

BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada tahap result pada simulasi menggunakan *software* ANSYS WORKBENCH 13.0. Agar hasil simulasi dapat diterima, maka dilakukan validasi dengan menggunakan data hasil eksperimen. Data hasil eksperimen dapat dilihat pada tabel 4.1. Sedangkan data hasil simulasi dengan variasi 1 saluran masuk, 2 saluran masuk dan 4 saluran masuk dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4. Ada 2 simulasi yang dilakukan pada studi numerik ini yaitu simulasi untuk validasi dan simulasi untuk data variasi. Simulasi untuk data variasi dapat dilaksanakan apabila hasil dari simulasi untuk validasi dapat diterima. Langkah-langkah untuk kedua simulasi ini sama. Berikut adalah langkah-langkah simulasi untuk validasi menggunakan 1 saluran masuk dengan bilangan Reynolds 2000.

1. Menggambar domain fisik

Domain fisik yang digunakan untuk simulasi berdiameter 1,5 mm dengan panjang saluran masuk 5 mm. Gambar domain fisik yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.3. Langkah ini ada pada kotak dialog *Geometry* pada *software* ANSYS WORKBENCH 13.0.

2. Melakukan *grid generation*

Grid generation atau *meshing* domain fisik yang dilakukan ditunjukkan oleh gambar 3.6. Langkah ini ada pada kotak dialog *Mesh* pada *software* ANSYS WORKBENCH 13.0.

3. *Setting* pada bagian *solution* ANSYS

Pada kotak dialog *solution* terdapat beberapa kolom yang harus disesuaikan dengan kondisi pemodelan masalah yang dilakukan. Pengimplementasian langkah-langkah KDF *pre-processor*, *processor* dan *post-processor* terdapat pada kotak dialog ini.

Pertama-tama akan dilakukan pengaturan pada langkah *pre-processor*. Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan model turbulensi yang digunakan. Dalam hal ini model turbulensi yang digunakan adalah k-epsilon (2 eqn). Setelah itu menentukan fluida kerja yang digunakan. Pemilihan fluida kerja terdapat pada kolom material. Pada kolom ini pilih *diesel-liquid* sebagai fluida

kerja yang digunakan. Penentuan kondisi batas terdapat pada kolom *boundary condition*. Berikut ini adalah jenis kondisi batas yang digunakan.

- Saluran masuk
 $V_r = 0, V_\theta = 4,4, V_z = 0$
- Saluran keluar
 $P_{out} = P_{ATM} = 0$
- Dinding
 $V_r = V_\theta = V_z = 0$

Kondisi batas pada sisi saluran masuk memiliki tipe *velocity-inlet*, pada saluran keluar memiliki tipe *pressure-outlet* dan pada dinding memiliki tipe *wall*. Pada saluran masuk dimasukkan kecepatan sebesar 4,4 m/s. Besaran kecepatan yang dimasukkan pada saluran masuk diperoleh dari perhitungan :

$$Re = 2000$$

$$D \text{ inlet} = 1,5 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas absolut minyak diesel} = 0,0024 \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Densitas minyak diesel} = 730 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas kinematik} = \vartheta = \frac{\nu}{\rho} = \frac{0,0024}{730} = 3,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Maka kecepatan fluida yang diperoleh adalah

$$Re = \frac{V \times d}{\vartheta}$$

$$2000 = \frac{V \times 1,5 \times 10^{-3}}{3,3 \times 10^{-6}}$$

$$2000 = V \times 454,54$$

$$V = \frac{2000}{454,54} = 4,4 \text{ m/s}$$

Pada tahap *processor* dilakukan pengaturan tentang pemilihan persamaan atur yang digunakan. Pada bagian *solution method* terdapat beberapa kolom yang ditentukan. Kolom pitu adalah *pressure – velocity coupling* (pilih *SIMPLE scheme*), kemudian di *spatial discretization* ada 5 tahapan yaitu *gradient* (pilih *least squares cell based*), *pressure* (pilih *standart*), *momentum* (pilih *first order upwind*), *turbulent kinetic energy* (pilih *first order upwind*), dan *turbulent dissipation rate* (pilih *first order upwind*). Bagian *solution initialization* adalah bagian yang berfungsi untuk mendapatkan taksiran awal dari saluran masuk. kriteria konvergensi yang digunakan adalah 10^{-3} hal ini berarti simulasi akan konvergen

bila residual diagram dari tiap besaran sudah lebih kecil dari 10^{-3} . Setelah melakukan pengaturan-pengaturan tersebut diatas maka program di *run*.

4. *Post-processor*

Langkah *post-processor* dilakukan pada kotak dialog CFD *Post*. Pamilihan langkah *post-processor* pada kotak dialog CFD *Post* karena pada kotak dialog ini disajikan banyak cara dari penampilan hasil simulasi. Disamping itu pada kotak dialog ini diberikan fitur yang dapat digunakan untuk menampilkan hasil simulasi untuk komponen kecepatan fluida pada bidang silindris. Komponen-komponen kecepatan ini ditampilkan menggunakan kontur kecepatan.

4.2 Contoh Perhitungan Data

A. Data-data dari *pressure swirl atomizer*

Data hasil simulasi *pressure swirl atomizer* adalah data kecepatan setiap titik pada sisi keluar dan tekanan di setiap titik pada sisi masuk serta keluar. Pada contoh perhitungan ini data yang digunakan adalah data pada 1 saluran masuk dan bilangan Reynolds 2000. Contoh perhitungan data hasil simulasi dilakukan untuk data pada *pressure swirl atomizer* dengan 1 saluran masuk dan bilangan Reynolds 2000. Data hasil simulasi ini diekspor dari *software* ANSYS menuju *software* Microsoft Excel. Data hasil simulasi dapat dilihat pada lampiran 1.

B. Contoh Perhitungan Data

Data yang diperoleh dari hasil simulasi adalah data pada tiap titik. Sedangkan untuk menghitung sudut *spray* digunakan data kecepatan rata-rata pada sisi keluar nosel. Sedangkan untuk *discharge coefficient* data yang digunakan adalah beda tekanan pada sisi masuk dengan sisi keluar nosel. Namun tekanan pada sisi keluar sama dengan tekanan atmosfer yang sama dengan 0. Maka besarnya beda tekanan sama dengan tekanan pada sisi masuk. Berikut ini adalah contoh perhitungan sudut *spray* dan *discharge coefficient* pada variasi 1 saluran masuk dengan bilangan Reynolds 2000.

1. Perhitungan Sudut *spray*

- Komponen kecepatan radial (V_r)

Komponen kecepatan radial pada contoh perhitungan ini adalah komponen kecepatan radial rata-rata. Komponen kecepatan radial ini akan digunakan

untuk menghitung sudut *spray*. Perhitungan komponen kecepatan radial rata-rata ini dilakukan dengan menjumlahkan pembagian dari perkalian kecepatan radial, aksial dan luas permukaan dan perkalian kecepatan aksial dengan luas permukaan mulai dari titik pertama sampai titik ke 312. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada titik pertama dengan data:

$$V_{r1} = 0,28 \text{ m/s}$$

$$V_{z1} = 12,4 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 1,75 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Sehingga besar komponen kecepatan radial pada titik pertama adalah

$$\frac{V_{r1} \times V_{z1} \times A_1}{V_{z1} \times A_1} = \frac{0,28 \times 12,4 \times 1,75 \times 10^{-8}}{12,4 \times 1,75 \times 10^{-8}} = 0,28 \text{ m/s}$$

Maka besar komponen kecepatan radial rata-rata adalah

$$\frac{\sum_{i=1}^{312} V_{ri} \times V_{zi} \times A_i}{\sum_{i=1}^{312} V_{zi} \times A_i} = 1,17 \text{ m/s}$$

- Komponen kecepatan tangensial (V_{θ})

Komponen kecepatan tangensial pada contoh perhitungan ini adalah komponen kecepatan tangensial rata-rata. Komponen kecepatan tangensial ini akan digunakan untuk menghitung sudut *spray*. Perhitungan komponen kecepatan tangensial rata-rata ini dilakukan dengan menjumlahkan pembagian dari perkalian kecepatan tangensial, aksial dan luas permukaan dengan perkalian kecepatan aksial dan luas permukaan mulai dari titik pertama sampai titik ke 312. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada titik pertama dengan data :

$$V_{\theta 1} = 0,15 \text{ m/s}$$

$$V_{z1} = 12,4 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 1,75 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Sehingga besar komponen kecepatan tangensial pada titik pertama adalah

$$\frac{V_{\theta 1} \times V_{z1} \times A_1}{V_{z1} \times A_1} = \frac{0,15 \times 12,4 \times 1,75 \times 10^{-8}}{12,4 \times 1,75 \times 10^{-8}} = 0,15 \text{ m/s}$$

Maka besar komponen kecepatan tangensial rata-rata adalah

$$\frac{\sum_{i=1}^{312} V_{\theta i} \times V_{zi} \times A_i}{\sum_{i=1}^{312} V_{zi} \times A_i} = 3,28 \text{ m/s}$$

- Komponen kecepatan aksial (V_z)

Komponen kecepatan aksial pada contoh perhitungan ini adalah komponen kecepatan aksial rata-rata. Komponen kecepatan aksial ini akan digunakan untuk menghitung sudut *spray*. Perhitungan komponen kecepatan aksial rata-rata ini dilakukan dengan menjumlahkan pembagian dari perkalian kecepatan aksial dan luas permukaan dengan luas permukaan mulai dari titik pertama sampai titik ke 312. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada titik pertama dengan data :

$$V_{z1} = 12,4 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 1,75 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Sehingga besar komponen kecepatan aksial pada titik pertama adalah

$$\frac{V_{z1} \times A_1}{A_1} = \frac{12,4 \times 1,75 \times 10^{-8}}{1,75 \times 10^{-8}} = 12,4 \text{ m/s}$$

Maka besar komponen kecepatan aksial rata-rata adalah

$$\frac{\sum_{i=1}^{312} V_{zi} \times A_i}{\sum_{i=1}^{344} A_i} = 9,76 \text{ m/s}$$

- Sudut *spray* (θ)

Rumus yang digunakan untuk menghitung sudut *spray* adalah

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(\frac{V_z}{\sqrt{(V_z^2 + V_r^2 + V_\theta^2)}} \right)$$

Besar komponen kecepatan rata-rata dari variasi 1 saluran masuk dengan bilangan Reynolds 2000

$$V_r = 1,17 \text{ m/s}$$

$$V_\theta = 3,28 \text{ m/s}$$

$$V_z = 9,76 \text{ m/s}$$

Sehingga besarnya sudut *spray* pada variasi 1 saluran masuk dengan bilangan Reynolds 2000 adalah

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(\frac{V_z}{\sqrt{(V_z^2 + V_r^2 + V_\theta^2)}} \right) = 2 \cos^{-1} \left(\frac{9,76}{\sqrt{(9,76^2 + 1,17^2 + 3,28^2)}} \right) =$$

$$39,27^\circ \approx 39^\circ$$

2. Perhitungan *discharge coefficient*

- Debit fluida

Inputan yang digunakan adalah

1. Kecepatan masuk sebesar

$$V = 4,4 \text{ m/s}$$

2. Luas permukaan saluran masuk

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4}\pi(1,5 \times 10^{-3})^2 = 1,76 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

3. Debit fluida

$$Q = V \times A = 4,4 \times 1,76 \times 10^{-6} = 7,78 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Luas permukaan *orifice*

Diameter *orifice* = 1 mm

$$A_o = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4}\pi(1 \times 10^{-3})^2 = 0,78 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

- Beda tekanan sisi masuk dan sisi keluar

Beda tekanan pada contoh perhitungan ini adalah Beda tekanan rata-rata. Beda tekanan ini akan digunakan untuk menghitung *discharge coefficient*. Perhitungan Beda tekanan rata-rata ini dilakukan dengan menjumlahkan pembagian dari perkalian tekanan masuk dan luas permukaan dengan luas permukaan mulai dari titik pertama sampai titik ke 344. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada titik pertama:

$$p_1 = 8,62 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$A_1 = 4,11 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

Sehingga besar tekanan masuk pada titik pertama adalah

$$\frac{p_1 \times A_1}{A_1} = \frac{8,62 \times 10^4 \times 4,11 \times 10^{-8}}{4,11 \times 10^{-8}} = 8,62 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Maka besarnya tekanan rata-rata adalah

$$\frac{\sum_{i=1}^{344} p_i \times A_i}{\sum_{i=1}^{344} A_i} = \frac{0,148 \times 1,74 \times 10^{-6}}{1,74 \times 10^{-6}} = 8,47 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Sehingga beda tekanan antara sisi masuk dan keluar adalah

$$8,47 \times 10^4 - 0 = 8,47 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

➤ *Discharge coefficient*

Rumus yang digunakan untuk menghitung *discharge coefficient* adalah

$$C_d = \frac{Q}{A_0 \left(\frac{2\Delta p}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Besarnya inputan yang digunakan untuk menghitung *discharge coefficient* adalah :

$$Q = 7,78 \times 10^{-9}$$

$$A_0 = 0,78 \times 10^{-6} m^2$$

$$\rho = 730 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = 1,02 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Sehingga besarnya *discharge coefficient* pada variasi 1 saluran masuk dengan bilangan Reynolds 2000 adalah

$$C_d = \frac{Q}{A_0 \left(\frac{2\Delta p}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{7,78 \times 10^{-6}}{0,78 \times 10^{-6} \left(\frac{2 \times 1,02 \times 10^5}{730} \right)^{\frac{1}{2}}} = 0,5838 \approx 0,58$$

4.3 Data Hasil Penelitian

Data perhitungan hasil simulasi diatas berupa berupa beda tekanan masuk (Δp) dan komponen kecepatan keluar fluida (komponen radial (V_r) komponen aksial (V_z) dan komponen tangensial (V_θ)) serta data hasil perhitungan sudut *spray* (Θ) dan *discharge coefficient* (C_d) yang akan divalidasi dengan menggunakan data hasil eksperimen pada tabel 4.1. Data hasil eksperimen ditampilkan dalam bentuk tabel pada tabel 4.2, 4.3 dan 4.4 berikut ini:

Tabel 4.1 Data hasil eksperimen untuk validasi program

Bilangan Reynolds	<i>Spray cone angle</i> (°)	<i>Coefficient of discharge</i>
2000	40	0.67
2500	43	0.62
3000	45	0.55
3500	47	0.52
4000	55	0.50

Tabel 4.2 Data hasil simulasi 1 saluran masuk

Bilangan Reynolds	Kecepatan			Tekanan	Discharge coefficient	Sudut spray
	Vr	V θ	Vz			
2000	1,17E+00	3,28E+00	9,76E+00	8,47E+04	0,64	39
2500	1,45E+00	4,23E+00	1,23E+01	1,24E+05	0,67	40
3000	1,53E+00	5,23E+00	1,47E+01	1,64E+05	0,69	41
3500	1,73E+00	6,37E+00	1,72E+01	2,14E+05	0,71	42
4000	1,87E+00	8,57E+00	1,94E+01	2,62E+05	0,72	49

Tabel 4.3 Data hasil simulasi 2 saluran masuk

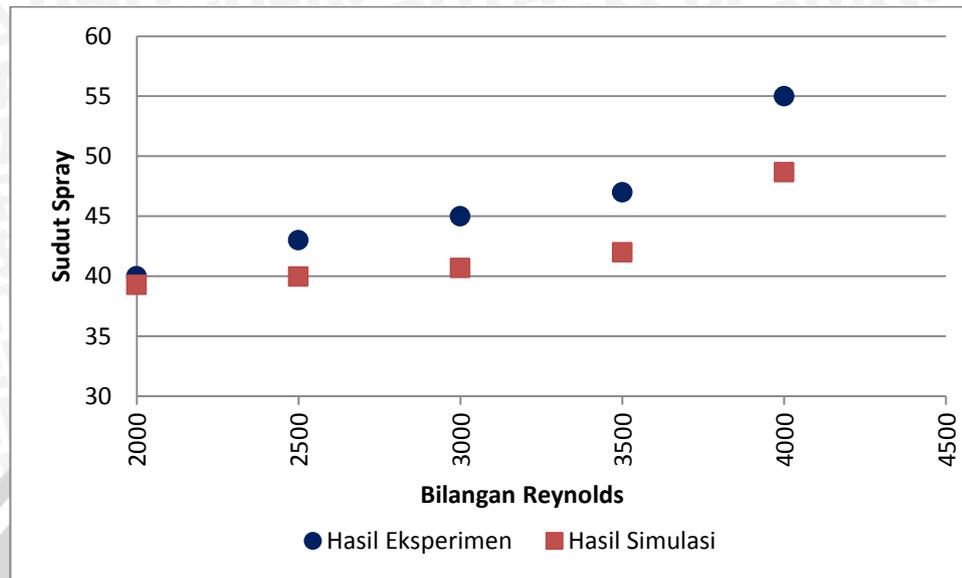
Bilangan Reynolds	Kecepatan			Tekanan	Discharge coefficient	Sudut spray
	Vr	V θ	Vz			
2000	2,37E+00	6,37E+00	1,38E+01	1,38E+05	0,71	52
2500	4,86E+00	7,14E+00	1,71E+01	2,06E+05	0,72	54
3000	6,56E+00	8,56E+00	2,06E+01	2,94E+05	0,73	55
3500	8,62E+00	9,44E+00	2,39E+01	3,78E+05	0,74	56
4000	1,12E+01	1,02E+01	2,76E+01	4,88E+05	0,75	58

Tabel 4.4 Data hasil simulasi 4 saluran masuk

Bilangan Reynolds	Kecepatan			Tekanan	Discharge coefficient	Sudut spray
	Vr	V θ	Vz			
2000	7,82E+00	6,43E+00	1,96E+01	2,74E+05	0,72	55
2500	8,78E+00	9,97E+00	2,45E+01	4,16E+05	0,73	57
3000	9,57E+00	1,33E+01	2,94E+01	5,77E+05	0,74	58
3500	1,06E+01	1,64E+01	3,42E+01	7,64E+05	0,75	59
4000	1,28E+01	1,92E+01	3,91E+01	9,56E+05	0,76	61

4.4 Analisa Grafik

4.4.1 Grafik validasi hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds



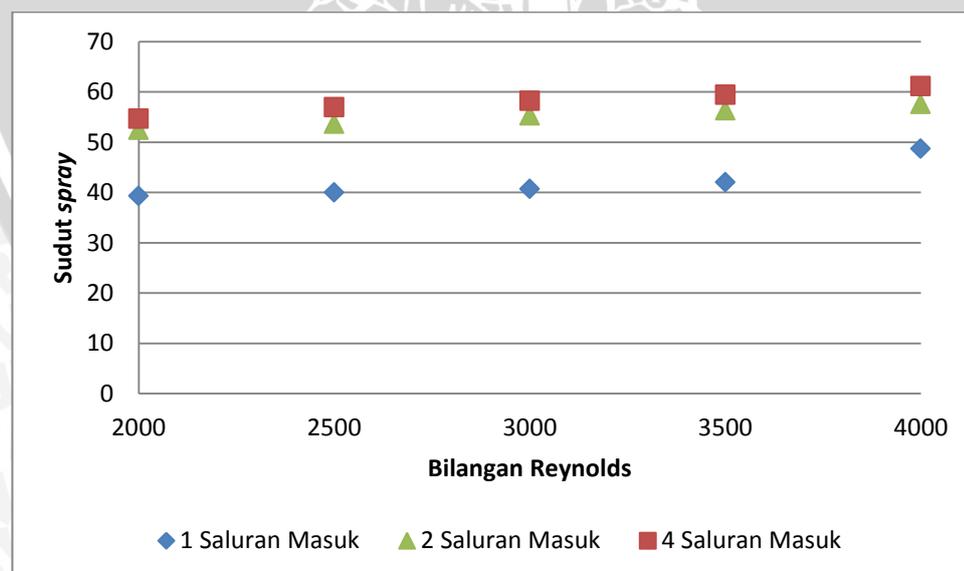
Gambar 4.1 : Grafik hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds

Gambar 4.1 merupakan grafik hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds yang digunakan untuk validasi hasil simulasi dengan hasil eksperimen. Dari gambar diatas terlihat dengan bertambahnya bilangan Reynolds maka sudut *spray* yang terbentuk juga semakin besar. Hasil dari simulasi menunjukkan tren yang sama dengan hasil dari eksperimen. Sudut *spray* semakin meningkat dengan meningkatnya bilangan Reynolds dari minyak diesel. Semakin meningkatnya bilangan Reynolds akan mengakibatkan kecepatan masuk fluida akan semakin besar. Semakin besar kecepatan masuk fluida dengan diameter saluran masuk yang sama akan mengakibatkan pusaran fluida pada *swirl chamber* menjadi lebih besar dari pada aliran dengan kecepatan masuk yang lebih kecil. Besarnya pusaran fluida akan mengakibatkan komponen kecepatan radial, aksial dan tangensial akan menjadi lebih besar. Besarnya komponen kecepatan radial fluida yang keluar akan mengakibatkan sudut *spray* yang terbentuk akan semakin besar.

Validasi dilakukan dengan mensimulasikan hasil eksperimen dengan geometri dan kondisi fluida kerja yang sama. Validasi akan diterima apabila besarnya penyimpangan lebih kecil dari penyimpangan yang telah ditentukan. Besarnya penyimpangan yang diterima dari hasil simulasi adalah kurang dari 10%. Pada bilangan Reynolds 2000 dan 2500 penyimpangan yang didapat dari hasil simulasi dengan hasil

numerik adalah 2 % dan 7 %. Tetapi pada bilangan Reynolds 3000 sampai 4000 didapat harga penyimpangan yang lebih besar dari yang telah ditetapkan. Penyimpangan pada bilangan Reynolds 3000, 3500 dan 4000 adalah 10%, 11% dan 12%. Besarnya penyimpangan ini dikarenakan pada hasil eksperimen terdapat *air core* pada rentang bilangan Reynolds ini. Adanya *air core* mengakibatkan sebagian saluran *orifice* terisi udara sehingga bagian saluran yang dilewati fluida cair menjadi lebih sempit. Dengan tertutupnya sebagian saluran keluar fluida cair dengan udara mengakibatkan komponen kecepatan fluida baik aksial, radial maupun tangensial menjadi lebih besar. Sehingga sudut *spray* yang terbentuk akan lebih besar. Analisa numerik yang dilakukan tidak mensimulasikan *air core*. Hal inilah yang mengakibatkan sudut *spray* dari hasil simulasi memiliki nilai penyimpangan lebih besar dari yang telah ditentukan dan menghasilkan sudut *spray* yang lebih kecil dari hasil eksperimen. Dengan demikian hasil simulasi yang dapat diterima adalah simulasi pada bilangan Reynolds 2000 dan 2500. Pada bilangan Reynolds lebih besar dari 2500, besarnya sudut *spray* yang diperoleh tidak sesuai dengan hasil eksperimen. Bagaimanapun kecenderungan yang ditunjukkan adalah sama. Sehingga program ini akan digunakan untuk mensimulasikan sudut *spray* dan *discharge coefficient* dengan variasi jumlah saluran masuk.

4.3.2 Grafik hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds

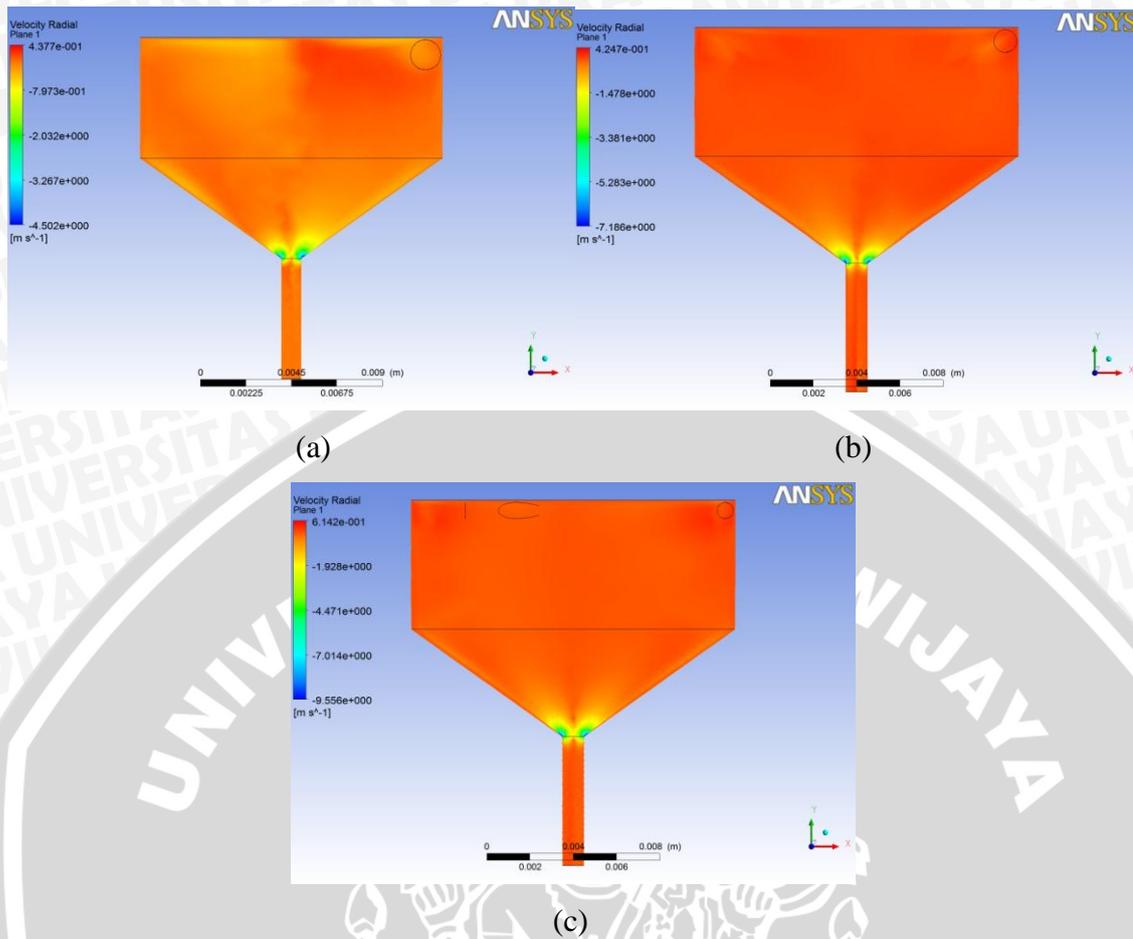


Gambar 4.2 : Grafik hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds

Gambar 4.2 merupakan grafik hubungan sudut *spray* dengan bilangan Reynolds hasil simulasi dengan variasi jumlah saluran masuk 1, 2 dan 4. Dari grafik diatas terlihat bahwa semakin banyak jumlah saluran masuk dengan bilangan Reynolds yang sama, sudut *spray* semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan bilangan Reynolds yang sama dan jumlah saluran masuk yang semakin banyak mengakibatkan pusaran fluida pada *swirl chamber* akan semakin kuat. Kuatnya pusaran fluida mengakibatkan komponen kecepatan radial fluida semakin besar. Besarnya komponen kecepatan radial akan mengakibatkan sudut *spray* semakin besar dengan semakin bertambahnya jumlah saluran masuk.

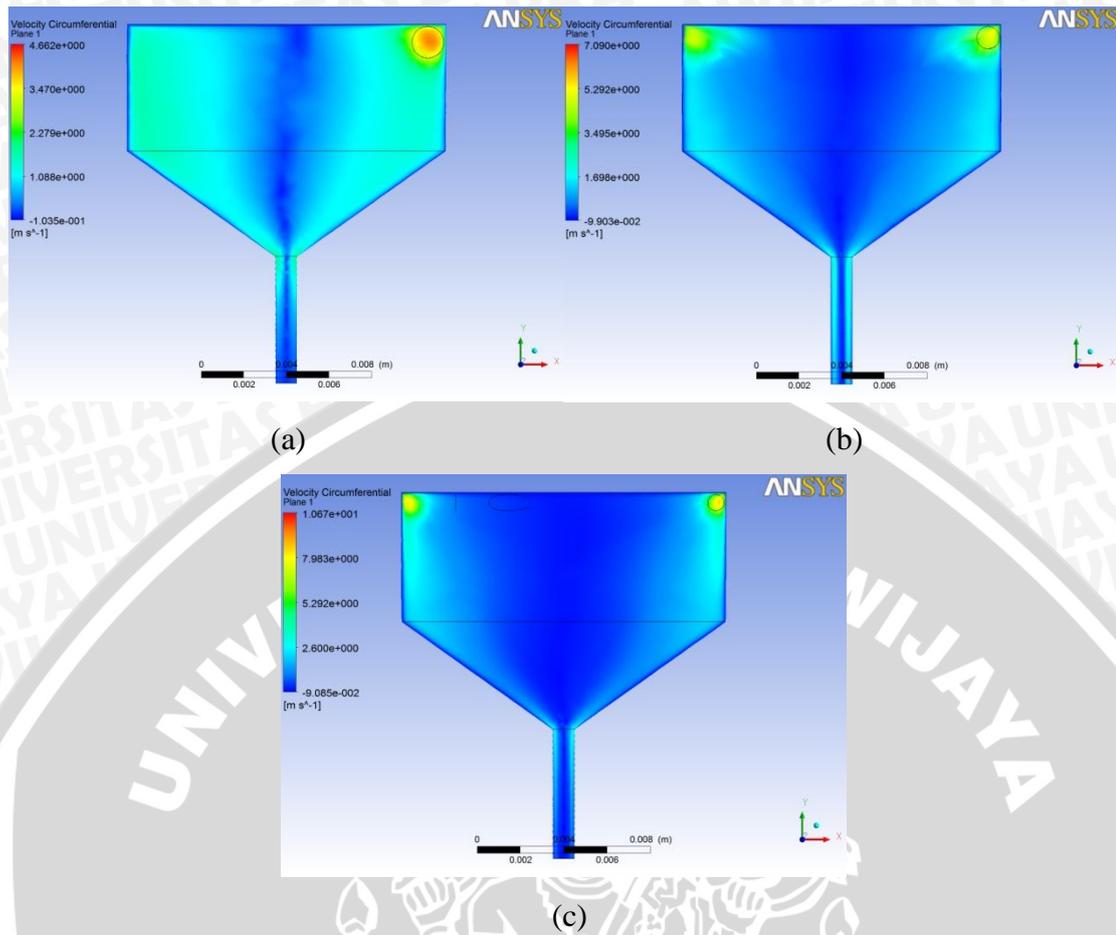
Pada saluran masuk berjumlah satu, pusaran fluida tidak sekuat pada saluran masuk berjumlah 2 dan 4. Hal ini terlihat pada saluran masuk 1 dengan bilangan Reynolds 2000 diperoleh kecepatan tangensial, radial dan aksial rata-rata pada sisi keluar berturut-turut 3,28 m/s, 1,17 m/s dan 9,76 m/s. Sedangkan pada variasi 2 saluran dengan bilangan Reynolds yang sama diperoleh kecepatan tangensial, radial dan aksial rata-rata pada sisi keluar sebesar 6,37 m/s, 2,37 m/s dan 13,8 m/s. Pada variasi 4 saluran dengan bilangan Reynolds 2000 diperoleh kecepatan tangensial, radial dan aksial rata-rata pada sisi keluar berturut-turut 6,43 m/s, 7,28 m/s dan 19,6 m/s. Dari hasil diatas terlihat bahwa semakin banyak jumlah saluran masuknya maka akan menghasilkan kecepatan yang semakin besar sehingga sudut *spray* yang terbentuk akan semakin besar.





Gambar 4.3 : Kontur komponen kecepatan radial pada $Re = 2000$ pada nosel dengan (a) 1 saluran masuk (b) 2 saluran masuk (c) 4 saluran masuk

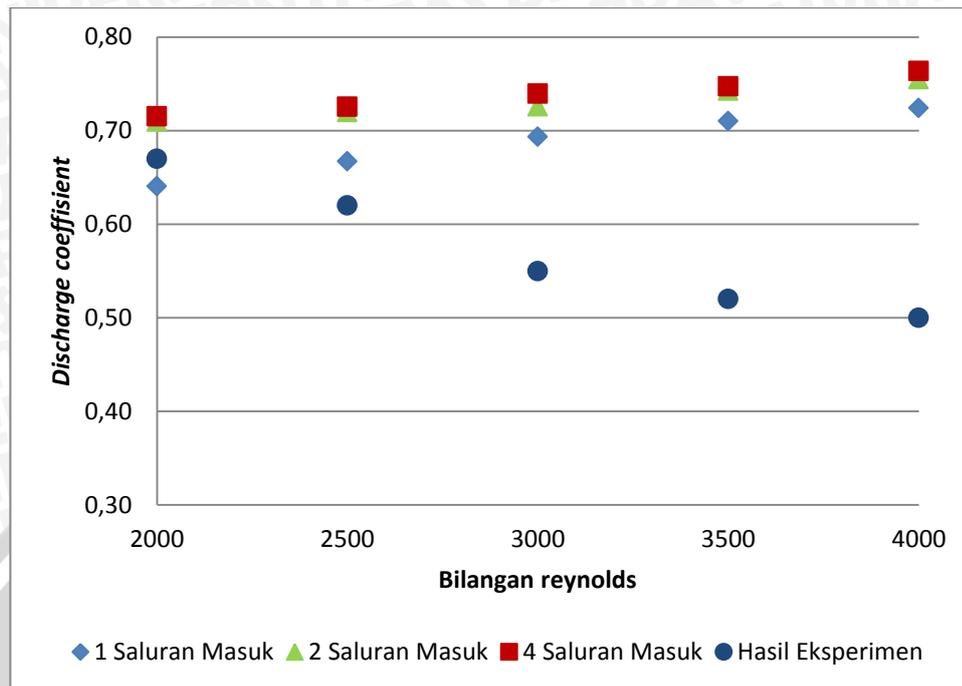
Gambar 4.3 diatas adalah gambar kontur komponen kecepatan radial. Dari gambar diatas dapat dilihat dengan semakin bertambahnya jumlah saluran masuk maka komponen kecepatan radial akan semakin besar. Besarnya komponen kecepatan radial dikarenakan semakin banyak saluran masuk maka pusaran fluida pada *swirl chamber* akan semakin kuat. Kuatnya pusaran fluida akan mengakibatkan komponen kecepatan radial semakin besar sehingga sudut *spray* yang terbentuk akan semakin besar dengan semakin bertambahnya saluran masuk fluida. Hal ini didukung dengan hasil simulasi pada gambar 4.3 diatas. Pada gambar (a) tampak warna dari kontur lebih terang dari gambar (b) dan (c). Disamping itu skala pada ketiga gambar semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah saluran masuk.



Gambar 4.4 : kontur komponen kecepatan tangensial pada $Re=2000$ pada nosel dengan (a) 1 saluran masuk (b) 2 saluran masuk (c) 4 saluran masuk

Gambar 4.4 diatas adalah gambar kontur komponen kecepatan tangensial. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pusaran fluida lebih besar pada variasi saluran masuk berjumlah 4. Warna biru di *swirl chamber* memiliki nilai minus. Tanda minus pada komponen kecepatan tangensial menunjukkan arah putaran berlawanan dengan arah jarum jam. Sedangkan tanda positif berarti searah dengan arah jarum jam. Pada kontur komponen kecepatan tangensial 1 saluran masuk menunjukkan besarnya kecepatan yang melawan arah jarum jam lebih besar dari pada variasi yang lain. Besarnya kecepatan yang melawan arah jarum jam akan mengakibatkan pusaran fluida melemah. Besarnya kecepatan yang melawan arah jarum jam dapat dilihat pada skala kontur kecepatan. Pada variasi 2 dan 4 saluran masuk kecepatan yang melawan arah jarum jam lebih kecil. Sehingga menyebabkan pusaran fluida menjadi lebih kuat dari pada variasi 1 saluran masuk.

4.3.3 Grafik hubungan *discharge coefficient* terhadap bilangan Reynolds



Gambar 4.5 : Grafik hubungan *discharge coefficient* terhadap bilangan Reynolds

Gambar 4.5 merupakan grafik hubungan *discharge coefficient* terhadap bilangan Reynolds dengan variasi jumlah saluran masuk 1, 2 dan 4. Semakin besar bilangan Reynolds dengan jumlah saluran masuk yang sama idealnya akan diperoleh besarnya *discharge coefficient* yang semakin kecil. Pada gambar diatas terlihat dengan semakin banyak saluran masuk maka nilai *discharge coefficient* semakin besar. Hal ini merupakan penyimpangan dari hasil simulasi bila dibandingkan dengan hasil eksperimen. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa semakin besar bilangan Reynolds maka *discharge coefficient* akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada hasil eksperimen terdapat *air core* di *swirl chamber*. Sedangkan analisa numerik yang dilakukan tidak mensimulasikan *air core*. *Air core* adalah ruang kosong berisi udara pada tengah-tengah *swirl chamber*. *Air core* akan mengakibatkan saluran keluar pada *orifice* sedikit tersumbat. Penyumbatan ini terjadi karena sebagian saluran *orifice* ditampati udara, sehingga saluran tempat fluida cair menjadi semakin kecil. Hal ini mengakibatkan *losses* menjadi besar dan *discharge coefficient* menjadi kecil. Dengan tidak mensimulasikan *air core* maka tidak terjadi penyumbatan pada *orifice* sehingga *losses* yang terjadi akan kecil dan mengakibatkan harga dari *discharge coefficient* menjadi semakin besar.

Dari gambar diatas juga terlihat bahwa dengan semakin banyak jumlah saluran masuk harga *discharge coefficient* menjadi semakin kecil. Dari gambar 4.3 diatas tampak bahwa *discharge coefficient* pada saluran masuk berjumlah 4 memiliki *discharge coefficient* lebih besar dari pada jumlah saluran masuk yang lain. Jika dicermati menggunakan gambar 4.4 maka terlihat bahwa pada variasi 4 saluran masuk komponen kecepatan tangensial fluida dengan arah yang berlawanan memiliki besaran yang lebih kecil dari pada variasi yang lain. Hal ini akan mengakibatkan *losses* pada 4 saluran masuk menjadi lebih kecil sehingga *discharge coefficient* pada variasi ini menjadi besar. Jika dilihat pada 1 saluran masuk besarnya komponen kecepatan tangensial yang berlawanan lebih besar. Hal ini akan mengakibatkan *losses* pada variasi ini menjadi lebih besar sehingga harga *discharge coefficient* pada 1 saluran masuk akan lebih kecil dari 4 saluran masuk. Untuk variasi 2 saluran masuk, besarnya komponen tangensial yang berlawanan hampir sama dengan 4 saluran masuk namun memiliki harga yang lebih kecil. Sehingga besarnya *discharge coefficient* lebih besar dari 1 saluran masuk namun lebih kecil dari 4 saluran masuk.

