

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembakaran merupakan salah satu aspek vital dalam kehidupan modern saat ini. Setiap kegiatan umat manusia tak luput dari yang namanya proses pembakaran. Pada bidang industri pembangkit seperti PLTU contohnya. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari katadata Indonesia pembangkit listrik di Indonesia pada tahun 2015 didominasi oleh PLTU dengan persentase 40% dari total pembangkit yang ada. Untuk tahun 2015 sendiri PT.PLN memperkirakan kebutuhan batubara untuk PLTU sebesar 82 juta ton/tahun , meningkat 17,1% dari tahun 2014 yang hanya mengkonsumsi 70 juta ton/tahun. Hal tersebut belum mencakup proyek 35.000 MW yang sedang dikerjakan pemerintah, sekitar 60% merupakan PLTU. Apabila proyek 35.000 MW sudah rampung maka perkiraan penggunaan batu-bara akan meningkat signifikan hingga 100 juta ton/tahun katadata (2015)

Dari sektor transportasi jumlah kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahunnya. Untuk daerah Jakarta saja peningkatannya dari tahun 2010 hingga tahun 2014 terjadi peningkatan sebesar 2,6 juta unit kendaraan berdasarkan statistik yang diambil dari katadata Indonesia. Hal ini membuktikan bahwa proses pembakaran memegang peranan yang sangat penting bagi umat manusia. Dikarenakan pembakaran merupakan salah satu proses konversi energi yang paling sering digunakan, maka pembakaran menjadi sebuah perhatian utama dalam usaha penghematan energi. Pada umumnya penghematan energi ditekankan ada pemakaian bahan bakar, namun dalam hal ini penghematan energi juga dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi pembakaran Tarigan (2012).

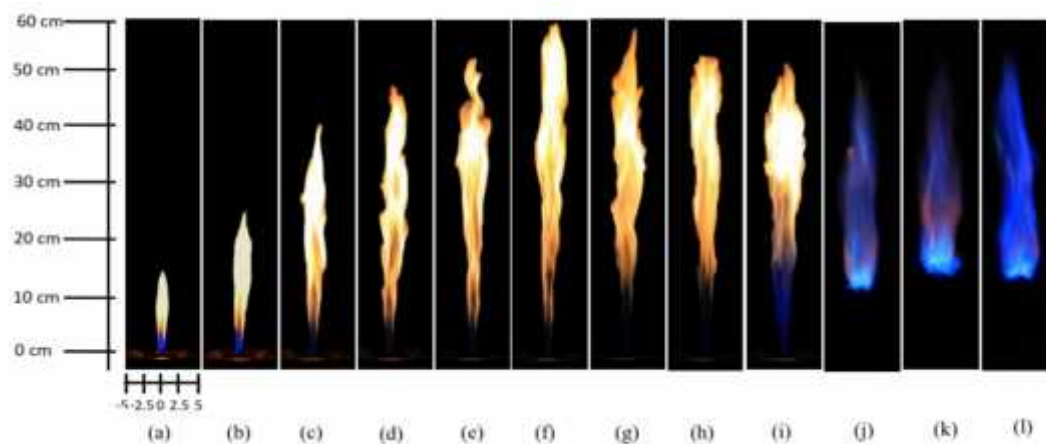
Pembakaran merupakan salah satu jenis dari aliran reaktif di mana terdapat reaktan yaitu bahan bakar. Salah satu jenis pembakaran adalah pembakaran difusi , yaitu proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara tidak bercampur secara mekanik, melainkan bercampur secara alami melalui proses difusi. Proses pembakaran difusi banyak dijumpai dalam industri seperti *boiler* pada pembangkit listrik tenaga uap dan turbin gas. Pembakaran difusi relatif lebih aman karena tidak menimbulkan *flash back* . Namun pembakaran difusi memiliki kelemahan yaitu sulitnya memperoleh kondisi campuran yang baik antara bahan bakar dan udara Rohmat (2010).

Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran ataupun meningkatkan pencampuran antara bahan bakar dan udara pada pembakaran difusi dapat dilakukan dengan cara menambahkan

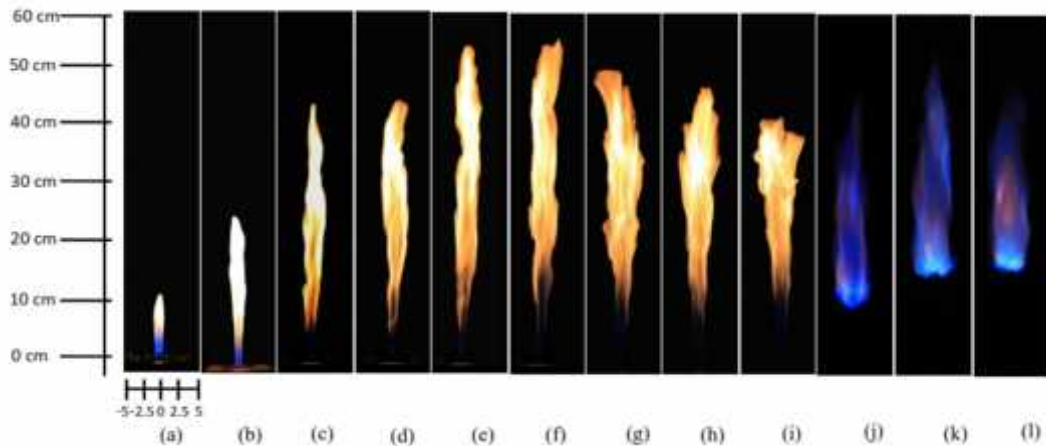
*swirl vanes* pada *burner*. *Swirl vanes* merupakan instrumen penghalang atau pengganggu aliran api yang memperbaiki stabilitas api dan menciptakan aliran turbulen yang kemudian akan menghasilkan zona resirkulasi (Liao et. Al, 2012). Zona resirkulasi tersebut dapat membakar reaktan dan menghadirkan zona kecepatan turbulen. Aliran yang dihambat oleh *swirl vanes* akan menyebabkan pusaran yang menyebabkan turbulensi sehingga meningkatkan pencampuran bahan bakar dan udara pada pembakaran difusi.

Penggunaan *swirl vanes* sebagai hambatan aliran pada pembakaran dengan memvariasikan kemiringan sudut telah banyak dilakukan sebelumnya, Namun pada penelitian ini akan dilihat bagaimana pengaruh penambahan jumlah sudu *swirl vanes*. Sudah diketahui sebelumnya bahwa kemiringan sudut *swirl vanes* dapat mempengaruhi karakteristik api difusi yang dihasilkan. Sehingga pada penelitian ini akan dilihat bagaimana pengaruh penambahan halangan dengan memperbanyak jumlah sudu *swirl vanes*.

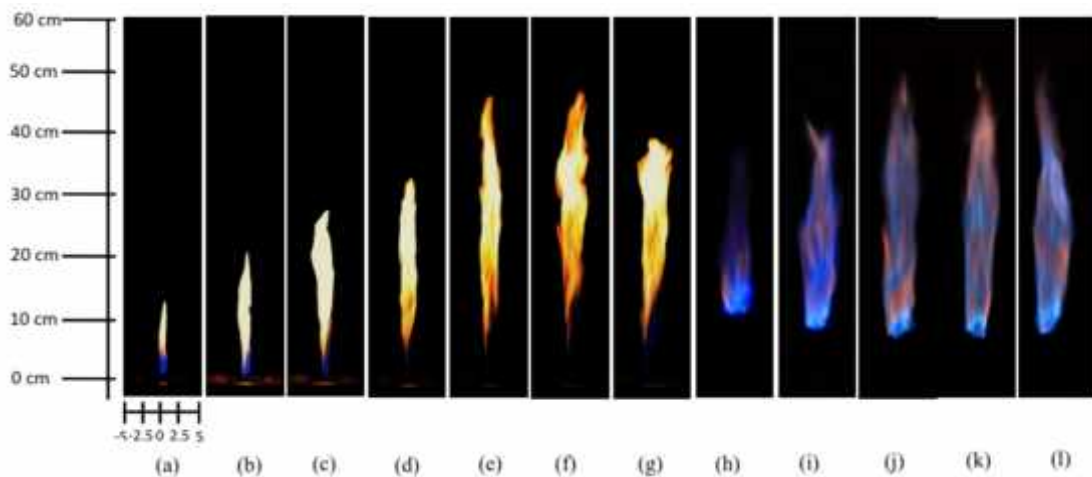
Radissa (2016) telah melakukan penelitian pengaruh jumlah sudu *swirl vanes* terhadap karakteristik pembakaran api difusi, baik itu visualisasi api maupun distribusi temperaturnya. Berikut merupakan hasil dari penelitiannya



Gambar 1.1 Visualisasi api difusi *swirl vanes* sudu 4  
Sumber : Radissa (2016:37)



Gambar 1.2 Visualisasi api difusi *swirl vanes* sudu 6  
Sumber : Radissa (2016:38)

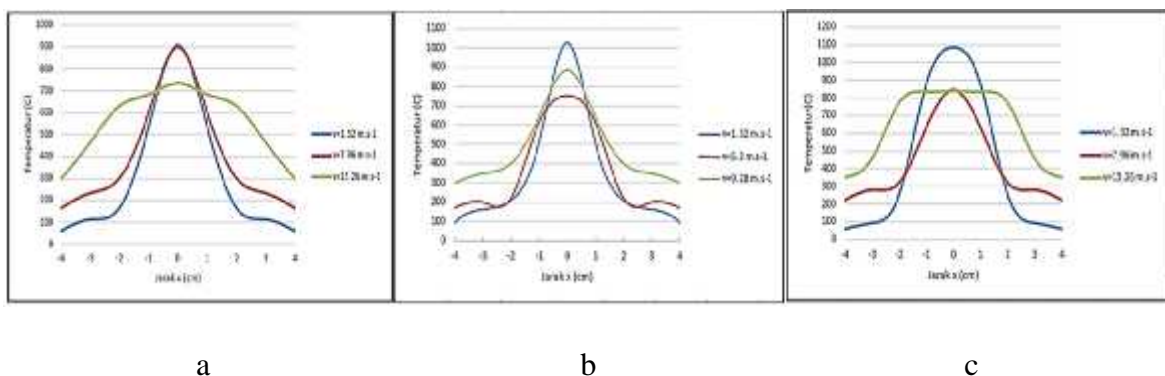


Gambar 1.3 Visualisasi api difusi *swirl vanes* sudu 8  
Sumber : Radissa (2016:39)

Gambar 1.1 , 1.2 dan 1.3 menunjukkan gambar visualisasi api difusi pada pemasangan *swirl* dengan jumlah sudu 4,6, dan 8 dengan menggunakan kecepatan udara yang sama yaitu 0,9 m/s serta variasi kecepatan bahan bakar a (1.32 m/s), b (2.65 m/s), c (3.98 m/s), d (5.30 m/s), e (6.63 m/s), f (7.96 m/s), g (9,29 m/s), h (10.61 m/s), i (11.94 m/s), j (13.26 m/s), k (14.59 m/s), l (15.92m/s). Dari keseluruhan gambar di atas dapat dilihat kecenderungan api difusi yaitu semakin bertambahnya kecepatan bahan bakar maka tinggi api akan semakin meningkat lalu akan menurun. Pada penambahan kecepatan bahan bakar secara perlahan api terlihat laminer dimana tidak banyak terjadi olakan pada api difusi, ketika kecepatan bahan bakar bertambah semakin tinggi terlihat pada api difusi terjadi olakan api dan mengalami turbulensi yang mana hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan ketinggian api. Kondisi turbulensi terjadi pada daerah transisi di

mana api mengalami ketidak stabilan pada beberapa bagian api dan seiring bertambahnya kecepatan bahan bakar api akan semakin tidak stabil dan mengakibatkan api menjadi turbulen.

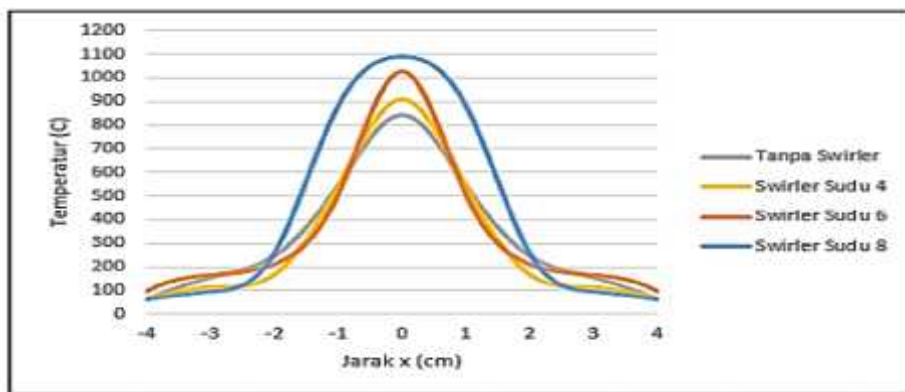
Dapat dilihat pada gambar 1.1, 1.2, 1.3 dengan pemasangan jumlah sudu swirl yang berbeda menghasilkan tinggi api yang berbeda pula, di mana semakin banyak jumlah sudu swirl mengakibatkan penurunan ketinggian api difusi. Hal itu disebabkan karena bertambahnya hambatan pada saluran udara aksial. Semakin besar hambatan pada saluran udara maka kecepatan udara akan semakin melambat untuk melewati saluran udara aksial. Udara aksial yang terkena hambatan tersebut akan membentuk zona resirkulasi, di mana resirkulasi terjadi karena adanya aliran pusaran udara yang kuat dan ditunjukkan dengan olakkan-olakan yang terjadi pada api difusi. Jika pusaran udara tersebut melewati hambatan maka akan terjadi olakan yang mengakibatkan turbulensi pada api sehingga udara dan bahan bakar dapat tercampur dengan baik.



Gambar 1.4 Grafik hubungan temperatur rata-rata sumbu y terhadap sumbu x api difusi pada variasi *swirl vanes* (a) sudu 4 (b) sudu 6 (c) sudu 8 dengan kecepatan udara 0.9 m/s

Sumber : Radissa (2016:44)

Gambar 1.4 menunjukkan beberapa grafik temperatur rata-rata pada sumbu y terhadap sumbu x pada beberapa kecepatan bahan bakar. Dapat dilihat pada grafik bahwa semakin bertambahnya jumlah *vane* maka temperatur rata-rata akan cenderung semakin meningkat. Hal itu dikarenakan semakin banyaknya sudu maka akan meningkatkan intensitas dari turbulensi, dikarenakan hambatan yang semakin banyak. Semakin banyak turbulensi maka energi kinetik dari molekul bahan bakar dan udara semakin tinggi.



Gambar 1.5 Grafik hubungan temperatur rata-rata sumbu y terhadap sumbu x api difusi pada variasi *swirl vanes* dengan kecepatan bahan bakar 1.32 m/s dan kecepatan udara 0.9 m/s.

Sumber : Radissa (2016:46)

Gambar 1.5 menunjukkan bahwa pada kecepatan yang sama distribusi pada sumbu paling tinggi ditunjukkan pada sudu 8 kedua sudu 6 dan terakhir sudu 4. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan sudu berpengaruh terhadap distribusi api difusi. Karena penambahan sudu berpengaruh terhadap aliran yang dihasilkan oleh api sehingga secara langsung berhubungan dengan temperatur yang dihasilkan. Semakin banyak sudu pada *swirl vanes* maka hambatan semakin banyak dan turbulensi yang terjadi semakin besar sehingga terjadi zona resirkulasi. Zona resirkulasi berpengaruh pada pencampuran bahan bakar dan udara. Ketika bahan bakar dan udara telah bercampur maka campuran tersebut akan kembali ke mulut burner untuk memanaskan bahan bakar yang baru keluar dari saluran bahan bakar sehingga mengalami pemanasan awal sebelum bercampur dengan udara. Hal inilah yang menyebabkan *swirl vanes* dengan sudu 8 memiliki temperatur tertinggi. Selain berpengaruh didistribusi temperatur, semakin banyaknya jumlah *vanes* maka akan menyebabkan semakin meratanya distribusi api secara keseluruhan, dimana tidak terlalu banyak perbedaan temperatur pada jarak 0 cm sampai 4 cm. Hal ini disebabkan karena turbulensi yang terjadi lebih besar semakin bertambahnya sudu *swirl vanes*.

Pada penelitian kali ini, penulis ingin mengetahui lebih lanjut pengaruh *equivalence ratio* dan penambahan jumlah sudu *swirl vanes* terhadap visualisasi, distribusi temperatur dan kontur temperatur api difusi dengan memvariasikan kecepatan bahan bakar dan udara. Pada penelitian ini juga penulis menggunakan gas *inert*, yaitu nitrogen ( $N_2$ ). Penggunaan nitrogen sebagai gas *inert* agar reaksi pembakaran antara bahan bakar dan udara menjadi semakin baik sehingga udara dari luar tidak ikut bereaksi dengan pembakaran. Adapun bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $CH_4$  atau metana, karena merupakan

salah satu bahan bakar alternatif sebagai sumber energi pengganti bahan bakar fosil, dan karakteristik metana yang mudah bereaksi. Diharapkan dengan adanya penambahan jumlah sudu *swirl vanes* dapat memaksimalkan proses pencampuran antara bahan bakar dan udara sehingga menghasilkan proses pembakaran yang lebih baik yang dapat dilihat dari distribusi temperaturnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas dapat dirumuskan sebagai berikut:

- ) Pengaruh penambahan *swirl vanes* terhadap visualisasi api difusi
- ) Pengaruh penambahan *swirl vanes* terhadap distribusi temperature api difusi
- ) Pengaruh *equivalence ratio* terhadap visualisasi dan distribusi api difusi

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah sesuai dengan tujuan yang telah dituliskan oleh penulis, maka ada beberapa batasan masalah yang perlu diketahui, yaitu sebagai berikut:

1. Temperatur ruangan dijaga antara  $26^{\circ}$  -  $30^{\circ}$
2. Kondisi udara pada lingkungan *burner* dianggap stabil.
3. Bahan bakar yang digunakan adalah  $\text{CH}_4$ .
4. Kecepatan Nitrogen konstan 5 Lpm
5. Sudut *swirl vanes*  $10^{\circ}$

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh besarnya ekuivalen rasio dan penambahan jumlah sudu *swirl vanes* terhadap distribusi temperatur dan kestabilan nyala api pada proses pembakaran.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mahasiswa dapat mengetahui pengaruh penambahan jumlah sudu *swirl vanes* dan *equivalence ratio* terhadap distribusi temperatur, visualisasi dan kestabilan nyala api difusi.

2. Dapat digunakan sebagai wawasan tambahan dalam penerapan ilmu teknik mesin khususnya mata kuliah pembakaran.

