

BAB IV

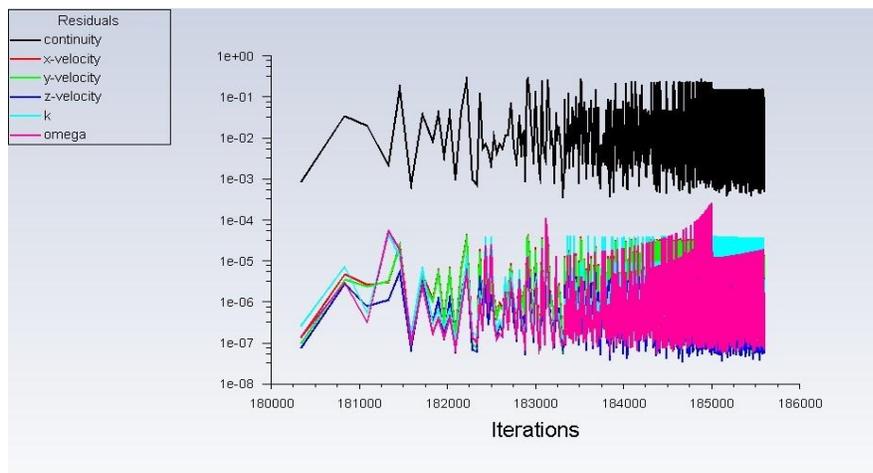
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil *post processing* dari penelitian simulasi distribusi tekanan pada pompa hidram. Hasil yang di peroleh dari post processing ini berupa kontur distribusi tekanan pada pompa hidram.

4.1 Karakteristik Simulasi

Simulasi ini menggunakan model *K-Omega* yang dijalankan dengan kondisi *transient*. Dalam simulasi ini parameter waktu juga turut diperhitugkan sehingga simulasi ini akan terus berlangsung sampai waktu yang telah ditentukan. Simulasi ini, waktu mengacu pada pergerakan katup pengantar dan katup buang pada pompa hidram.

Nilai *time step* untuk simulasi ini adalah sebesar 0,0001 detik, dengan *number of time step* sebanyak 40000 kali. Nilai *time step* tersebut digunakan karena nilainya sesuai dengan waktu simulasi yang dugunakan yaitu 4 detik. Maksimum *iterasi* yang digunakan pada setiap *time step* adalah sebesar 20 *iterasi*, nilai tersebut sudah dirasa cukup untuk meminimalkan waktu pada saat komputasi. Adapun waktu total komputasi yang dibutuhkan melakukan simulasi kurang lebih memakan waktu 72 jam. Simulasi yang dilakukan dipantau melalui grafik residual monitoring, ketika simulasi dijalankan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gamabr 4.2.



Gambar 4. 1 Grafik *Residual Monitoring*

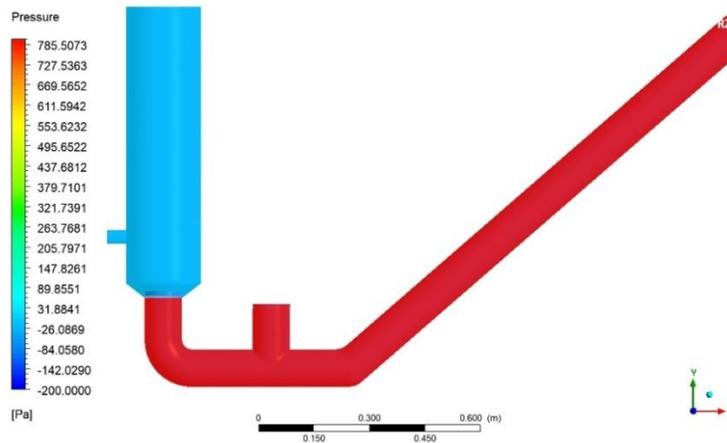
Console								
15553	9.2154e-03	1.5768e-05	1.3096e-05	1.2945e-05	1.9277e-04	3.6471e-05	0:00:14	40
iter	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	omega	time/iter	
15554	7.5318e-03	1.2061e-05	1.0616e-05	1.0063e-05	1.4003e-04	2.7150e-05	0:00:19	39
15555	6.2553e-03	9.4386e-06	8.8619e-06	8.0749e-06	1.0456e-04	2.1100e-05	0:00:15	38
15556	5.2291e-03	7.4139e-06	7.4385e-06	6.6031e-06	8.0133e-05	1.6572e-05	0:00:12	37
15557	4.4327e-03	5.8890e-06	6.2299e-06	5.4337e-06	6.1698e-05	1.2705e-05	0:00:16	36
Interrupting at the end of timestep.								
15558	3.8197e-03	4.9851e-06	5.4265e-06	4.7166e-06	5.1571e-05	1.0802e-05	0:00:13	35
15559	3.4505e-03	4.7849e-06	5.2467e-06	4.5233e-06	3.7202e-05	8.1969e-06	0:00:17	34
15560	2.9123e-03	3.7544e-06	3.9943e-06	3.5078e-06	2.8956e-05	6.4214e-06	0:00:13	33
15561	2.5472e-03	3.3654e-06	3.5277e-06	3.1705e-06	2.2680e-05	5.1402e-06	0:00:10	32
15562	2.2737e-03	3.0735e-06	3.2338e-06	2.9217e-06	1.7882e-05	4.1761e-06	0:00:14	31
15563	2.0618e-03	2.9106e-06	3.0725e-06	2.7610e-06	1.4037e-05	3.3830e-06	0:00:11	30
15564	1.8415e-03	2.5961e-06	2.6805e-06	2.4828e-06	1.0989e-05	2.7342e-06	0:00:14	29
iter	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	omega	time/iter	
15565	1.6891e-03	2.4679e-06	2.5407e-06	2.3720e-06	8.7541e-06	2.3449e-06	0:00:11	28
15566	1.6560e-03	2.5893e-06	2.6914e-06	2.4992e-06	6.9289e-06	1.8723e-06	0:00:08	27
15567	1.4861e-03	2.2482e-06	2.2796e-06	2.1656e-06	5.5294e-06	1.5354e-06	0:00:12	26
15568	1.3752e-03	2.2147e-06	2.2406e-06	2.1459e-06	4.4613e-06	1.3426e-06	0:00:09	25
15569	1.3747e-03	2.2610e-06	2.2894e-06	2.1875e-06	3.5981e-06	1.1169e-06	0:00:07	24
15570	1.2863e-03	2.0610e-06	2.0720e-06	1.9991e-06	2.9371e-06	9.2246e-07	0:00:10	23
15571	1.1922e-03	1.9864e-06	1.9912e-06	1.9247e-06	2.4195e-06	7.9932e-07	0:00:08	22
15572	1.1407e-03	1.9885e-06	1.9881e-06	1.9285e-06	2.3395e-06	7.8907e-07	0:00:10	21
15573	1.1053e-03	2.0014e-06	1.9860e-06	1.9444e-06	1.5859e-06	6.1948e-07	0:00:08	20
15574	1.0694e-03	1.9237e-06	1.9192e-06	1.8701e-06	1.3331e-06	5.3906e-07	0:00:06	19
15575	1.0456e-03	1.8949e-06	1.8892e-06	1.8437e-06	1.1260e-06	4.8848e-07	0:00:08	18
iter	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	omega	time/iter	
15576	1.0339e-03	1.9232e-06	1.9157e-06	1.8780e-06	9.1157e-07	4.5329e-07	0:00:06	17
15577	1.0081e-03	1.8998e-06	1.8916e-06	1.8522e-06	8.6218e-07	4.1195e-07	0:00:08	16
15578	1.0067e-03	1.8699e-06	1.8650e-06	1.8215e-06	6.4644e-07	3.7802e-07	0:00:06	15
!15579 solution is converged								
15579	9.8997e-04	1.8687e-06	1.8611e-06	1.8264e-06	4.9613e-07	3.4657e-07	0:00:04	14
Flow time = 3.820039987564087s, time step = 764								
36 more time steps								
Done.								

Gambar 4. 2 Hasil Iterasi pada *Time Step* 764

4.2 Kontur Distribusi Tekanan

Kontur distribusi tekanan pada pompa hidram, dalam penelitian didapatkan dari pengolahan gambar hasil simulasi. Faktor yang dapat menyebabkan kontur distribusi tekanan pada pompa hidram berbeda-beda pada setiap bagian. Faktor yang menyebabkan adalah besarnya debit yang masuk, buka tutup pada katup pengantar dan katup buang, pipa miring, dan juga terdapat *elbow*.

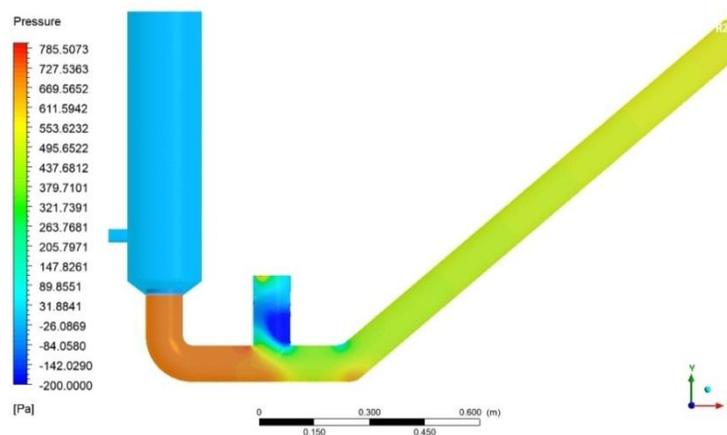
4.2.1 Kontur Distribusi Tekanan Pada Katup Buang Tertutup



Gambar 4. 3 Kontur distribusi tekanan pada katup buang tertutup

Gambar 4.3 menunjukkan kontur distribusi tekanan terlihat berwarna merah, dikarenakan katup buang masih tertutup sehingga aliran air sepanjang pipa miring dan *body* pompa hidram mampat yang menyebabkan distribusi tekanan pada daerah tersebut terlihat rata di semua bagian. Tabung pompa menunjukkan kontur terlihat berwarna biru muda dikarenakan katup pengantar belum terbuka, sehingga tidak ada aliran air yang masuk ke dalam tabung pompa. Besarnya distribusi tekanan yang berda di sekitar *body* pompa hidram mengakibatkan katup buang terbuka.

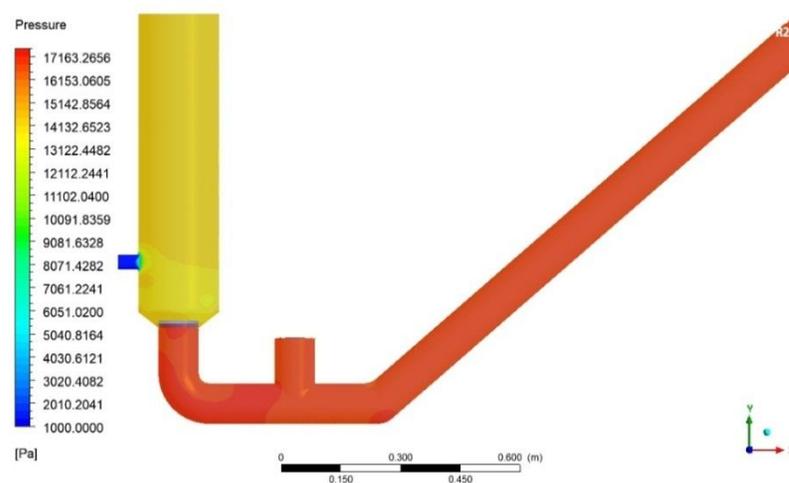
4.2.2 Kontur Distribusi Tekanan Pada Katup Buang Terbuka Penuh



Gambar 4. 4 Kontur distribusi tekanan pada katup buang terbuka penuh

Gambar 4.4 menunjukkan kontur distribusi tekanan pada setiap bagian pompa mulai berbeda dikarenakan katup buang sudah terbuka penuh sehingga air mulai mengalir dari pipa miring. Bagian pipa miring terlihat berwarna kehijauan dikarenakan aliran air pada pipa miring mengalami kenaikan kecepatan sehingga distribusi tekanan pada pipa miring akan semakin mengecil seiring dengan kenaikan kecepatan pada aliran pipa miring. *Body* pompa hidram terlihat ada beberapa kontur yang berbeda dikarenakan air yang mengalir dari pipa miring terbagi menjadi dua yaitu aliran air ada yang mengalir keluar melalui katub buang dan ada aliran air yang melewati katub buang dan berkumpul di sekitar *elbow* yang mengakibatkan distribusi tekanan pada bagian sekitar elbow cenderung lebih besar di bandingkan dengan bagian pompa hidram lainnya, pada gambar di tunjukan dengan warna oren. Katub buang kontur distribusi tekanan terlihat berwarna biru dikarenakan cepatnya aliran yang melewati katub buang sehingga distribusi tekanan pada katub buang cenderung sangat kecil yang menyebabkan katup buang kembali menutup. Katup pengantar mulai terbuka karena distribusi tekanan pada daerah *elbow* cenderung lebih besar.

4.2.3 Kontur Distribusi Tekanan Pada Katup Buang Terbuka Penuh



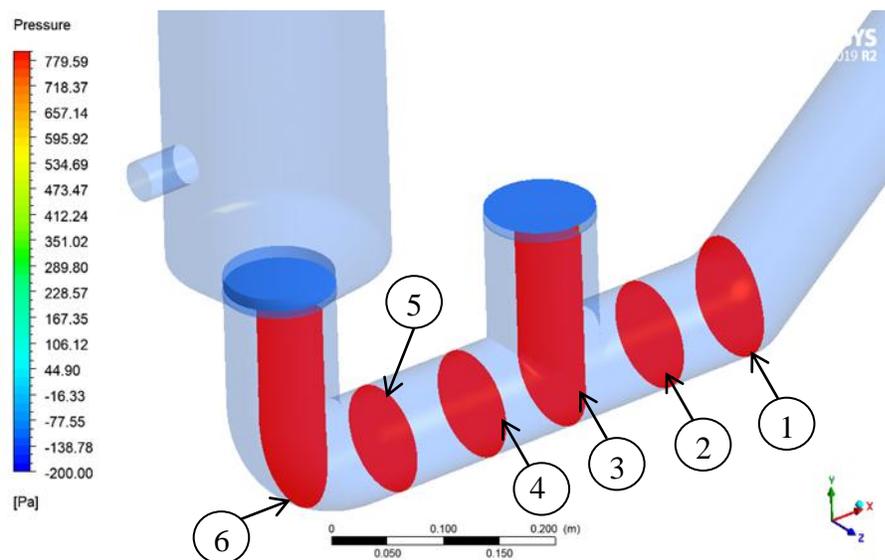
Gambar 4.5 Kontur distribusi tekanan pada katup pengantar terbuka penuh

Gambar 4.5 menunjukkan kontur distribusi tekanan pada sepanjang pipa miring sampai dengan *body* pompa hidram menunjukkan distribusinya hampir

merata yang di tunjukkan pada gambar dengan warnah merah, karena katup pengantar pada tabung terbuka penuh sehingga aliran air mulai masuk dan terkompresi di dalam tabung dengan distribusi tekanan yang cenderung tinggi di sepanjang pipa miring dan *body* pompa hidram. *Elbow* terlihat warna merah yang lebih pekat di karenakan terjadi penumpukan aliran air pada *elbow* yang menyebabkan distribusi tekanannya cendrung lebih besar di banding dengan bagian lainnya. Tabung pompa hidram terlihat berwarna kuning tua di karenakan aliran air sebagian ada yang keluar melalui saluran *outlet* yang di tunjukan pada gambar terlihat dengan warna biru, sehingga distribusi tekanan pada bagian tabung cenderung lebih kecil dibandingkan dengan bagian pipa miring dan *body* pompa hidram. Besarnya distribusi tekanan pada daerah *body* pompa hidram mengakibatkan katup buang mulai terbuka lagi sehingga aliran air akan keluar dari katup buang dan katup pengantar akan tertutup kembali.

4.3 Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa

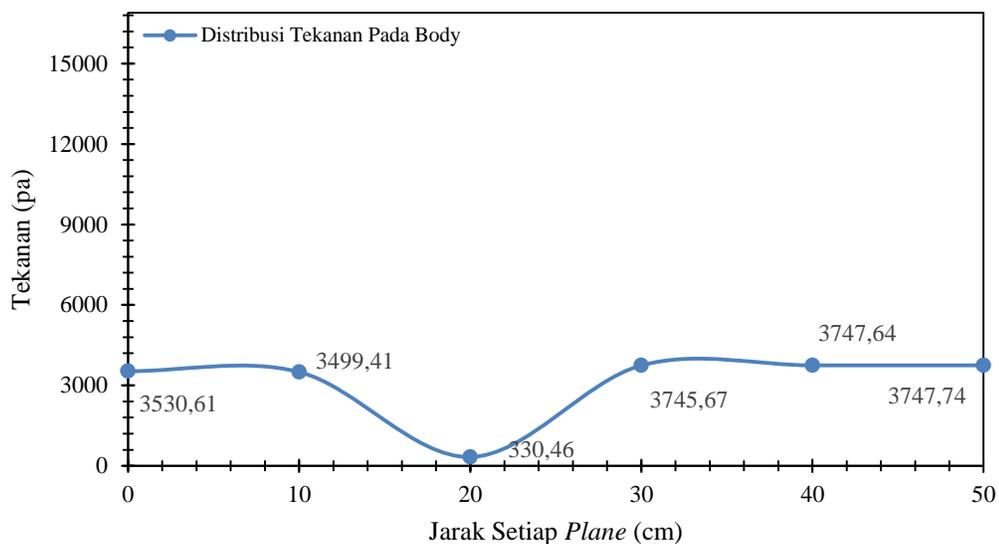
4.3.1 Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katup Limbah dan Katup Pengantar Tertutup



Gambar 4. 6 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

Tabel 4. 1 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katub Limbah dan Katup Pengantar Tertutup		
No Plane	Jarak (cm)	Tekanan (Pa)
1	0	3530,61
2	10	3499,41
3	20	330,46
4	30	3745,67
5	40	3747,64
6	50	3747,74

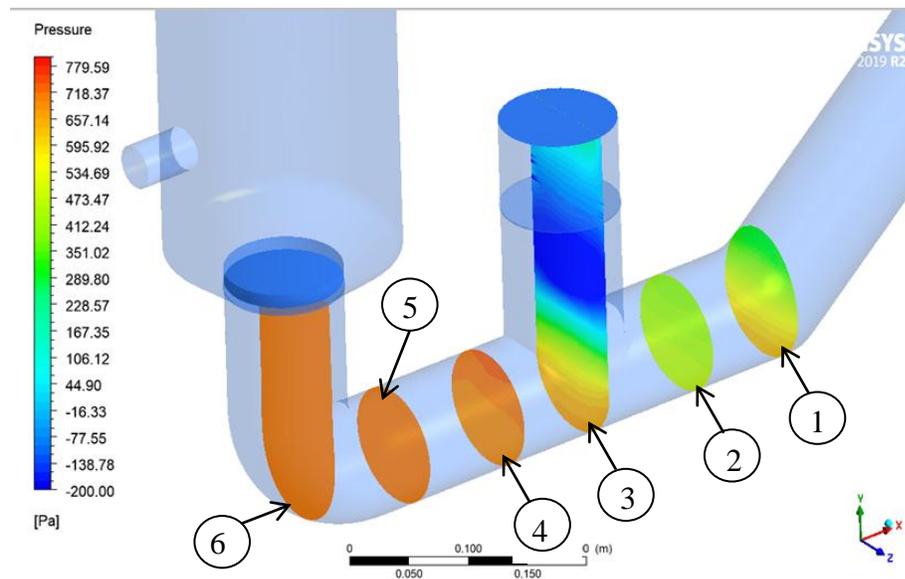


Gambar 4. 7 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa secara keseluruhan grafik tersebut mengalami kenaikan tekanan yang tidak terlalu signifikan pada setiap *plane* yaitu mulai dari *plane* 1 dengan tekanan rata-rata sebesar 3530,61 Pa sampai dengan *plane* 6 dengan tekanan rata-rata sebesar 3747,74 Pa. *Plane* 3 mengalami penurunan tekanan dikarenakan perbedaan luas penampang yang cukup signifikan pada *plane* 3.

Plane 6 menunjukkan tekanan rata-rata paling tinggi dikarenakan katup pengantar masih tertutup dan terjadi penumpukan aliran pada daerah *elbow* yang menyebabkan tekanan pada daerah tersebut meningkat.

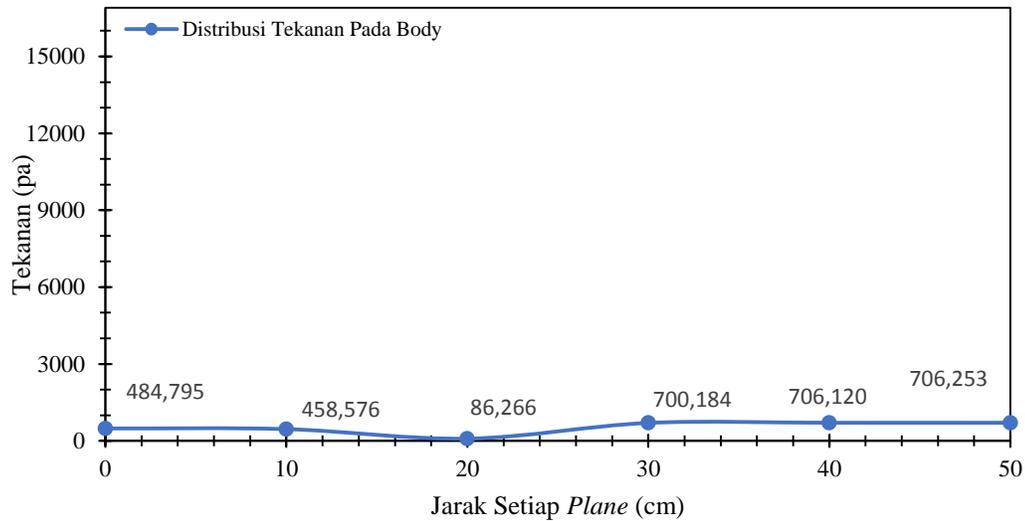
4.3.2 Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katup Limbah Terbuka Penuh



Gambar 4. 8 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

Tabel 4. 2 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

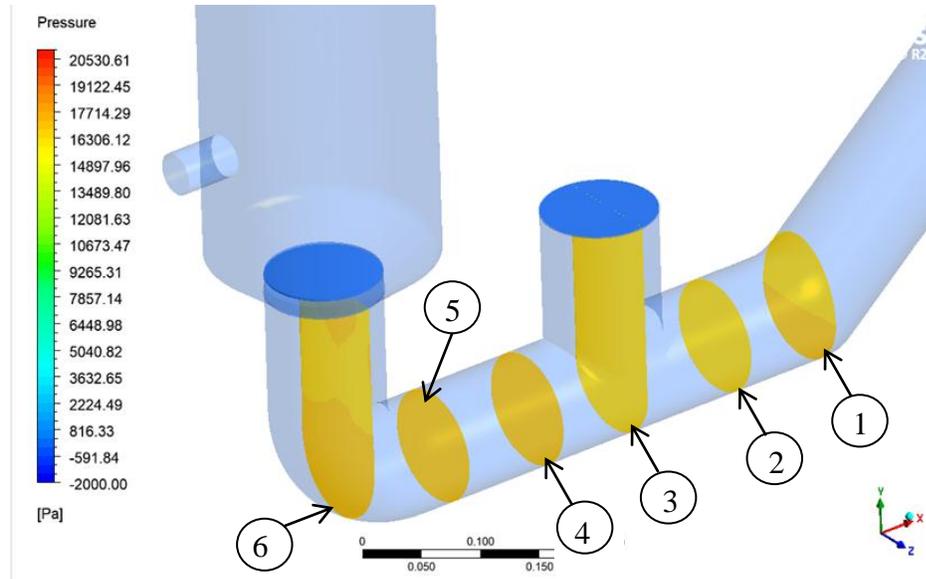
Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katup Limbah Terbuka Penuh		
No Plane	Jarak (cm)	Tekanan (Pa)
1	0	484,795
2	10	458,576
3	20	86,266
4	30	700,184
5	40	706,120
6	50	706,253



Gambar 4. 9 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa secara keseluruhan grafik ini juga mengalami kenaikan tekanan dari *plane* 1 dengan tekanan rata-rata sebesar 484,795 Pa hingga *plane* 6 dengan tekanan rata-rata sebesar 706,253 Pa. *Plane* 3 pada grafik menunjukan tekanan paling rendah yaitu sebesar 86,266 Pa dikarenakan katup limbah terbuka penuh sehingga aliran air dari pipa miring sebagian mengalir keluar melalui katub buang. *Plane* 6 menunjukan bahwa tekanan rata-rata paling besar yaitu 706,253 Pa dikarenakan sebagian aliran air dari pipa miring mengalir melewati katup buang dan aliran air akan berpusat pada bagian *elbow* karena katup pengantar tertutup, yang menyebabkan tekanan pada daerah *elbow* meningkat. Semakin besarnya tekanan pada daerah *elbow* akan katup pengantar akan terbuka dan aliran air akan masuk ke dalam tabung pompa hidram.

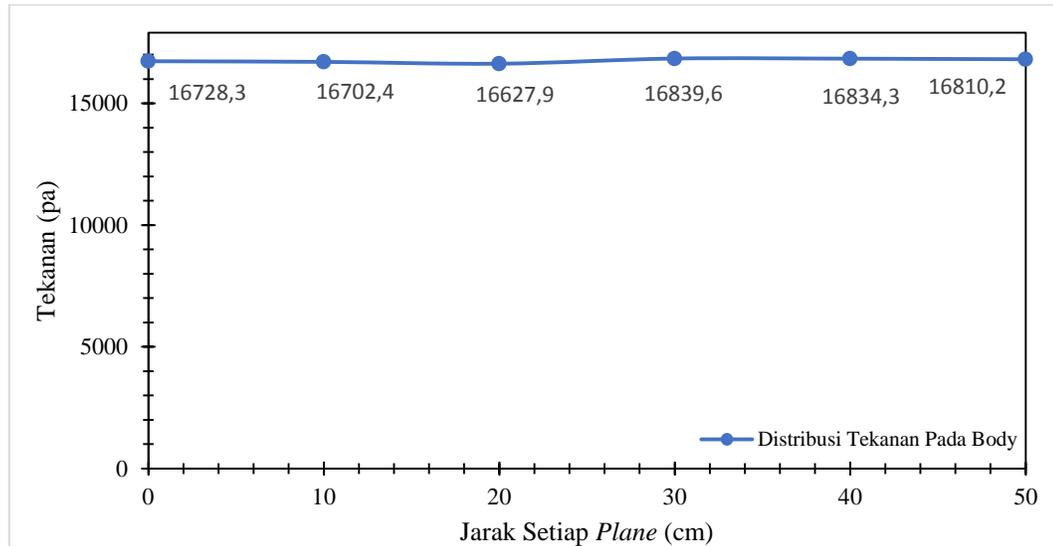
4.3.3 Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katup Pengantar Terbuka Penuh



Gambar 4. 10 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

Tabel 4. 3 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

Distribusi Tekanan Pada Badan Pompa Kondisi Katup Pengantar Terbuka Penuh		
No Plane	Jarak (cm)	Tekanan (Pa)
1	0	16728,3
2	10	16702,4
3	20	16627,9
4	30	16839,6
5	40	16834,3
6	50	16810,2



Gambar 4. 11 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

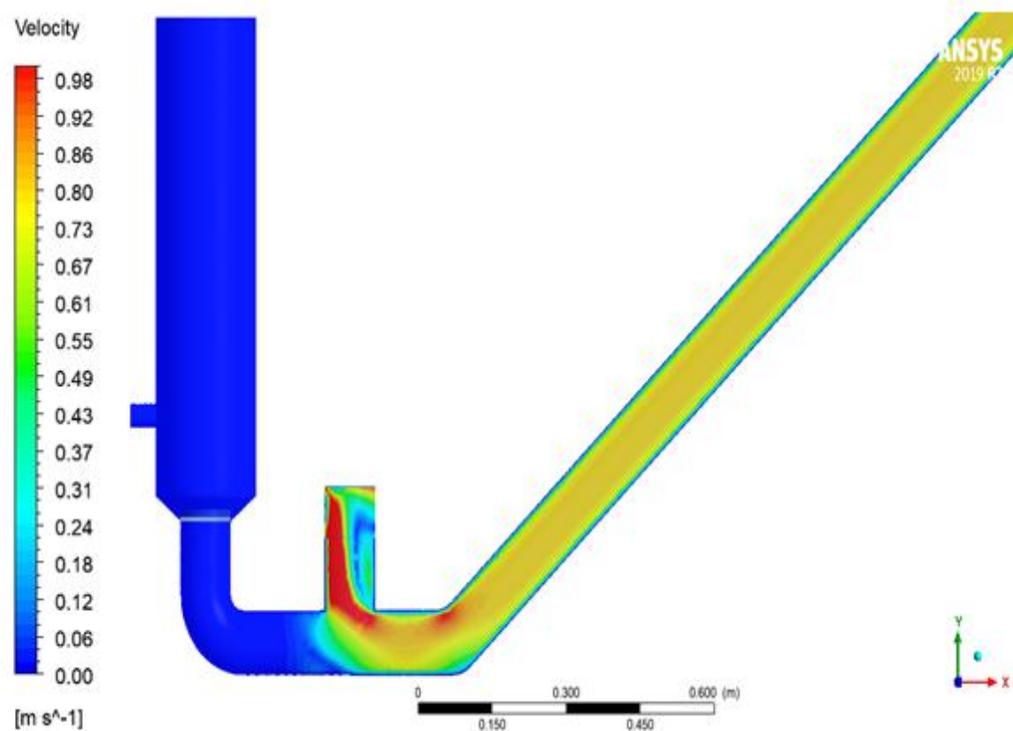
Gambar 4.11 menunjukkan bahwa secara keseluruhan grafik ini juga mengalami kenaikan tekanan yang tidak terlalu signifikan dari *plane* 1 dengan tekanan rata-rata sebesar 16728,3 Pa hingga hingga *plane* 6 dengan tekanan rata-rata sebesar 16810,2 Pa. Grafik distribusi tekanan ini terlihat lebih merata di bandingkan dengan grafik yang sebelumnya, di karenakan air yang mengalir dari pipa miring semuanya mengalir masuk kedalam tabung pompa hidram.

4.4 Validasi

Validasi pada penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan secara teoritis dengan simulasi numerik menggunakan *ANSYS Fluent 19 R2 academic*. Validasi dilakukan pada kecepatan aliran katup buang terbuka 8 cm, tekanan pada katup buang terbuka 8 cm.

4.4.1 Kecepatan Aliran Fluida

Hasil simulasi numerik dengan metode iterasi menggunakan *ANSYS Fluent 19 R2*, didapatkan hasil dari kontur kecepatan katup buang terbuka 8 cm seperti ditunjukkan pada gambar 4.12



Gambar 4. 12 Kontur *velocity* pada katup buang terbuka 8 cm

Hasil kecepatan pada katup buang yang didapat dari perhitungan dengan asumsi fluida bersifat *incompressible*. kecepatan aliran fluida pada pompa hidram dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$v_1 = \frac{Q}{A}$$

Dimana, Q = Debit aliran fluida (0,00601 m³/s)

A = Luas Penampang (0,008103 m²)

$$v_1 = \frac{0,00601}{0,008103}$$

$$v_1 = 0,741 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \sqrt{v_1 + 2 \times g \times (h_1 - h_2)}$$

Dimana, v_1 = Kecepatan aliran fluida pada inlet (0,741 m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

h_1 = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat (4,789 m)

h_2 = Ketinggian aliran fluida pada katup buang (0 m)

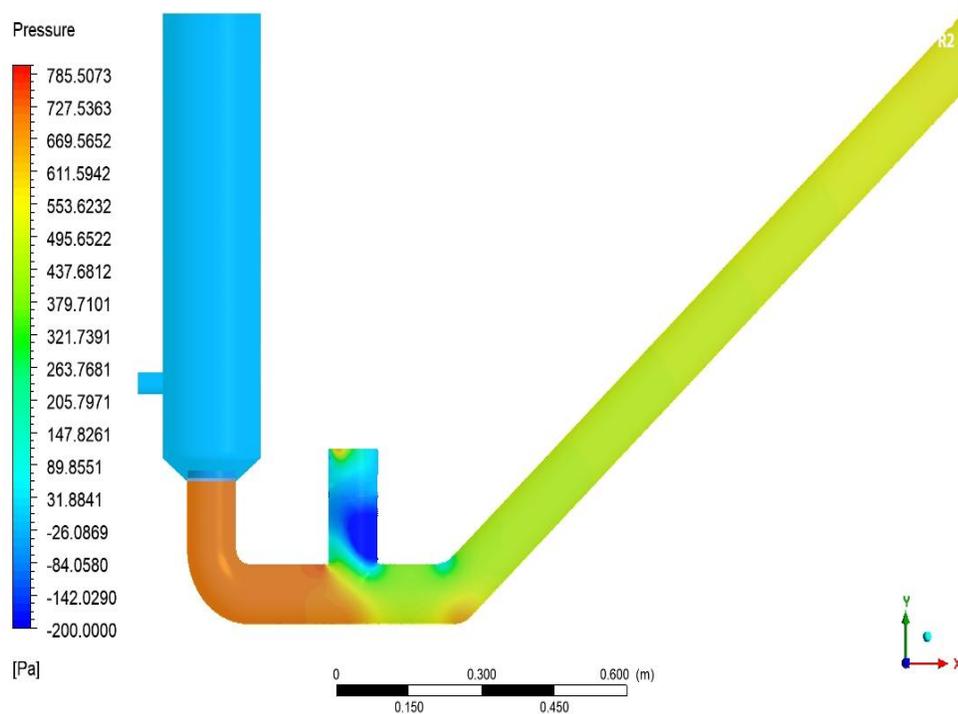
$$v_2 = \sqrt{0,741 + 2 \times 9,81 \times (4,789 - 0)}$$

$$v_2 = 9,731 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan teoritis dan simulasi numerik *ANSYS Fluent 19 R2 academic* terdapat perbedaan. Hasil perhitungan menggunakan data sesuai dengan data eksperimen hasilnya 9,731 m/s sedangkan hasil kecepatan maksimal pada katup buang pompa hidram menggunakan simulasi numerik hasilnya 7,843 m/s.

4.4.2 Tekanan pada Pompa Hidram

Hasil simulasi numerik dengan metode iterasi menggunakan *ANSYS Fluent 19 R2 academic*, didapatkan hasil tekanan pada katup buang terbuka 1 cm seperti ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Kontur tekanan pada katup buang terbuka 8 cm

Hasil tekanan pada pompa hidram didapat dari perhitungan dengan asumsi fluida bersifat *incompressible*. Tekanan pada pompa hidram dilakukan perhitungan menggunakan persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1}{2} \times (V_2^2 - V_1^2) + g \times (h_2 - h_1)$$

Dimana, ΔP = Perbedaan tekanan (Pa)

v_1 = Kecepatan aliran fluida pada inlet (0,741 m/s)

v_2 = Kecepatan aliran fluida pada pompa hidram (9,731 m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

h_1 = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat (4,789 m)

h_2 = Ketinggian aliran fluida pada badan pompa (0 m)

ρ = Massa jenis air (997 kg/m³)

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1}{2} \times (9,731^2 - 0,741^2) + 9,81 \times (0 - 4,789)$$

$$\frac{\Delta P}{997} = 0,09091$$

$$\Delta P = 90,637 \text{ Pa}$$

Hasil perhitungan teoritis dan simulasi numerik terdapat perbedaan tetapi tidak signifikan. Hasil perhitungan menggunakan data sesuai dengan data eksperimen hasilnya 90,637 Pa sedangkan hasil tekanan rata-rata pada badan pompa hidram menggunakan simulasi numerik hasilnya 89,855 Pa.