

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

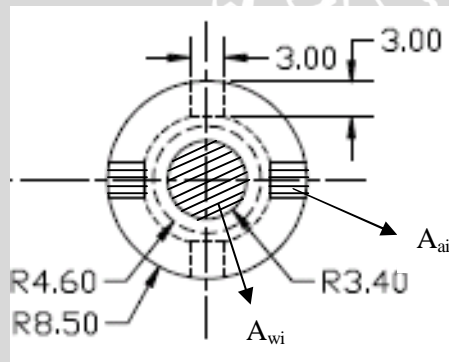
4.1 Data Perhitungan Hasil Pengujian

A. Data-data *twin fluid atomizer* (lihat gambar 3.1)

- Diameter saluran masuk air (d_{wi}) : 6,8 mm = 0,0068 m
- Luas saluran masuk udara (d_{ai}) : 18 mm² = 18 x 10⁻⁶ m²
- Panjang total *mixing chamber* : 25 mm = 0,025 m
- Diameter *orifice* (d_o) : 1 mm = 0,001 m
- Sudut masuk saluran udara 1 : 30°
- Sudut masuk saluran udara 2 : 60°
- Sudut masuk saluran udara 3 : 90°

B. Contoh Perhitungan Data

Contoh perhitungan diambil dari data hasil percobaan pada *twin fluid atomizer* dengan variasi besar sudut 30° dan debit air 3 ml/s.



Gambar 4.1 : *Penampang swirler*

- Luas penampang saluran masuk air *twin fluid atomizer* (A_{wi})

$$A_{wi} = \frac{\pi \cdot d_{wi}^2}{4} \text{ (mm}^2\text{)}$$

Dimana:

$$D_{wi} = \text{diameter penampang air masuk } \textit{twin fluid atomizer} \text{ (mm)} \\ = 6.8 \text{ (mm)}$$

$$A_{wi} = \frac{3,14 \times (6,8)^2}{4} = 36,29 \text{ (mm}^2\text{)} = 3,629 \times 10^{-5} \text{ (m}^2\text{)}$$



- Luas *orifice twin fluid atomizer* (A_o)

$$A_o = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \quad (\text{mm}^2)$$

Dimana:

$$d_o = \text{diameter orifice (mm)} = 1 \text{ (mm)}$$

$$A_o = \frac{3,14 \times (1)^2}{4} = 0,785 \text{ (mm}^2) = 7,85 \times 10^{-7} \text{ (m}^2)$$

- Kecepatan air di saluran air masuk *twin fluid atomizer* (V_{wi})

$$V_{wi} = \frac{Q_{air}}{A_{wi}} \quad (\text{m/s})$$

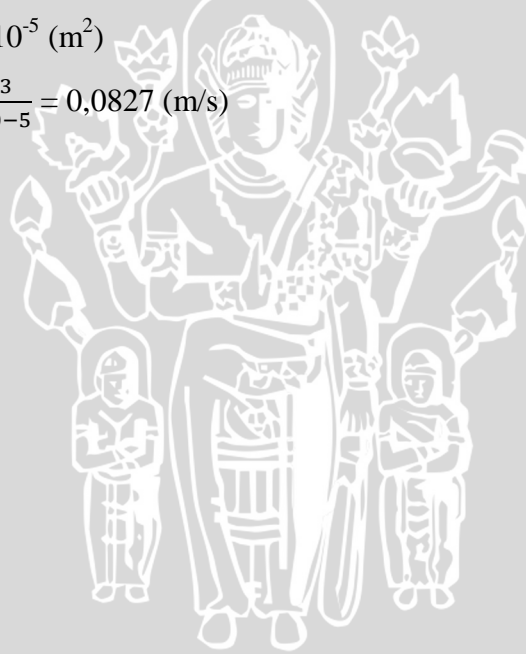
Dimana:

$$Q_{air} = \text{debit air (m}^3/\text{s)} = 3 \text{ (ml/s)} = 3 \times 10^{-6} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$A_{wi} = \text{luas penampang air masuk twin fluid atomizer (m}^2)$$

$$= 3,629 \times 10^{-5} \text{ (m}^2)$$

$$V_{wi} = \frac{0,000003}{3,629 \times 10^{-5}} = 0,0827 \text{ (m/s)}$$



4.2 Data Hasil Penelitian

Data yang diperoleh berdasarkan pengolahan data yang ada di sub bab 4.1 disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Perhitungan Tekanan Air (P) dan Sudut *Spray* (°)

Q air (ml/s)	Pengulangan	Tekanan (kPa)			Sudut <i>Spray</i> (°)		
		30°	60°	90°	30°	60°	90°
1	1	103,95	103,95	95,12	13	11	9
	2	105,91	102,97	96,11	13	12	10
	3	104,93	101,99	97,09	13	12	10
1,5	1	106,89	104,93	96,11	13	13	12
	2	108,85	103,95	98,07	14	13	12
	3	107,87	104,93	98,07	15	12	13
2	1	111,8	105,91	99,05	16	15	14
	2	113,76	103,95	101,01	15	14	13
	3	109,83	105,91	101,99	16	14	12
2,5	1	112,78	106,89	101,01	18	14	14
	2	114,74	107,87	102,97	17	15	14
	3	113,76	109,83	103,95	16	16	15
3	1	115,72	111,8	104,93	18	16	14
	2	115,72	108,85	105,91	20	17	16
	3	114,74	110,81	105,91	19	17	15

4.3 Analisis Statistik

Data dari pengujian dapat dianalisis untuk mengetahui apakah faktor-faktor dalam pengujian ini yaitu debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* memiliki pengaruh terhadap tekanan dan sudut *spray* atau tidak. Pada setiap pengambilan data terhadap tekanan dan sudut *spray* kedua faktor di atas tercakup di dalamnya. Oleh karena itu, dilakukan analisis varian dua arah (*two way ANOVA*).

4.3.1 Analisis Varians Dua Arah (*Two Way ANOVA*)

Untuk mengetahui pengaruh debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* memiliki pengaruh terhadap tekanan dan sudut spray dilakukan analisis varians dua arah. Apabila nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} maka faktor yang diuji berpengaruh secara nyata. Namun, bila nilai F_{hitung} lebih kecil atau sama dengan F_{tabel} maka faktor yang diuji tidak berpengaruh secara nyata.

Hipotesis

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$$

(Tidak ada pengaruh debit air terhadap tekanan dan sudut *spray*)

H_1 : sekurang-kurangnya satu debit air berpengaruh terhadap tekanan dan sudut *spray*.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

(Tidak ada pengaruh besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan dan sudut *spray*)

H_1 : sekurang-kurangnya satu ukuran besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan dan sudut *spray*.

$$H_0: \alpha\beta_{11} = \alpha\beta_{22} = \dots = \alpha\beta_{ij} = 0$$

(Tidak ada pengaruh debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan dan sudut *spray*)

H_1 : sekurang-kurangnya ada satu ukuran debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan dan sudut *spray*.

4.3.2 Perhitungan Analisis Varian Dua Arah (*Two Way ANOVA*) Hubungan Debit Air dan Besar Sudut Alur *Swirler* Saluran Masuk Udara (*Gas Inlet*) pada *Twin Fluid Atomizer* terhadap Tekanan

Tabel 4.2 Perhitungan *Two Way ANOVA* pada Tekanan

Q air (ml/s)	Tekanan (kPa)			Jumlah Total
	30°	60°	90°	
1	-103,95	103,95	95,12	
	105,91	102,97	96,11	
	104,93	101,99	97,09	
Jumlah	314,79	308,91	288,32	912,02
1,5	106,89	104,93	96,11	
	108,85	103,95	98,07	
	107,87	104,93	98,07	
Jumlah	323,61	313,81	292,25	929,67
2	111,8	105,91	99,05	
	113,76	103,95	101,01	
	109,83	105,91	101,99	
Jumlah	335,39	315,77	302,05	953,21
2,5	112,78	106,89	101,01	
	114,74	107,87	102,97	
	113,76	109,83	103,95	
Jumlah	341,28	324,59	307,93	973,8
3	115,72	111,8	104,93	
	115,72	108,85	105,91	
	114,74	110,81	105,91	
Jumlah	346,18	331,46	316,75	994,39
Jumlah Total	1661,25	1594,54	1507,3	4763,09

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{n} = \frac{4763,09^2}{45} = 504156,14$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{debit}} &= \sum_{i=1}^a Y_{i..}^2 / br - FK \\ &= \frac{912,02^2 + \dots + 993,39^2}{3 \times 3} - FK = 485,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{sudut}} &= \sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2 / ar - FK \\ &= \frac{1661,25^2 + \dots + 1507,3^2}{5 \times 3} - FK = 749,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{debit x sudut}} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2 / r - JK_{\text{debit}} - JK_{\text{sudut}} - FK \\ &= \frac{314,79^2 + \dots + 316,75^2}{3} - 485,42 - 794,70 - FK = 22,61 \end{aligned}$$

$$JK_{\text{total}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - FK = 505501,21 - 504156,14 = 1345,07$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{error}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{debit}} - JK_{\text{sudut}} - JK_{\text{debit x sudut}} \\ &= 1345,07 - 485,42 - 794,70 - 22,61 = 42,34 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Tabel ANOVA

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kudrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F 0,05
Debit	4	485,42	121,35	85,98	2,69
Sudut	2	794,70	397,35	281,53	3,32
Debit x Sudut	8	22,61	2,83	2,00	2,27
Error	30	42,34	1,41		
Total	44	1345,06			

1. Taraf Nyata dan Nilai F_{Tabel}

$$\alpha = 0,05 \text{ (5\%)}$$

$$\text{Untuk debit } F_{tabel} = 2,69$$

$$\text{Untuk sudut } F_{tabel} = 3,32$$

$$\text{Untuk interaksi } F_{tabel} = 2,27$$

2. Menentukan Kriteria Pengujian

- Untuk debit

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 2,69$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 2,69$$

- Untuk sudut

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 3,32$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 3,32$$

- Untuk interaksi

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 2,27$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 2,27$$

Kesimpulan

1. Untuk debit

Karena $F_{hitung} > F_{tabel} = 85,98 > 2,69$, berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima jadi sekurang-kurangnya satu debit air berpengaruh terhadap tekanan.

2. Untuk sudut

Karena $F_{hitung} > F_{tabel} = 281,53 > 3,32$, berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima jadi sekurang-kurangnya satu ukuran besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan.

3. Untuk interaksi

Karena $F_{hitung} < F_{tabel} = 2,00 < 2,27$, berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak jadi tidak ada interaksi debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap tekanan.

4.3.3 Perhitungan Analisis Varian Dua Arah (*Two Way ANOVA*) Hubungan Debit Air dan Besar Sudut Alur *Swirler* Saluran Masuk Udara (*Gas Inlet*) pada *Twin Fluid Atomizer* terhadap Sudut *Spray*

Tabel 4.4 Perhitungan *Two Way ANOVA* pada *Spray*

Q air (ml/s)	Sudut <i>Spray</i> (°)			Jumlah Total
	30°	60°	90°	
1	13	11	9	
	13	12	10	
	13	12	10	
Jumlah	39	35	29	103
1,5	13	13	12	
	14	13	12	
	15	12	13	
Jumlah	42	38	37	117
2	16	15	14	
	15	14	13	
	16	14	12	
Jumlah	47	43	39	129
2,5	18	14	14	
	17	15	14	
	16	16	15	
Jumlah	51	45	43	139
3	18	16	14	
	20	17	16	
	19	17	15	
Jumlah	57	50	45	152
Jumlah Total	236	211	193	640

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{n} = \frac{640^2}{45} = 9102,22$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{debit}} &= \sum_{i=1}^a Y_{i..}^2 / br - FK \\ &= \frac{103^2 + \dots + 152^2}{3 \times 3} - FK = 160,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{sudut}} &= \sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 / ar - FK \\ &= \frac{236^2 + \dots + 193^2}{5 \times 3} - FK = 62,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{debit} \times \text{sudut}} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 / r - JK_{\text{debit}} - JK_{\text{sudut}} - FK \\ &= \frac{39^2 + \dots + 45^2}{3} - 160,44 - 62,18 - FK = 5,82 \end{aligned}$$

$$JK_{\text{total}} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - FK = 9348 - 9102,22 = 245,78$$

$$\begin{aligned} JK_{\text{error}} &= JK_{\text{total}} - JK_{\text{debit}} - JK_{\text{sudut}} - JK_{\text{debit} \times \text{sudut}} \\ &= 245,78 - 160,44 - 62,18 - 5,82 = 17,34 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Tabel ANOVA

Sumber Ragam	Derajat Bebas	Jumlah Kudrat	Kuadrat Tengah	F hitung	F 0,05
Debit	4	160,44	40,11	69,42	2,69
Sudut	2	62,18	31,09	53,81	3,32
Debit x Sudut	8	5,82	0,73	1,26	2,27
Error	30	17,34	0,58		
Total	44	245,78			

1. Taraf Nyata dan Nilai F_{Tabel}

$$\alpha = 0,05 \text{ (5\%)}$$

$$\text{Untuk debit } F_{tabel} = 2,69$$

$$\text{Untuk sudut } F_{tabel} = 3,32$$

$$\text{Untuk interaksi } F_{tabel} = 2,27$$

2. Menentukan Kriteria Pengujian

- Untuk debit

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 2,69$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 2,69$$

- Untuk sudut

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 3,32$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 3,32$$

- Untuk interaksi

$$H_0 = \text{ditolak jika } F_{tabel} > 2,27$$

$$H_0 = \text{diterima jika } F_{tabel} \leq 2,27$$

Kesimpulan

1. Untuk debit

Karena $F_{hitung} > F_{tabel} = 69,42 > 2,69$, berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima jadi sekurang-kurangnya satu debit air berpengaruh terhadap sudut *spray*.

2. Untuk sudut

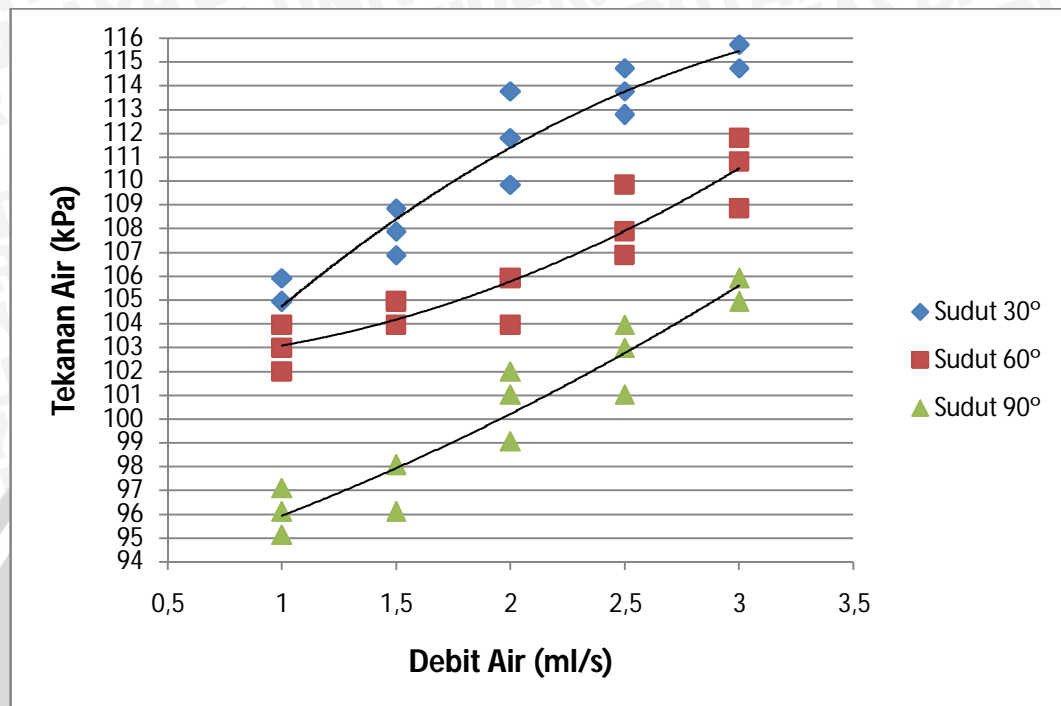
Karena $F_{hitung} > F_{tabel} = 53,81 > 3,32$, berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima jadi sekurang-kurangnya satu ukuran besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap sudut *spray*.

3. Untuk Interaksi

Karena $F_{hitung} < F_{tabel} = 1,26 < 2,27$, berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak jadi tidak ada interaksi debit air dan besar sudut alur *swirler* saluran masuk udara (*gas inlet*) pada *twin fluid atomizer* terhadap sudut *spray*.

4.4 Analisa grafik

4.4.1 Grafik Hubungan antara Debit Air dengan Tekanan Air Masuk Nosel



Gambar 4.2 : Grafik hubungan antara debit air dengan tekanan air masuk nosel

Pada grafik 4.2 dapat dilihat bahwa dengan seiring bertambahnya debit air, maka akan mempengaruhi tekanan air masuk pada *twin fluid atomizer*. Semakin besar debit air maka tekanan air masuk pada *twin fluid atomizer* juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya debit air maka kecepatan air pada sisi masuk nosel juga akan semakin besar. *Losses* (kehilangan energi) yang terjadi pada aliran fluida sebanding dengan kuadrat kecepatan fluida, sehingga semakin besar debit (kecepatan) air, maka *pressure drop* pada aliran air akan semakin besar, sehingga semakin besar debit air maka tekanan statis pada sisi masuk nosel juga harus semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan Bernoulli yang berkaitan dengan *losses* yaitu :

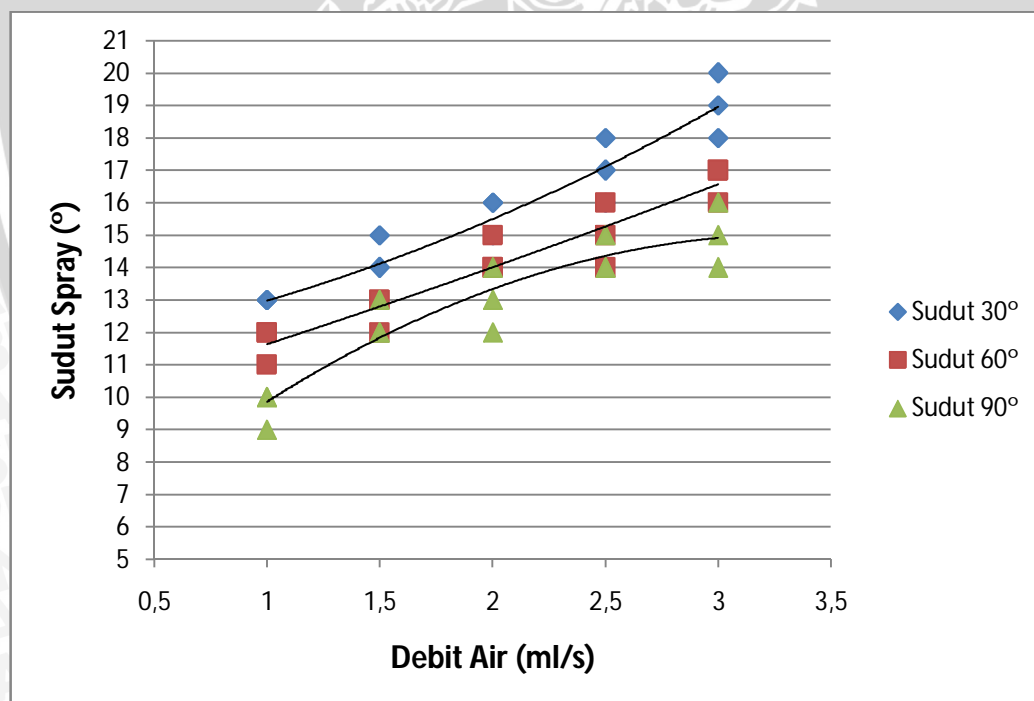
$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2.g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2.g} + z_2 + H_l$$

Pada grafik diatas juga terlihat adanya perbedaan tekanan air masuk *twin fluid atomizer* pada variasi besar sudut alur *swirler* 30°, 60° dan 90° yang disebabkan oleh *pressure drop* yang terjadi pada saat perubahan arah aliran masuk

swirler. Pada saluran masuk udara dengan besar sudut *swirler* 30° memiliki tekanan yang paling besar, hal ini terjadi karena pada sudut *swirler* 30° memiliki perubahan arah aliran fluida yang paling besar sehingga dibutuhkan tekanan yang lebih besar pula untuk fluida melewati *orifice*. Sebaliknya pada sudut *swirler* 90° hanya terjadi penyempitan luas penampang tanpa terjadi perubahan arah aliran sehingga *pressure drop* yang terjadi paling rendah yang menyebabkan tekanan air juga rendah.

Hal ini menunjukkan bahwa kehilangan energi, dalam hal ini ditunjukkan dengan *pressure drop*, yang paling besar terjadi pada nosel dengan besar sudut 30° . Besarnya *pressure drop* dapat diestimasi dari persamaan Bernoulli seperti disebutkan pada bagian sebelumnya. Fluida pada setiap nosel keluar pada tekanan atmosfer, sehingga pada debit (kecepatan) aliran yang sama, besarnya tekanan masuk secara tidak langsung menunjukkan besaran relatif dari kehilangan energi.

4.4.2 Grafik Hubungan antara Sudut *Spray* dengan Debit Air



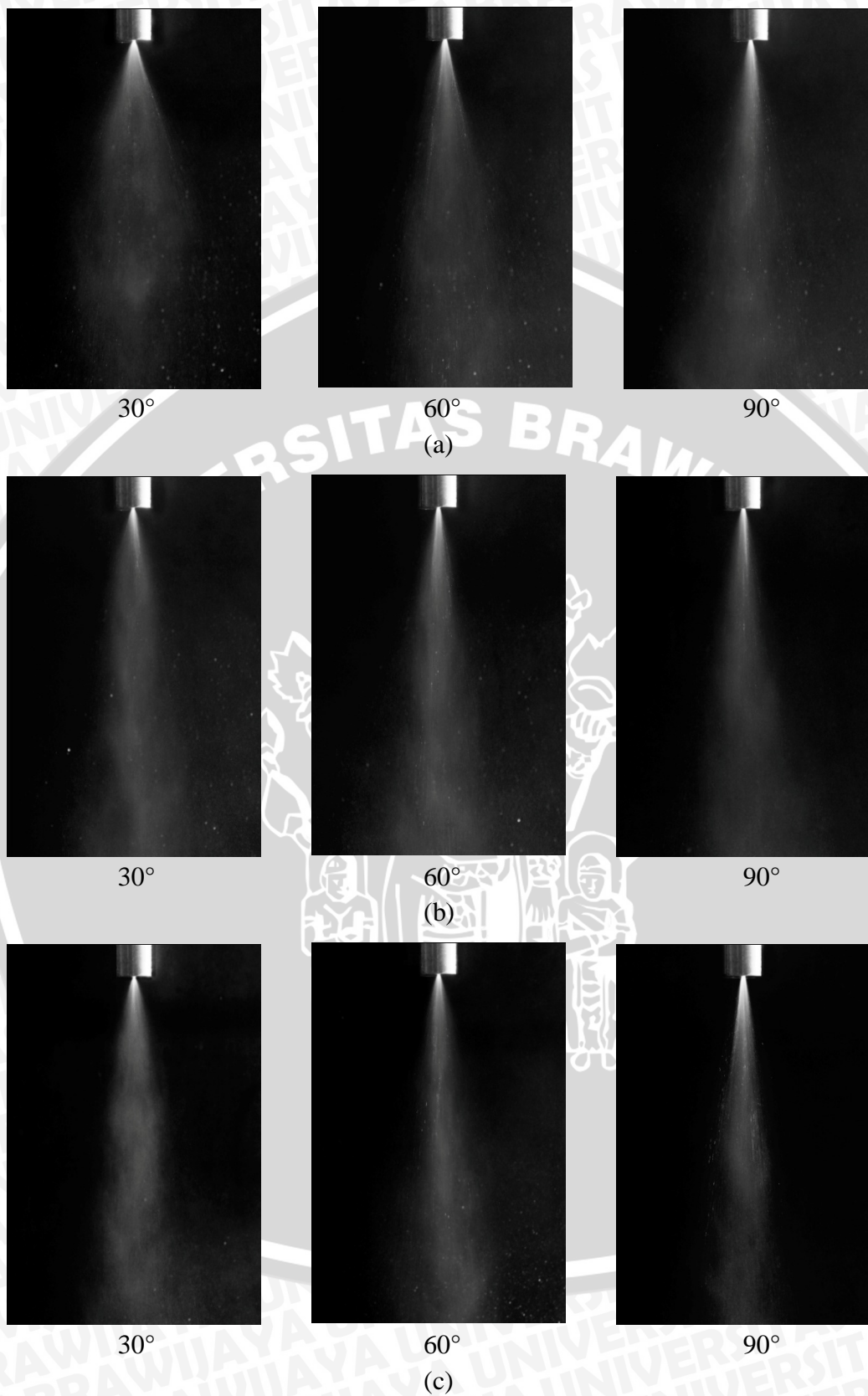
Gambar 4.3 : Grafik hubungan antara debit air dengan sudut *spray*

Pada grafik 4.3 diatas terlihat bahwa perubahan debit aliran air juga mempengaruhi sudut *spray* dari *twin fluid* atomizer, dimana dengan bertambahnya

debit aliran air, maka sudut *spray* yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi debit air maka komponen kecepatan dari fluida tersebut, yaitu kecepatan aksial dan kecepatan radial juga akan semakin tinggi, sehingga semakin besar pula sudut *spray* yang dihasilkan oleh *twin fluid atomizer*.

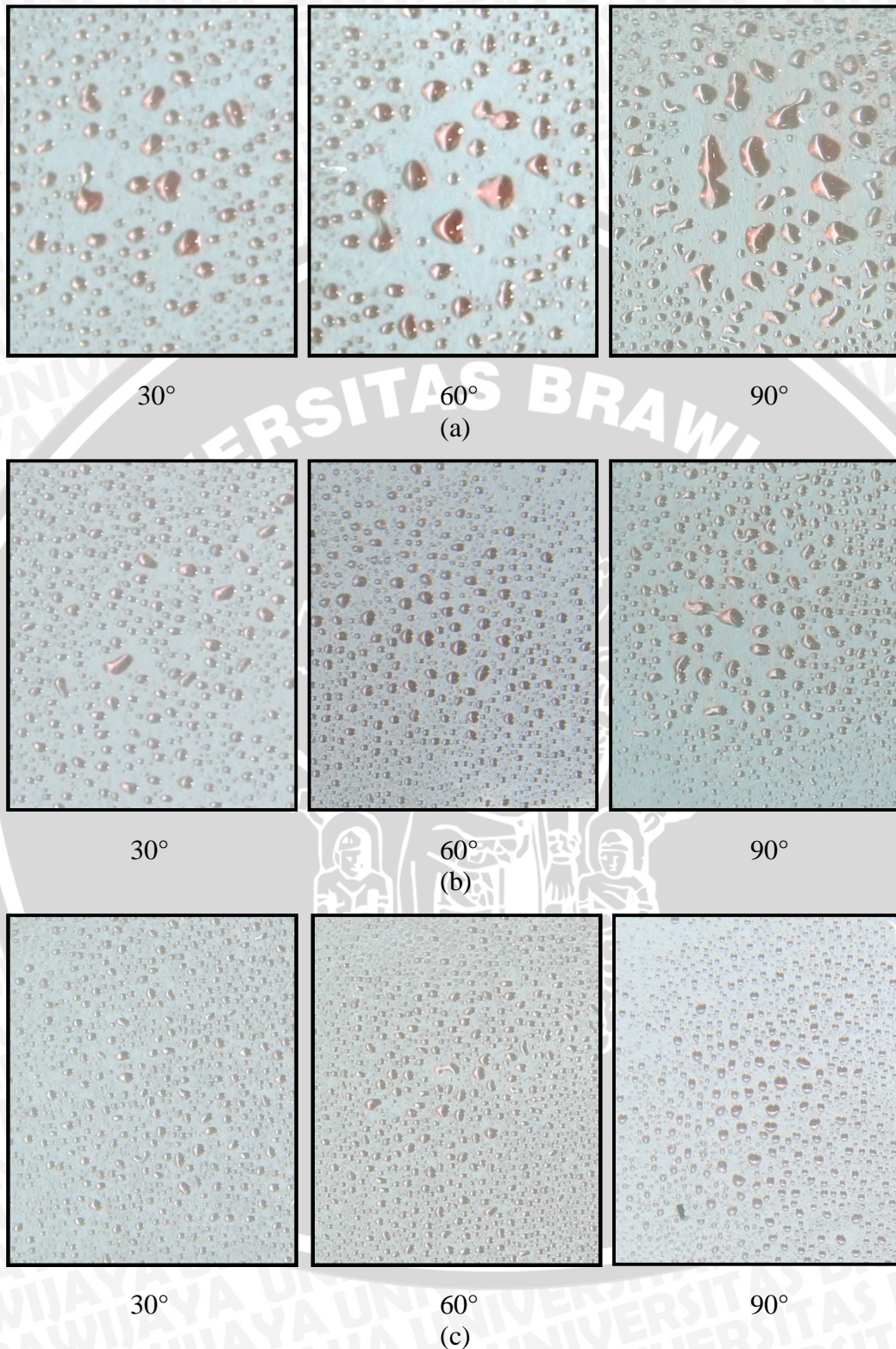
Pada grafik 4.3 juga terlihat adanya perbedaan sudut *spray* yang dihasilkan *twin fluid atomizer* pada variasi sudut alur *swirler* saluran masuk udara 30°, 60°, dan 90°. Seperti penjelasan grafik 4.2, pada sudut alur *swirler* 90° hanya terjadi penyempitan luas penampang tanpa terjadi perubahan arah aliran fluida yang menyebabkan fluida langsung menuju *mixing chamber* sehingga proses pencampuran antara fluida air dan udara dalam *mixing chamber* tidak dapat terjadi secara sempurna. Berbeda pada sudut alur *swirler* 30° dan 60° dimana perubahan arah aliran menyebabkan terjadinya *air core* pada *mixing chamber* sehingga stabilitas aliran fluida cair akan terganggu. Akibatnya, pada debit yang sama, sudut alur *swirler* 90° memiliki sudut *spray* yang paling kecil, sedangkan sudut *spray* yang terjadi pada sudut alur *swirler* 30° menghasilkan sudut *spray* yang paling besar karena *air core* yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan sudut alur *swirler* 60°. Visualisasi hasil *spray* yang dihasilkan oleh *twin fluid atomizer* dapat dilihat pada gambar 4.4.





Gambar 4.4 : Visualisasi *spray* dari *twin fluid atomizer* dengan variasi sudut alur *swirler* saluran masuk udara 30°, 60° dan 90° pada debit (a) 3 ml/s, (b) 2 ml/s, (c) 1 ml/s

4.4.3 Hubungan antara Debit Air dengan Ukuran *Droplet*



Gambar 4.5 : Visualisasi *droplet* dari *twin fluid atomizer* dengan variasi sudut alur *swirler* saluran masuk udara 30°, 60° dan 90° pada debit (a) 3 ml/s, (b) 2 ml/s, (c) 1 ml/s

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa debit air akan mempengaruhi ukuran *droplet*. *Twin fluid atomizer* dengan variasi sudut *swirler* saluran masuk udara sebesar 60° akan menghasilkan *droplet* yang paling kecil pada debit yang besar, sedangkan pada sudut *swirler* 90° akan menghasilkan *droplet* yang paling besar. Hal ini terjadi karena pada sudut alur *swirler* saluran masuk udara sebesar 30° , sudut *spray* yang dihasilkan oleh *twin fluid atomizer* lebih besar dibandingkan dengan dua variasi yang lain pada debit yang besar, sehingga *droplet* yang dihasilkan juga lebih kecil.

Gerakan fluida udara dan air pada *mixing chamber* akan menyebabkan fluida keluar dari *orifice* dalam bentuk *spray sheet* (lembaran tipis). Adanya tegangan permukaan dan gesekan dengan udara luar mengakibatkan *spray sheet* terpecah menjadi ligamen dan selanjutnya terpecah menjadi *droplet*. Semakin besar debit fluida (air) pada sudut *swirler* 60° maka *spray sheet* yang keluar dari *orifice* akan semakin tebal dan panjang, kemudian *spray sheet* akan terpecah menjadi ligamen dengan ukuran yang relatif besar, sehingga semakin besar debit fluida (air) maka akan menghasilkan *droplet* dengan ukuran yang lebih besar. Jika *spray sheet* yang keluar dari *orifice* tipis maka *spray sheet* yang terbentuk akan lebih pendek dan menghasilkan *droplet* yang lebih halus dan jika *spray sheet* yang keluar dari *orifice* tebal maka *spray sheet* yang terbentuk akan lebih panjang dan menghasilkan *droplet* dengan ukuran yang lebih besar. Pada debit fluida cair yang sama, sudut *spray* yang lebih besar memiliki *spray sheet* yang lebih tipis, sehingga *spray* dengan sudut yang lebih besar memiliki ukuran *droplet* yang lebih kecil.

Untuk distribusi *droplet*nya, pada sudut alur *swirler* saluran masuk udara dengan sudut 30° , 60° dan 90° , *spray* yang dihasilkan berbetuk *solid cone* dengan distribusi *droplet* yang tidak cukup merata. Hal ini terjadi karena *spray sheet* yang keluar dari *orifice* ada yang tipis dan ada yang tebal, sehingga *droplet* yang dihasilkan menjadi kecil dan besar dalam satu kali *spray* pada tiap variasi sudut *swirler* saluran masuk udara dengan besar sudut yang berbeda - beda.