

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) Distribusi Tekanan pada Pompa Hidram

Judul Naskah Publikasi: Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) Distribusi Tekanan pada Pompa Hidram

Nama Mahasiswa: Wursito Adi Priambodo

NIM: 20150130110

Pembimbing 1: Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM.

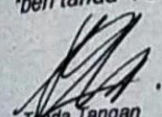
Pembimbing 2: Krisdiyanto, S.T., M.Eng.

Hal yang dimintakan persetujuan *:

Abstrak berbahasa Indonesia Naskah Publikasi

Abstrak berbahasa Inggris

*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai


Tanda Tangan
Wursito Adi Priambodo


Wursito Adi Priambodo

Tanggal 01-08-2019

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui


Tanda Tangan
Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM.


Tanda Tangan
Berli Panipurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng. Sc. Ph.D.



Tanggal 01-08-2019

Tanggal 01-08-2019

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

SIMULASI *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD) DISTRIBUSI TEKANAN PADA POMPA HIDRAM

Wursito Adi Priambodo^{1,a},

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

^awursito.adi.2015@ft.umy.ac.id

Abstrak

Air merupakan salah satu elemen yang penting untuk kehidupan sehari-hari makhluk hidup. Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang curah hujan di negara ini cukup tinggi, namun masih ada beberapa daerah di pedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air. Pompa hidram merupakan salah satu solusi untuk permasalahan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fenomena aliran yang terjadi pada pompa hidram dengan simulasi numerik menggunakan software ANSYS Fluent 19 R2 academic. Simulasi ini dilakukan pada pompa hidram 3 dimensi dengan diameter tabung 8 inch dan panjang pelesat 7,3 m. Model katup pengantar yang digunakan pada simulasi berupa silinder pejal, pergerakan katup pengantar dijalankan menggunakan profile. Simulasi pada kondisi transient dengan metode layering dynamic mesh. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pergerakan buka dan tutup katup pengantar dan katub limbah, dan kecepatan aliran air yang masuk dari pipa pelesat sangat berpengaruh terhadap distribusi tekanan di seluruh bagian pompa hidram. Tekanan rata-rata terbesar saat semua katup tertutup terdapat pada plane 6 sebesar 3747.74 Pa, saat katup limbah terbuka penuh terdapat pada plane 6 sebesar 706,253 Pa, dan pada saat katup pengantar terbuka terdapat pada plane 5 sebesar 16834,3 Pa. Hasil validasi pada kecepatan menggunakan perhitungan sesuai dengan data eksperimen hasilnya 9,731 m/s sedangkan simulasi numerik hasilnya 7,843 m/s. Tekanan pada pompa hidram pada perhitungan hasilnya 90,637 Pa sedangkan menggunakan simulasi numerik hasilnya 89,855 Pa.

Kata Kunci: Pompa hidram, CFD, ANSYS Fluent.

Abstract

Water is one of the important elements for the daily life of living things. Indonesia is a tropical country whose rainfall in this country is quite high, but there are still some rural areas that have difficulty providing water. Hydrum pump is one solution to this problem. This study was conducted to determine the flow phenomena that occur at the hydrum pump with numerical simulations using academic ANSYS Fluent 19 R2 software. This simulation was carried out on a 3-dimensional hydraulic pump with an 8 inch tube diameter and 7.3 m long track. The delivery valve model used in the simulation in the form of a solid cylinder, the delivery valve movement is run using a profile. Simulation on transient conditions with layering dynamic mesh method. The results of this simulation show that the movement of the opening and closing delivery valves and waste valves, and the speed of the flow of water entering from the pelesat pipe greatly influence the pressure distribution in all parts of the hydraulic pump. The greatest average pressure when all valves are contained in plane 6 is 3747.74 Pa, when the fully open waste valve is at palne 6 is 706.253 Pa, and the delivery valve is open there is in plane 5 is 16834.3 Pa. Validation results on fluid velocity using calculations according to the experimental data results are 9,731 m / s while the numerical simulation results are 7,843 m / s. The pressure on the hydraulic pump in the calculation results is 90,637 Pa while using the numerical simulation the result is 89,855 Pa.

Keywords: Pompa hidram, CFD, ANSYS fluent.

1. PENDAHULUAN

Gaya angkat atau *lift* pada sayap pesawat diperoleh dari hasil perbedaan tekanan pada bagian atas dan bawah permukaan sayap. Tekanan pada permukaan bawah sayap lebih tinggi daripada permukaan atas yang disebabkan oleh kecepatan aliran angin yang lebih lambat dibandingkan bagian atasnya. Aliran udara yang cenderung bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah menyebabkan aliran pusaran pada ujung sayap atau biasa yang dikenal sebagai *wing tip vortices*. *Wing tip vortices* menyebabkan kecenderungan udara untuk bergerak kebawah yang secara tidak langsung mengubah *angle of attack* sayap sehingga *lift* berkurang. Selain itu *wing tip vortices* menyebabkan distribusi tekanan pada sayap pesawat tidak merata serta menghasilkan *induce drag* yang menghambat laju pesawat. [1]

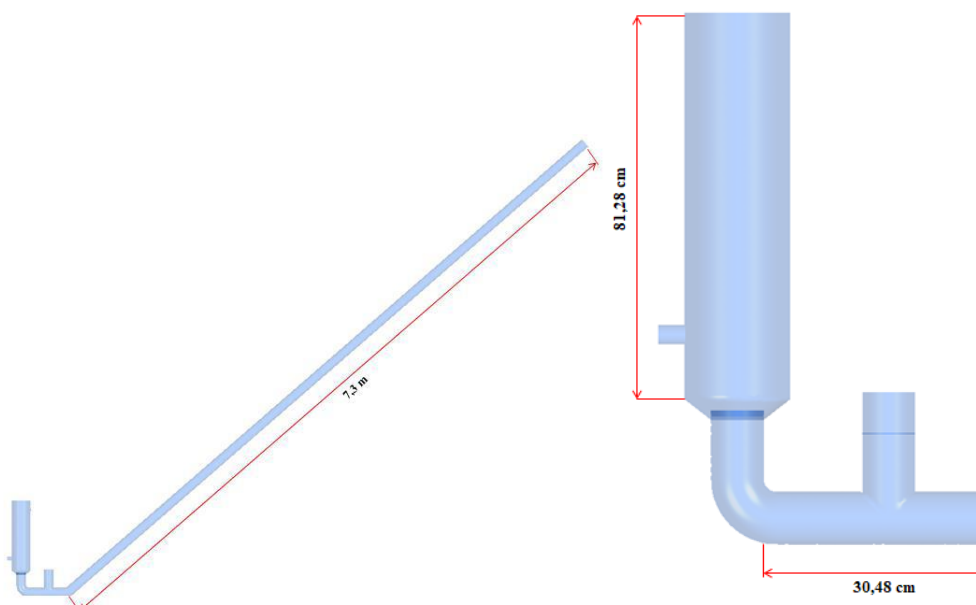
Untuk mengurangi *wing tip vortices* pada ujung sayap pesawat, dibentuk sebuah komponen dengan geometri yang dapat menghambat pergerakan udara dari bagian bawah ke permukaan atas sayap yang dikenal dengan *wing tip devices*. Berbagai tipe *wing tip devices* kemudian dirancang sesuai dengan jenis pesawat, salah satunya adalah *wing tip devices* jenis *end plate*. *End plate wing tip devices* merupakan komponen berupa pelat tipis dengan ukuran serta sudut *cant* dan *sweep* tertentu yang diletakan pada ujung sayap pesawat. [2]

Bentuk daripada *end plate* yang sederhana dan mudah untuk diproduksi menjadikan *wing tip devices* jenis ini sangat efektif untuk diaplikasikan pada pesawat model UAV jenis *glider* dengan kecepatan terbang rendah yang menggunakan material kayu balsa. *End plate* yang diaplikasikan pada ujung sayap pesawat UAV jenis *glider* diharapkan dapat meningkatkan performa aerodinamika pesawat dengan meningkatkan *lift* dan mengurangi *drag* pesawat.

Penelitian pengaruh *wing tip devices* tipe *end plate* pada pesawat model UAV jenis *glider* dapat dilakukan menggunakan pendekatan simulasi. Pengaruh pemasangan *wing tip devices* dengan variasi sudut *cant* dapat disimulasikan sehingga diperoleh konfigurasi yang tepat untuk berbagai variasi kecepatan terbang.

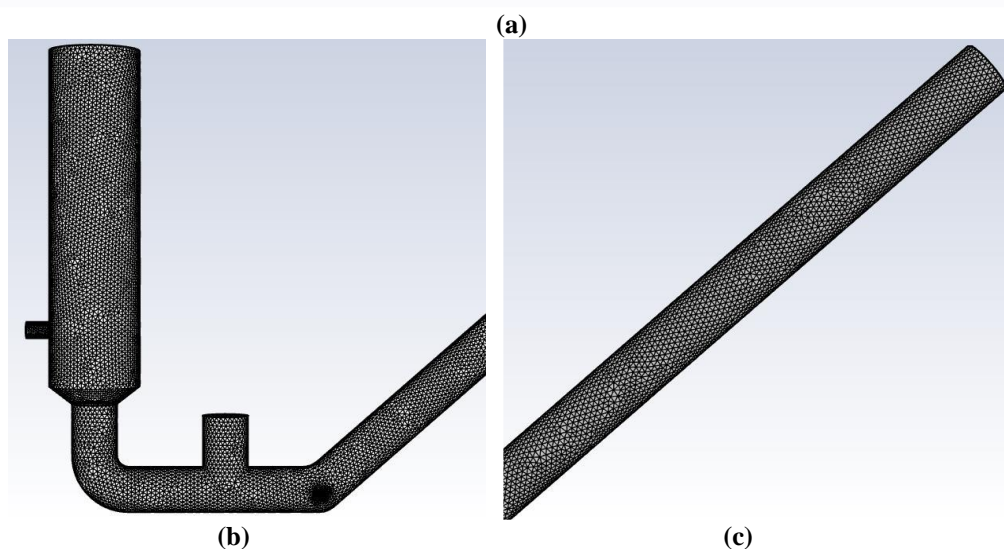
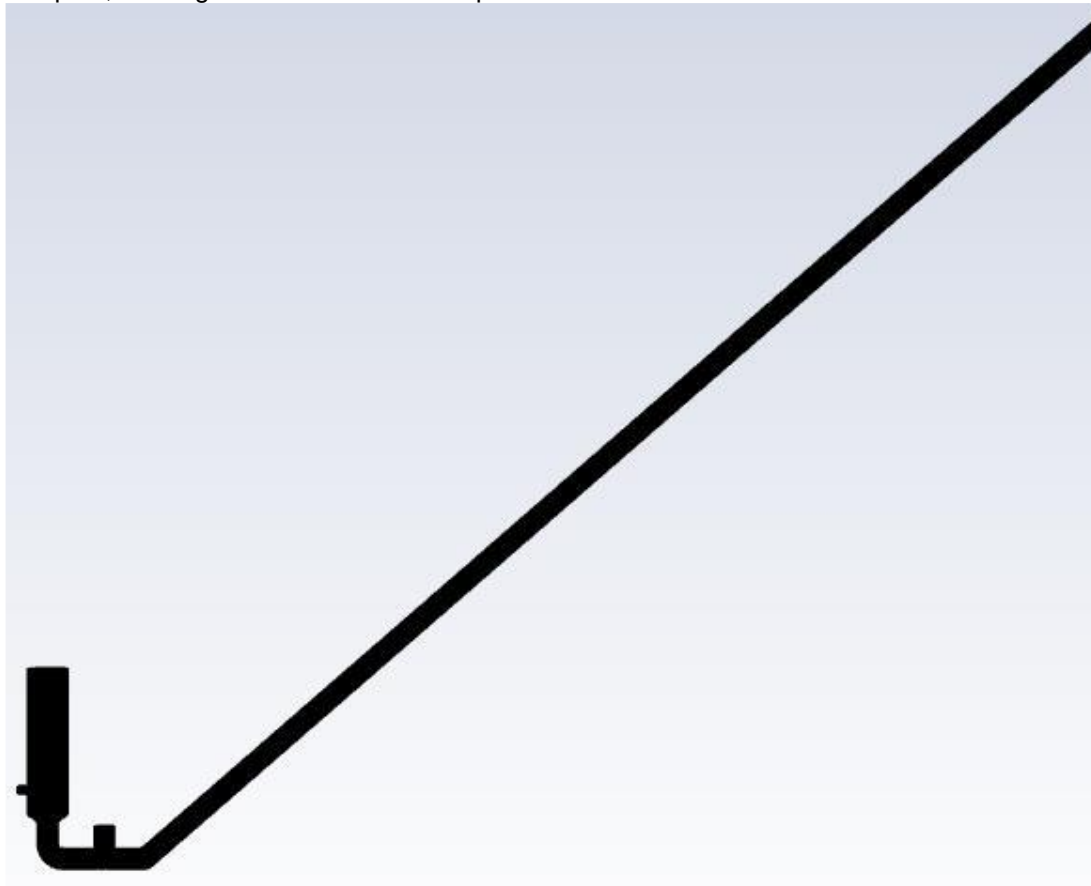
2. METODE

Simulasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan *Ansys Fluent* pada kondisi *transient*. Geometri pompa hidram digambar dengan skala 1:1. Penelitian ini menggunakan bahan berupa geometri pompa hidram dalam bentuk 3 dimensi CAD. Berikut ini gambar geometri 3 dimensi pompa hidram. Geometri pada penelitian ini berupa pompa hidram dengan panjang pada pipa miring 7,3 m, diameter tabung 8 inch, diameter pipa 4 inch seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



(a) (b)
Gambar 2.1 (a). Geometri Pompa Hidram dan Pipa Pelesat, (b). Geometri Pompa Hidram

Mesh yang digunakan pada simulasi ini menggunakan jenis tetrahedral mesh, refinement mesh dilakukan menggunakan metode body influence serta penerapan y+ atau inflation diseluruh geometri pompa hidram untuk mendapatkan hasil yang baik didaerah sekitar wall, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Simulasi menggunakan model viscous k-omega standart dijalankan dalam kondisi transient dan solution scheme menggunakan jenis Coupled, dengan debit aliran pada sisi masuk sebesar 6.01 liter/detik.



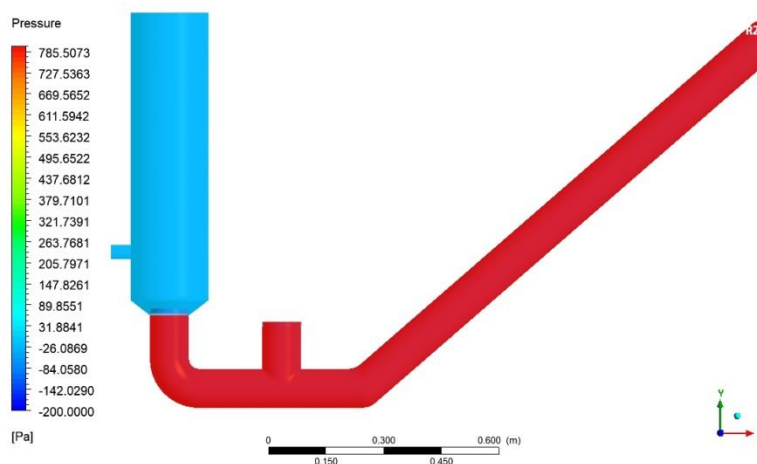
(b) (c)
Gambar 2.2 (a). Mesh pada geometri keseluruhan, (b). Mesh pada pompa hidram, (c). Mesh pada pipa pelesat

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*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

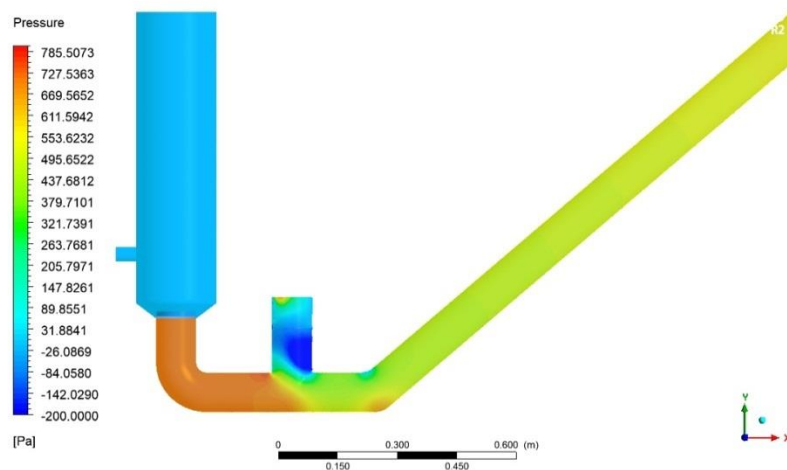
Setelah proses simulasi dilakukan, tahap selanjutnya adalah *post processing* untuk memperoleh karakteristik kontur distribusi tekanan pada pompa hidram.

Hasil simulasi pada gambar 3.1 menunjukkan bahwa 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.



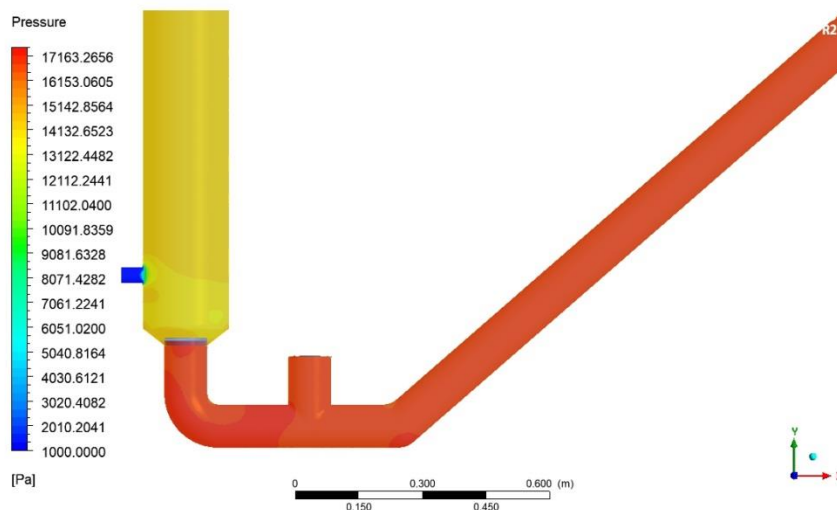
Gambar 3.1 Kontur distribusi tekanan pada katup buang tertutup

Gambar 3.2 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 dibandingkan 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 katub buang kembali menutup. Katup pengantar mulai terbuka karena distribusi tekanan pada daerah *elbow* cenderung lebih besar.



Gambar 3.2 Kontur distribusi tekanan pada katup buang terbuka penuh

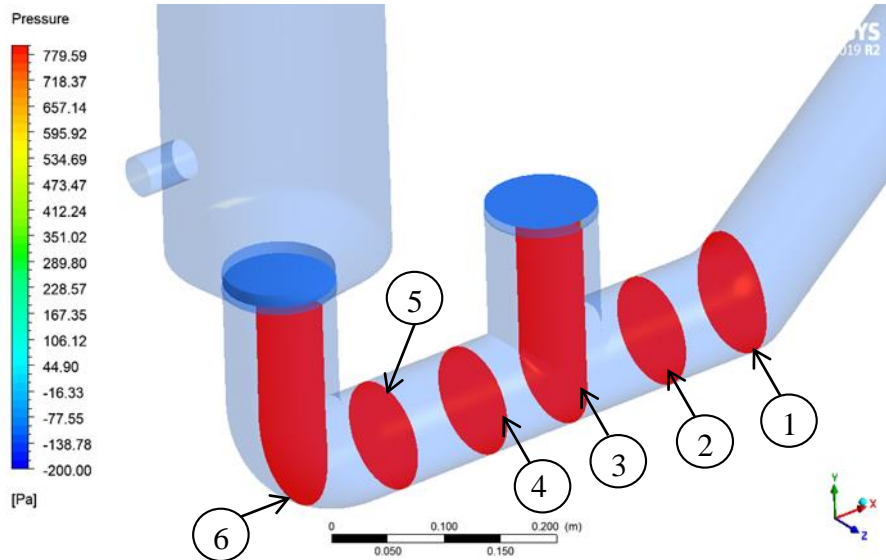
Gambar 3.3 menunjukkan kontur distribusi tekanan pada sepanjang pipa miring sampai dengan *body* pompa hidram menunjukkan distribusinya hampir merata yang di tunjukan pada gambar dengan warnah merah, karena katup pengantar pada tabung terbuka penuh sehingga aliran air mulai masuk dan terkompresi di dalam 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 mengakitbatkan katup buang mulai terbuka lagi sehingga aliran air akan keluar dari katup buang dan katup pengantar akan tertutup kembali.



Gambar 3.3 Kontur distribusi tekanan pada katup pengantar terbuka penuh

Gambar 3.5 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

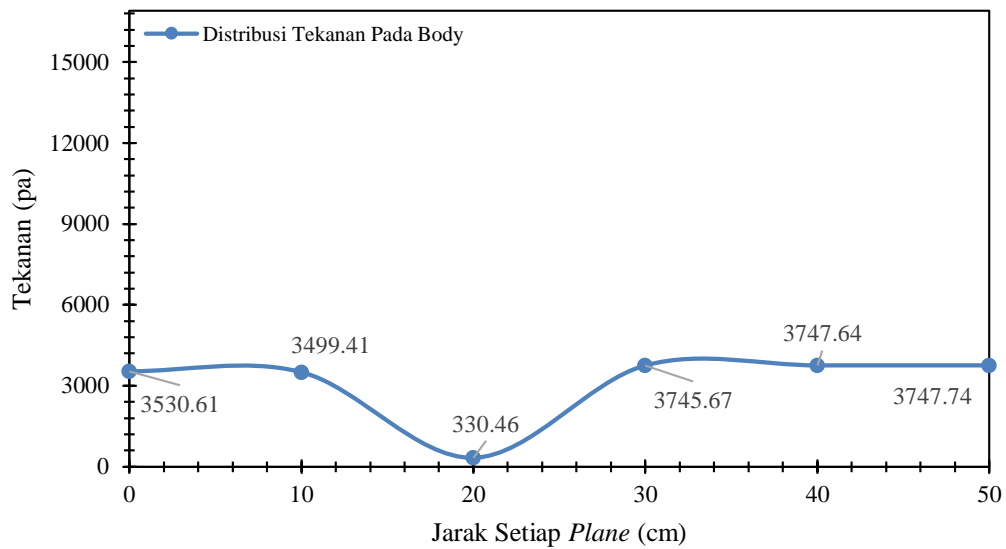
paling tinggi dikarenakan katup pengantar masih tertutup dan terjadi penumpukan aliran pada daerah *el/bow* yang menyebabkan tekanan pada daerah tersebut meningkat.



Gambar 3.4 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

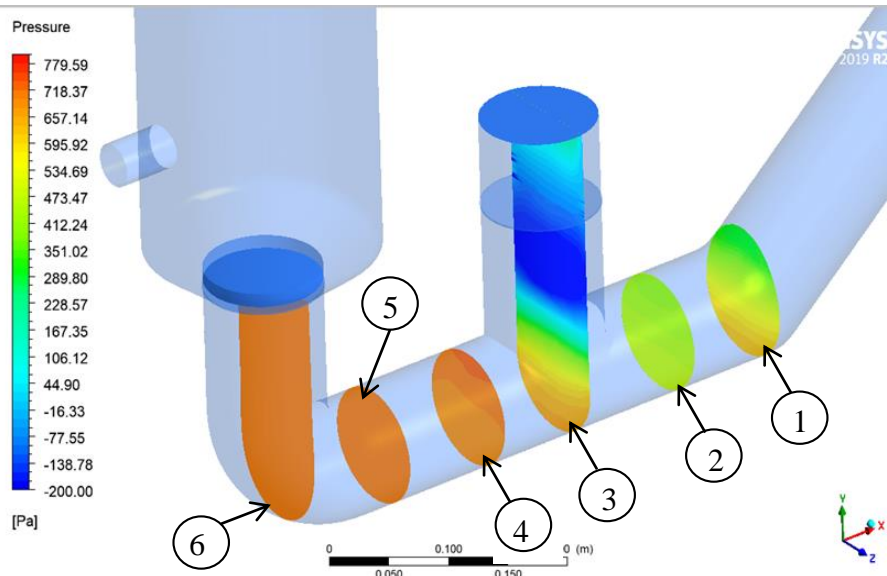
Tabel 3.1 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

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 3.5 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah dan katup pengantar tertutup

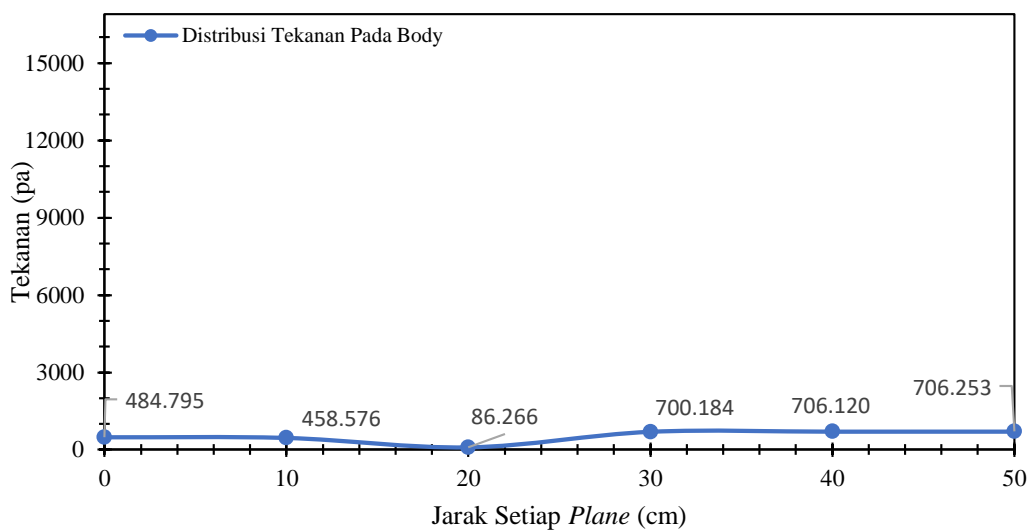
Gambar 3.7 Gambar 4.9 menunjukkan bahwa secara keseluruhan grafik ini juga mengalami kenaikan tekanan dari plane 1 dengan tekanan rata-rata sebesar 484,795 Pa hingga plane 6 dengan tekanan rata-rata sebesar 706,253 Pa. Plane 3 pada grafik menunjukkan tekanan paling rendah yaitu sebesar 86,266 Pa dikarenakan katup limbah terbuka penuh sehingga aliran air dari pipa miring sebagian mengalir keluar melalui katub buang. Plane 6 menunjukkan 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.



Gambar 3.6 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

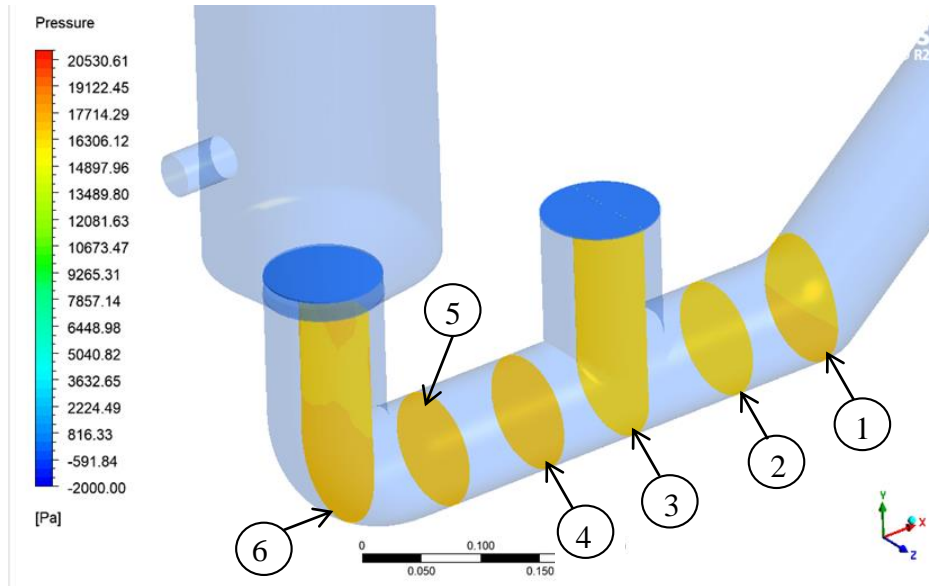
Tabel 3. 1 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

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 3.7 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup limbah terbuka penuh

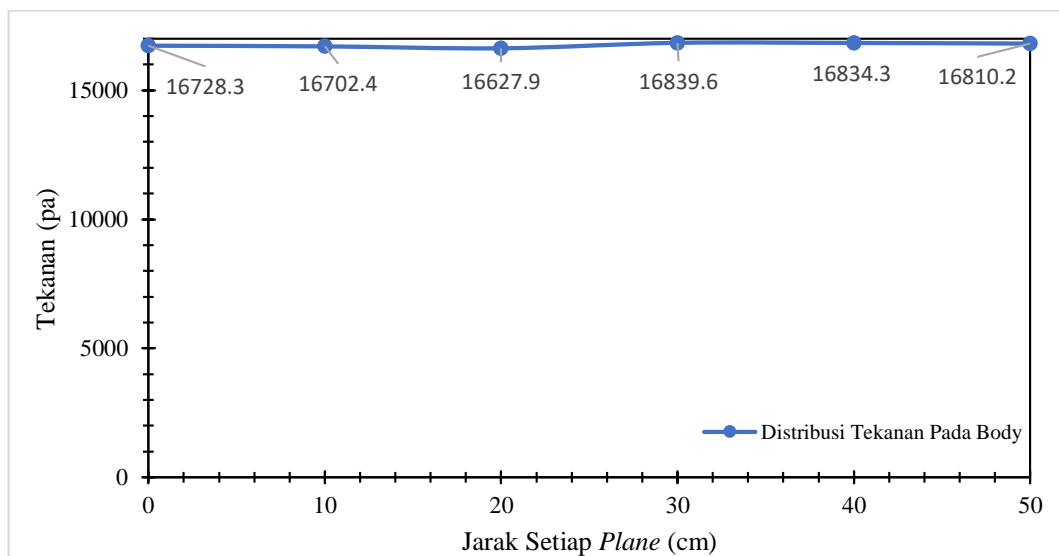
Gamabr 3.9 menunjukkan bahwa secara keseluruhan grafik ini juga mengalami kenaikan tekanan yang tidak terlalu signifikan dari *plane* 1 dengan tekanan rata- rata sebesar 16728,3 Pa hingga hingga *plane* 6 dengan tekanan rata-rata sebesar 16810,2 Pa. Grafik distribusi tekanan ini terlihat lebih merata di dibandingkan dengan grafik yang sebelumnya, di karenakan air yang mengalir dari pipa miring semuanya mengalir masuk kedalam tabung pompa hidram.



Gambar 3.8 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

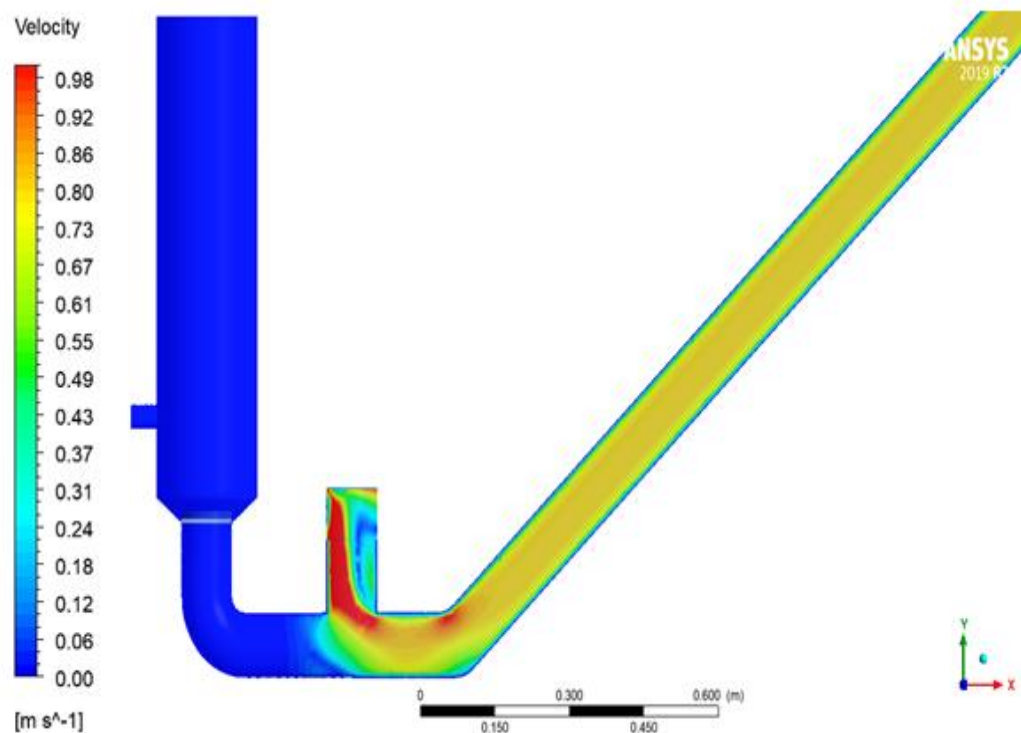
Tabel 3.2 Distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

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 3.9 Grafik distribusi tekanan pada badan pompa kondisi katup pengantar terbuka penuh

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 3.10.



Gambar 3.10 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)

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

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

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

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)

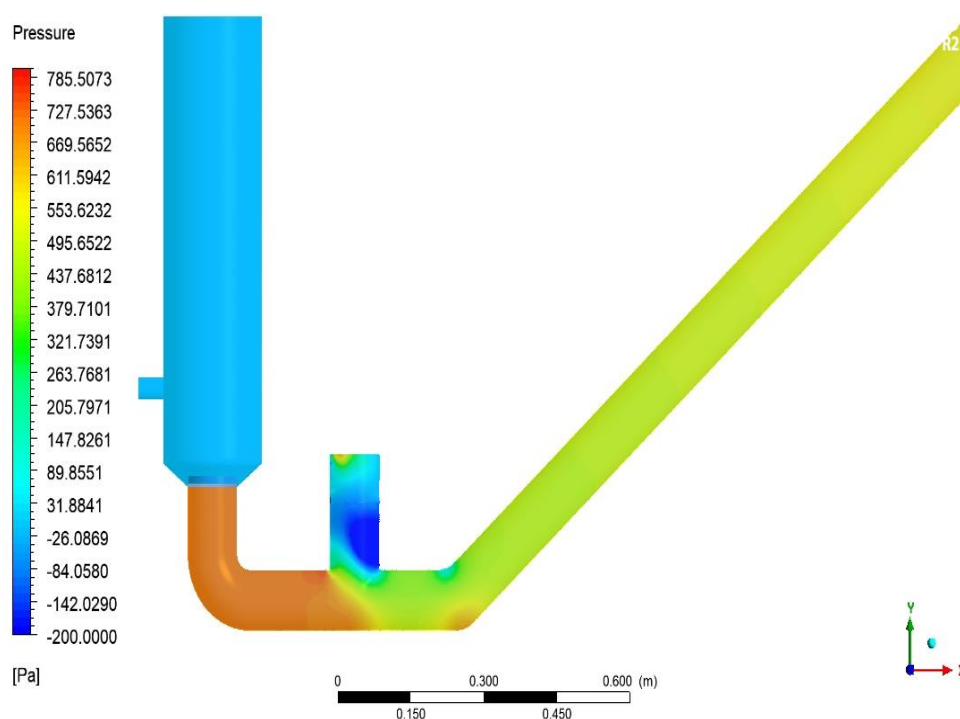
h_2 = Ketinggian aliran fluida pada katup buang (0 m)

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

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

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.

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 3.11.



Gambar 3.11 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

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pergerakan buka dan tutup katup pengantar dan katub limbah, dan kecepatan aliran air yang masuk dari pipa pelesat sangat berpengaruh terhadap distribusi tekanan di seluruh bagian pompa hidram. Tekanan rata-rata terbesar saat semua katup tertutup terdapat pada *plane* 6 sebesar 3747.74 Pa, saat katup limbah terbuka penuh terdapat pada *plane* 6 sebesar 706,253 Pa, dan pada saat katup pengantar terbuka terdapat pada *plane* 5 sebesar 16834,3 Pa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widarto dan Sudarto 1997. *Membuat Pompa Hidram*. Kanisius, Jakarta.
- [2] [Marbun & Hazwi. (2013). Simulasi Aliran Fluida pada Pompa Hidram dengan Tinggi Air Jatuh 2,3 M dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD. *Jurnal e-Dinamis*. Vol 7 (3). Hal 136-145.
- [3] Piyush B. Shende, D.K Choundary, A.P.Ninawe. (2015). Analysis And Enhancement of Hydraulic Ram Pump Using Computational Fluid Dynamics (CFD). *International Journal For Innovative Research In Science And Technology*, 2 (3), 109-133.