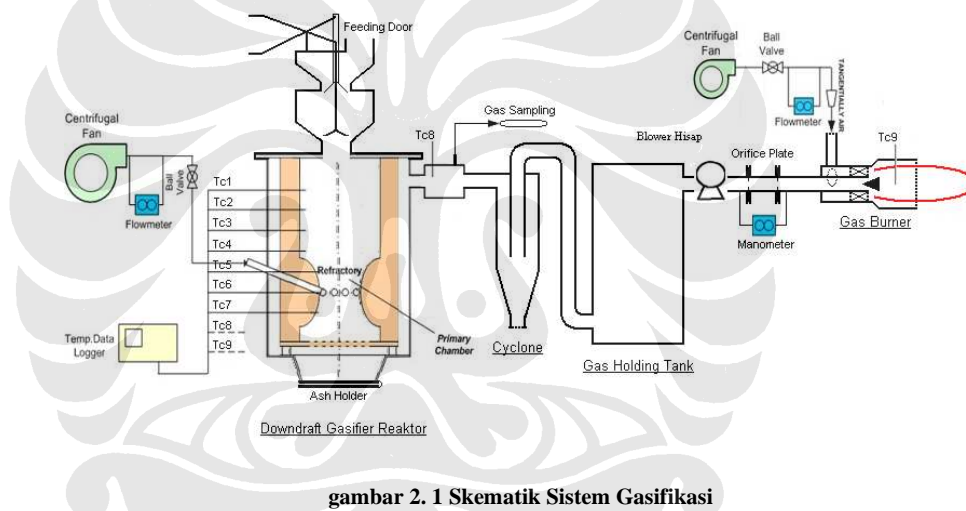


BAB 2 DASAR TEORI

2.1 GAS BURNER

Gas burner merupakan bagian dari proses panjang gasifikasi yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar (syngas) dengan oksidator (injeksi udara tangensial) yang dikombinasikan untuk membentuk nyala api pembakaran. Nyala api hasil pembakaran akan menempati ruang bakar (combustion chamber), dimana dibatasi oleh permukaan tahan api dengan limit temperature dan ketebalan tertentu. Gas burner biasanya terletak dibagian akhir dari proses gasifikasi.



gambar 2. 1 Skematik Sistem Gasifikasi

Gas burner pada instalasi gasifikasi memiliki beberapa peran yang sangat berpengaruh terhadap optimasi pengdayagunaan gas yang telah dihasilkan melalui proses gasifikasi. Adapun fungsi burner secara keseluruhan adalah

1. Untuk mencampur gas hasil gasifikasi dengan udara dengan seimbang nya jumlah gas dan udara pada pembakaran sehingga pembakaran yang dihasilkan dapat optimal
2. Untuk dapat memposisikan nyala api pada daerah yang dikehendaki sehingga dapat memindahkan panas hasil pembakaran.

3. Untuk memulai dan menjaga pengapian pada sistem gasifier yaitu gas yang dihasilkan

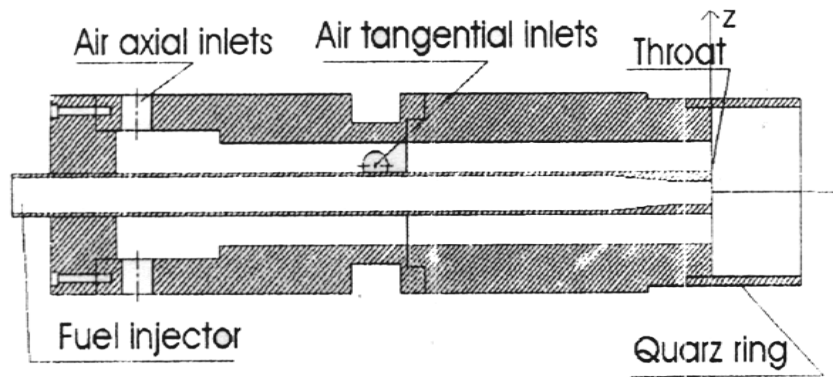
Pada umumnya tujuan dari diadakannya gas burner adalah untuk memanfaatkan gas hasil gasifikasi agar dapat mendapatkan nyala api pembakaran yang baik yang akan dimanfaatkan untuk keperluan khusus.

Giulio Solero (berdasar penelitian oleh Chen. RH dan Claypole TC and Syred N) menyatakan bahwa aliran pusaran tanpa pencampuran awal (non-premixed) secara luas digunakan di industri-industri yang mempergunakan sistem pembakaran, khususnya turbin-turbin gas, boiler-boiler dan tungku-tungku pembakaran/perapian sebab alasan keamanan dan kestabilan. Pusaran meningkatkan pencampuran bahan bakar dan udara, memperbaiki kestabilan nyala (flame stabilisation) dan mempunyai pengaruh kuat pada karakteristik lidah/nyala api (flame characteristics) dan emisi bahan pengotor (pollution-emission).

Selanjutnya Giulio Solero (berdasar penelitian oleh Gupta AK, Gouldin FC) menyatakan meskipun aliran pusaran lebih tinggi penggunaannya dalam aplikasi pembakaran, sebuah pemahaman secara seksama/teliti adalah jauh untuk dijangkau, terutama dibawah tinjauan simulasi secara numerik (numerical simulation), terutama memperlihatkan secara tiga dimensi tinggi perubahan-perubahan temperatur untuk bagian arus turbulen dan setting yang mungkin pada fenomena kestabilan dalam tipe aliran.

Sebuah kondisi/ciri utama pada intensitas pusaran tinggi (*swirl number, S*) 0,6) adalah pembangkitan untuk mensirkulasikan ulang gelembung daerah sekitar lubang keluar pancaran bahan bakar (*fuel-jet*). Resirkulasi ulang memperlihatkan kemampuan untuk efisiensi pencampuran antara reactan dalam daerah dekat lubang keluar bahan bakar (*fuel outlet*), oleh karena itu merupakan peranan utama sebuah homogenisator mempercepat untuk campuran mampu bakar (*combustible mixture*) dan memperpendek ruang pembakaran (*combustion chamber*).

Giulio Solero dalam penelitiannya menggunakan swirl burner tanpa pencampuran awal (non-premixed) dalam skala lab. Seperti gambar dibawah ini.



gambar 2. 2 skematik non-premixed burner skala lab

Pusaran udara diberikan melalui lubang masuk axial dan tangensial, kekuatan pusaran diatur/dikontrol oleh variasi perbandingan jumlah aliran udara axial dan tangensial. Bahan bakar (metane) diinjeksikan melalui sebuah lubang nosel (*single hole-nozzle*) dengan diameter $d_j = 8$ mm pada leher burner (*burner throat*). Dengan aliran rata-rata metane $0,00123 \text{ m}^3/\text{h}$, aliran rata-rata udara $0,024 \text{ m}^3/\text{h}$ serta angka pusaran (*swirl number*) $S=0,75$ dihasilkan nyala pada daerah pencampuran primer yaitu sebelah dalam dekat Quartz ring tampak lebih bersih dan semakin keluar adalah daerah biru (*blue region*) dengan inti bercahaya merata.

Adi Suryosatyo dan Farid Ani, 2002 telah melakukan pengembangan sistem pembakaran biomassa bertingkat dua yang diintegrasikan dengan alat pembakar berpusar (*swirl burner*) untuk mengurangi emisi gas . Pada penelitian ini digunakan limbah batok kelapa sawit (*oil palm shell*) sebagai bahan bakar. Sistem ini terdiri dari : tingkat pertama adalah updraft gasifier dimana limbah batok kelapa sawit digasifikasi kemudian gas hasil gasifikasi melalui pencampuran awal terlebih dahulu dialirkan ke tingkat kedua yang terdiri dari *cyclone chamber* kemudian dibakar dalam ruang bakar kedua (*secondary chamber*). Dari hasil penelitian tersebut sistem pembakaran bertingkat sangat signifikan dalam mengurangi emisi CO dan NO_x . Hasil penelitian pembakaran tanpa dan dengan cyclone combustor menunjukkan hasil pengurangan untuk CO dan NO_x adalah 2784,6 ppm menjadi 223,33 ppm dan 150 ppm menjadi 136,66 ppm.

Konstruksi desain gas *swirl burner* ini merupakan kombinasi konfigurasi pada *cyclone combustor* dan *swirl burner*. Konstruksi desain kombinasi tersebut meliputi :

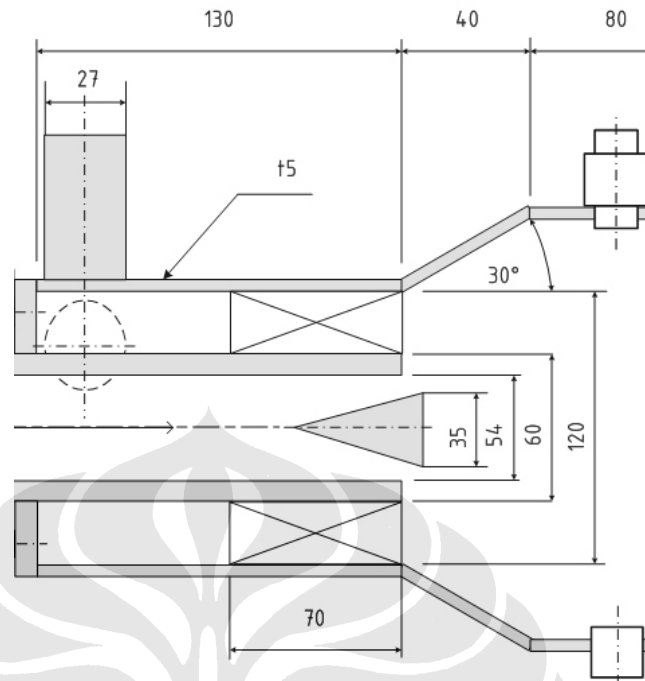
1. Injeksi udara ke dalam *cyclone chamber* pada lubang inlet tangensial.
2. *Quarl* dirancang berbentuk *diffuser*. *Throat* merupakan penghubung burner dengan *combustion chamber*.
3. Pipa bahan bakar (*fuel rod*) sepanjang sumbu axis *cyclone chamber*.
4. Pada ujung *fuel rod* terpasang *flame holder/stabiliser* berbentuk kerucut (*conical*)
5. *Swirler vane* dengan *hub* (selubung) yang terpasang pada ujung akhir *fuel rod*, dengan sudut vane sebesar 30° .

Sistem suplai udara pembakaran merupakan sistem *forced draft* karena menggunakan sebuah fan/kompressor untuk mensuplai udara. Sistem ini terdiri dari sebuah *centrifugal fan*, valve utama, dan saluran *bypass* yang terhubung dengan pipa alir.

Cyclone chamber dirancang berbentuk radial untuk mengubah aliran tangensial dari blower menjadi suatu aliran pusaran spiral atau *swirl vortex*. Setelah aliran tangensial diinjeksikan ke dalam *cyclonic chamber*, suatu gaya sentrifugal akan mengubah *path* aliran dan berkontribusi membentuk aliran pusaran rotasi spiral sepanjang *cyclonic chamber*.

Fitur karakteristik pada desain *cyclonic chamber* antara lain :

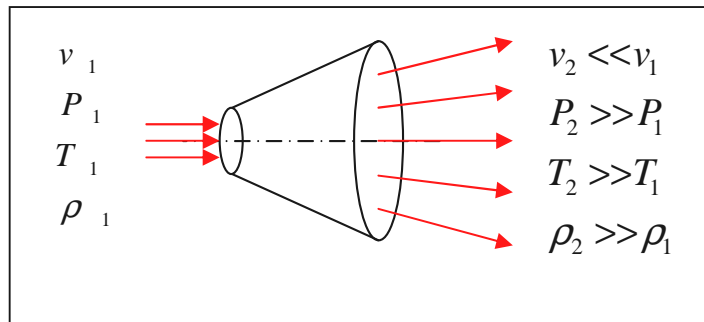
1. Waktu tinggal (*residence time*) yang panjang dari campuran udara-gas
2. Pada daerah exhaust terbentuk zona resirkulasi yang besar, dan intensitas turbulensi yang tinggi.
3. Terjadi peningkatan kecepatan udara (akselerasi) ketika memasuki *cyclonic chamber* akibat adanya perbedaan tekanan ketika udara melewati *reducer* sebagai penghubung sistem suplai udara dengan inlet. Kondisi ini berpengaruh untuk menciptakan sebuah daerah aliran vortex yang kuat dimana akan membangkitkan pusaran (*swirl*) kuat.



gambar 2. 3 Penampang outlet udara dan producer gas pada cyclone chamber

Berdasarkan dimensi standar pipa steel ASME/ANSI B36.10/19, digunakan pipa STD 5" untuk selubung *cyclonic chamber* dengan diameter dalam 120 mm. Dimensi *fuel rod* dengan dimensi standar pipa STD 2" dengan diameter dalam 54 mm. Dimensi saluran udara tangensial berupa pipa berukuran standar STD 1" diameter dalam 27 mm. Dimensi *burner throat* mengacu pada standar pipa STD 6" diameter dalam 160mm.

Proses pencampuran udara dan bahan bakar terjadi di daerah *quarl* dan *throat (non-premixed)*. Konstruksi *quarl* berbentuk *diffuser* dimana terjadi pembesaran luas penampang aliran. Aliran campuran udara-bahan bakar akan terekspansi (*divergen*) sehingga terjadi perubahan kondisi aliran, yaitu: kenaikan tekanan, kenaikan temperatur, dan kenaikan densitas. Akan tetapi terjadi penurunan kecepatan aliran.



gambar 2. 4 kecepatan dan tekanan ketika melewati difuser

2.2 KOMPOSISI SYNGAS DAN INJEKSI UDARA TANGENSIAL

Komposisi syngas atau gas produser yang merupakan gas hasil penggasifikasian terdiri dari CO, H₂, O₂, CO₂, CH₄, dan N₂, yang nilainya bervariasi tergantung dari batubara yang digunakan dan proses gasfikasi yang dijalankan. Namun secara umum persentase komposisi syngas ini dapat dilihat dari tabel dibawah ini. Dan untuk keperluan simulasi komposisi syngas ini dapat dibuat tetap.

tabel 2. 1 komposisi syngas

Koposisi	Minimal	Maksimal
CO	26,1	35,2
H ₂	8,8	15,1
O ₂	-	0,6
CO ₂	3,9	5,9
CH ₄	2,1	3,7
N ₂	37,6	46,1

Sedangkan komposisi untuk injeksi udara tangensial yang merupakan udara luar adalah 0.2% O₂ dan 0,8% N₂.

2.3 KUALITAS PERCAMPURAN

Objektif dari pembakaran yang baik ditandai dengan "3-T of good Combustion", yaitu time, temperatur dan turbulensi

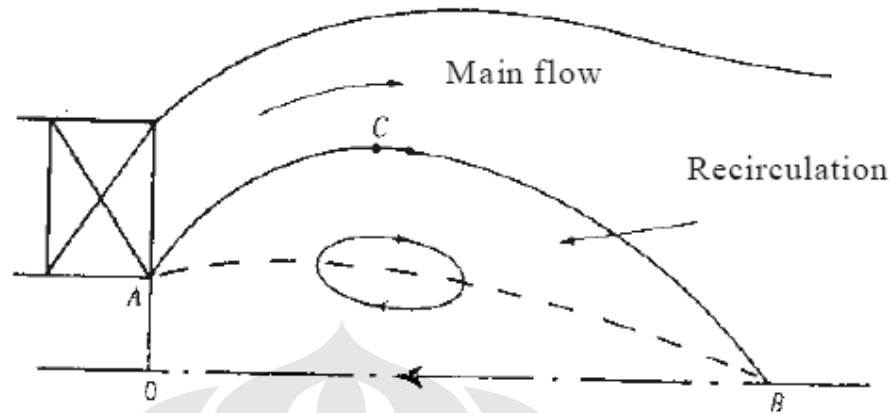
1. Waktu persentuhan (*contact time*) yang cukup bagi reaktan untuk saling menyatu dalam kesempurnaan pencampuran udara-bahan bakar
2. Kombinasi dari elemen mampu bakar dan campuran bahan bakar dengan keseluruhan udara pembakaran membutuhkan temperatur yang cukup untuk dapat dilakukan mengignisiasi/mematik unsur pokok reaktan agar dapat timbul nyala api
3. Turbulensi untuk menimbulkan kontak yang sempurna antara udara dengan bahan bakar guna menyempurnakan pencampuran udara-bahan bakar sehingga dapat tercapai pembakaran yang lebih baik.

2.3.1 SWIRL NUMBER

Aliran *swirl* digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi. Aliran *swirl* diaplikasikan pada burner turbin gas, *cyclone combustor*, *swirl atomizer*, *cyclone separator*, mesin spray pertanian, *heat exchanger*, dan lain-lain. Pada sistem pembakaran, pengaruh kuat pengaplikasian *swirl* pada penginjektian udara dan bahan bakar, digunakan sebagai bantuan untuk stabilisasi dalam proses pembakaran intensitas tinggi dan pembakaran ramah lingkungan pada mesin bensin, mesin diesel turbin gas, tungku pembakaran industri dan berbagai peralatan pemansan yang praktis

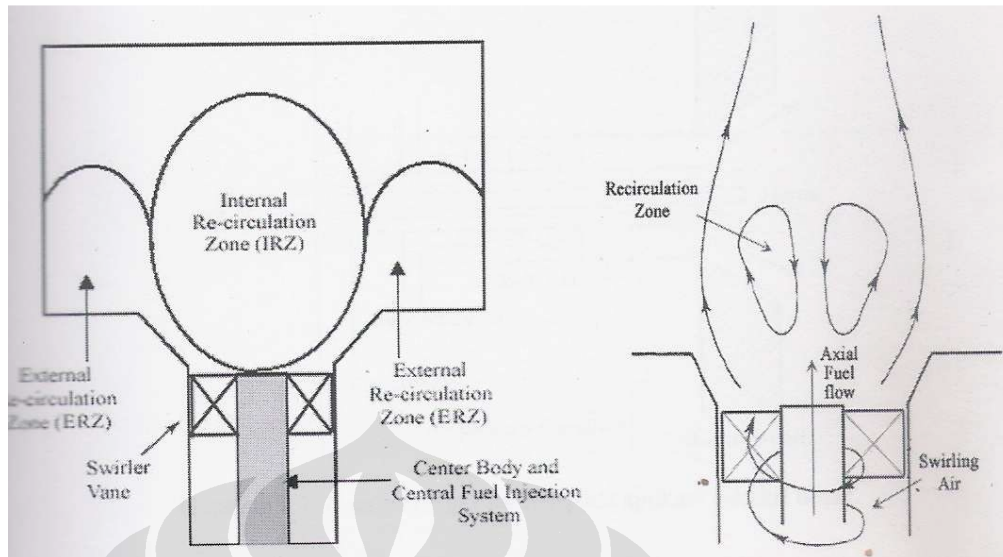
Swirl burner dan *cyclone combustor* pada turbin gas dan tungku pembakaran industri memanfaatkan pusaran kuat untuk meningkatkan kecepatan tumbukan (*momentum*) antara aliran axial dengan tangensial sehingga mempercepat waktu pencampuran bahan-bakar dan udara dan memperpanjang waktu tinggal (*residence time*)

M N M Jaafar mengemukakan bahwa *swirl* ditimbulkan dari pengaplikasian sebuah pergerakan spiral pada sebuah aliran. Pergerakan spiral ini diperoleh dengan menambahkan aliran tangensial kepada aliran axial. Aplikasi *swirl* tersebut membangkitkan zona resirkulasi internal



gambar 2.5 Zona resirkulasi pada pusaran
 (sumber Jaafar, M N M. The Influence of Variable Vane Angle Air Swirler on Reducing Emissions From Combustion Process)

Fungsi dari *swirl* adalah untuk menciptakan zona resirkulasi internal (IRZ). Sedangkan zona resirkulasi eksternal (ERZ) timbul akibat ekspansi geometris dari aliran udara pembakaran. Pada pembakaran non-premixed IRZ berfungsi dalam menyempurnakan pencampuran udara dengan bahan bakar agar pembakaran dapat berjalan sempurna, untuk menstabilkan beberapa fraksi hasil pembakaran, agar terbakar kembali sehingga kadar partikel padat pada exhaust gas dapat dikurangi.



gambar 2. 6 Zona resirkulasi pada non-premixed swirl burner

Semakin besar ukuran suatu burner, akan lebih mudah untuk mengontrol pencampuran udara dengan bahan bakar secara eksternal ketimbang secara internal di dalam burner. Hal ini dapat mengeliminasi *flashback*.

Pada aplikasi industri dan utilitas besar, gas burner secara tipikal menggunakan udara primer dan sekunder. Aliran *swirl*, yang dibangkitkan oleh aliran udara sekunder melewati *swirl vane*, berpusar melingkari *axial fuel rod* dan *nozzle*. *Swirl* meresirkulasi produk pembakaran tak sempurna yang bertemperatur tinggi kembali ke akar nyala api. Pencampuran yang baik pada dasarnya mengurangi pembentukan jelaga dan meminimalisir kebutuhan udara berlebih. Zona resirkulasi internal (IRZ) terbentuk oleh gradient radial positif tekanan yang ditimbulkan oleh *swirl* berkekuatan tinggi. IRZ inilah yang berperan dalam meningkatkan kualitas pencampuran udara-bahan bakar dan kestabilan nyala api.

Setelah mengetahui kegunaan dari *swirl*, selanjutnya perlu diketahui apa saja yang mempengaruhi kekuatan dari *swirl* tersebut. Tingkat pusaran atau kekuatan pusaran dapat diindikasikan oleh bilangan pusaran (*swirl number*). *Swirl number* dapat ditinjau dari aliran aksial yang melewati sudut rancangan *swirler vane* maupun dari aplikasi udara tangensial melalui eksperimen.

Penelitian terdahulu telah mempelajari pengaruh variasi sudut vane, yang akan mengubah *swirl number*, terhadap performa pembakaran yang dihasilkan. Beer dan Chigier (1972) mengemukakan sebuah korelasi antara swirl number dan dimensi burner serta dimensi swirl vane, dalam sebuah persamaan :

$$S = \frac{\sigma R}{2w_v} \left[1 - \left(\frac{R_h}{R} \right)^2 \right]$$

Dengan

$$\sigma = \frac{\tan \alpha}{(1 - \psi) \left[1 - \tan \alpha \tan \left(\frac{\pi}{z} \right) \right]}$$

$$\psi = \frac{z \cdot t_v}{2\pi R_{av} \cdot \cos \alpha}$$

$$R_{av} = R + \frac{1}{2} w_v = \frac{1}{2} (d + w_v)$$

Dengan

z = jumlah vane

t_v = ketebalan vane

w_v = lebar vane

R_{av} = jarak burner axis dengan vane

R = diameter luar duct

R_h = diameter dalam duct

S = swirl number

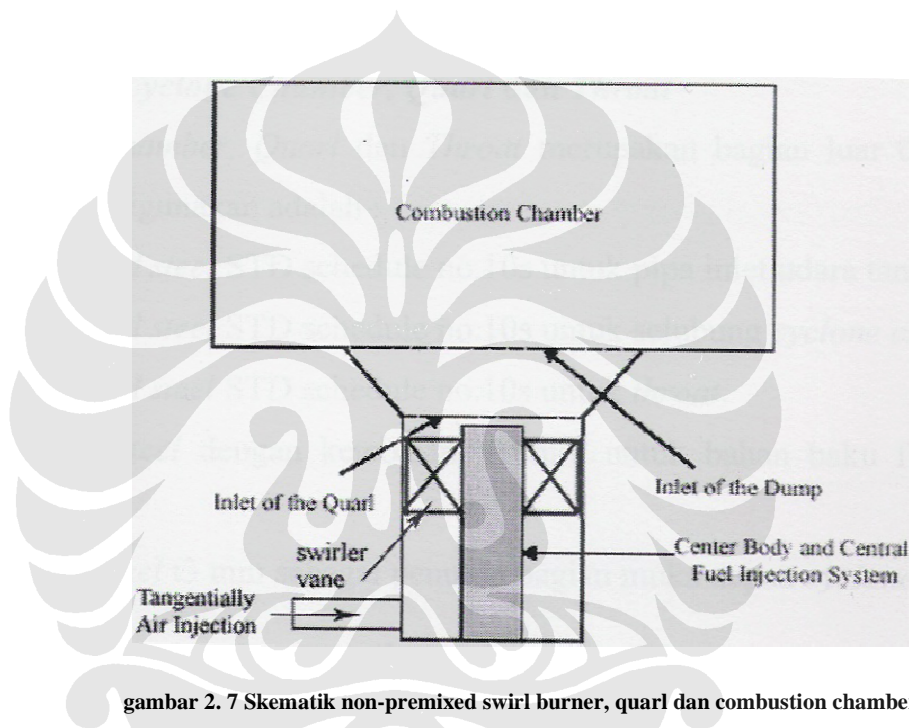
Perhitungan swirl number menggunakan persamaan ini hanya berdasarkan variable dimensi vane dan tidak berpengaruh dari variabel bergerak seperti debit aliran fluida.

Menurut Claypole dan Syred (1981), untuk konfigurasi yang menghasilkan swirl akibat penggunaan injeksi udara tengensial, swirl number dikarakterisasi dengan swirl geometris (S_g)

$$S_g = \frac{R_q \pi r_t}{A_t} \left[\frac{\dot{m}_t}{\dot{m}_{total}} \right]^2$$

Dengan (inlet berbentuk pipa silinder)

dengan



gambar 2. 7 Skematik non-premixed swirl burner, quarl dan combustion chamber

Aliran pusaran diklasifikasikan atas dua kategori menurut besarnya nilai swirl number, S . aliran pusaran lemah, dimana memiliki range swirl number $S \leq 0,4$, diaplikasikan *swirl jet* untuk meningkatkan sudut pancaran, tingkat entertainment dan pengurangan tingkat laju aksial. Pada swirl lemah tidak menciptakan zona resirkulasi internal, hanya zona resirkulasi eksternal akibat ekspansi udara swirl. Aliran swirl dengan swirl number $0,4 \leq S \leq 0,6$ mulai timbul IRZ yang tidak besar. Aliran pusaran kuat, yang memiliki range swirl number $S \geq 0,6$ sangat efektif diaplikasikan pada system yang menggunakan aliran kecepatan tinggi untuk mengontrol intensitas ukuran dan bentuk nyala api. Aliran swirl kuat dapat membangkitkan IRZ yang besar

Efek *swirl* terhadap pembentukan emisi polutan. Claypole dan Syred meliti pengaruh pembentukkan emisi NO_x . Dalam penelitiannya divariasikan swirl number dengan range 0,63-3,04 menggunakan gas nature methane. Pada swirl number 3,04 terdapat banyak NO_x dalam gas buang yang tersirkulasi menuju flame. Jumlah emisi total NO_x , yang dapat berpengaruh terhadap pengurangan efisiensi pembakaran, dapat dikurangi dengan signifikan.

Untuk memecahkan permasalahan ini, sebuah rancangan burner yang mencegah daerah kaya bahan bakar dengan mengembangkan percampuran cepat antara bahan bakar-udara pada posisi dekat dengan outlet burner.

2.3.1 ENERGI KINETIK TURBULEN

Turbulensi merupakan suatu sifat fluida yang penting ketika berbicara mengenai percampuran/mixing antar fluida, karena aliran turbulen menciptakan pusaran-pusaran yang mengakibatkan partikel bisa saling bertumbukan. Energi kinetik turbulen (*turbulence kinetic energy / TKE*) secara umum adalah energi kinetik rata-rata yang dibagi oleh massa fraksi.

2.3.1 INTENSITAS TURBULEN

Turbulensi juga dapat dinyatakan dengan intensitas turbulen. Turbulen dapat dianggap sebagai aliran fluida yang berfluktuasi. Intensitas turbulen (*Turbulence Intensity/TI*) adalah suatu skala yang mengkarakteristikan turbulen dalam persen. Persamaan dari TI adalah

$$TI = u'/U$$

u' = akar kuadrat atau deviasi standart dari fluktuasi kecepatan turbulen di suatu lokasi tertentu dalam periode tertentu

U = kecepatan rata-rata di lokasi tertentu dalam waktu yang sama

2.4 TEKNIK KOMPUTASI

Aliran yang terjadi di dalam gas burner merupakan aliran turbulen. Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan software solidworks untuk CAD dan gambit,fluent untuk CFD. Solidworks digunakan untuk menggambar domain dari gas burner, gambit digunakan untuk memenhing dan memberi face

inputan sedangkan fluent digunakan untuk menghitung apa yang terjadi di gas burner.

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah suatu metode numerik dengan memanfaatkan komputer untuk menghasilkan informasi (prediksi) mengenai pola aliran fluida pada kondisi waktu dan ruang tertentu. Dengan menggunakan CFD, prediksi aliran fluida di berbagai sistem (desain) dapat dilakukan dengan lebih efektif, efisien dan relatif tidak mahal bila dibandingkan dengan design tersebut langsung diaplikasikan dengan metode eksperimen, dimana metoda eksperimen terbentur dana, ketersediaan, kepresisian, keakurasian alat ukur, dan metode yang benar.

CFD mencakup berbagai disiplin ilmu termasuk matematika, komputer, fisika, dan *engineering*. Sebelum menggunakan metoda CFD dibutuhkan suatu pemahaman tentang dinamika fluida. Karena kompleksnya permasalahan aliran fluida maka untuk memahami pergerakan fluida terlebih dahulu harus memahami sifat-sifat aliran fluida tersebut. Di dalam literatur mekanika fluida umumnya aliran fluida dikategorikan sebagai berikut :

- Aliran Viskos dan Inviscid
- Aliran Compressible dan Incompressible
- Aliran laminar dan turbulen

Selain kategori tersebut beberapa kondisi khusus seperti aliran dalam pipa, pompa dan turbin juga menjadi perhatian di dalam CFD. Pengklasifikasian aliran fluida ini menjadi sangat penting dan menjadi dasar untuk memahami pergerakan fluida sebagai upaya untuk membuat sebuah prediksi aliran fluida dengan menggunakan komputer.

Aliran fluida dapat dideskripsikan dengan banyak cara. Salah satu cara yang dapat memberikan gambaran secara jelas adalah dengan menjabarkan kecepatan fluida pada tiap-tiap titik di dalam ruang dan waktu, juga sifat - sifat fluida seperti viskositas, kerapatan, tegangan geser dan tekanan. Pada intinya CFD melakukan kalkulasi terhadap properti fluida tersebut dan apabila hal itu ingin dilakukan maka hubungan matematis yang mengatur interaksi antara properti fluida dengan kecepatan aliran harus ditentukan.

Untuk memprediksi aliran fluida pada kondisi tertentu, sebuah program CFD harus dapat menyelesaikan persamaan yang mengatur aliran fluida. Sehingga pemahaman tentang sifat-sifat dasar aliran yang harus dimodelkan dan pemahaman tentang persamaan yang mengatu aliran fluida sangat penting. Persamaan dasar/pengatur (*Governing Equation*) ini dibangun dari suatu model aliran fluida berdasarkan *hukum kekekalan massa* dan *hukum kekekalan momentum (persamaan Navier-Stokes)*. Apabila properti lain seperti suhu juga ingin diketahui maka persamaan dasar/pengatur lain yang berdasarkan hukum *kekekalan energi* harus ditentukan. Untuk kasus-kasus tertentu seperti pada aliran turbulen, persamaan lain yang memodelkan aliran turbulen juga harus ditentukan.

Persaman pengatur aliran fluida adalah persamaan diferensial parsial. Komputer digital tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan tersebut secara langsung. Oleh karena itu persamaan diferensial parsial harus diubah menjadi suatu persamaan yang mengandung operasi-operasi matematika yang sederhana yaitu penambahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Proses transformasi persamaan diferensial menjadi operasi matematika yang lebih sederhana disebut dengan proses *diskritisasi*. Pada proses diskritisasi persamaan diferensial parsial harus diterjemahkan menjadi analogi numerisnya sehingga dapat dikalkulasi oleh komputer. Secara visual, diskritisasi ditampilkan dalam bentuk *grid* yang memiliki luas atau volume yang terhingga. Grid memiliki titik-titik dalam ruang yang ditempati fluida dimana informasi mengenai propertinya dapat ditampilkan. Ada beberapa teknik diskritisasi yang sering digunakan dan masing-masing berdasarkan prinsip yang berbeda. Beberapa teknik diskritisasi tersebut misalnya adalah :

- Metode beda hingga (*Finite Difference Method*)
- Metode elemen hingga (*Finite Element Method*)
- Metode volume hingga (*Finite Volume Method*)

Ketika menyelesaikan persamaan diferensial parsial, kondisi batas (*boundary condition*) dan nilai awal (*initial point*) yang menentukan solusi akhirnya. Penentuan kondisi batas bagi persamaan diferensial parsial tergantung kepada persamaan itu sendiri dan cara persamaan tersebut didiskritisasi. Nilai-

nilai seperti kecepatan, tekanan dan variabel turbulensi harus ditentukan pada kondisi batas. Selain itu jenis kondisi batas seperti dinding (*wall*), *inlet* dan *outlet* juga harus ditentukan sebagai acuan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial.

Dalam mensimulasikan suatu aliran fluida, jenis grid yang digunakan menjadi suatu hal yang sangat diperhatikan. Kompleksitas domain aliran, ketersediaan *program solver* dan *numerical diffusion* (suatu kesalahan ketersediaan diskritisasi yang dapat timbul apabila grid tidak sejajar dengan arah aliran) menjadi pertimbangan dalam penentuan jenis grid yang akan digunakan. Secara umum grid dapat diklasifikasikan dari bentuk satuan terkecil penyusun grid (sub-domain) di seluruh domain aliran. Bentuk-bentuk sub-domain tersebut adalah :

- Quadrilateral, berbentuk segiempat dan digunakan pada domain dua dimensi.
- Trilateral, berbentuk segitiga dan digunakan pada domain dua dimensi.
- Tetrahedral, berbentuk limas dengan keseluruhan sisinya berbentuk segitiga dan digunakan pada domain tiga dimensi.
- Hexahedral, berbentuk balok dan digunakan pada domain tiga dimensi.
- Hybrid, merupakan gabungan dari sub-domain quadrilateral dengan trilateral.

Grid dengan bentuk quadrilateral dan hexahedral sangat sesuai untuk domain aliran yang sederhana dan relatif lebih mudah disejajarkan dengan arah aliran fluida sehingga *numerical diffusion* dapat dibuat sekecil mungkin. Grid trilateral dan tetrahedral sangat sesuai untuk domain aliran yang kompleks dan mampu mempersingkat waktu pembuatan model-model yang kompleks.

Dalam pembakaran non-premixed, bahan bakar dan oksidator memasuki zona reaksi dalam aliran tertentu. Di dalam melakukan simulasi non-premixed coldflow dalam software fluent ada beberapa skema yang dapat dipakai, species transport dan PDF (Probability Density Function). Namun dalam simulasi ini akan digunakan skema species transport.

Fluent dapat memodelkan species transport dengan atau tanpa reaksi kimia. Reaksi kimia yang dapat dimodelkan diantaranya

1. Reaksi fase gas yang melibatkan NO_x dan formasi polutan lainnya.
2. Reaksi permukaan (misal deposisi uap kimia) yang mana reaksi ini muncul di batas solid (wall)
3. Reaksi permukaan partikel (misal pembakaran coal char) yang mana reaksi muncul di permukaan partikel yang telah terdiskritisasi.

Namun simulasi yang dilakukan adalah tanpa reaksi kimia yang terjadi, hanya akan dilakukan simulasi coldflow, yang ingin mengetahui percampuran yang terjadi antara syngas dan injeksi udara tangensial tanpa terjadi reaksi kimia diantaranya.

