BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dharma (2013) meneliti tentang pengaruh variasi *equivalence ratio* terhadap karakteristik api pembakaran *premixed* minyak jarak pada *perforated burner* dengan metode penelitian eksperimental nyata. Dari hasil penelitiannya didapatkan kesimpulan bahwa variasi *equivalence ratio* mempengaruhi pola api pembakaran *premixed* minyak jarak dan udara. Dengan massa alir bahan bakar yang konstan, penambahan massa alir udara mempengaruhi perubahan *equivalence ratio*. Perubahan nilai *equivalence ratio* akan mempengaruhi nyala api yang semakin tinggi dan stabilitas nyala api. Penambahan massa alir udara yang semakin besar akan menyebabkan difusivitas massa reaktan lebih besar daripada difusivitas panas, sehingga api akan mengalami *lift off* sampai pada akhirnya api akan padam. Disamping itu, pola warna api memberikan informasi pembakaran mendekati sempurna atau tidak. Warna biru mengindikasikan bahwa pembakarannya mendekati sempurna, sedangkan warna kuning mengindikasikan banyak terdapat bahan bakar yang belum terbakar dan terbakar secara difusi dengan udara.

Pranoto (2014) meneliti tentang pembakaran campuran uap minyak kapuk dan udara pada *perforated burner* dengan metode penelitian eksperimen nyata. Peneliti memvariasikan AFR pembakaran dengan debit bahan bakar minyak kapuk konstan dan udara divariasikan hingga debit tertentu hingga api mengalami *lift off* (api terangkat menjauhi mulut nosel) sebelum padam (*blow off*). Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh AFR mempengaruhi pola warna api yang tadinya berwarna kekuningan menjadi biru lalu api mulai terangkat (*lift off*) kemudian padam.

Takahashi, et al, (1990) dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa batas stabilitas api pada dasarnya dipengaruhi oleh besarnya debit aliran pembakaran dimana hal ini nantinya berhubungan erat dengan fenomena *lift off* dan *blow off*.

Buffan dan cox (2008) menyatakan bahwa kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh diameter dari nosel. Selain itu juga menyimpulkan bahwa kecepatan pembakaran tertinggi didapat pada *equivalence ratio* sama dengan 1.

2.2 Bahan Bakar

Dalam penggunaanya bahan bakar dikategorikan ke dalam dua kelompok yaitu bahan bakar primer dan bahan bakar sekunder. Bahan bakar primer adalah bahan bakar yang dapat langsung digunakan seperti kayu dan gas alam. Sedangkan bahan bakar

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

sekunder adalah bahan bakar yang diolah terlebih dahulu dari bahan primer sebelum dipakai. Yang termasuk jenis ini adalah bensin, minyak tanah dan solar.

Selain itu jenis bahan bakar dapat pula dikategorikan ke dalam bahan bakar tak terbarukan dan bahan bakar terbarukan. Pada jenis bahan bakar tak terbarukan misalnya minyak bumi dan batu bara. Sedangkan contoh dari bahan bakar terbarukan salah satunya minyak jarak.

2.2.1 Minyak Jarak (*Jatropha Curcas Linneaus*)

Jarak pagar (*Jatropha curcas L., Euphorbiaceae*) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropis. Tanaman jarak dikenal sebagai jarak pagar, dan merupakan tanaman semak yang tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3-5 meter. Tanaman ini tahan kekeringan dan dapat tumbuh di tempat-tempat dengan curah hujan 200 mm hingga 1500 mm per tahun.

Minyak jarak memiliki banyak manfaat dan memiliki karakter yang khas secara fisik. Pada suhu ruang, minyak jarak berfasa cair dan tetap stabil pada suhu rendah maupun suhu sangat tinggi. Pemanfaatan minyak jarak dan turunannya (derivat) sangat luas digunakan dalam berbagai industri, misalnya industri sabun, pelumas, minyak rem dan hidraulik, cat, pewarna, plastik tahan dingin, pelindung (*coating*), tinta, malam dan semir, nilon, farmasi, dan parfum.

Meskipun telah lama dikenal sebagai bahan pengobatan dan racun, saat ini minyak jarak pagar makin mendapat perhatian sebagai sumber bahan bakar hayati untuk mesin diesel karena kandungan minyak bijinya. Peran yang agak serupa sudah lama dimainkan oleh kerabatnya, jarak pohon (*Ricinus communis*), yang bijinya menghasilkan minyak campuran untuk pelumas.

Jarak pagar dipandang menarik sebagai sumber biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi, tidak berkompetisi untuk pemanfaatan lain (misalnya jika dibandingkan dengan kelapa sawit atau tebu), dan memiliki karakteristik agronomi yang sangat menarik. Tumbuhan ini diintroduksi ke Indonesia oleh administrasi pendudukan Jepang dengan maksud sebagai sumber bahan bakar murah. Minyak dari bijinya dapat diolah menjadi biodiesel.

Komposisi asam lemak minyak jarak pada setiap daerah tidak sama, tergantung dari geologi daerah tersebut. Dalam penelitian ini, penulis mengambil komposisi asam lemak minyak jarak produksi BALITAS Malang. Tabel 2.1 menunjukkan asam lemak

serta kadar komposisi kimia yang terkandung dalam tanaman jarak pagar. Sedangkan sifat-sifat yang dimiliki minyak jarak pagar ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Jenis dan komposisi asam lemak pada minyak jarak

Lemak	Rumus Kimia	Prosentase Massa (%)
Asam Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	0,06
Asam 7-heksadekenoat	$C_{16}H_{30}O_2$	0,04
Asam Palmitoleat	$C_{16}H_{30}O_2$	0,75
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	16,04
Asam Heptadekanoat	$C_{17}H_{34}O_2$	0,08
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	28,71
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	43,8
Asam 7-oktadekenoat	$C_{18}H_{34}O_2$	1,7
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	8,64
Asam Eikosanoat	$C_{20}H_{40}O_2$	0,18

Sumber : Laboratorium Jurusan Farmasi Universitas Airlangga

Tabel 2.2 *Properties of jatropha pure oil* (JPO)

Property	JPO
Density at 30 °C (g/cm^3)	0.9096
Density at 50 °C (g/cm^3)	0.896
Density at 75 °C (g/cm^3)	0.8793
Viscosity at 30 °C (mm^2/s)	49.78
Viscosity at 50 °C (mm^2/s)	25.04
Viscosity at 75 °C (mm^2/s)	13.01
Surface tension at 23 °C (dyn/cm)	32.9
Surface tension at 50 °C (dyn/cm)	31.1
Surface tension at 75 °C (dyn/cm)	29.2
Flash point (°C)	230
Ignition point (°C)	402
Pour point (°C)	−2.5
Water content (wt.%)	0.0862
Carbon content (wt.%)	77.3
Hydrogen content (wt.%)	11.8
Oxygen content (wt.%)	10.9
Nitrogen content (wt.%)	0.0006
Sulfur content (wt.%)	0.0002
Carbon residue content (wt.%)	0.41
HHV (MJ/kg)	40.14
LHV (MJ/kg)	37.47

Sumber : Hashimoto, et al, (2014:2)

2.3 Pembakaran

Pembakaran adalah proses lepasnya ikatan kimia lemah bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar menjadi atom yang bermuatan dan aktif sehingga

mampu bereaksi dengan oksigen sehingga membentuk ikatan molekul yang kuat yang mampu menghasilkan cahaya dan panas dalam jumlah yang besar (Wardana, 2008:7).

Menurut Turns, pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan bakar yang dapat terbakar dengan bantuan energi dari luar (energi aktivasi) disertai dengan timbulnya cahaya (*flame*) dan menghasilkan kalor (Turns, 1996:12).

Berdasarkan pada proses pencampuran bahan bakar dan oksigen, pembakaran dibedakan menjadi dua jenis:

1. Pembakaran difusi adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi baru terjadi pembakaran.
2. Pembakaran *premixed* adalah pembakaran dimana bahan bakar dan udara sudah bercampur terlebih dahulu secara mekanik sebelum terjadi pembakaran. Homogenitas dari campuran udara dan bahan bakar mempengaruhi kualitas dari pembakaran pada pembakaran *premixed*.

2.3.1 Reaksi Pembakaran

Dua hal yang selalu terjadi ketika proses pembakaran berlangsung adalah:

1. Komposisi campuran berubah terhadap waktu, dan perubahan ini diakibatkan oleh proses pada tingkat molekuler.
2. Ikatan-ikatan molekul yang lemah lepas kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi ikatan dilepas ke dalam sistem, yang biasanya menyebabkan kenaikan temperatur yang sangat tinggi.

Reaksi pembakaran dapat berlangsung karena adanya kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi. Kesetimbangan massa dimana rasio bahan bakar dan oksidator memegang peran penting dalam terjadinya reaksi pembakaran. Kesetimbangan massa antara oksidator dan bahan bakar disebut juga AFR (*air-fuel ratio*) menyebabkan terjadinya pembakaran stoikiometri yang memiliki hasil reaksi pembakaran paling sempurna. Apabila massa bahan bakar dan udara tidak seimbang dalam reaksi pembakaran, maka akan terjadi reaksi pembakaran kaya bahan bakar atau miskin bahan bakar. Selain itu reaksi pembakaran tidak akan terjadi jika perbandingan bahan bakar dan oksidator semakin menjauhi nilai AFR yang dimiliki bahan bakar tersebut.

Pembakaran stoikiometri adalah pembakaran dimana semua atom dari pengoksidasi bereaksi secara kimia untuk menjadi berbagai produk. Pengoksidasi yang

paling lazim adalah udara, yang untuk berbagai keperluan dapat dianggap sebagai campuran dari 21 % oksigen dan 79 % nitrogen (fraksi mol atau volume). Contoh persamaan kimia dari pembakaran stoikiometri metana (CH_4) dengan udara adalah:

$$\underset{\text{reaktan}}{CH_4 + 2\,(O_2 + 79/21\,N_2)} \rightarrow \underset{\text{produk}}{CO_2 + 2H_2O + 7{,}52\,N_2} \qquad (2-1)$$

2.3.2 Perbandingan Udara – Bahan Bakar

a. Rasio udara – bahan bakar (*air – fuel ratio / AFR*)

Rasio udara-bahan bakar atau AFR, merupakan salah satu parameter dari pembakaran. AFR merupakan perbandingan massa udara terhadap massa bahan bakar. AFR dapat juga dinyatakan dalam perbandingan mol udara terhadap mol bahan bakar. Rasio udara - bahan bakar (*air - fuel ratio)* dapat dilihat pada persamaan berikut, dimana N adalah jumlah mol sedangkan M adalah massa molekul :

$$(AFR) = \left(\frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}\right) \qquad (2-2)$$

$$(AFR) = \left(\frac{N_{udara}}{N_{bahan\ bakar}}\right) \qquad (2-3)$$

Berikut merupakan AFR dari minyak jarak:

Reaksi kimia pembakaran stoikiometri pada massa 100 gram minyak jarak yaitu

$$0{,}00026\ C_{14}H_{28}O_2 + 0{,}00015\ C_{16}H_{30}O_2 + 0{,}00295\ C_{16}H_{30}O_2 + 0{,}06265\ C_{16}H_{32}O_2 + 0{,}00029\ C_{17}H_{34}O_2 + 0{,}10253\ C_{18}H_{32}O_2 + 0{,}15531\ C_{18}H_{34}O_2 + 0{,}00602\ C_{18}H_{34}O_2 + 0{,}03042\ C_{18}H_{36}O_2 + 0{,}00057\ C_{20}H_{40}O_2 + 9{,}0091\ (O_2 + 3{,}76\ N_2) \rightarrow 6{,}37\ CO_2 + 6{,}0005\ H_2O + 33{,}874\ N_2 \qquad (2-4)$$

Berat molekul udara = mol udara ($n_{oksigen}$. $Mr_{oksigen}$ + 3,76 . $n_{nitrogen}$. $Mr_{nitrogen}$)

= 9,0091 . (2 . 16 + 3,76 . 2 . 14)

= 1236,769 gram

Berat molekul bahan bakar = 100 gram

AFR massa stoikiometri minyak jarak pagar = $\left(\frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}}\right)$

$$= \frac{1236{,}769}{100}$$

= 12,36769 gram udara / gram bahan bakar

Dari persamaan reaksi kimia pembakaran (2 - 3), semakin tinggi laju penguapan bahan bakar yang terbakar pada reaksi pembakaran menyebabkan mol bahan bakar yang semakin besar, sehingga semakin banyak bahan bakar uap minyak jarak yang terbakar.

Hal ini mengakibatkan laju penguapan uap minyak jarak yang semakin besar menghasilkan tinggi api dan nyala api yang semakin besar. Selain itu pada laju penguapan uap minyak jarak yang semakin tinggi menghasilkan reaksi pembakaran yang semakin tinggi sehingga terjadi pembentukan kalor yang lebih cepat dibandingkan reaksi pembakaran pada laju penguapan yang lebih rendah. Sehingga pada laju penguapan uap minyak jarak yang semakin besar memiliki temperatur api yang lebih tinggi pada suatu reaksi pembakaran.

b. *Equivalence ratio* (ϕ)

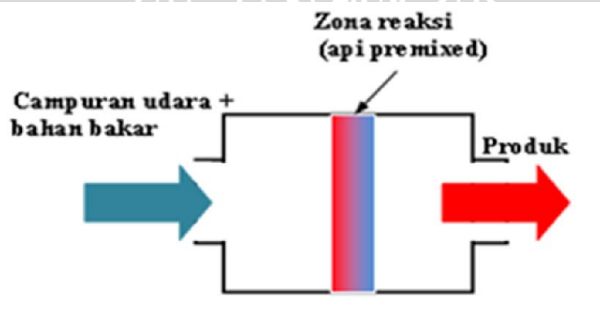
Sedangkan untuk menentukan apakah campuran udara dan bahan bakar merupakan campuran kaya, miskin, atau stoikiometri umumnya menggunakan perbandingan antara AFR stoikiometri dengan AFR aktual yang disebut *equivalence ratio* (ϕ).

$$\phi = \frac{(AFR)_{stoikiometri}}{(AFR)_{aktual}} \qquad (2-5)$$

Jika *equivalence ratio* (ϕ) didapat >1, maka campuran kaya bahan bakar. Jika *equivalence ratio* (ϕ) didapat <1, maka campuran miskin bahan bakar. Jika *equivalence ratio* (ϕ) didapat =1, maka campuran stoikiometri.

2.4 Pembakaran *Premixed*

Pembakaran dapat dilakukan secara *premixed* maupun secara difusi. Pembakaran *premixed* merupakan pembakaran yang terbentuk pada saat bahan bakar bercampur sempurna dengan oksidan atau udara di dalam *burner* sebelum dialirkan ke mulut *burner* dan mulai dibakar (*ignition*). Pembakaran secara *premixed* umumnya ditandai dengan nyala api yang berwarna biru. Sedangkan cara reaktan terbakar pada pembakaran *premixed* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cara reaktan terbakar pada pembakaran *premixed*
Sumber: Wardana (2008:149)

Pengapian diperlukan untuk memberikan sejumlah energi dalam bentuk yang sesuai sehingga dapat menghasilkan suatu proses pembakaran. Selanjutnya akan terjadi penjalaran (*propagation*) ke reaktan sebagai suatu nyala (*flame*) atau *deflagration*. Proses pembakaran *premixed* secara luas digunakan pada sistem pembakaran seperti mesin otto dan *bunsen burner*.

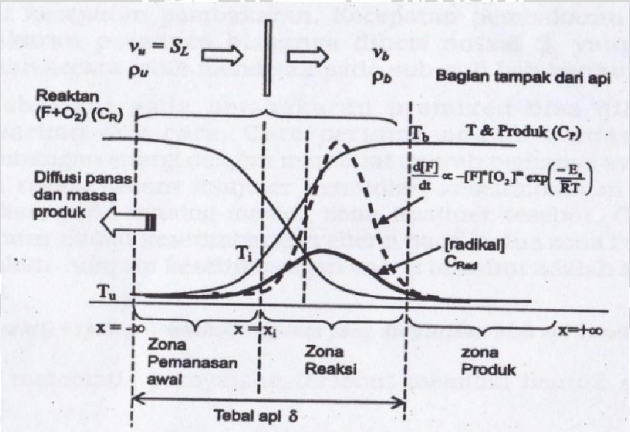
Setelah melewati zona reaksi, reaktan menjadi produk. Zona reaksinya sangat tipis yang disebut api *premixed*. Api *premixed* akan merambat menuju ke arah reaktan dengan kecepatan unik. Jika kecepatan reaktan sama dengan kecepatan rambat api maka api (zona reaksi) akan stasioner. Jadi karakter api *premixed* adalah merambat.

Dalam gelombang pembakaran terdapat dua zona yaitu :

1. Zona pemanasan awal *(preheat zone)* dimana zona ini merupakan daerah awal terjadinya pembakaran. Pada zona pemanasan awal masih banyak konsentrasi reaktan (C_R) yang belum terbakar sehingga menyebabkan temperatur reaktan (T_u) di daerah ini masih rendah. Seiring mendekati daerah zona reaksi, konsentrasi reaktan akan semakin berkurang akibat adanya reaksi pembakaran yang terjadi sehingga temperatur reaktan akan meningkat.
2. Zona reaksi*(reaction zone)*

   Daerah dimana sebagian besar energi kimia yang berasal dari reaktan dilepaskan menjadi energi thermal. Pada zona reaksi terjadi peningkatan temperatur dan penurunan konsentrasi reaktan akibat proses pembakaran sehingga menyebabkan konsentrasi produk meningkat (C_p).

Untuk detail struktur zona pemanasan awal dan zona reaksi yang terdapat dalam api *premixed* dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Detail struktur di dalam api *premixed*
Sumber: Wardana (2008:155)

Keterangan gambar:

C_R = konsentrasi reaktan (%)

T_i = temperatur *intermediate* (°C)

C_P = konsentrasi produk (%)

T_b = temperatur produk (°C)

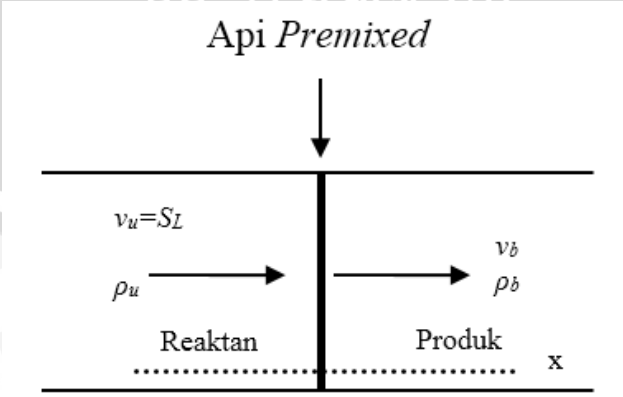
T = distribusi temperatur (°C)

T_u = temperatur reaktan (°C)

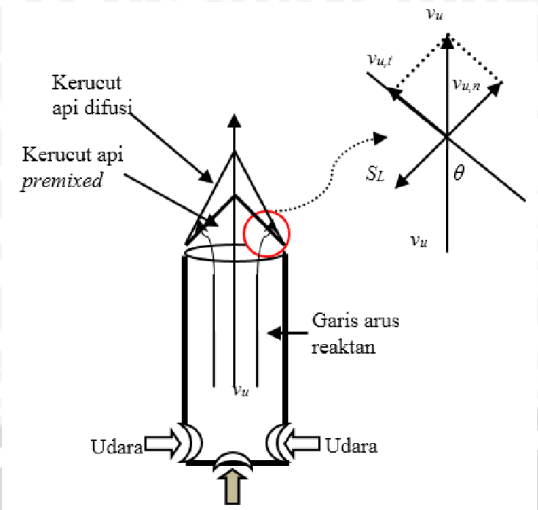
Dalam reaksi pembakaran terdapat perbedaan temperatur antara produk dan reaktan. Temperatur produk lebih tinggi dari temperatur reaktan. Menurut hukum kedua termodinamika, kalor berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Oleh karena itu terjadi perpindahan panas dari produk ke reaktan. Transfer panas yang terus menerus tersebut akan meningkatkan temperatur reaktan, jika temperatur reaktan meningkat maka pemanasan awal akan bergeser ke kiri, sedangkan zona yang terjadi menjadi zona pemanasan awal temperaturnya akan lebih tinggi sehingga terjadi pembakaran. Peristiwa ini terjadi secara kontinyu sehingga api merambat ke arah reaktan. Kecepatan rambatan api tersebut disebut kecepatan pembakaran. Kecepatan pembakaran *premixed* biasanya diberi notasi S_L.

2.5 Kecepatan Pembakaran

Kecepatan pembakaran merupakan gelombang pembakaran (api) menuju reaktan yang terjadi karena adanya gradien temperatur antara produk yang memiliki temperatur tinggi dan reaktan yang memiliki temperatur rendah, sehingga terjadi transfer panas dari produk ke reaktan. Gambar 2.3 menunjukkan struktur api *premixed* di dalam tabung *burner* dan pada nosel Bunsen.



(a)



(b)

Gambar 2.3 Struktur api *premixed*: (a) di dalam tabung pembakar; (b) pada nosel Bunsen
Sumber: Wardhana (2008:152)

Vektor kecepatan pembakaran *premixed* (S_L) di dalam tabung pada Gambar 2.3a sejajar dengan vektor kecepatan reaktan (V_u) dan vektor kecepatan produk (V_b). Sedangkan pada struktur api Bunsen pada Gambar 2.3b terdapat belokan arus reaktan di dekat api. Hal ini disebabkan adanya perubahan densitas gas reaktan akibat kenaikan suhu yang sangat drastis pada suhu api yang mencapai 3000 K.

Pada api *premixed* Bunsen, garis arus reaktan membelok di dekat api akibat perubahan densitas gas dan mengalir ke luar tegak lurus dengan permukaan api. Densitas gas reaktan menurun sekitar 10 kali akibat kenaikan suhu api yang mencapai 3000 K. Salah satu sifat fluida yaitu cenderung mengalir dari kerapatan tinggi ke kerapatan yang lebih rendah menyebabkan gas reaktan bergerak menuju api secara tegak lurus seperti terlihat pada Gambar 2.3b.

Untuk api yang stasioner pada api Bunsen, kecepatan pembakaran sama dengan komponen normal kecepatan gas reaktan pada setiap lokasi seperti diilustrasikan pada gambar 2.3 b. Dengan demikian kecepatan pembakaran dapat dicari dengan rumus persamaan dibawah ini.

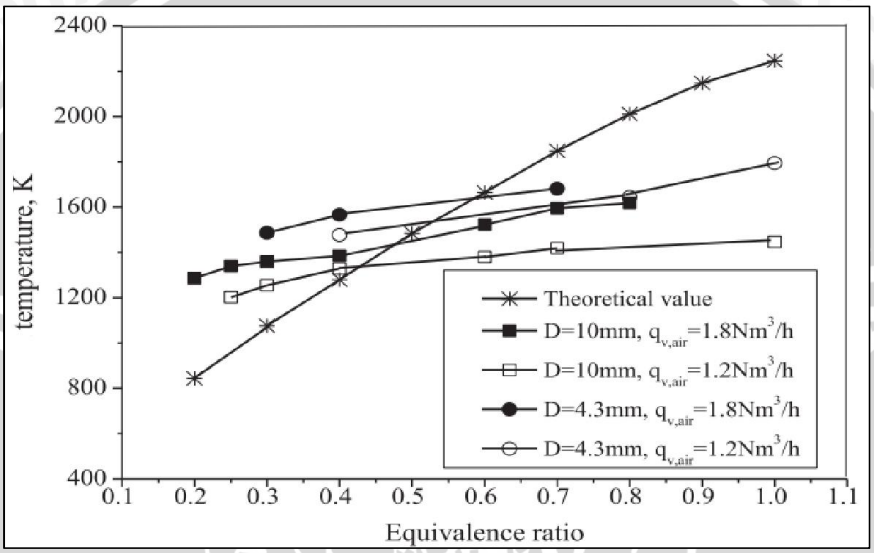
$$S_L = V_u . Sin\theta \qquad (2-6)$$

Dimana θ merupakan sudut antara api dengan sumbu nosel. Kecepatan reaktan V_u bisa dihitung dengan rumus berikut:

$$V_u = \frac{\dot{m}}{\rho_u A} = \frac{Q_{udara} + Q_{bahan\ bakar}}{A_{nosel}} \qquad (2-7)$$

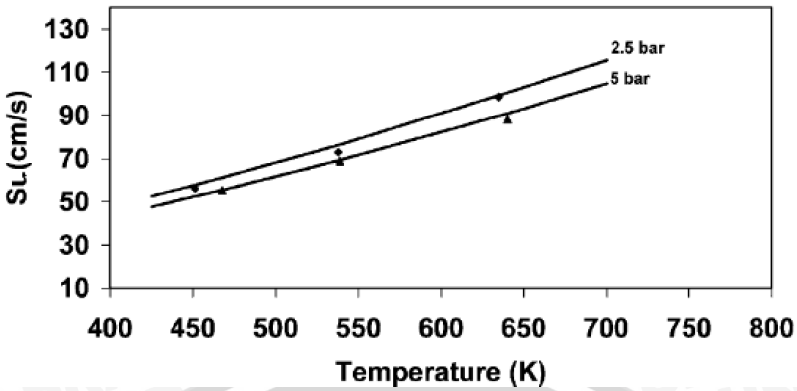
Dimana $\dot{m}$ merupakan massa alir reaktan di dalam nosel, ρ_u adalah densitas reaktan, dan A adalah luas penampang lintang nosel. Menurut Turns, kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh temperatur api, tekanan, *equivalence ratio* reaksi pembakaran, dan jenis bahan bakar yang digunakan (Turns, 1996:274).

Wang, et al, (2014) meneliti tentang variasi temperatur dalam *porous inert media burner* pada pembakaran *premixed* metana (CH_4) dan udara. Penelitian ini memvariasikan *equivalence ratio* dalam reaksi pembakaran dengan cara merubah debit bahan bakar metana dan udara, sehingga didapatkan hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api. Gambar 2.4 merupakan grafik hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api.



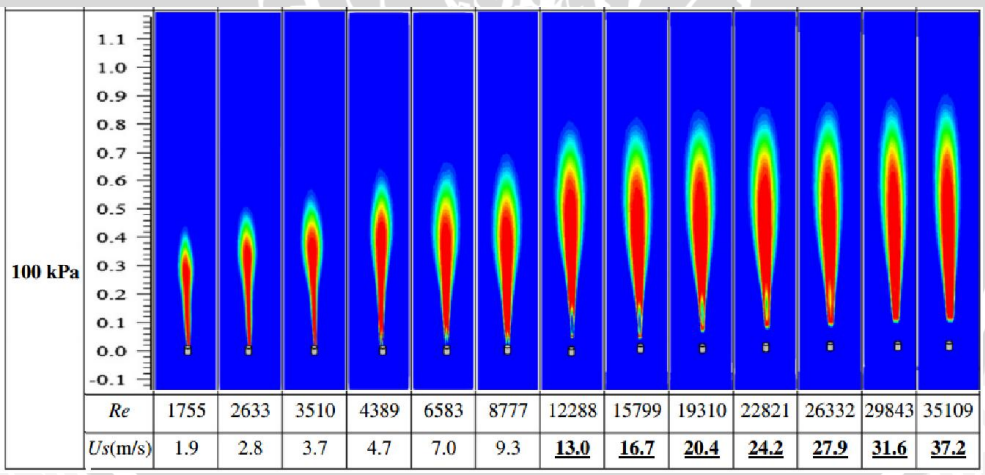
Gambar 2.4 Grafik hubungan *equivalence ratio* terhadap temperatur api pada reaksi pembakaran metana (CH_4)
Sumber : Wang, et al, (2014)

Dapat diamati pada Gambar 2.4 bahwa debit bahan bakar metana dan udara yang semakin besar menghasilkan temperatur api yang semakin tinggi pula. Sehingga dapat disimpulkan massa alir bahan bakar yang semakin tinggi pada suatu reaksi pembakaran menghasilkan temperatur api yang semakin tinggi pada *equivalence ratio* yang sama. Hal ini disebabkan karena semakin banyak reaktan yang terbakar dalam reaksi pembakaran menghasilkan pembentukan kalor yang lebih cepat sehingga menghasilkan temperatur api yang semakin besar. Selain itu reaksi pembakaran pada massa alir reaktan yang semakin tinggi mengakibatkan transfer panas dari zona reaksi yang lebih besar sehingga menghasilkan temperatur api yang semakin besar. Sedangkan hubungan temperatur api terhadap kecepatan pembakaran ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik hubungan temperatur api terhadap kecepatan pembakaran pada reaksi pembakaran propana (C_3H_8)
Sumber : Saeed, et al, (2007)

Saeed, et al, (2007) meneliti tentang hubungan kecepatan pembakaran laminer campuran propana - udara terhadap temperatur dan tekanan pada *spherical vessel*. Dari penelitian tersebut didapatkan hubungan temperatur api yang semakin tinggi menghasilkan kecepatan pembakaran yang semakin tinggi seperti tampak pada Gambar 2.5. Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi massa alir reaktan yang digunakan dalam reaksi pembakaran menghasilkan temperatur yang semakin tinggi, sehingga menghasilkan kecepatan pembakaran yang semakin tinggi. Sedangkan hubungan debit bahan bakar yang semakin tinggi terhadap tinggi api yang terbentuk pada suatu reaksi pembakaran dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Visualisasi tinggi nyala api terhadap variasi kecepatan reaktan yang berbeda
Sumber : Wang, et al, (2012)

Wang,et al, (2012) meneliti tentang tinggi api menggunakan *buoyant jet flame*. Dari Gambar 2.6 terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan reaktan pada suatu reaksi

pembakaran menghasilkan tinggi api yang lebih tinggi. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tinggi api dipengaruhi dan berbanding lurus terhadap jumlah aliran massa reaktan. Hal ini sesuai dengan hukum kekekalan massa pada suatu sistem dimana semakin banyak massa reaktan yang masuk dalam reaksi pembakaran menghasilkan produk berupa nyala api yang lebih besar pula. Reaksi pembakaran sederhananya dapat dirumuskan sebagai :

$$1 \text{ kg } \textit{fuel} + v \text{ kg } \textit{oxidizer} \longrightarrow (v + 1) \text{ kg } \textit{product}$$

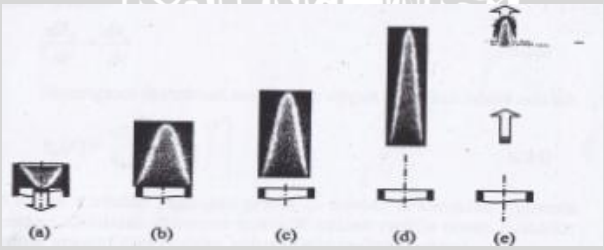
Dalam reaksi pembakaran sederhana diatas, semakin tinggi bahan bakar dan udara yang terbakar pada suatu reaksi pembakaran menghasilkan produk berupa luas daerah pembakaran yang semakin tinggi.

2.6 Kestabilan Nyala Api

Api dikatakan stabil apabila stasioner pada posisi tertentu, hal ini terjadi bila kecepatan gas reaktan sama dengan kecepatan perambatan api.

$$V_u \approx S_L \qquad (2 - 8)$$

Parameter yang menunjukkan ketidakstabilan api dalam proses pembakaran diantaranya *flash back, lift off* dan *blow off*. Jika kecepatan perambatan api lebih kecil daripada kecepatan gas reaktan maka api akan bergerak meninggalkan mulut nosel atau disebut *lift off* dan dapat pula menyebabkan terjadinya *blow off* yaitu keadaan saat api padam. Jika kecepatan perambatan api lebih besar daripada kecepatan gas reaktan maka api bergerak mendekati mulut nosel atau disebut *flash back.* Pada Gambar 2.4 menunjukkan peristiwa kestabilan dan ketidakstabilan nyala api.



Gambar 2.6 a. *flashback*, b. stabil, c. *lift off*, d. *lifted*, e. *blow off*
Sumber: Wardana (2008:169)

Flash back adalah api masuk dan merambat kedalam tabung pembakar tanpa *quenching* (pendinginan). Toleransi minimum untuk terjadinya *flash back* adalah ketika campuran reaktan dalam kondisi stoikiometri yang agak kaya, dimana terjadi kecepatan pembakaran laminer maksimum sedangkan kecepatan reaktan lebih kecil dibandingkan kecepatan api pembakarannya.

Ketika kecepatan aliran cukup tinggi dan tidak diimbangi dengan kecepatan pembakaran, api akan menjauh dari mulut nosel atau disebut *lift off*. Peristiwa ini akan membuat api tidak bertahan stabil, oleh karena itu kecepatan aliran reaktan harus cukup rendah dan sebanding dengan kecepatan api pembakaran sehingga api akan menyentuh atau menempel mulut nosel. Jika kecepatan aliran reaktan terus mengalami peningkatan dan api menjauh dari nosel hingga padam, peristiwa yang disebut dengan *blow off*.

Pada laju penguapan bahan bakar uap minyak jarak yang semakin tinggi mengakibatkan api yang semakin tidak stabil dan mengalami peristiwa *blow off* pada *equivalence ratio* yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh kecepatan reaktan yang semakin tinggi akan tetapi tidak diimbangi dengan kecepatan pembakaran sehingga api akan lebih mudah mengalami peristiwa *lift off* dan *blow off* pada laju penguapan uap bahan bakar minyak jarak yang semakin tinggi.

2.7 Hipotesa

Semakin tinggi laju penguapan uap minyak jarak yang diuapkan maka temperatur api akan semakin tinggi, kecepatan pembakaran semakin tinggi, dan tinggi api akan semakin tinggi.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA