

BAB IV

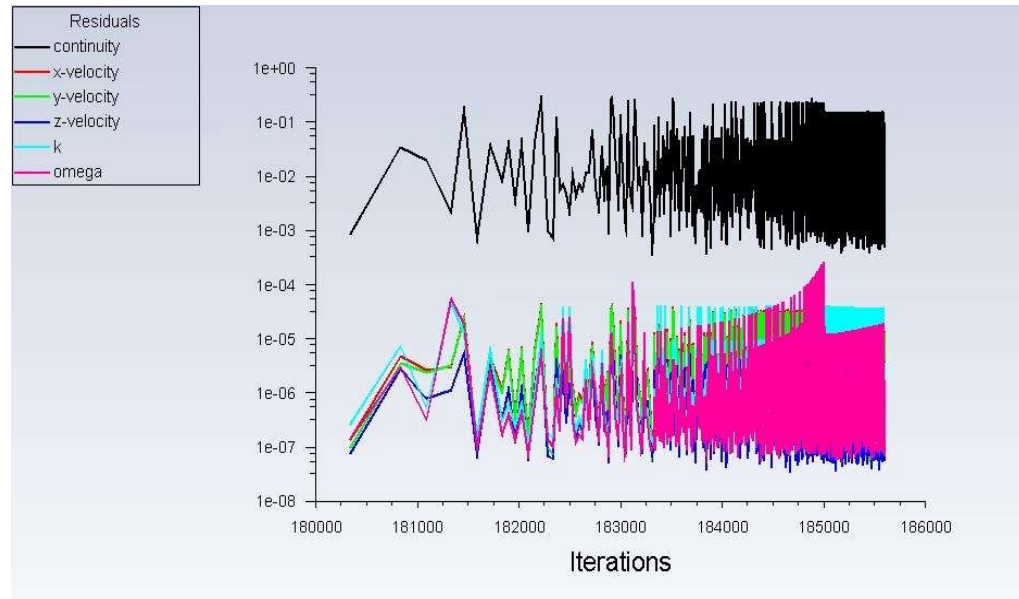
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Simulasi

Simulasi menggunakan model *viscous k-omega standart* dijalankan dalam kondisi *transient* dengan debit aliran pada sisi masuk sebesar 6.01 liter/detik. Parameter waktu turut diperhitungkan dalam simulasi ini sehingga simulasi akan terus berjalan hingga waktu yang telah ditentukan. Waktu simulasi yang digunakan pada penelitian adalah 4 detik. Waktu simulasi mengacu pada pergerakan katup pengantar dan katup buang.

Pergerakan maksimal dari katup pengantar yaitu setinggi satu 1 cm baik dalam kondisi terbuka maupun kondisi tertutup. Pergerakan maksimal pada katup buang yaitu setinggi 8 cm baik dalam kondisi terbuka maupun kondisi tertutup. Parameter data dari katup pompa hidram didapatkan dari pergerakan katup pompa hidram yang sudah di rancang. Pergerakan katup pada pompa hidram dijalankan menggunakan *layering dynamic mesh* dengan *setting* pergerakan menggunakan *profile*. Detik ke-1 dan ke-2 proses simulasi pada katup buang, kemudian pada detik ke-3 dan detik ke-4 proses simulasi pada katup pengantar.

Nilai *time step* untuk simulasi ini adalah sebesar 0.0001 detik dengan *number of time steps* sebanyak 40000 kali. Nilai *time step* tersebut digunakan karena nilai tersebut sesuai dengan waktu simulasi yang digunakan yaitu 4 detik. Maksimum iterasi yang diberikan pada setiap time step adalah sebesar 20 iterasi, nilai tersebut dirasa cukup untuk melakukan simulasi pada penelitian ini untuk meminimalisir waktu komputasi. Kriteria konvergensi diberikan sebesar 0.001 yang dipantau pada *grafik residual monitoring* ketika simulasi dijalankan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik *Residual Monitoring*

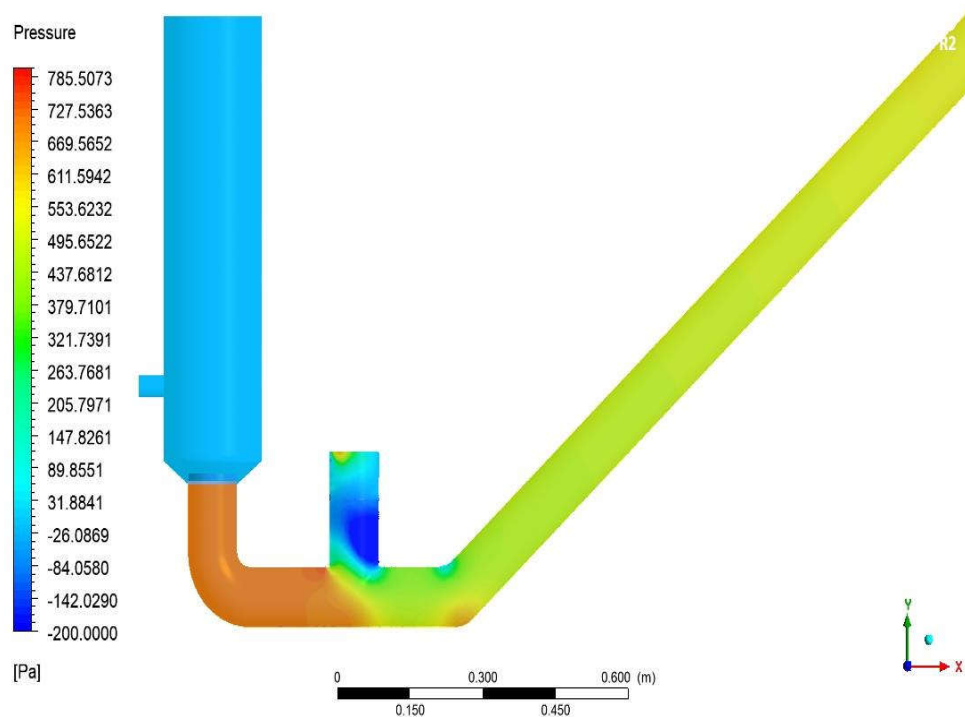
Gambar 4.1 menunjukkan hasil iterasi simulasi pada kondisi *transient*. Iterasi akan selesai sampai semua parameter menunjukkan kriteria konvergensi yang telah ditentukan sebesar 0,001. Hasil perhitungan yang ditunjukkan pada grafik *Residual Monitoring* terdapat perbedaan dikarenakan jumlah perhitungan yang dilakukan pada *tiap time step* berbeda-beda dengan iterasi maksimal sebanyak 20 kali. Iterasi akan berhenti saat semua parameter seperti *continuity*, *x-velocity*, *y-velocity*, *z-velocity*, *k-omega* menunjukan hasil perhitugan diatas 0,001. Hasil pada grafik *Residual Monitoring* sesuai hasil iterasi yang dilakukan, saat iterasi mencapai konvergen akan dilanjutkan iterasi pada *time step* berikutnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

4.2 Kontur *Pressure*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan pada pompa hidram tidak merata. Tekanan pada badan pompa lebih tinggi dari pada didaerah tabung,

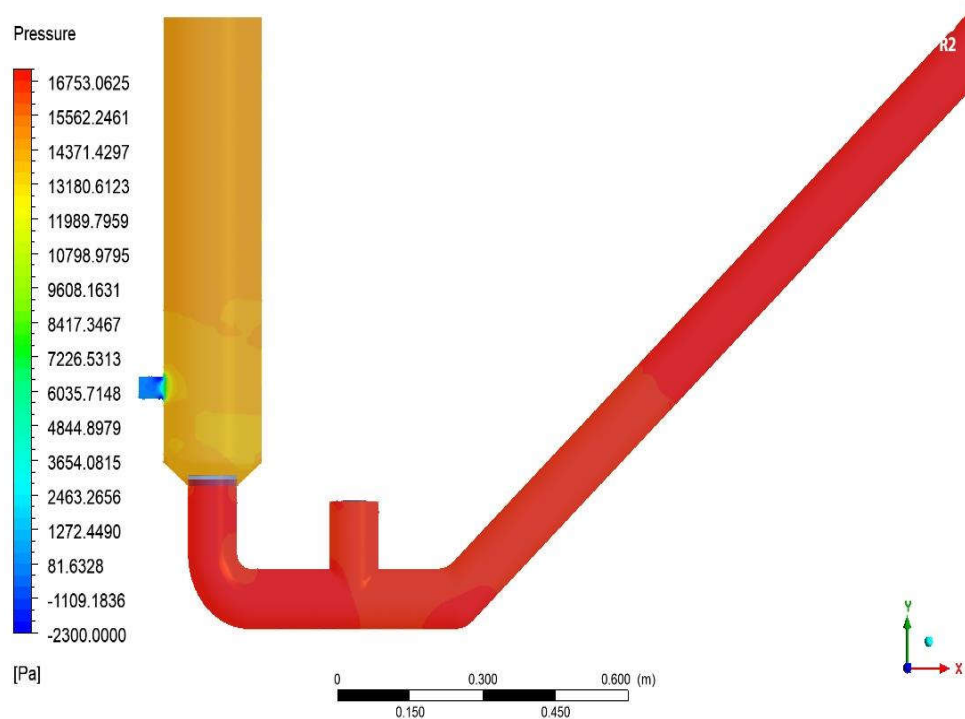
perbedaan tekanan tersebut disebabkan oleh pergerakan katup dan diameter pipa yang berbeda. Badan pompa hidram menggunakan diameter 4 *inch* dan tabung pompa hidram menggunakan diameter 8 *inch*. Tekanan pada pompa hidram dipengaruhi oleh proses *kompresi*. *Kompresi* terjadi saat katup buang terbuka kemudian tertutup terjadi hentakan yang menyebabkan katup pengantar terbuka, menyebabkan tekanan dalam tabung udara meningkat.

Tekanan yang dihasilkan pada kondisi katup buang terbuka 8 cm, badan pompa hidram mengalami penurunan tekanan disebabkan oleh aliran fluida mengalami peningkatan seiring katup buang terbuka. Tekanan pada tabung pompa hidram terdistribusi rata tidak mengalami peningkatan diakibatkan oleh katup pengantar masih tertutup sehingga aliran ke tabung pompa hidram masih mampat seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kontur *Pressure* Kondisi Katup Buang Terbuka 8 cm

Hasil simulasi pada gambar 4.3 kondisi katup pengantar terbuka 1 cm menunjukkan peningkatan tekanan pada tabung pompa hidram. Peningkatan tekanan pada tabung pompa hidram disebabkan oleh *kompresi* saat katup buang tertutup, kemudian terjadi palu air yang menyebabkan katup pengantar terbuka. Katup pengantar terbuka menyebabkan tekanan pada badan pompa terdistribusi ke tabung pompa hidram.

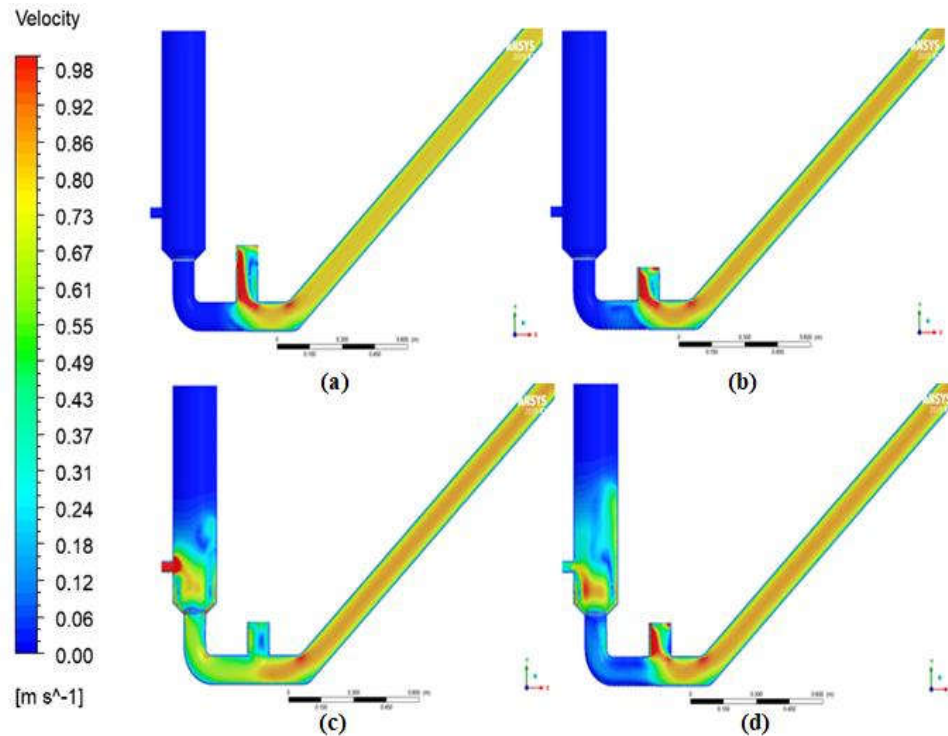


Gambar 4.3 Kontur *Pressure* Kondisi Katup Pengantar Terbuka 8 cm

4.3 Kontur *Velocity*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada pompa hidram mengalami peningkatan hingga mencapai kecepatan maksimumnya. Kecepatan aliran tersebut menghasilkan gaya dorong yang menyebabkan katup buang

terbuka seiring bertambahnya kecepatan aliran seperti ditunjukkan pada gambar 4.4 kondisi katup buang terbuka 8 cm.

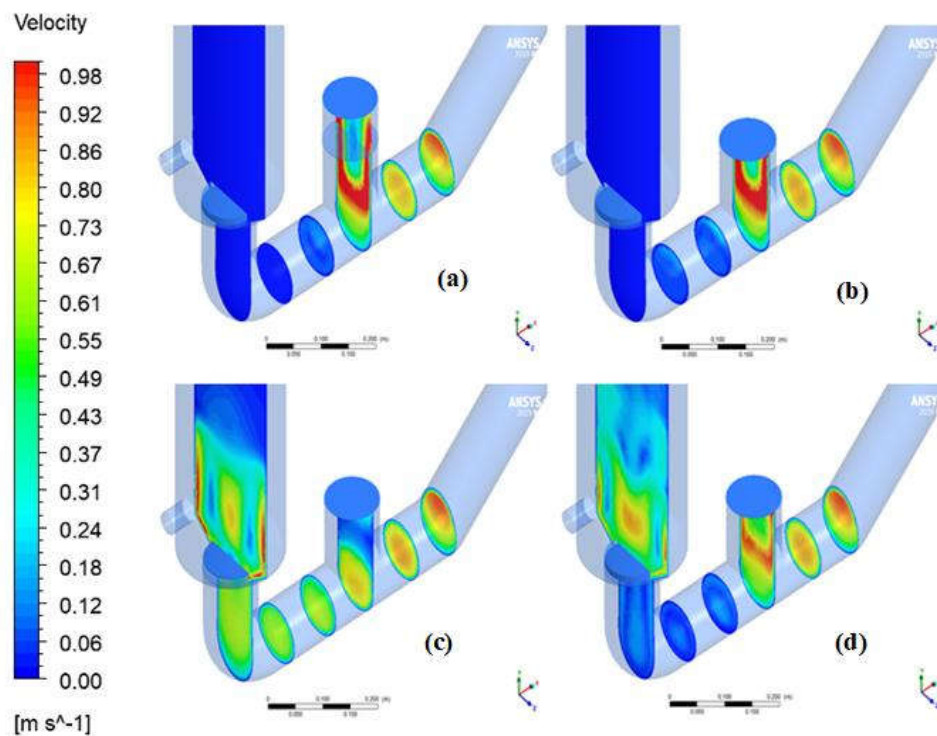


Gambar 4.4 (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

Katup buang terbuka menyebabkan tekanan pada badan pompa hidram mengalami penurunan sehingga katup buang tertutup. Katup buang terbuka kemudian katup buang tertutup terjadi *kompresi* yang menyebabkan katup pengantar terbuka seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 katup pengantar terbuka 1 cm.

4.4 Distribusi *Velocity* dan *Pressure*

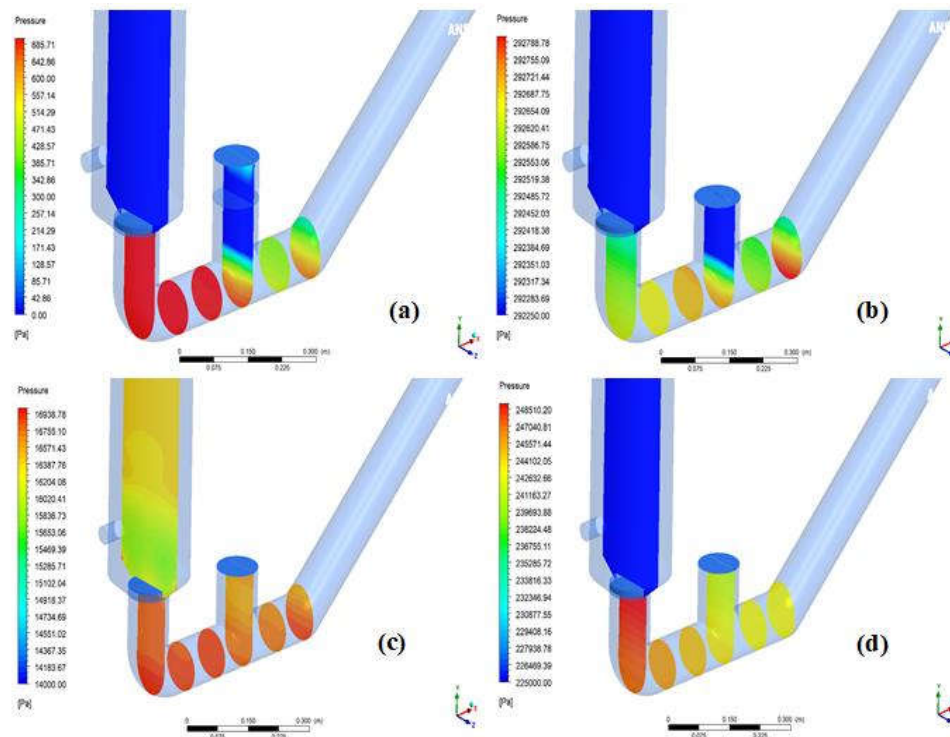
Observasi lebih lanjut kemudian dilakukan dengan membuat kontur pada tiap bagian badan pompa hidram dan tabung udara untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap tekanan yang dihasilkan. Gambar 4.5 dan gambar 4.6 memperlihatkan kecepatan aliran yang dihasilkan oleh pompa hidram berbanding terbalik dengan tekanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada saat katup buang terbuka kecepatannya mengalami peningkatan dan tekanan yang dihasilkan mengalami penurunan secara bertahap.



Gambar 4.5 (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

Gambar 4.5 kondisi katup buang terbuka 8 cm terlihat bahwa kecepatan aliran kearah katup buang terjadi peningkatan kecepatan yang signifikan,

sehingga dapat dilihat kecepatan aliran tersebut menghasilkan gaya dorong yang menyebabkan katup buang terbuka. Pada kondisi katup buang terbuka 8 cm menunjukkan kecepatan nya mengalami peningkatan, kondisi tekanan yang dihasilkan mengalami penurunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 kondisi katup buang terbuka 8 cm.



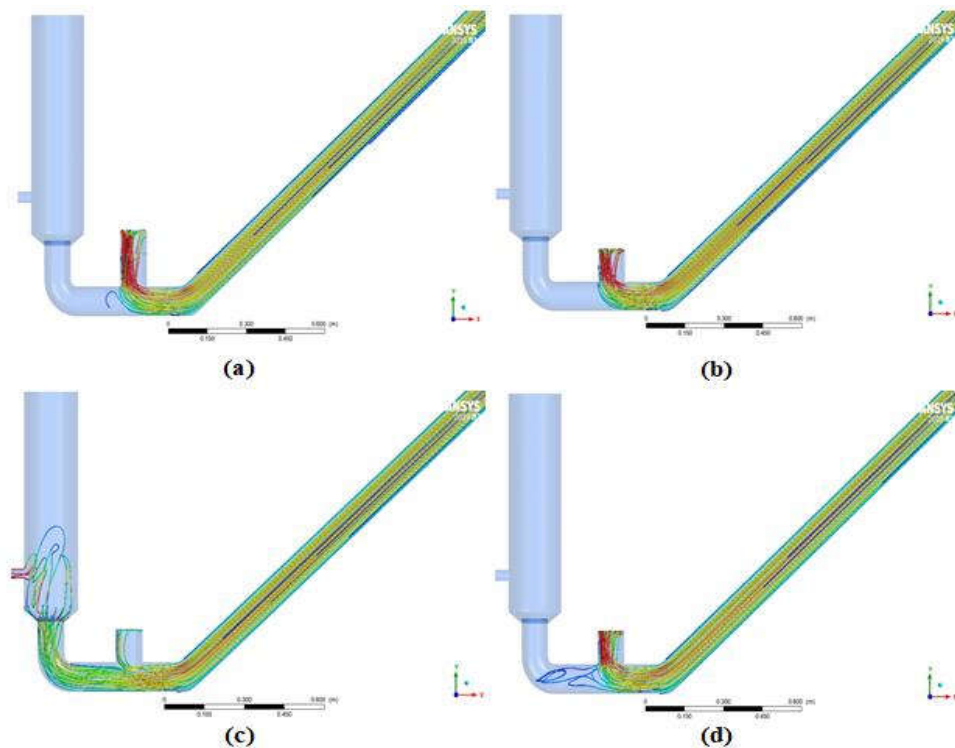
Gambar 4.6 (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

Hasil simulasi pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 menunjukkan bahwa siklus pada pompa hidram adalah peningkatan kecepatan aliran fluida, sehingga menyebabkan katup buang terbuka. Katup buang terbuka tekanan pada pompa hidram mengalami penurunan sehingga katup limbah tertutup secara perlahan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Tekanan pada pompa hidram

mengalami peningkatan pada saat katup buang tertutup sehingga terjadi *kompresi* menyebabkan katup pengantar terbuka.

4.5 *Streamline*

Hasil simulasi pada gambar 4.7 menunjukkan pergerakan fluida pada pompa hidram yang di aplikasikan melalui *streamline*. Gambar 4.7 menggambarkan tentang pergerakan fluida mulai dari kondisi katup buang terbuka, katup buang tertutup, katup pengantar terbuka dan katup pengantar tertutup. Sehingga dapat dilihat dari hasil simulasi bahwa kecepatan dari aliran fluida tersebut yang menyebabkan katup buang dan katup pengantar terbuka.



Gambar 4.7 (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

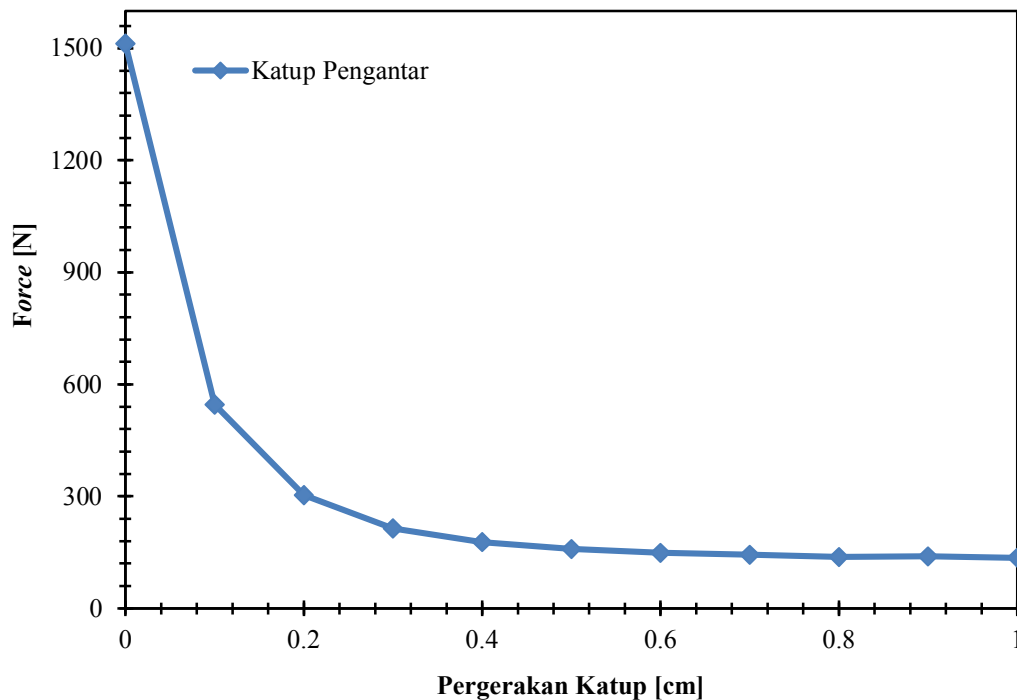
4.6 Force Katup Pengantar

Nilai *force* pada katup pengantar didapat dari simulasi aliran fluida pada pompa hidram. Pengambilan data dilakukan pada saat katup pengantar mulai terbuka, data diambil setiap katup pengantar mengalami pergerakan 0.1 cm hingga pergerakan maksimal dari katup pengantar yaitu 1 cm. Nilai *force* per setiap pergerakan katup diolah menggunakan Ms. *Excel* kemudian dijadikan grafik agar lebih mudah untuk dibaca dan dilihat perbedaannya. Nilai *force* dilakukan analisis karena pompa hidram mempunyai kekurangan pada katup pengantar nya sering mengalami kerusakan.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai *force* ketika katup pengantar pada pompa hidram mulai mengalami pergerakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Gambar 4.8 dapat diketahui nilai *force* tertinggi terjadi pada saat katup pengantar belum mengalami pergerakan sebesar 1512,86 N dan nilai *force* terendah berada pada saat katup pengantar mengalami pergerakan sejauh 1 cm sebesar 135,467 N.

Tabel 3.1 Nilai *force* pergerakan katup

No	Pergerakan Katup (cm)	Force (N)
1	0	1512,86
2	0,1	546,361
3	0,2	303,152
4	0,3	213,994
5	0,4	177,322
6	0,5	158,615
7	0,6	148,777
8	0,7	143,563
9	0,8	137,694
10	0,9	138,832
11	1	135,467



Gambar 4.8 Grafik Nilai *Force* per setiap Pergerakan Katup Pengantar

Nilai *force* pada katup pengantar mengalami penurunan diakibatkan oleh pengaruh antara tekanan dan kecepatan aliran fluida. Tekanan pada badan pompa akan mengalami penurunan seiring terbukanya katup pengantar sehingga aliran fluida nya mengalami peningkatan menyebabkan nilai *force* pada katup pengantar mengalami penurunan.

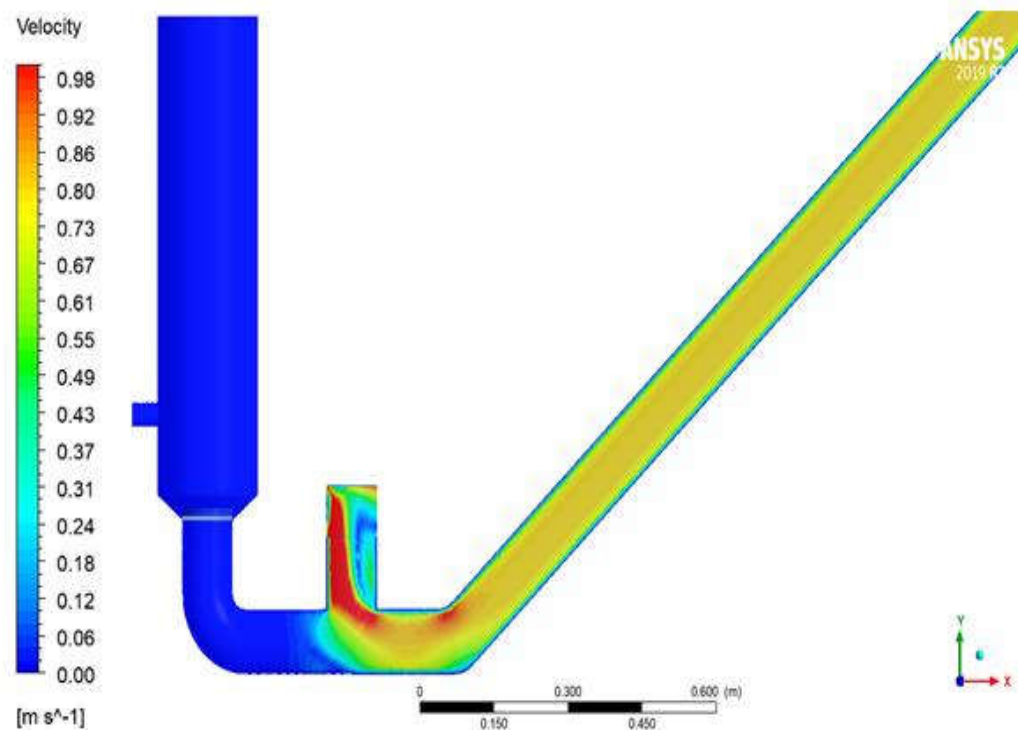
Nilai *force* yang dihasilkan oleh kecepatan aliran fluida digunakan untuk mengetahui pengaruh penerapan katup pengantar pada pompa hidram. Tumbukan antara fluida yang mengalir dengan katup pengantar secara berulang-ulang akan mengakibatkan katup pengantar mengalami kerusakan. Nilai *force* ini bisa dijadikan acuan untuk memilih bahan yang tepat untuk pembuatan katup pengantar yang dapat menahan *force* maksimal yang ditimbulkan dari aliran fluida.

4.7 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.

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 4.9.



Gambar 4.9 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 ($0,00601 \text{ m}^3/\text{s}$)

A = Luas Penampang ($0,008107 \text{ m}^2$)

$$v_1 = \frac{0,00601}{0,008107}$$

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

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

Dimana, v_1 = Kecepatan aliran fluida pada inlet ($0,741 \text{ m/s}$)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

h_1 = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat ($4,789 \text{ m}$)

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

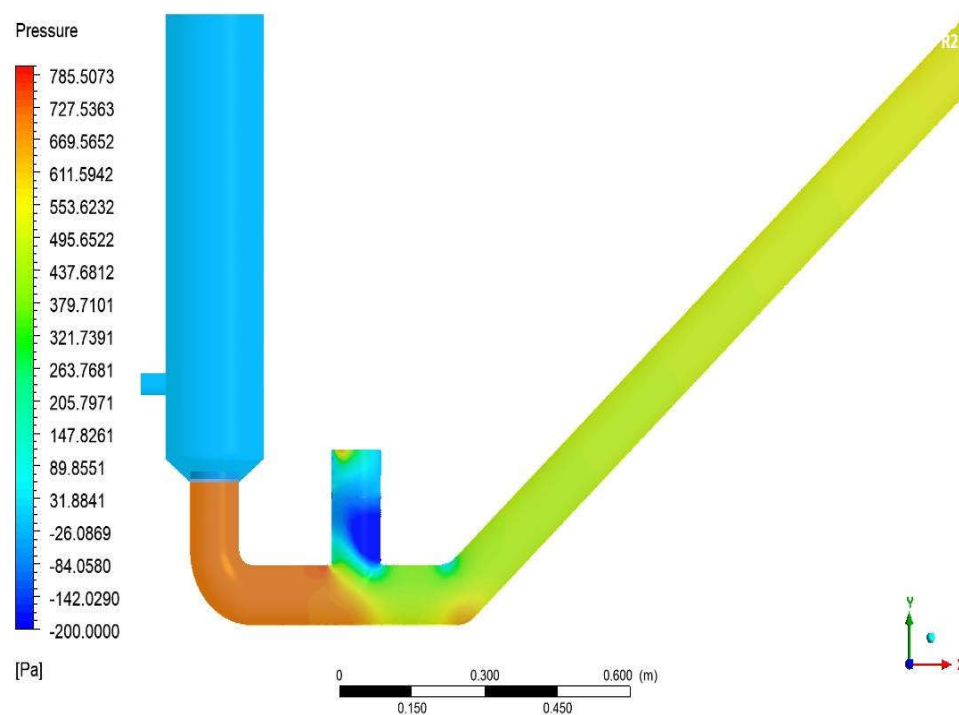
$$v_2 = \sqrt{0,741^2 + 2 \times 9,81 \times (4,789 - 0)}$$

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

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

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 4.10.



Gambar 4.10 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.