

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Sumber energi primer terbesar bagi industri-industri hingga saat ini adalah energi yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar fosil baik berupa minyak, gas maupun padatan seperti batubara. Energi hasil pembakaran ini dikonversikan menjadi energi mekanik (penggerak motor/mesin), energi listrik maupun energi thermal. Proses konversi energi kimia bahan bakar menjadi bentuk energi lain dilakukan dengan mereaksikan bahan bakar dengan oksigen yang dikenal dengan proses pembakaran. Proses pembakaran dapat terjadi secara spontan dan tanpa menggunakan teknik tertentu. Namun ketersediaan bahan bakar yang terbatas dan jumlah penduduk dunia terus meningkat mengakibatkan terjadinya krisis bahan bakar.

Adanya krisis bahan bakar dunia dewasa ini menuntut usaha-usaha peningkatan keandalan dan efisiensi sistem pembakaran. Usaha-usaha tersebut sangat didukung oleh Pemerintah, yang tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Bab 1 Pasal 1 ayat 7, yaitu tentang konservasi energi yaitu penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Penerapan konservasi energi adalah upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan dan meningkatnya harga bahan bakar fosil.

Berdasarkan proses pembakaran, nyala api yang dihasilkan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Nyala api premix (*premixed flame*), dimana bahan bakar dan udara dicampur terlebih dahulu sebelum memasuki daerah reaksi (*reaction zone*).
2. Nyala api difusi (*diffusion flame*), dimana bahan bakar dan udara tidak dicampur sebelum memasuki daerah reaksi (*reaction zone*).

Sistem pembakaran yang umum digunakan di industri-industri adalah sistem pembakaran difusi berdasarkan pertimbangan keamanan dan keandalan sistem

pembakaran. Meskipun proses pembakaran nyala api difusi lebih banyak diterapkan di industri-industri, namun penelitian nyala api difusi lebih sedikit mendapat perhatian dibandingkan nyala api *premix*. Pada nyala api difusi reaksi oksidasi terjadi pada temperatur maksimum nyala api. Sedangkan pada nyala api *premix*, oksidasi terjadi sebelum temperatur maksimum nyala api dicapai. Laju aliran konsumsi oksigen per-unit *volume* nyala api difusi seribu kali lebih kecil dari pada nyala api *premix*, oleh karena itu proses pembakaran nyala api *premix* lebih sempurna dibandingkan nyala api difusi.

Energi hasil reaksi pembakaran nyala api difusi berkaitan erat dengan panjang nyala api difusi yang dihasilkan. Panjang nyala api difusi dipengaruhi jumlah suplai udara dan arah semburan udara. Jika jumlah suplai udara lebih kecil dari kebutuhan stokiometri dihasilkan nyala api difusi *underventilated*, reaksi pembakaran yang terjadi tidak sempurna, hal ini menyebabkan sejumlah bahan bakar ikut terlepas (*escape*) bersama *exhaust gas*. Jika laju suplai udara lebih besar dari kebutuhan stoikiometri, dihasilkan nyala api difusi *overventilated*, hal ini menyebabkan sejumlah udara bersama *exhaust gas* membawa panas dalam jumlah besar. Pada proses pembakaran difusi terjadi fenomena *lifted flame*, yaitu terangkatnya pangkal nyala api difusi dari mulut *nozel*. Jadi jarak *lifted flame* adalah jarak *reaction zone* terhadap mulut *nozel*. Fenomena *lifted flame* ini sangat mempengaruhi keandalan dan efisiensi sistem pembakaran. Jika jarak *lifted flame* terlalu dekat/menempel pada ujung *nozel*, maka *nozel* akan mengalami kerusakan karena beban temperatur tinggi dari nyala api difusi (keandalan sistem pembakaran menurun). Tetapi jika jarak *lifted flame* terlalu jauh dari ujung *nozel*, maka panjang nyala api difusi berkurang dan mengakibatkan kecepatan pemanasan semburan bahan bakar berkurang, sehingga sejumlah bahan bakar tidak sempat terbakar karena *space* nyala api difusi berkurang. Hal ini dapat diketahui dari semakin bertambahnya waktu yang dibutuhkan bahan bakar dan udara untuk memasuki *reaction zone*. Jika jarak *lifted flame* semakin pendek maka waktu yang dibutuhkan bahan bakar dan udara untuk memasuki *reaction zone* semakin kecil dan kecepatan pembakaran (*burning velocity*) semakin tinggi.

Dengan memberikan suplai udara agak lebih besar dari kebutuhan stokiometri menggunakan sudut pengarah tertentu dapat menambah panjang nyala

api difusi, hal ini disebabkan jarak *liftoff flame* ke ujung nozel berkurang. Jika udara yang diinjeksikan menggunakan sudut pengarah ke semburan bahan bakar maka turbulensi pada daerah pertemuan udara-bahan bakar meningkat.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan pengaruh variasi sudut ring pengarah udara,  $\alpha$  :  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $75^\circ$  dan dilakukan dua tahap terhadap panjang nyala api difusi meliputi jarak *lifted flame*, tinggi nyala api difusi dan temperatur ujung nozel. Tahap pertama : laju aliran propana diperbesar secara bertahap hingga nyala api difusi mencapai kondisi *liftoff*. Setiap perubahan laju aliran propana, nyala api difusi di-*capture* menggunakan kamera video. Tahap kedua : setelah laju aliran propana pada kondisi awal *liftoff* diperoleh, laju aliran propana sebesar kondisi awal *liftoff* diset konstan, kemudian udara di-injeksikan secara bertahap menggunakan ring pengarah  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $75^\circ$ . Setiap perubahan laju aliran udara injeksi, nyala api difusi diamati dan di-*capture* menggunakan kamera video.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Kajian yang dilakukan adalah pengaruh sudut injeksi udara terhadap nyala api difusi bahan bakar propana (95%). Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap, menggunakan *burner* gas tipe *ejected combustor* dengan tujuan :

1. Tahap pertama (tanpa injeksi udara) :
  - a. Mengetahui pengaruh **Reynolds number propana** terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel.
  - b. Memperoleh besar laju aliran propana, jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel pada kondisi *liftoff*.
  - c. Mengetahui pengaruh perubahan panjang nyala api terhadap temperatur ujung nozel dan kecepatan pembakaran (*burning velocity*).
2. Tahap kedua (dengan injeksi udara):
  - a. Mengetahui pengaruh **Reynolds number udara** atau **Reynolds number campuran udara-propana** dan sudut pengarah udara ( $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $75^\circ$ ) terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel.
  - b. Mengetahui pengaruh perubahan panjang nyala api difusi terhadap temperatur ujung nozel serta kecepatan pembakaran (*burning velocity*).

### 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Dengan di lakukannya penelitian ini, diharapkan :

1. Diperoleh pengaruh *Reynolds number* propana dan campuran udara-propana terhadap panjang nyala api difusi.
2. Diketahui pengaruh perubahan panjang nyala api difusi terhadap temperatur ujung nozel dan kecepatan pembakaran (*burning velocity*).
3. Dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem pembakaran.
4. Sebagai dasar perancangan sistem ruang bakar.

### 1.4 RUMUSAN MASALAH

Untuk memperoleh hasil penelitian sesuai tujuan yang diharapkan, maka analisis menggunakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Diperoleh besar laju aliran propana, jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel pada kondisi *lift-off* tanpa injeksi udara (penelitian tahap pertama)
2. Diperoleh pengaruh *Reynolds number* propana dan campuran udara-propana terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi (penelitian tahap pertama dan kedua).
3. Diperoleh pengaruh variasi sudut pengarah udara ( $\alpha : 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  dan  $75^\circ$ ) terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel.
4. Diperoleh pengaruh perubahan panjang nyala api difusi terhadap temperatur ujung nozel serta kecepatan pembakaran (*burning velocity*).

### 1.5 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah pada penelitian sebagai berikut :

1. Nyala api difusi *di-capture* menggunakan kamera video 25 fps.
2. Kecepatan laju aliran bahan bakar dan udara dianggap konstan untuk setiap dilakukan *capture* terhadap nyala api difusi dan pengukuran temperatur ujung nozel.
3. Pengaruh udara disekitar nyala api difusi diabaikan karena menggunakan *cover glass*.

4. Efek momentum, redaman dan osilasi element gas udara-propana dalam analisis trigonometri sudut ring pengarah udara dan nozel diabaikan.
5. Tidak membahas emisi gas buang.
6. Pengaruh gaya gravitasi diabaikan.
7. Dianggap tidak terjadi kehilangan energi akibat gesekan pada bahan bakar maupun udara.

## 1.6 SISTEMATIK PENELITIAN

Sistematika penelitian yang dilakukan adalah :

### 1. Studi Literatur.

Merupakan proses pengumpulan informasi yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku literatur, jurnal, dan materi bimbingan dari dosen pembimbing dan diskusi dengan *Thermodynamic Research Group Flame and Combustion* Universitas Indonesia Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin.

### 2. Pra-eksperimen.

Merupakan proses pembuatan alat *burner* gas tipe *ejected combustor* lengkap dengan dudukan *cover glass*, merancang proses eksperimen, menguji alat, kalibrasi *rotameter (flowmeter)* bahan bakar) dan pipa U (*flowmeter* udara), mendapatkan alat bantu lainnya, pembuatan ring pengarah udara sudut  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  and  $75^\circ$ , penyediaan kamera video dan *pressure regulator*, dsb.

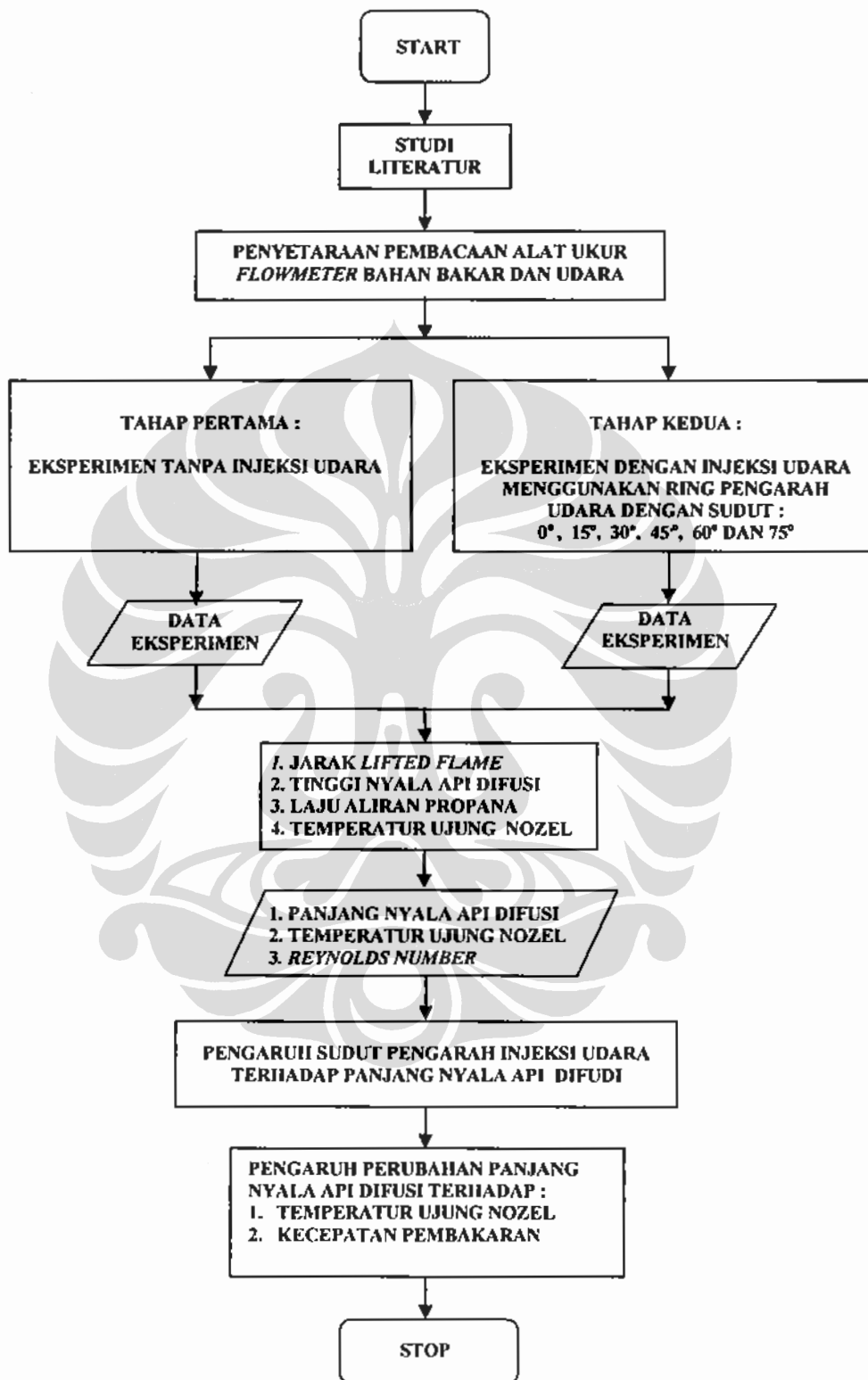
### 3. Eksperimen.

Eksperimen dilakukan pada laboratorium *Thermodynamic Research Group Flame and Combustion* Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia dengan menggunakan bahan bakar propana ( $C_3H_8$ ) dengan membuat rangkaian alat uji pada bab 3. Tujuan eksperimen adalah untuk mendapat data-data penting tentang pengaruh injeksi udara terhadap panjang nyala api difusi menggunakan *burner* gas tipe *ejected combustor*.

Data eksperimen yang diperlukan adalah laju aliran bahan bakar dan udara, jarak *lifted flame*, tinggi nyala api difusi dan temperatur ujung nozel.

## 1.7 METODE PENELITIAN

Metode penelitian ditunjukkan flowchart dibawah ini :



Gambar 1.1. Metode penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian (gambar 1.1), yaitu :

1. Pertama sekali dilakukan studi literature.
2. Kemudian dilakukan penyetaraan pembacaan alat ukur *flowmeter* bahan bakar (*rotameter*) dan *flowmeter* udara (pipa U) menggunakan *wet gas meter*.
3. Selanjutnya dilakukan eksperimen tanpa injeksi udara.
4. Setelah semua peralatan telah terpasang dengan baik, dilakukan kembali pengecekan semua peralatan untuk memastikan tidak terjadi kebocoran bahan bakar.
5. Bahan bakar diinjeksikan ke *cover glass* dan dilakukan penyalaan melalui pemantik. Setiap perubahan laju aliran bahan bakar, nyala api difusi di-*capture* menggunakan kamera video digital.
6. Setelah percobaan butir 5 dilakukan, bahan bakar di-injeksikan ke *cover glass* sebesar laju bahan bakar kondisi awal *litoff*, kemudian udara di-injeksikan ke *cover glass* dan dinyalakan dengan pemantik.
7. Butir 6 dilakukan menggunakan ring pengarah udara masing-masing  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $75^\circ$ , setiap perubahan laju aliran udara nyala api di-*capture* menggunakan kamera video.
8. Nyala api difusi hasil *capture* pada butir 6 dan 7 dianalisis dan diperoleh jarak *lifted flame* dan tinggi nyala api difusi menggunakan pencitraan warna RGB *Total Software Adobe photoshop*.
9. Kemudian dilakukan analisis data eksperimen tanpa dan menggunakan injeksi udara, guna:
  - a. Mengetahui pengaruh *Reynolds number* propana terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel.
  - b. Memperoleh besar jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi pada kondisi *litoff*.
  - c. Mengetahui pengaruh *Reynolds number* campuran udara-propana dan sudut pengarah udara terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi serta temperatur ujung nozel.
  - d. Mengetahui pengaruh perubahan panjang nyala api terhadap temperatur ujung nozel dan kecepatan pembakaran (*burning velocity*).

## 1.8 PERALATAN YANG DIBUTUHKAN

Peralatan yang dibutuhkan ditunjukkan tabel dibawah ini.

Tabel I.1. Peralatan yang dibutuhkan

No	Peralatan	Spesifikasi	Jumlah (Unit)	Keterangan
1.	Flowmeter udara	Pipa U	1	Alat ukur laju aliran udara
2.	Flowmeter bahan bakar	Flame Propagation & Stability, Pabrikan : Unit P.A. Hilton LTD	1	Alat ukur laju aliran bahan bakar
3.	Burner	1. Nozzle, $d_{in}$ : 1,8 mm 2. Barrel, $d_{Bar}$ : 22,2 mm	1 1	Tipe : <i>ejected combustor</i>
4.	Kamera Video Digital	- Video quality : 720x576/25fps - Optical/digital zoom 26x/1200x	1	Lengkap dengan tripod (tinggi 1,55 m)
5.	Ring pengarah udara	Sudut : 0°, 15°, 30°, 45°, 60° dan 75°	6	diameter $d_{IN}$ : 10 mm
6.	Bahan bakar	Propana ( $C_3H_8$ )	1	kemurnian 95%

## 1.9 JADWAL KEGIATAN PENELITIAN

Jadwal kegiatan penelitian ditunjukkan tabel dibawah ini.

Tabel I.2. Jadwal kegiatan penelitian

NO	URAIAN	2007					2008							
		Agst.	Sept.	Oktr.	Nop.	Des.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Juni	Juli	
	<b>Tahap I (Seminar)</b>													
1.	Studi literatur	x	x	x	x	x								
2.	Pembuatan burner	x	x											
3.	Pembuatan ring pengarah udara			x	x									
4.	Penyetaraan pembacaan alat ukur			x	x									
5.	Eksperimen tanpa injeksi		x	x	x									
6.	Eksperimen dengan injeksi				x	x								
7.	Analisis data penelitian				x									
8.	Pembuatan makalah seminar				x	x								
9.	Sidang seminar					x								
	<b>Tahap II (Thesis)</b>													
1.	Studi literatur						x	x	x	x	x			
2.	Pembuatan penyanggah burner cover glass						x							
3.	Pembuatan ring pengarah udara $\alpha$ : 0°, 15°, 30°, 45°, 60° dan 75°.							x						
4.	Eksperimen							x	x	x				
5.	Analisis data eksperimen							x	x	x	x			
6.	Pembuatan paper thesis									x	x	x	x	
7.	Penyerahan paper thesis												x	
8.	Ujian thesis													x



## 1.10 SISTEMATIK PENULISAN

Sistematika penulisan sebagai berikut :

### 1. BAB I PENDAHULUAN

Berisikan : Latar Belakang, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Sistematika Penelitian, Metode Penelitian, Peralatan yang dibutuhkan dan Sistematika Penulisan.

### 2. BAB II TEORI DASAR

Berisikan teori-teori dasar yang didapat dari buku-buku referensi, hasil penelitian jurnal-jurnal yang digunakan dalam mengolah dan menganalisis data hasil pengujian.

### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan skema penelitian, prosedur penelitian, data kalibrasi peralatan dan data penelitian.

### 4. BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN

Berisikan analisis penelitian berupa : pengaruh *Reynolds number* bahan bakar dan campuran udara-bahan bakar terhadap jarak *lifted flame*, tinggi dan panjang nyala api difusi. Pengaruh perubahan panjang nyala api difusi terhadap temperatur ujung nozel dan kecepatan pembakaran (*burning velocity*).

### 5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 6. DAFTAR PUSTAKA