
GAMBAR 4.2.2.1.3 MATLAB DISTRIBUSI TEMPERATUR	43
GAMBAR 4.2.2.2.2 BADAN API DENGAN V_{udara} 14,862 m/s, P_{udara} 8 Bar	45
GAMBAR 4.2.2.2.3 MATLAB DISTRIBUSI TEMPERATUR	46



Tugas Akhir

GAMBAR 4.3.1 PENAMPANG SELIMUT API	49
GAMBAR 4.3.2 LUASAN SELIMUT KERUCUT TERPANCUNG	49



DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 4.2.1.2.4 CENTER LINE V udara 0,330 m/s, V udara 10,616 m/s, 14,862 m/s40

GRAFIK 4.2.2.2.4 CENTER LINE V udara 0,462 m/s, V udara 10,616 m/s, 14,862 m/s ... 47