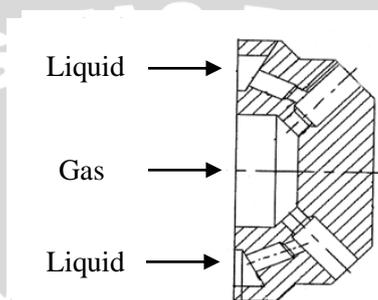


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

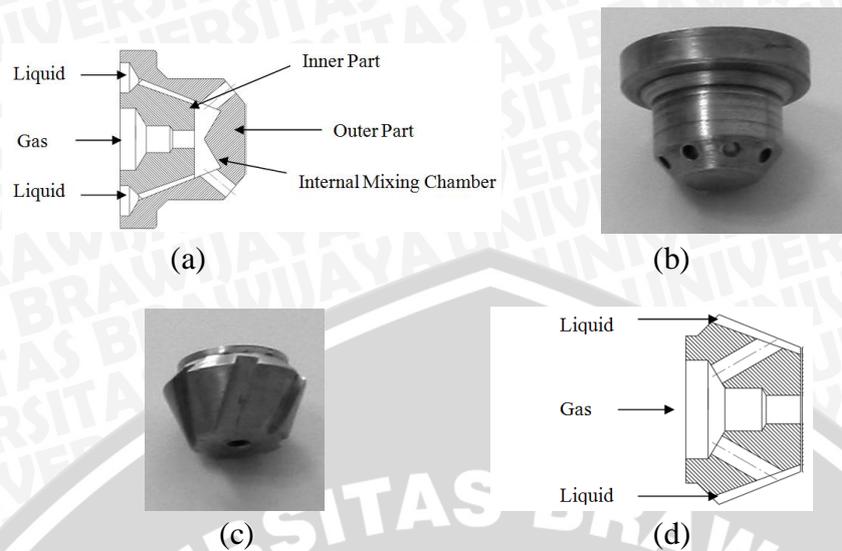
2.1 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh geometri dan dimensi *twin fluid atomizer* terhadap karakteristik *spray*. Barerras (2004) meneliti tentang pengaruh penggunaan dan bentuk *mixing chamber* terhadap karakteristik *spray* pada *twin fluid atomizer*. Dalam penelitian tersebut digunakan *atomizer* berprofil Y, *atomizer* dengan *internal mixing chamber*, dan *atomizer* dengan *internal mixing chamber* berprofil Y. Gambar 2.1 menunjukkan *atomizer* berprofil Y.



Gambar 2.1 : *Atomizer* berprofil Y
Sumber : Barerras, 2004:129

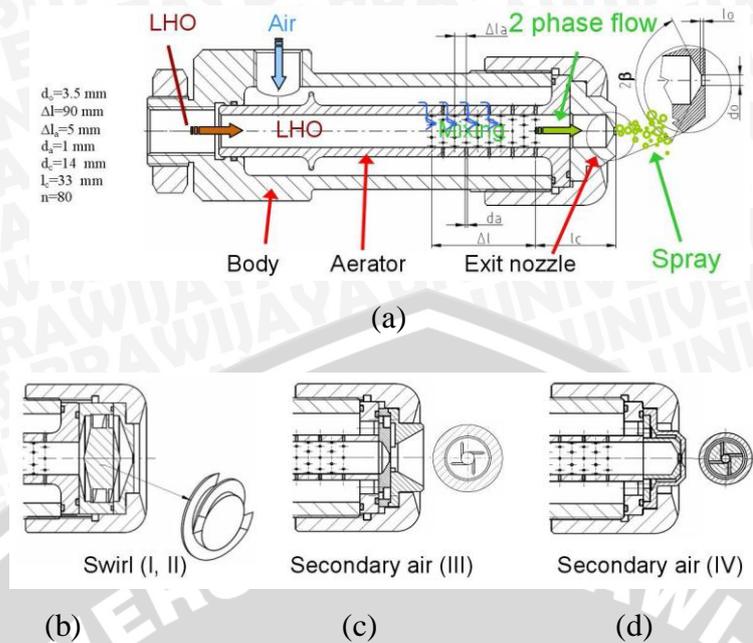
Atomizer dengan *internal mixing chamber* ditunjukkan pada gambar 2.2 (a). Gambar 2.2 (b) dan (c) menunjukkan bagian terpisah dari rangkaian *atomizer* yaitu bagian luar (*outer part*) dan bagian dalam (*inner part*) yang merupakan ruang pencampuran *internal* (*internal mixing chamber*). Sedangkan gambar 2.2 (d) menunjukkan potongan bagian dalam *twin fluid atomizer* dengan *internal mixing chamber* berprofil Y.



Gambar 2.2 (a) Atomizer dengan *internal mixing chamber*, (b) *Outer part*, (c) *Inner part* (d) *Inner part atomizer dengan internal mixing chamber berprofil Y*
 Sumber : Barerras, 2004:131

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik *spray* dari *twin fluid atomizer* dengan *mixing chamber* yang berbeda. Fluida yang digunakan adalah air dan udara. Debit udara yang digunakan yaitu $30 \text{ Nm}^3/\text{h}$ - $60 \text{ Nm}^3/\text{h}$ dengan kenaikan $10 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ($\text{Nm}^3 =$ normal meter kubik yaitu kondisi udara dalam STP/standar), sedangkan debit air yang digunakan yaitu $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ - $1 \text{ m}^3/\text{h}$ dengan $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$ tiap kenaikannya. Dari ketiga macam *atomizer* yang digunakan ketiga-tiganya memiliki nilai *air to liquid ratio* (ALR) yang hampir sama, sedangkan nilai koefisien tekan (*discharge coefficient*) tertinggi dimiliki oleh *atomizer* berprofil Y. Namun yang memiliki kinerja paling baik terdapat pada *atomizer* dengan *internal mixing chamber* tanpa profil Y, yang dapat menghasilkan *droplet* yang halus pada laju aliran yang rendah.

Jedelsky (2010) meneliti pengaruh penggunaan *swirl flow* terhadap karakteristik *spray* pada *twin fluid atomizer* dalam proses pembakaran. Dalam penelitiannya digunakan *atomizer* polos tanpa *swirler*, *atomizer* dengan menyisipkan *helical swirler*, *atomizer* dengan udara sekunder yang berputar di luar *orifice*, dan *atomizer* dengan udara sekunder yang berputar pada *orifice*. Penelitian ini dilakukan pada berbagai tekanan udara dan nilai GLR (*gas to liquid ratio by mass*).



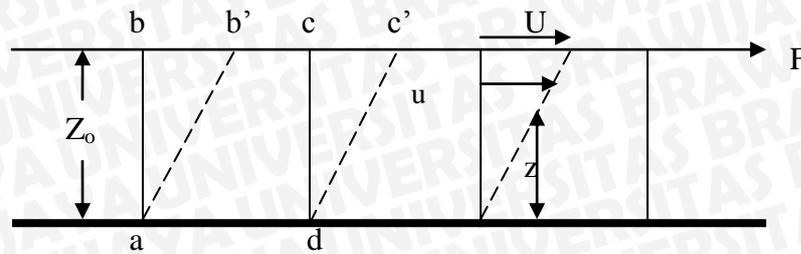
Gambar 2.3 :Atomizer (a) polos tanpa *swirler*, (b) *helical swirler*, (c) dengan udara sekunder yang berputar di luar *orifice*, (d) dengan udara sekunder yang berputar pada *orifice*
 Sumber : Jedelsky, 2010:2

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *atomizer* polos tanpa *swirler* menghasilkan sudut *spray* maksimal pada GLR 10% yaitu 20°. Sedangkan *atomizer* dengan *helical swirler* menghasilkan sudut *spray* maksimal pada GLR 0% dengan sudut *spray* 35°. Dengan meningkatnya GRL, maka sudut *spray* akan semakin berkurang sebagai *critical discharge* dari campuran dua fase yang mengganggu gerak pusaran aliran. Sedangkan *atomizer* dengan udara sekunder yang berputar pada *orifice* menghasilkan ukuran *droplet* yang lebih kecil dibandingkan *atomizer* polos karena interaksi antara *liquid* dengan udara sekunder pada lubang *orifice*.

2.2 Fluida

2.2.1 Definisi dan sifat-sifat fluida

Fluida adalah zat yang dapat mengalami perubahan bentuk secara kontinyu bila terkena tegangan geser walaupun relatif kecil. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan dan jika dibagi dengan luas permukaan tersebut menjadi tegangan geser rata-rata pada permukaan itu.



Gambar 2.4 : Deformasi Elemen Fluida
Sumber : Streeter & Wylie, (1993 : 4)

Sedangkan untuk sifat-sifat fluida sendiri sangat penting untuk penerapan bermacam-macam teknologi yang berkaitan dengan fluida. Sifat-sifat yang dimiliki fluida diam yaitu kerapatan (ρ), berat jenis (γ), volume jenis (v), *specific gravity* (s) dan kompresibilitas. Sedangkan untuk fluida bergerak ada satu sifat yang penting yaitu viskositas.

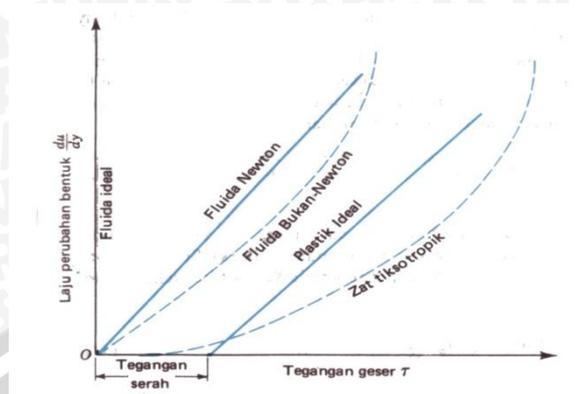
Kerapatan suatu zat (ρ) merupakan perbandingan massa dan volume zat itu, sehingga nilai kerapatan dapat diukur melalui pengukuran massa dan volumenya. Berat jenis (γ) adalah berat zat tiap satuan volume, berat jenis berubah bersama perubahan tempat serta bergantung pada besarnya gravitasi. Volume jenis (v) adalah volume yang ditempati oleh massa fluida tiap satu satuan massa. *Specific gravity* (s) adalah perbandingan antara massa jenis dari suatu cairan tertentu dengan massa jenis air. Kompresibilitas adalah ukuran perubahan volume suatu benda akibat berubahnya tekanan yang dialami benda tersebut.

Viskositas (μ) adalah salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser. Viskositas terjadi terutama karena adanya interaksi antara molekul-molekul cairan. Hukum viskositas Newton menyatakan bahwa untuk laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Viskositas (μ) disebut juga viskositas mutlak atau viskositas dinamik. Sedangkan viskositas kinematik (ν) merupakan perbandingan antara viskositas dinamik (μ) terhadap massa jenis (ρ).

2.2.2 Klasifikasi fluida

Klasifikasi fluida berdasarkan hukum viskositas Newtonian dikelompokkan sebagai fluida Newtonian dan fluida non-Newtonian. Dalam fluida Newtonian terdapat hubungan linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk yang diakibatkan viskositas dinamik yang konstan. Contoh dari fluida Newtonian adalah air, oli, dan udara. Sedangkan pada fluida non-Newtonian terdapat

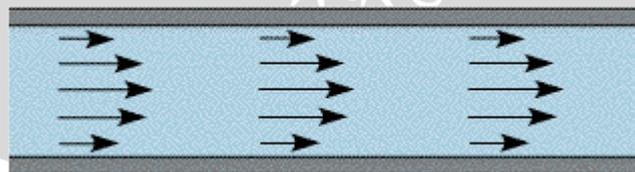
hubungan tak linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk. Contoh dari fluida non-Newtonian adalah lumpur, pasta gigi, dan mayonaise.



Gambar 2.5 : Fluida Newtonian dan fluida Non-Newtonian
Sumber : Streeter & Wylie, (1996 : 5)

Berdasarkan kekentalannya, fluida dibagi menjadi aliran *inviscid* (tidak viskos) dan aliran *viscous* (viskos). Aliran *inviscid* adalah aliran dimana viskositas fluidanya dianggap nol, sehingga fluida tersebut tidak memberikan tahanan sama sekali terhadap tegangan geser yang terjadi padanya. Aliran viskos adalah aliran dimana viskositasnya tidak sama dengan nol. Dari aliran viskos ini, kemudian dibagi menjadi aliran laminar dan turbulen.

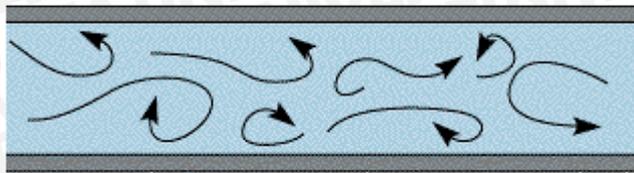
Aliran laminar adalah aliran fluida yang partikelnya bergerak dalam lapisan-lapisan dimana perpindahan momentum dan massa terjadi secara molekuler dalam skala mikroskopis. Kecenderungan turbulensi diredam oleh gaya-gaya viskos yang memberi hambatan terhadap gerak relatif lapisan-lapisan fluida. Pada aliran laminar partikel fluida bergerak secara berurutan mengikuti lintasan yang lancar secara kontinu dengan kecepatan yang tetap.



Gambar 2.6: Profil kecepatan aliran laminar di dalam pipa
Sumber : Julian, 2008: 40

Aliran turbulen adalah aliran yang ditandai dengan gerak fluida secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi dan saling interaksi antar gumpalan fluida dibayangkan sebagai bongkahan-bongkahan fluida. Bongkahan-bongkahan fluida itu

bergerak secara acak sehingga proses perpindahan momentum dan massa terjadi dalam skala makroskopis. Partikel-partikel bongkahan berperan sebagai pembawa energi dan massa dan memindahkan energi dan massa dengan cara bercampur dengan partikel-partikel lain fluida tersebut.



Gambar 2.7 : Profil kecepatan aliran turbulen di dalam pipa
Sumber : Julian, 2008:40

Parameter yang menunjukkan ciri-ciri pola aliran serta lapisan batas yaitu bilangan Reynold. Bilangan Reynold merupakan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya viskos pada aliran fluida. Hal ini dirumuskan dalam persamaan berikut :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (\text{Streeter, 1993:165})(2.1)$$

Dengan :

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Ukuran linier yang mewakili skala panjang dalam aliran (m)

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

Untuk aliran laminar mempunyai bilangan Re kurang dari 2300. Untuk aliran transisi berada pada pada bilangan Re 2300 dan 4000 biasa juga disebut sebagai bilangan Reynolds kritis, sedangkan aliran turbulen mempunyai bilangan Re lebih dari 4000.

Klasifikasi fluida berdasarkan mampu mampatnya, yaitu fluida *compressible* dan *incompressible*. Fluida *compressible* adalah fluida yang mampu mampat dan kerapatannya dipengaruhi oleh perubahan tekanan. Contoh fluida *compressible* adalah udara dan berbagai gas. Fluida *incompressible* adalah fluida yang tidak mampu mampat dan perubahan kerapatan fluida akibat perubahan tekanan dapat diabaikan. Contoh fluida *incompressible* adalah air, minyak dan berbagai jenis cairan. Udara atau gas bisa dianggap *incompressible* jika kecepatan alirannya mempunyai bilangan Mach $< 0,3$.

2.2.3 Analisa aliran fluida yang melalui nosel

Laju aliran massa dan kecepatan rata-rata pada sisi masuk dan keluar nosel dapat dihitung dengan menggunakan analisa kontrol volume.

Persamaan konservasi masa untuk aliran fluida *incompressible, steady* :

$$\int_{cs} \rho \bar{V} d\bar{A} = 0 \quad (\text{Potter, 1997:126}) \quad (2.2)$$

Untuk aliran fluida melewati nosel maka persamaan diatas menjadi :

$$-\rho V_1 A_1 + \rho V_2 A_2 = 0$$

Atau

$$|\rho V_1 A_1| = |\rho V_2 A_2| \quad (\text{Potter, 1997:149}) \quad (2.3)$$

$$\dot{m} = |\rho V A| \text{ sehingga berlaku } \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m} \quad (\text{Potter, 1997:149}) \quad (2.4)$$

Dengan : ρ = densitas fluida (kg/m^3)

\bar{V} = kecepatan aliran fluida (m/s)

$d\bar{A}$ = vektor normal pada suatu elemen permukaan kontrol *surface* (m^2)

\dot{m} = laju aliran massa fluida tiap satuan waktu (kg/s)

Persamaan momentum aliran fluida *incompressible, steady* :

$$\bar{F} = \int_{cs} \bar{V} \rho \bar{V} d\bar{A}$$

Untuk aliran fluida melewati nosel, maka persamaan diatas menjadi :

$$\bar{F} = -|V_1 \rho V_1 A_1| + |V_2 \rho V_2 A_2| \quad (\text{Potter, 1997:149}) \quad (2.5)$$

Dengan $\dot{m} = |\rho V A|$ maka :

$$\bar{F} = -|V_1 \dot{m}_1| + |V_2 \dot{m}_2| \quad (\text{Potter, 1997:149}) \quad (2.6)$$

2.2.4 Persamaan Bernoulli

Adalah suatu persamaan yang menjelaskan berbagai hal yang berkaitan dengan energy fluida cair yang meliputi energy kecepatan, tinggi permukaan zat cair dan tekanannya. Disebut juga sebagai Hukum Bernoulli, yaitu hukum yang digunakan untuk menjelaskan perubahan bentuk energi fluida *incompressible* dan *inviscid* sepanjang *streamline* dalam keadaan *steady*. Aliran suatu zat cair *incompressible* melalui saluran tertutup (pipa), fluida mempunyai tekanan statis, kecepatan dan ketinggian (z) yang diukur dari bidang referensi. *Head*/energi spesifik tiap satuan berat dinyatakan dengan:

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = C \quad (\text{Douglas, 1961:120}) \quad (2.7)$$

Dengan : p = tekanan statis (N/m^2)

γ = berat jenis fluida ($\text{kg/m}^3 \cdot \text{s}^2$)

v = kecepatan fluida (m/s)

g = percepatan gravitasi bumi = $9,81 \text{ m/s}^2$

z = elevasi (m)

2.2.5 Kerugian energi pada aliran dalam pipa

Pada zat cair yang memiliki kekentalan, sewaktu mengalir dalam pipa terjadi gesekan antara zat cair itu sendiri dengan dinding pipa. Sehingga terjadi kerugian energi pada aliran fluida. Kerugian energi pada aliran fluida dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. *Mayor Losses*

Kerugian yang terjadi karena adanya gesekan pada aliran fluida dan pipa saluran pada saluran yang lurus. Besarnya nilai *major losses* pada aliran laminar dapat dihitung dengan rumus:

$$h_l = \frac{64.L.v^2}{Re.D.2} \quad (\text{Fox,1994:331}) \quad (2.8)$$

Sedangkan pada aliran turbulen nilai minor *losses* ditentukan dengan rumusan:

$$h_l = f \frac{L.v^2}{D.2} \quad (\text{Fox,1994:332}) \quad (2.9)$$

Dengan : f = Koefisien kerugian gesek ditentukan dari Moody Diagram

V = Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa (m/s)

D = Diameter dalam pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

2. *Minor Losses*

Kerugian energi yang terjadi karena adanya perubahan arah aliran fluida dalam pipa. Biasanya aliran fluida mengalami perubahan bila aliran fluida tersebut melewati katup, belokan, dan perubahan penampang. Besarnya nilai *minor losses* dapat dihitung dengan rumus:

$$h_{lm} = K \frac{v^2}{2} \quad (\text{Fox,1994:336}) \quad (2.10)$$

Dengan : K = Koefisien minor *losses*

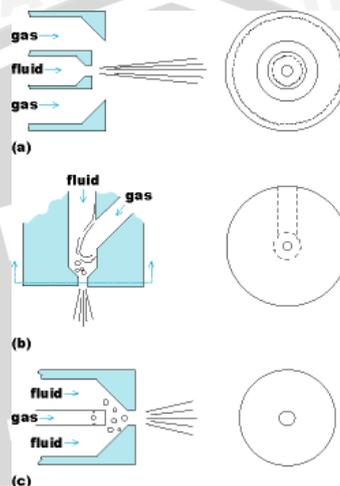
v = Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa (m/s)

2.3 *Twin Fluid Atomizer*

Twin fluid atomizer adalah salah satu teknik disintegrasi cairan yang diaplikasikan pada berbagai alat penyemprot. Dalam *twin fluid atomizer* terdapat saluran fluida cair dan saluran gas. Fluida cair dan gas kemudian bertemu dalam ruang pencampuran (*mixing chamber*). Gas dalam ruang pencampuran digunakan sebagai fluida sekunder yang berfungsi untuk mengganggu stabilitas fluida cair. Kemudian

campuran fluida cair dan gas keluar dari ruang pencampuran melalui *orifice*, dan terpecah menjadi *droplet*.

Konfigurasi dari *twin fluid atomizer* bisa bermacam-macam. Ada tiga macam konfigurasi *twin fluid atomizer* yaitu *external mix atomizer*, *Y-jet internal mix atomizer*, dan *effervescent internal mix atomizer* (Sojka). Ketiga jenis *twin fluid atomizer* ditunjukkan dalam gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Konfigurasi *twin fluid atomizer* (a) *external mix atomizer*, (b) *Y-jet internal mix atomizer*, (c) *effervescent internal mix atomizer*

Sumber : Sojka, (2008:3)

Ketiga macam *atomizer* diatas dapat digunakan untuk fluida yang sangat kental. Pada *external mix atomizer* lebih diaplikasikan untuk pembakaran karena setelah pencampuran antara fluida cair dan gas menjadi kabut, fluida gas masih mengelilingi kabut pencampuran fluida tersebut. Sementara pada *Y-jet internal mix atomizer* dan *effervescent internal mix atomizer* fluida cair yang digunakan lebih tercampur oleh gas dengan menggunakan lebih sedikit gas untuk atomisasi, dan memiliki diameter *orifice* yang besar. Kedua *atomizer* tersebut membentuk gelembung-gelembung udara di dalam ruang pencampuran. Pada *effervescent internal mix atomizer* lebih kecil kemungkinan mengalami penyumbatan.

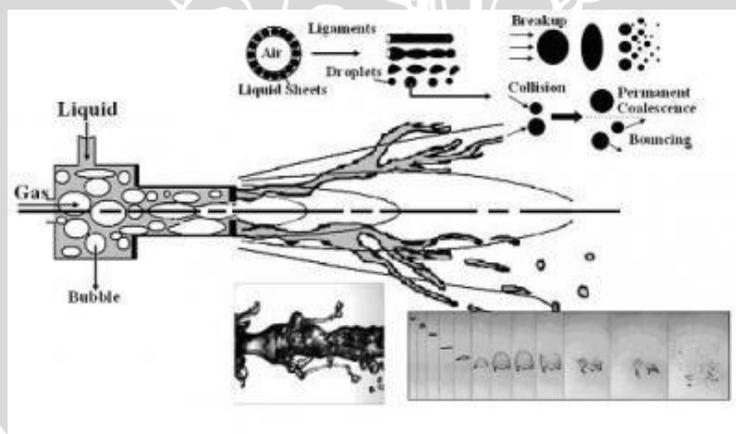
Twin fluid atomizer terdiri atas bagian-bagian inti yang meliputi *liquid inlet*, *air inlet*, *mixing chamber*, dan *orifice*. *Liquid inlet* berfungsi untuk masuknya fluida cair ke dalam *mixing chamber*. *Air inlet* berfungsi untuk masuknya fluida gas ke dalam *mixing chamber*. Bertemunya fluida cair dan fluida gas sehingga terjadi pencampuran antara kedua fluida terjadi di dalam *mixing chamber*. Fluida gas berfungsi sebagai pengganggu stabilitas fluida cair dan membantu terjadinya proses atomisasi. Dalam penelitian ini *mixing chamber* terdiri dari dua bagian yaitu bagian berbentuk silinder (*cylindrical*

mixing chamber) dan bagian berbentuk kerucut (*conical mixing chamber*). Campuran fluida cair dan fluida gas keluar dari *twin fluid atomizer* melalui *orifice* dan membentuk *spray*. Fungsi dari *twin fluid atomizer* yaitu memecah fluida cair menjadi butiran-butiran kecil (*droplet*) dengan menggunakan fluida gas.

Semprotan dari *twin fluid atomizer* memiliki karakteristik tertentu, dimana karakteristik itu meliputi debit aliran fluida, sudut *spray*, ukuran dan distribusi *droplet*. Karakteristik tersebut dapat berubah-ubah karena berbagai pengaruh. Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik itu adalah propertis fluida, bentuk *atomizer* (geometri dan dimensi) maupun kondisi lingkungan sekitar yang ada pada saat itu.

2.4 Mekanisme Pembentukan *Droplet*

Untuk memecahkan aliran fluida menjadi *droplet*, diperlukan energi. Dalam *twin fluid atomizer*, biasanya energi ini berbentuk energi tekanan dari pompadankompresor. Energi tekanan dikonversikan menjadi energi kecepatan dengan mengalirkan fluida melalui saluran masing-masing fluida. Dalam *mixing chamber* fluida ini bercampur. Selanjutnya terbentuk *spray sheet* yang keluar dari *orifice* dan kemudian muncul gangguan pada aliran fluida sehingga terbentuk ligamen, selanjutnya ligamen hancur dengan mekanisme *break up* dan terbentuk *droplet*.



Gambar 2.9 : Mekanisme pembentukan *droplet*
Sumber : *Science China Press*, 2012

Sifat semburan fluida dari *atomizer* ditentukan oleh tiga bilangan tanpa dimensi:

- *Jet Reynold number* :

Yaitu rasio antara gaya inersia terhadap viskositas dinamik.

$$Re_J = \left(\frac{\rho V}{\mu} \right)_l d_J \quad (\text{Helmut, 2006:3}) \quad (2.11)$$

- *Jet Weber number* :

Yaitu rasio antara gaya inersia terhadap tegangan permukaan.

$$We_J = \left(\frac{\rho_g V_J^2 d_J}{\sigma} \right) \quad (\text{Helmut, 2006:3}) \quad (2.12)$$

- *Ohnesorge number* :

Yaitu rasio antara viskositas dinamik terhadap akar kuadrat dari produk inersia dan tegangan permukaan.

$$Oh = \frac{\mu_l}{\sqrt{\rho_l \sigma d_J}} \quad (\text{Helmut, 2006:3}) \quad (2.13)$$

Dengan : ρ = Densitas fluida (kg/m^3)

V = Kecepatan fluida (m/s)

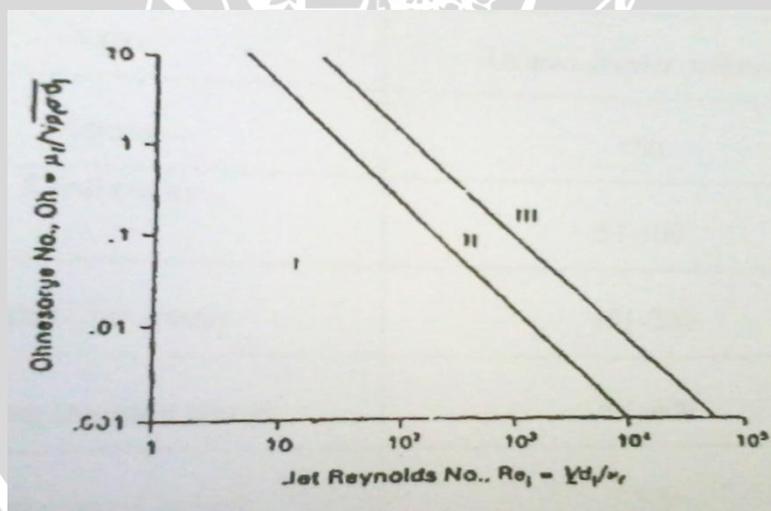
μ = Viskositas dinamik (Ns/m^2)

d = Diameter (m)

σ = Tegangan permukaan (N/m^2)

Subskrip l, j menyatakan *liquid* dan *jet*.

Kriteria pembentukan *spray* diplot pada grafik Log Oh Vs Log Re yaitu pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.10 : Tingkat pembentukan *spray* pada nosel
Sumber : Borman,1998:292

Dari gambar di atas, pada daerah I pembentukan *droplet* terutama dipengaruhi oleh efek tegangan permukaan pada *jet*. *Break up* pada daerah II disebabkan oleh pengaruh udara lingkungan. Dalam daerah III mekanisme *break up* dipengaruhi oleh kombinasi udara lingkungan dan turbulensi aliran.

2.5 Karakteristik *Spray*

Aplikasi penggunaan *twin fluid atomizer* pada suatu alat memerlukan karakteristik *spray* tertentu agar tujuan yang diinginkan tercapai. Karakteristik *spray* dari *twin fluid atomizer* meliputi :

1. Ukuran *droplet*

Ukuran *droplet* dipengaruhi beberapa faktor diantaranya :

- Diameter *orifice*

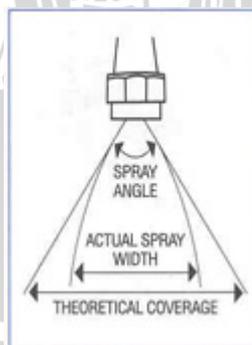
Pada tiap nosel yang sama dan pada tekanan yang sama, semakin kecil diameter *orifice* maka ukuran *droplet* yang dihasilkan akan semakin kecil.

- Sudut *spray*

Untuk debit yang sama, semakin besar sudut *spray* suatu *atomizer* maka *droplet* yang dihasilkan semakin kecil

2. Sudut *spray*

Pada dasarnya sudut *spray* merupakan sudut yang dibentuk oleh fluida yang keluar dari *orifice*. *Spray* dari *atomizer* mempunyai sudut dan lebar tertentu. Terdapat dua jenis lebar *spray* dari cara pengukurannya yaitu lebar *spray* aktual dan lebar *spray* teoritis. Lebar *spray* teoritis dihitung dengan menarik garis lurus dari tepi *spray* dengan *orifice*. Sedangkan lebar *spray* aktual dapat diamati secara langsung dari *spray* yang keluar dari *orifice* biasanya digunakan busur derajat untuk memudahkan pengamatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 2.11 : Teoritis dan aktual dari lebar pola dan sudut *spray*

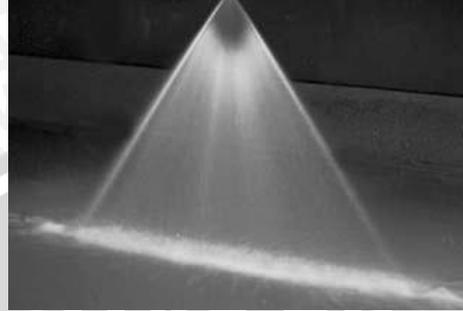
Sumber : *Technical Products and Service*, 2012

3. Distribusi *droplet*

Yaitu penyebaran *droplet* dalam ruang, dikenal dengan *spatial droplet distribution*. Terdapat beberapa macam distribusi *droplet* yaitu:

- *Flat spray*

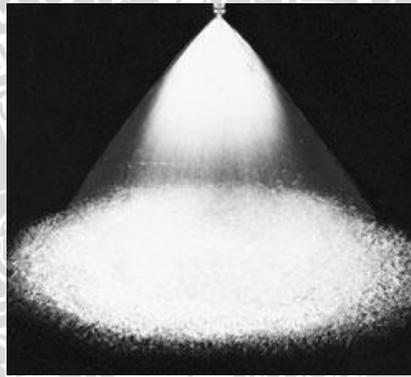
Pola semprotan dari *flat spray* sangat tipis. Biasanya bentuk semprotan dari *flat spray* ini berupa oval/elips. Distribusi *droplet* yang dihasilkan terkonsentrasi ditengah.



Gambar 2.12 : *Flat Spray*
Sumber : *BEX Engineering, 2008*

- *Solid cone spray*

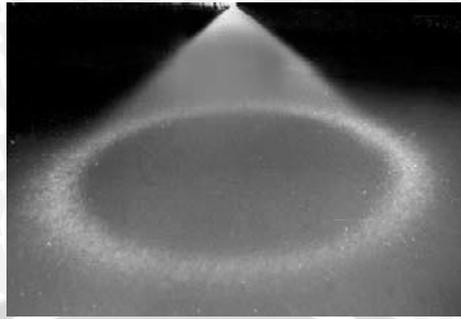
Pola semprotan dengan distribusi *droplet* merata pada seluruh luasan sudut semprot.



Gambar 2.13 : *Solid cone spray*
Sumber : *Sealpump Engineering, 2012*

- *Hollow cone spray*

Pola semprotan dengan konsentrasi *droplet* berada pada sisi luar. Pada tengah hanya sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali.



Gambar 2.14 : *Hollow cone spray*
Sumber : *BEX Engineering*, 2008

Distribusi *droplet* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah arah aliran fluida masuk *mixing chamber*, percampuran dan gerakan fluida dalam *mixing chamber*, serta gerakan fluida keluar dari nosel melalui *orifice*.

2.6 Hipotesa

Pencampuran air dan udara terjadi pada bagian *cylindrical mixing chamber* dan *conical mixing chamber*, dimana pada bagian *conical mixing chamber* juga terjadi percepatan dan perubahan arah aliran yang turut mempengaruhi proses pencampuran fluida, sehingga akan ada panjang optimal dari *conical mixing chamber* untuk menghasilkan sudut *spray* yang besar dan ukuran *droplet* yang halus.