

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Kajian tentang pembakaran sangat mempengaruhi kemajuan suatu industri terutama yang berkaitan langsung dengan pembakaran seperti industri pengecoran, pembangkit daya, transportasi serta industri lain yang mempergunakan ruang bakar atau tungku. Kajian eksperimental maupun kajian teoritis tentang pembakaran telah banyak dilakukan untuk lebih memahami fenomena pembakaran [1-2]. Simulasi dengan berbagai macam metode numerik semakin banyak dilakukan didukung kemajuan di bidang teknologi informasi [3-4]. Langkah-langkah tersebut pada dasarnya bertujuan untuk memperoleh metode baru pembakar bahan bakar secara lebih hemat, stabil, bersih dan ramah lingkungan.

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 I Pasal 1 ayat 7, yaitu tentang konservasi energi. Konservasi energi adalah 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.

Berbagai macam metode telah diteliti baik dari aspek kuantitas dan kualitas aliran campuran udara dan bahan maupun rekayasa peralatan pembakar. Dari aspek aliran campuran udara dan bahan bakar, salah satu metode untuk memperoleh pembakaran yang bersih adalah pembakaran pada kondisi campuran dengan nilai udara lebih (*excess air*) yang tinggi atau kaya oksigen atau miskin bahan bakar. Namun kondisi ini sangat mempengaruhi kestabilan nyala karena timbulnya fenomena mudah padam (*blow-off*). Fenomena pembakaran yang juga berhubungan dengan kestabilan nyala adalah fenomena *flashback* atau *backfire* dan *lift-off* yang telah banyak diteliti secara teoritis maupun eksperimental. Fenomena pembakaran dan parameter pembakaran yang lain seperti berbagai jenis *flame*, tinggi nyala, *flame stretching*, *recirculation zone*, *flammability limit*, beban pembakaran, energi minimum penyalaan dan lain sebagainya telah banyak

dianalisa. Sedangkan dari aspek alat pembakarnya, untuk mencapai kestabilan nyala dilakukan penambahan peralatan burner seperti benda padat (*bluff-body*), penstabil nyala berupa ring, *flame holder* maupun pembangkit panas seperti *ignitors* dan *pilot flame*. Hal inipun telah banyak sekali kajiannya [5-6].

Proses terjadinya penyalaan api yang terletak menjauh dari ujung *burner* terjadi akibat dibutuhkannya waktu pencampuran atau difusi udara dengan bahan bakar. Semakin banyak bahan bakar yang dialirkan, maka waktu yang dibutuhkan akan semakin lama sehingga letak nyala awal api akan semakin jauh dari ujung *burner*. Kondisi menjauhnya posisi awal penyalaan terhadap mulut *burner* dikenal sebagai *Lifted Flame*. Semakin tinggi laju bahan bakar yang disemburkan *burner*, jarak *lifted flame* semakin besar hingga pada suatu ketinggian tertentu jarak *lifted flame* tetap walaupun laju bahan bakar diperbesar. Penambahan laju semburan bahan bakar yang cukup tinggi mengakibatkan kecepatan laju bahan bakar lebih tinggi dibandingkan kecepatan nyala api/*flame speed* sehingga reaksi pembakaran tidak terjadi akibat campuran yang terlalu kaya bahan bakar atau *under-ventilated* sehingga api menjadi padam dan peristiwa ini dikenal sebagai fenomena *Blow-off*.

Temperatur yang terjadi pada pembakaran secara difusi memiliki temperatur nyala api yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pembakaran secara non difusi. Pembakaran secara non difusi merupakan pembakaran dimana bahan bakar dan udara dicampur terlebih dahulu sebelum dibakar. Dengan kondisi tersebut maka proses pencampuran lebih merata dan pembakarannya lebih sempurna. Oleh karena itu temperatur yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Pada saat terjadi *Lifted Flame* pada nyala api difusi, terdapat daerah yang kosong tidak terbentuk api daerah ini dinamakan *preheating zone*. Pada daerah ini memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah nyala api.

Untuk mengembangkan burner yang unjuk kerjanya tinggi dan emisi polutannya rendah dibutuhkan penelitian yang rinci tentang konfigurasi dan perilaku nyala yang mempengaruhi stabilitas nyalanya. Faktor yang membatasi stabilitas nyala adalah kecepatan rambat nyala bagian depan. Sedangkan dari aspek lingkungan rancangan burner yang ada masih cenderung mengeluarkan emisi NOx yang tinggi. Dari sisi penggunaan burner, kerusakan pada ujung nosel burner sering terjadi. Hal ini disebabkan oleh suhu tinggi dari nyala yang menurunkan ketahanan material nosel. Penggantian nosel disamping menghambat kelangsungan operasi juga membutuhkan dana yang relatif besar. Salah satu alternatif untuk

mengatasi hal tersebut adalah pengalihan nyala ke jarak tertentu dari ujung nosel yakni nyala terangkat atau *lifted flame*. Nyala terangkat timbul akibat peristiwa *lift-off* [7].

Penelitian fenomena nyala api dari aspek temperatur sangat diperlukan untuk keperluan aplikasinya. Pengukuran distribusi temperatur nyala api merupakan topik yang penting dalam kajian pembakaran. Selain itu prediksi temperatur nyala api juga dibutuhkan untuk kajian pengaruh nyala api ke lingkungan [11]. Berdasarkan distribusi temperatur nyala api pembakaran maka dapat diketahui temperatur nyala api pada jarak tertentu. Hal ini sangat bermanfaat dalam perancangan burner sehingga pemanfaatan nyala api sebagai hasil pembakaran dapat lebih optimal.

Pengukuran temperatur nyala api pada titik tertentu secara konvensional dapat dilakukan dengan menggunakan termokopel. Penggunaan termokopel memiliki banyak kelemahan antara lain timbulnya kesalahan karena fluktuasi nyala api serta karena perpindahan panas pada permukaan termokopel [12]. Perkembangan selanjutnya dalam teknik pengukuran nyala api adalah menggunakan teknik infra red yakni pengukuran emisivitas dari gas-gas dalam nyala api. Metode yang berkembang selanjutnya adalah metode spektroskopi yakni Raman and Rayleigh Spectroscopy atau Coherent anti-Stokes Raman Spectroscopy (CARS). Namun metode ini membutuhkan sistem optik skala besar dan hanya mengukur temperatur pada titik tertentu [13]. Pengukuran temperatur nyala api dengan metode non kontak telah banyak dikembangkan, seperti misalnya Infra red thermography atau infra view. Peralatan tersebut dapat digunakan untuk mengukur temperatur obyek hingga 2000 °C.

Kestabilan nyala dipengaruhi oleh faktor internal yakni perbandingan laju udara dan bahan bakar, laju reaksi dari jenis bahan bakar dan faktor eksternal yakni faktor fisik seperti dinamika pola aliran dan temperatur awal. Penelitian fenomena yang terjadi pada pembakaran gas propana dari aspek kestabilan nyala telah dilakukan. Namun untuk dapat diaplikasi dibutuhkan penelitian yang lebih komprehensif yakni dari sisi distribusi temperatur dari nyala api pembakaran.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Kajian temperatur nyala api sangat penting dilakukan sehubungan dengan penerapan proses pembakaran pada suatu proses industri. Pengukuran temperatur nyala api serta distribusinya sampai dewasa ini masih menjadi kendala dalam penelitian pembakaran. Metode spektroskopi yang dinyatakan paling akurat membutuhkan peralatan yang mahal. Tiga jenis alat ukur yang akan dipergunakan pada penelitian ini adalah thermokopel type K, Infra View serta Infra Red Thermography. Infra red Thermography yang khususnya dipergunakan untuk mengukur temperatur ring akan dipergunakan juga untuk mengukur distribusi temperatur nyala api karena kemampuan perangkat lunak analisa pencitraannya.

Pengalihan nyala api dari ujung burner pada pembakaran non difusi menggunakan ring maupun pada pembakaran difusi dengan fenomena *lifted flame* membutuhkan kajian karakteristik nyala api dari aspek temperturnya. Pada proses pembakaran, temperatur nyala api dipengaruhi oleh laju aliran udara dan bahan bakar, serta tingkat homogenitas dari campuran tersebut, sedangkan untuk pembakaran difusi hal ini dipengaruhi oleh geometri burnernya dan metode semburan udara ke dalam daerah reaksi pembakaran. Pada fenomena *flame lift-up* selain temperatur nyala api dibutuhkan juga data temperatur ring untuk menentukan pengaruh temperatur ring terhadap terjadinya fenomena tersebut.

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan umum dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik nyala api dari aspek temperatur pada pembakaran difusi yakni fenomena *lifted flame* dan pada pembakaran non difusi yakni fenomena *flame lift-up*. Tujuan khususnya adalah sebagai berikut :

1. Membandingkan hasil pengukuran temperatur maksimum nyala api pembakaran dengan metode non kontak ( infra red termografi dan infra view ) dan termokople type-K.
2. Menganalisa pengaruh perubahan laju bahan bakar, laju semburan udara dan sudut sembur terhadap temperatur nyala api pada pembakaran difusi
3. Menganalisa pengaruh variasi diameter , panjang barrel dan variasi Air Fuel Ratio (AFR) terhadap temperatur maksimum nyala api pada pembakaran non difusi burner Bunsen.

#### 1.4 BATASAN MASALAH

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Termodinamika Flame Combustion Research Group Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia menggunakan bahan bakar gas propana yang berasal dari sejenis refrigeran hidrokarbon yaitu Hycool HCR-22. Ujung burner untuk pembakaran difusi berbentuk cone dengan diameter sembur 1.8 mm dan sudut kemiringannya 5 derajat. Burner pada pembakaran non difusi berupa tabung dengan variasi panjang yakni 380 mm dan 250 mm serta variasi diameter tabung adalah 14 mm dan 10 mm.

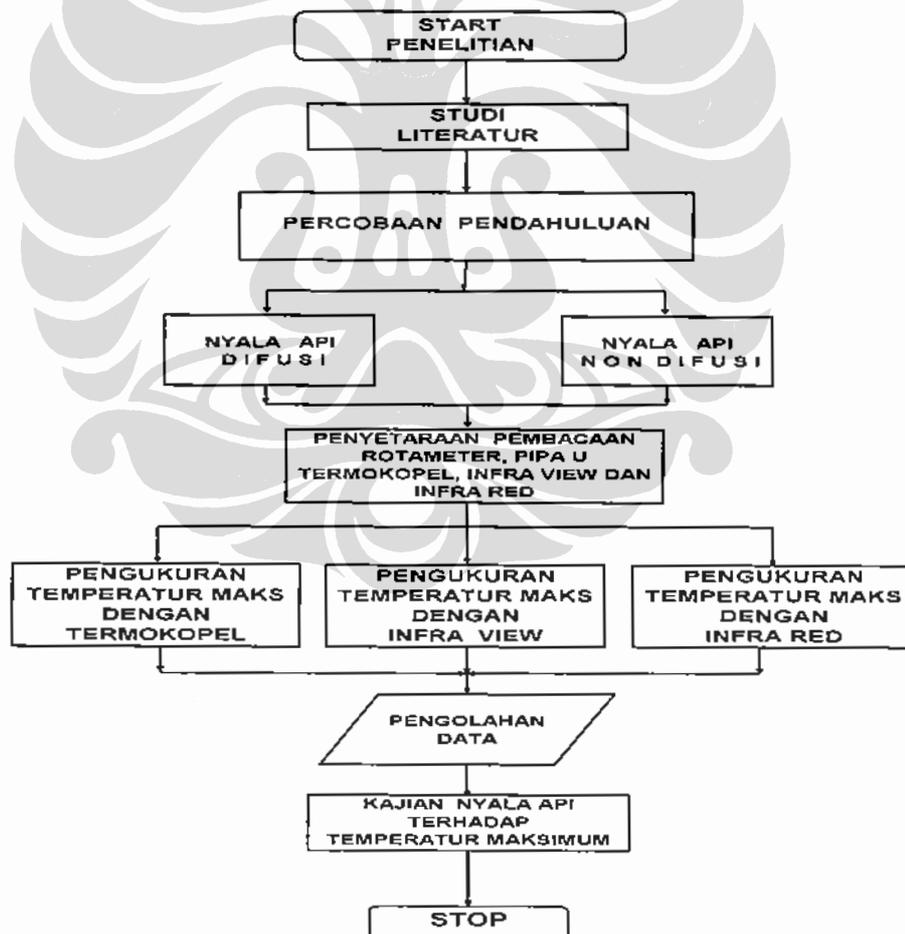
Penelitian ini menggunakan beberapa batasan-batasan masalah agar hasilnya dapat lebih spesifik dan terarah, batasan-batasan masalah tersebut antara lain :

1. Alat pengukur temperatur dipergunakan peralatan thermografi infra-red ,infra view dan thermocouple type-k.
2. Infra red thermografi yang dipakai adalah Infra Red thermografi merk NEC.
3. Infra View thermografi yang dipakai adalah Infra View merk JNT Technical Services Inc.
4. Alat pengukur debit aliran bahan bakar dipergunakan peralatan flowmeter Flame Propagation and Stability Unit P.A Hilton LTD, sedangkan untuk aliran udara dipergunakan flowmeter Flame Propagation and Stability Unit P.A Hilton LTD, untuk nyala api non difusi, dan nyala api defusi dengan semburan mempergunakan pipa U (*flowmeter* udara).
5. Mixer pencampur antara bahan bakar dan udara tidak difungsikan dan perbedaan tekanan udara dan bahan bakar antara sebelum masuk *mixer* dan setelah keluar *mixer* dianggap sangat kecil sehingga bisa dianggap sama tekanannya.
6. Pengukuran temperatur ambient dan humidity dilakukan dengan peralatan hygrometer digital.
7. Penggunaan Grafik Hottel dan Eigbert untuk acuan penentuan nilai emisivity, diasumsikan bahwa tekanan pembakaran adalah atmosferic , tekanan parsial gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O ditentukan secara empiris dengan anggapan bahwa reaksi gas propana berlangsung secara sempurna dan bentuk nyala api di anggap infinite silinder.

8. Tidak mengukur kecepatan pembakaran, reaksi pembakaran, gas sisa hasil pembakaran dan *heat release* yang dihasilkan.
9. Penelitian masih terbatas pada deskripsi fenomena dan temuan-temuan ekperimental.

### 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah secara eksperimental yang didahului dengan kajian pustaka tentang berbagai jenis phenomena pembakaran dan metode pengukuran temperatur nyala api. Sebelum dipergunakan, gas propana diuji komposisi serta sifat-sifatnya seperti nilai kalor, viskositas dan massa jenisnya. Pengukuran temperatur maksimum nyala api dengan peralatan termokopel, infra red thermografi dan infra view, serta pengolahan data dan pembahasan. Secara skematik, metodologi penelitian dapat ditunjukkan gambar 1.1. dibawah ini:



Gambar 1.1. Metode Penelitian

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Dalam penyajian thesis hasil penelitian ini yang bermula dari latar belakang masalah sampai pada kesimpulan hasil penelitian maka skripsi ini disusun sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi teori-teori sebagai landasan dan pendukung dalam melakukan kegiatan penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang alat-alat yang digunakan dalam penelitian dan juga kalibrasi alat yang diperlukan, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan pengambilan data serta pengolahan data.

### **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Bab ini berisi data-data hasil penelitian, perhitungan data-data tersebut, grafik, serta analisis mengenai hasil yang diperoleh.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan penelitian dan hasil yang didapat.