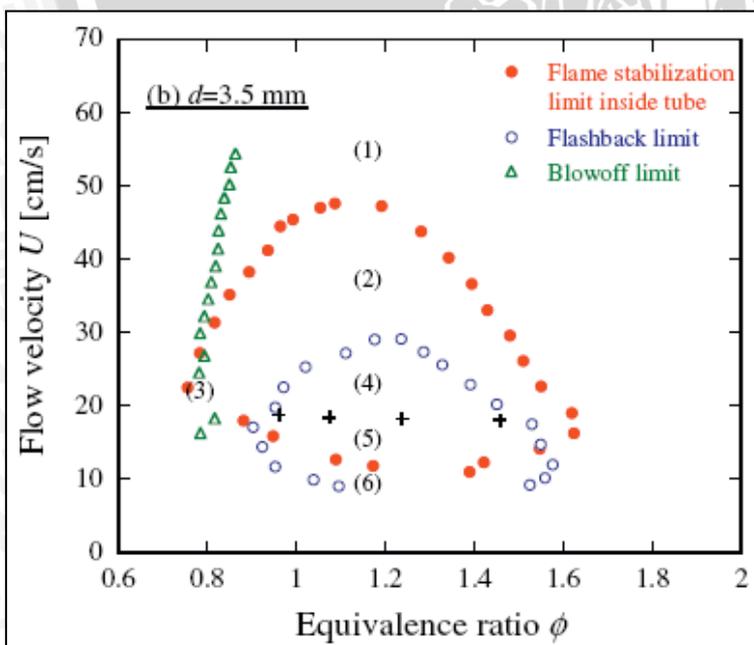


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

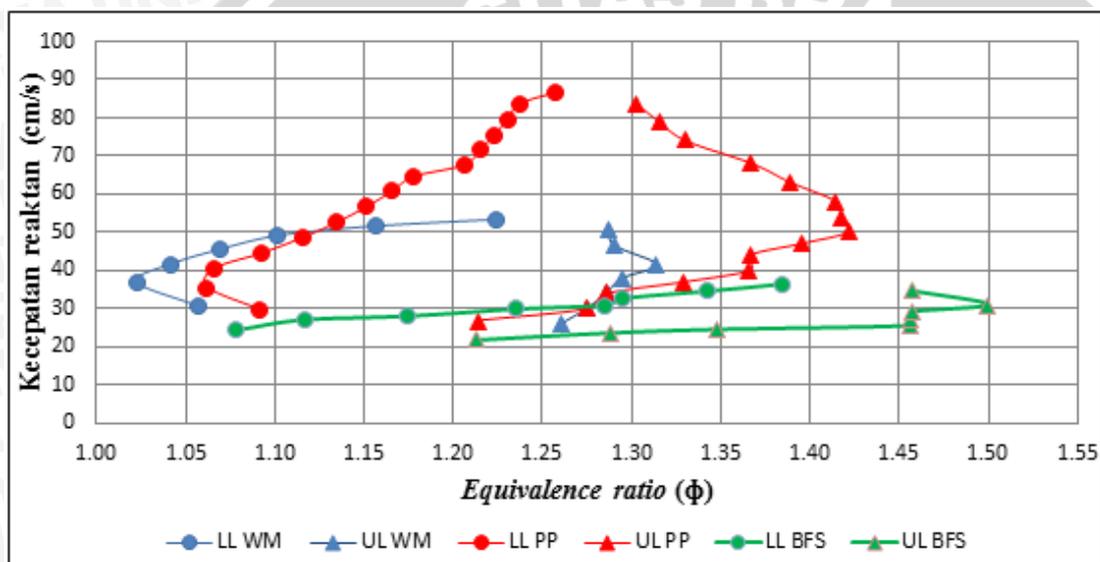
Mikami et al. (2013) melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan *wire mesh* pada *meso-scale combustor* terhadap kestabilan nyala api dan kecepatan pembakaran. Hasil penelitian tersebut mengatakan bahwa penggunaan *wire mesh* yang terbuat dari material *stainless steel* dapat menstabilkan pembakaran dalam *meso-scale combustor* yang terbuat dari material *quartz glass tube*. Hal tersebut dikarenakan material *stainless steel* memiliki nilai konduktivitas termal yang relatif tinggi dibandingkan material *quartz glass tube*. Penggunaan *wire mesh* yang berfungsi sebagai *flame holder* mengakibatkan terjadinya peningkatan perpindahan panas (*heat recirculation*) dari api (*flame*) ke reaktan atau adanya pemanasan awal pada reaktan. Dengan demikian, kecepatan pembakaran akan meningkat dan terdapat kestabilan pada proses pembakaran yang terjadi dalam *meso-scale combustor*. Proses pembakaran dilakukan tanpa penggunaan *wire mesh* menyebabkan nyala api hanya terjadi pada ujung *combustor*. Gambar 2.1 menampilkan batas *flash back* maupun batas *blow off* pada *meso-scale combustor* tanpa penggunaan *wire mesh* dan batas stabilitas nyala api dalam *meso-scale combustor* dengan penggunaan *wire mesh*.



Gambar 2.1 Diagram kestabilan api dalam *meso-scale combustor*

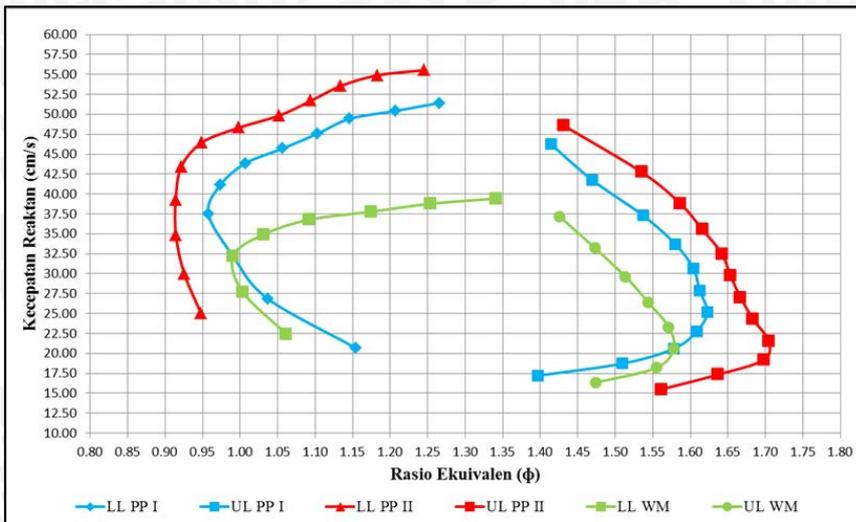
Sumber: Mikami et al. (2013)

Saputro (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh jenis *flame holder* terhadap karakteristik pembakaran dalam *meso-scale combustor* yang meliputi *flame stability limit*, temperatur nyala api, dan visualisasi nyala api. Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa jenis *flame holder perforated plate* memiliki *flame stability limit* yang paling luas, kecepatan reaktan paling tinggi dibandingkan dengan jenis *flame holder* lainnya seperti *wire mesh* dan *backward facing step*. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa daerah *flame stability limit* pada *combustor* dengan *flame holder perforated plate* paling tinggi dibandingkan dengan *flame holder* lainnya. Selain itu, kecepatan reaktan pada *flame holder* jenis *perforated plate* juga paling tinggi.



Gambar 2.2 *Flame stability limit* pada *meso-scale combustor* dengan variasi *flame holder*
Sumber: Saputro (2016)

Basranto (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh geometri *flame holder* terhadap karakteristik pembakaran *meso-scale combustor*. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa *flame holder* jenis *perforated plate* dengan geometri lubang berliku memiliki visualisasi api yang lebih baik, daerah kestabilan yang paling besar, temperatur nyala api yang paling tinggi, bila dibandingkan dengan *flame holder* jenis *wire mesh* dan *perforated plate* dengan lubang berbentuk lingkaran. Ini disebabkan karena permukaan kontak antara *perforated plate* dengan reaktan lebih besar, sehingga mengoptimalkan *preheating*. Gambar 2.3 menunjukkan grafik kecepatan reaktan terhadap rasio ekuivalen, di mana antara grafik di sisi kiri dan grafik di sisi kanan adalah daerah di mana pembakaran dapat terjadi secara stabil.

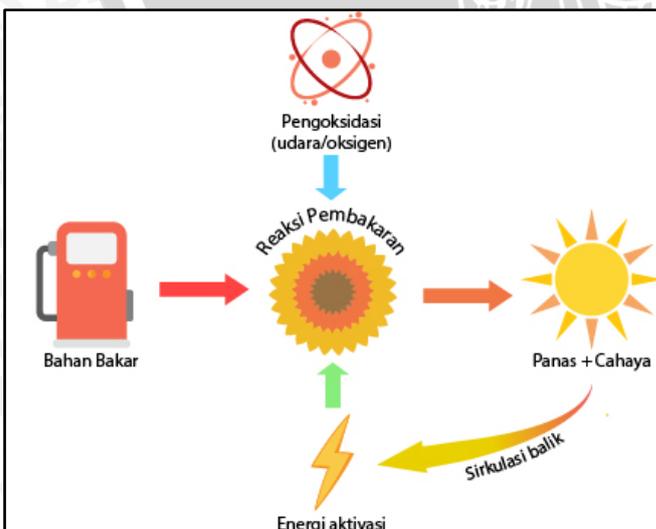


Gambar 2.3 Flame stability limit pada meso-scale combustor dengan variasi geometri flame holder

Sumber: Basranto (2016)

2.2 Pembakaran

Pembakaran merupakan proses suatu reaksi kimia antara bahan bakar dan oksidator (oksigen atau udara) yang membutuhkan energi aktivasi agar terjadi pembakaran sehingga menghasilkan panas dan cahaya. Menurut Wardana (2008) pembakaran adalah proses lepasnya ikatan-ikatan kimia lemah dari bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar menjadi atom-atom yang bermuatan dan menjadi aktif sehingga mampu bereaksi dengan oksigen kemudian membentuk ikatan molekul-molekul yang kuat dan mampu menghasilkan cahaya serta panas dalam jumlah yang besar. Proses tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.4.



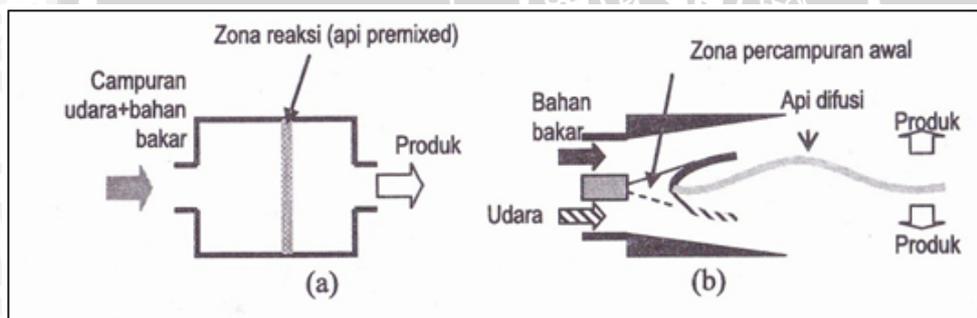
Gambar 2.4 Ilustrasi proses pembakaran

Sumber: Wardana (2008)

Syarat terjadinya pembakaran seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.4 ada tiga, yaitu bahan bakar, oksidator (udara atau oksigen) dan energi aktivasi. Energi aktivasi merupakan suatu energi yang digunakan untuk mengaktifkan molekul penyusun bahan bakar sehingga molekul tersebut mampu melepaskan elektron pada kulit terluarnya dan berikatan membentuk molekul baru dengan oksidator.

2.2.1 Klasifikasi Pembakaran

Klasifikasi pembakaran dibedakan berdasarkan bagaimana reaktan terbakar di zona reaksi. Klasifikasi ini dibagi menjadi dua jenis yaitu, pembakaran *premixed* dan *nonpremixed* atau pembakaran difusi. Pembakaran *premixed* adalah suatu jenis pembakaran dengan kondisi reaktan (udara dan bahan bakar) telah bercampur sebelum masuk ke dalam zona reaksi. Sebaliknya, jika kondisi reaktan tidak bercampur terlebih dahulu sebelum masuk zona reaksi maka pembakaran tersebut termasuk jenis pembakaran difusi. Penelitian ini menggunakan pembakaran *premixed*.



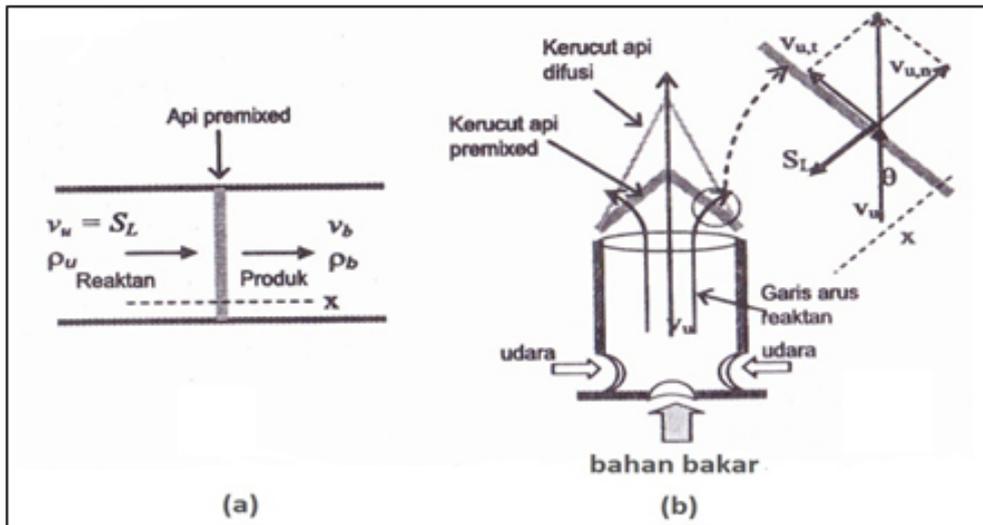
Gambar 2.5 Pembakaran (a) *premixed* (b) difusi
Sumber: Wardana (2008)

Ilustrasi perbedaan antara pembakaran *premixed* dan pembakaran difusi dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada Gambar 2.5 (a) udara dan bahan bakar telah bercampur terlebih dahulu sebelum masuk pada zona reaksi. Sedangkan pada Gambar 2.5 (b) udara dan bahan bakar masuk ke dalam zona reaksi melalui saluran yang berbeda dan bercampur pada zona pencampuran awal yang selanjutnya keluar dalam bentuk produk setelah terbakar di zona reaksi.

2.2.2 Pembakaran *Premixed*

Pada dasarnya api *premixed* terbagi menjadi dua jenis yaitu *premixed* laminar dan *premixed* turbulen. Pada penelitian ini akan lebih dibahas mengenai api *premixed* laminar

karena api *premixed* laminer yang diamati pada saat penelitian. Bentuk api *premixed* laminer yang paling khas adalah api bunsen dan api yang merambat di dalam tabung *combustor*. Kedua jenis api *premixed* laminer tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Pembakaran *premixed* pada (a) tube (b) *bunsen burner*
Sumber: Wardana (2008)

Api *premixed* laminer yang di dalam tabung *combustor* memiliki bentuk seperti lembar datar tipis serta merambat tegak lurus ke arah reaktan. Sedangkan pada api bunsen, api *premixed* memiliki bentuk seperti kerucut dengan dinding kerucut merupakan permukaan api (Wardana, 2008).

Pada Gambar 2.6 (a) dapat dilihat bahwa vektor kecepatan rambatan api *premixed* (S_L) di dalam tabung sejajar dengan vektor kecepatan reaktan (V_u) dan vektor kecepatan produk (V_b). Sedangkan untuk api *premixed* bunsen, garis arus reaktan membelok ke dekat api akibat terjadi perubahan densitas gas dan mengalir ke luar tegak lurus dengan permukaan api. Penurunan densitas gas yang terjadi bisa mencapai sepuluh kali lipat lebih rendah akibat kenaikan suhu yang cukup tinggi. Karena sifat fluida yang cenderung mengalir dari densitas tinggi ke rendah maka gas akan berbelok menuju api secara tegak lurus. Penguraian vektor pada api *premixed* bunsen dapat dilihat pada Gambar 2.6 (b).

Kelebihan pembakaran *premixed* bila dibandingkan pembakaran difusi terletak pada efisiensinya yang tinggi. Bahan bakar dan udara pada pembakaran *premixed* dapat diatur sampai pada titik stoikiometrinya karena reaktan (bahan bakar dan udara) telah bercampur terlebih dahulu sebelum masuk di zona reaksi. Stoikiometri merupakan suatu kondisi yang membuat reaktan bereaksi seluruhnya.

2.2.3 Reaksi Kimia pada Proses Pembakaran

Reaksi kimia adalah peristiwa perubahan kimia dari zat-zat yang bereaksi (reaktan) menjadi zat-zat hasil reaksi (produk). Pada reaksi kimia selalu dihasilkan zat-zat yang baru dengan sifat-sifat yang baru. Reaksi kimia pada proses pembakaran dapat berlangsung jika telah memenuhi dua hal yaitu kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi. Di dalam pembakaran juga dikenal dengan istilah “stoikiometri”, yaitu suatu kondisi pembakaran di mana atom pengoksidasi bereaksi secara kimia untuk menjadi berbagai produk (Wardana, 2008). Selain itu, pembakaran stoikiometri juga dapat disebut sebagai pembakaran sempurna. Kondisi tersebut dapat dicapai jika campuran bahan bakar dan udara berada pada jumlah yang tepat untuk bereaksi secara keseluruhan yang mana pada reaksi pembakaran hidrokarbon dapat dicapai apabila seluruh atom C dan H pada hidrokarbon dapat berikatan seluruhnya dengan O₂ membentuk CO₂ dan H₂O.

Pembakaran stoikiometri tidak mudah untuk didapatkan, karena udara sebagai reaktan tidak hanya berupa oksigen saja akan tetapi masih terdapat berbagai macam gas lainnya seperti nitrogen, argon, karbondioksida ataupun jenis gas lainnya. Volume gas-gas yang relatif kecil diabaikan sehingga dalam menyusun reaksi kimia diasumsikan udara hanya mengandung gas nitrogen sebesar 79% dan oksigen 21%. Tabel 2.1 memuat persentase volume dan massa gas pada udara kering.

Tabel 2.1
Persentase volume dan massa gas pada udara kering

Gas	Volume (%)	Massa (%)
Nitrogen (N ₂)	78,088	75,527
Oksigen (O ₂)	20,949	23,143
Argon (Ar)	0,93	1,282
Karbon dioksida (CO ₂)	0,03	0,045

Sumber: Malaric (2010)

Berdasarkan Tabel 2.1 dapat dikatakan bahwa setiap penggunaan 1 mol Oksigen (O₂) yang terkandung di udara pada reaksi pembakaran akan menggunakan 3,76 mol Nitrogen (N₂). Nilai 3,76 tersebut diperoleh dari perbandingan besar presentase volume Nitrogen dan Oksigen. Selanjutnya diperoleh persamaan reaksi pembakaran stoikiometrik hidrokarbon dengan udara sebagai berikut.



Pada umumnya suatu reaksi pembakaran tidak dapat berlangsung secara stoikiometrik, kemudian pembakaran yang tidak stoikiometrik akan menghasilkan zat-zat gas buang lainnya seperti NO_x (nitrogen oksida) atau CO (karbon monoksida). Gas buang NO_x dapat berupa gas NO (nitrogen monoksida) maupun NO_2 (nitrogen dioksida) yang terbentuk akibat adanya oksigen yang berlebih pada proses pembakaran. Oksigen yang seharusnya berikatan dengan atom C (karbon) menjadi berikatan dengan atom N (nitrogen) sehingga terbentuk NO_x . Sebaliknya jika pada suatu proses pembakaran terjadi kekurangan oksigen maka setiap atom C hanya berikatan dengan satu atom oksigen dan terbentuk menjadi gas buang CO (karbon monoksida).

Dengan demikian persamaan reaksi pembakaran stoikiometrik dengan bahan bakar 100% butana, dapat dituliskan sebagai berikut:



2.2.4 AFR (*Air Fuel Ratio*)

Perbandingan campuran pengoksidator (oksigen atau udara) dan bahan bakar memegang peran penting dalam menentukan hasil dari suatu proses pembakaran. Hal tersebut juga mempengaruhi karakteristik dari api yang dihasilkan. Perbandingan jumlah udara dengan jumlah bahan bakar disebut dengan AFR (*Air Fuel Ratio*). AFR juga dapat dikatakan sebagai rasio perbandingan antara massa atau mol antara udara dan bahan bakar yang terjadi pada suatu reaksi pembakaran. Mol adalah satuan banyaknya partikel atau merupakan penyerderhanaan dari jumlah partikel. Massa atom relatif (A_r) adalah angka-angka yang menunjukkan perbandingan massa antara satu atom dengan atom lainnya. Adapun rumus AFR sebagai berikut:

$$\text{AFR} = \frac{M_{\text{udara}}}{M_{\text{bahan bakar}}} = \frac{N_{\text{udara}}}{N_{\text{bahan bakar}}} \quad (2-1)$$

Keterangan :

AFR : Perbandingan massa udara dan massa bahan bakar dalam kondisi stoikiometrik

M_{udara} : Massa udara (kg)

- $M_{\text{bahan bakar}}$: Massa bahan bakar (kg)
 N_{udara} : Jumlah mol udara (mol udara)
 $N_{\text{bahan bakar}}$: Jumlah mol bahan bakar (mol bahan bakar)

Tabel 2.2 merupakan tabel massa atom relatif dari beberapa unsur yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2.2
Massa atom relatif (Ar)

Nama Unsur	Lambang Unsur	Massa Atom Relatif (Ar)
Hidrogen	H	1
Karbon	C	12
Oksigen	O	16
Nitrogen	N	14

Sumber : Wardana (2008)

Berdasarkan persamaan reaksi pembakaran dengan bahan bakar butana (C_4H_{10}) dapat diperoleh nilai AFR (perbandingan udara dan bahan bakar) menurut jumlah mol yang dihitung menggunakan rumus pada persamaan (2-1) yaitu:

$$\begin{aligned}
 AFR &= \frac{N_{\text{udara}}}{N_{\text{bahan bakar}}} \\
 AFR &= \frac{6,5 \times (1 + 3,76)}{1} \\
 &= 30,94 \frac{\text{mol}_{\text{udara}}}{\text{mol}_{\text{bahan bakar}}}
 \end{aligned}$$

Kemudian perhitungan nilai AFR berdasarkan massa adalah:

$$\begin{aligned}
 AFR &= \frac{M_{\text{udara}}}{M_{\text{bahan bakar}}} \\
 AFR &= \frac{(6,5 \cdot (2 \times 16)) + (6,5 \cdot (3,76 \times 14 \times 2))}{(1 \cdot ((12 \times 4) + 10))} \\
 &= \frac{892,32}{58} \\
 &= 15,385 \frac{\text{kg}_{\text{udara}}}{\text{kg}_{\text{bahan bakar}}}
 \end{aligned}$$

2.2.5 Rasio Ekuivalen (ϕ)

Rasio ekuivalen didefinisikan sebagai perbandingan antara rasio udara dan bahan bakar stoikiometri (AFR_{stoic}) dengan rasio udara dan bahan bakar aktual (AFR_{actual}). Rasio ekuivalen ini digunakan untuk menentukan nilai atau besar campuran dari bahan bakar dan udara apakah kaya bahan bakar, miskin atau stoikiometri. Adapun persamaan rasio ekuivalen dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{AFR_{stoic}}{AFR_{actual}} \quad (2-3)$$

Keterangan:

- ϕ : Rasio ekuivalen
- AFR_{stoic} : Rasio udara dan bahan bakar dalam kondisi stoikiometri
- AFR_{actual} : Rasio udara dan bahan bakar dalam kondisi aktual

Apabila nilai rasio ekuivalen kurang dari 1 ($\phi < 1$) menunjukkan bahwa campuran miskin bahan bakar, kemudian jika nilai rasio ekuivalen lebih dari 1 ($\phi > 1$) menunjukkan bahwa campuran kaya bahan bakar, dan jika nilai rasio ekuivalen tersebut adalah 1 ($\phi = 1$) menunjukkan bahwa campuran stoikiometri.

2.3 Batas Stabilitas Nyala Api (*Flame Stability Limit*)

Nyala api pada proses pembakaran dapat terjadi jika terdapat campuran antara bahan bakar dan oksidator yang tepat. Campuran antara bahan bakar dan oksidator dikatakan tepat jika campuran tersebut dapat dinyalakan dan menghasilkan pembakaran yang stabil. Batas stabilitas nyala api atau dapat dikatakan kestabilan nyala api diartikan sebagai suatu batasan atau kisaran komposisi campuran bahan bakar dan oksidator di mana pada campuran tersebut nyala api dapat terjadi dengan stabil. Batasan atau kisaran tersebut dibatasi oleh batas mampu nyala atas (*upper limit*) dan batas mampu nyala bawah (*lower limit*).

Batas mampu nyala atas (*upper limit*) merupakan suatu kondisi di mana batas tertinggi rasio ekuivalen yang masih memungkinkan terjadinya suatu pembakaran dan nyala api yang stabil dengan kandungan kaya bahan bakar (*rich mixture*, $\phi > 1$). Sedangkan batas mampu nyala bawah (*lower limit*) merupakan kondisi di mana batas terendah rasio ekuivalen yang masih memungkinkan terjadinya suatu pembakaran dan nyala api yang

stabil dengan campuran miskin bahan bakar (*lean mixture*, $\phi < 1$). Di antara dua batas *upper* dan *lower* ini merupakan kondisi rentang dimana proses pembakaran dapat terjadi.

Pada perencanaan proses pembakaran diperlukan pencegahan terjadinya fenomena *flashback* dan *blow off*. Batas kestabilan nyala api memiliki keterkaitan yang erat dengan fenomena *flashback*, api stabil, *lift off* dan *blow off*. Fenomena *flashback* merupakan suatu fenomena ketika kecepatan pembakaran lebih besar dari kecepatan campuran udara dan bahan bakar sehingga nyala api masuk ke saluran campuran reaktan menuju sumber bahan bakar, sementara itu nyala api yang stabil dipengaruhi oleh besar nilai yang sama antara kecepatan reaktan dengan kecepatan rambat api. Selanjutnya fenomena *lift off* merupakan sebuah fenomena di mana nyala api tidak menyentuh permukaan ujung *combustor* namun stabil pada jarak tertentu dari *combustor*. Peristiwa ini disebabkan karena kecepatan reaktan yang lebih besar daripada kecepatan pembakaran. Pada kecepatan reaktan rendah maka posisi api akan mendekati ujung *combustor* dan menyentuh ujung *combustor*. Akan tetapi jika kecepatan reaktan terus ditingkatkan maka posisi hulu api tidak lagi menempel melainkan menjauh dari ujung *combustor* dan akhirnya dapat mencapai titik *blow off*, di mana kecepatan reaktan terlalu tinggi sehingga tidak terjadi reaksi pembakaran. Untuk mendapatkan *combustor* dengan densitas energi yang tinggi harus bisa mendapatkan kecepatan pembakaran yang lebih tinggi pula, sehingga api tetap stabil pada kecepatan reaktan tinggi dan memperluas daerah reaksi dalam *combustor*.

2.4 Bahan Bakar

Pada setiap proses pembakaran, baik pembakaran *premixed* maupun pembakaran difusi, bahan bakar digunakan sebagai sumber energi. Bahan bakar apabila ditinjau dari bentuk wujudnya terdiri dari tiga jenis yaitu gas, cair dan padat. Bahan bakar jika ditinjau dari cara atau proses pembentukannya terbagi menjadi dua, yaitu bahan bakar alami dan bahan bakar buatan. Bahan bakar alami yaitu bahan bakar yang telah tersedia di alam dan tanpa adanya campur tangan manusia dalam meningkatkan nilai kalor dari bahan bakar tersebut. Sedangkan bahan bakar buatan merupakan bahan bakar yang telah melalui berbagai macam proses kimia maupun proses fisika untuk menambah nilai kalornya.

Contoh bahan bakar padat alami adalah kayu, batu bara, dan dedaunan. Sedangkan bahan bakar padat buatan misalnya kokas, batubara, dan arang. Bahan bakar cair pada umumnya merupakan bahan bakar buatan seperti minyak bumi berupa pertamax, pertalite, dan solar. Salah satu contoh bahan bakar gas secara alami adalah metana (CH_4) sedangkan bahan bakar gas buatan seperti butana (C_4H_{10}).

2.4.1 Butana (C₄H₁₀)

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah gas butana. Awalan “but” merujuk pada empat atom karbon yang terdapat pada butana dan akhiran “ana” berasal dari alkana, yaitu ikatan tunggal yang menghubungkan atom-atom karbon tersebut. Butana memiliki densitas energi yang lebih besar daripada metana dan propana. Selain itu, butana juga lebih mudah disimpan ke dalam sebuah tabung silinder, karena tekanan yang diperlukan untuk mencairkan butana pada temperatur ruangan (25 °C) tidak sebesar metana dan propana. Tabel 2.3 menunjukkan beberapa karakteristik dari ketiga gas tersebut.

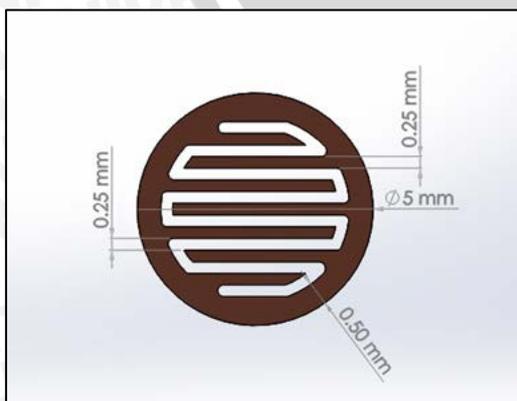
Tabel 2.3
Karakteristik metana, propana, dan butana

Hidrokarbon	Rumus Molekul	Densitas Energi (MJ/l)	Titik Leleh (°C, 1 atm)	Titik Didih (°C, 1 atm)
Metana	CH ₄	0,0378	-183	-162
Propana	C ₃ H ₈	25,3	-188	-42
Butana	C ₄ H ₁₀	27,7	-134	-0,5

Sumber: Demirel (2012), Giles et al. (2013)

2.5 Flame Holder dalam Meso-Scale Combustor

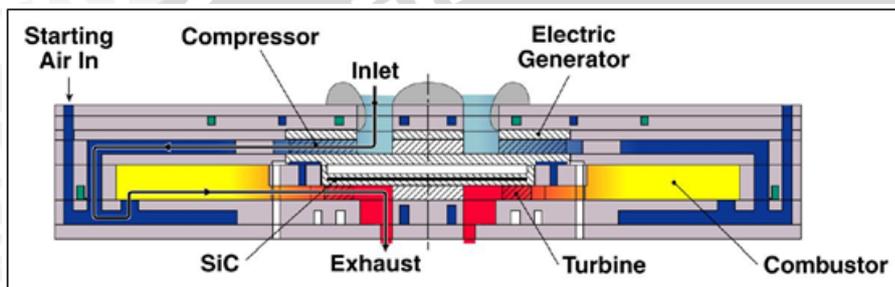
Pada proses pembakaran yang terjadi dalam *meso-scale combustor*, peranan penggunaan *flame holder* dapat mempengaruhi kestabilan nyala api dan kecepatan pembakaran. Dalam penelitian ini, jenis *flame holder* yang digunakan adalah jenis *perforated plate* dengan karakteristik pembakaran yang paling baik pada penelitian Basranto (2016), berjumlah dua buah, memiliki ketebalan 1 mm, dan terbuat dari material tembaga dengan nilai konduktivitas termal lebih tinggi daripada *stainless steel*. Desain *perforated plate* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Perforated Plate

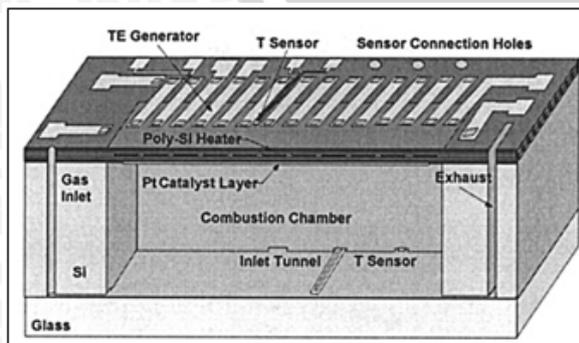
2.6 Micropower Generator dan Micro/Meso-Scale Combustor

Micropower generator yaitu sumber energi listrik yang memanfaatkan prinsip pembakaran dalam pembangkitan energinya dengan skala mikro. Pada umumnya *micropower generator* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *micropower generator* yang menggunakan siklus daya konvensional dan *micropower generator* yang menggunakan modul pengkonversi energi termal menjadi energi listrik (*thermophotovoltaic* atau *thermoelectric*). Perbedaan keduanya terletak pada prinsip kerja pembangkitan energi listrik. Prinsip kerja *micropower generator* yang menggunakan siklus daya konvensional pada Gambar 2.8 hampir sama dengan prinsip kerja turbin gas, yaitu dengan memanfaatkan pembakaran untuk memutar turbin berskala mikro.



Gambar 2.8 *Micropower generator* dengan siklus daya konvensional
Sumber: Fernandez-Pello (2002)

Sedangkan prinsip kerja pada *micropower generator* dengan menggunakan *thermophotovoltaic* (TPV) hampir sama dengan prinsip kerja *thermoelectric* secara umumnya, seperti pada Gambar 2.9. Sumber energi termal pada *micropower generator* yang menggunakan *thermophotovoltaic* (TPV) bekerja dengan mengubah energi panas dari proses pembakaran menjadi energi foton cahaya melalui *emitter* dan kemudian energi foton tersebut dikonversi menjadi energi listrik menggunakan sel *photovoltaic* (PV).



Gambar 2.9 *Micropower generator* dengan prinsip *thermoelectric*
Sumber: Fernandez-Pello (2002)

Micropower generator dengan menggunakan *thermophotovoltaic* (TPV) dan *micropower generator* yang menggunakan siklus daya konvensional memiliki kesamaan yaitu pada sumber energi termalnya. Sumber energi thermal pada *micropower generator* berasal dari proses pembakaran berskala mikro atau biasa disebut dengan istilah *microcombustion* pada *micro* atau *meso-scale combustor*. *Microcombustion* merupakan proses pembakaran pada suatu *combustor* (ruang bakar) yang memiliki karakteristik dimensi relatif mendekati *quenching distance* atau lebar minimal suatu ruang bakar agar dapat terjadi pembakaran di dalamnya. Suatu *combustor* yang dimensinya mendekati *quenching distance* disebut *microcombustor* (Maruta, 2011). *Microcombustor* terbagi menjadi berbagai macam jenis dan ukuran yang ada. Namun secara garis besar *microcombustor* diklasifikasikan secara sederhana menjadi dua golongan yaitu *micro-scale combustor* dan *meso-scale combustor*. Pengklasifikasian tersebut berdasarkan lebar minimal pada ruang bakar. Untuk *micro-scale combustor* lebar pada ruang bakar memiliki ukuran kurang dari 1 mm. Sedangkan untuk *meso-scale combustor* memiliki ukuran lebih dari 1 mm, namun karakteristik pembakaran masih menyerupai *microcombustion* (Maruta, 2011).

Dalam penelitian ini *combustor* yang digunakan adalah *meso-scale combustor*. Pada *meso-scale combustor* pembakaran yang stabil tidak mudah untuk dicapai karena perbandingan luas permukaan dan volume sangatlah besar (*surface to volume ratio*, S/V), sehingga *heat loss* yang terjadi juga semakin tinggi. Hal ini dapat menyebabkan api padam karena panas yang terjadi dari pembakaran sebelumnya tidak cukup untuk menjadi energi aktivasi bagi pembakaran selanjutnya.

2.7 Hipotesis

Penggunaan dua *perforated plate* sebagai *flame holder* dapat meningkatkan kestabilan api, meningkatkan kecepatan pembakaran, dan mengurangi kalor yang dilepas (*heat loss*) ke lingkungan apabila dibandingkan dengan satu *perforated plate* saja. Semakin dekat jarak antar-*perforated plate*, maka *perforated plate* kedua lebih banyak menyerap kalor dan menghantarkannya ke dinding *combustor* dengan konduksi secara seragam. Hal ini akan membuat temperatur dinding *combustor* meningkat dan temperatur gas buang berkurang.

