

# Program Studi Teknik Mesin

## Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

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

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

Nama Mahasiswa: Ongky Janalto

NIM: 20150130112

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

*Ongky Janalto*

Tanda Tangan  
Ongky Janalto

Tanggal 01 - 08 - 2019

## Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

*Sukamta*

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

Tanggal 01 - 08 - 2019

Tanda Tangan  
Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng. Sc. PhD.

Tanggal 01 - 08 - 2019

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

# Simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) Distribusi Tekanan pada Tabung udara pompa Hidram

Ongky Janalto<sup>1,a</sup>, Sukamta<sup>1,b</sup>, krisdiyanto<sup>1,c</sup>

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

<sup>a</sup>Ongki2101@gmail.com, <sup>b</sup>m.sukamta@gmail.com, <sup>c</sup>krisdiyanto@umy.ac.id

---

## Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan melimpah khususnya sumber daya air. Banyak daerah dataran tinggi yang mengalami kekeringan dan kekurangan sumber daya air. Pompa hidram adalah solusi yang tepat untuk mengatasi kekeringan dan memenuhi kebutuhan air. Pompa hidram memiliki tekanan tinggi yang dapat menyebabkan katup hantar mengalami kerusakan dan tekanan tabung udara tidak stabil. Oleh karena itu perlu dilakukan simulasi pada pompa hidram yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mengetahui karakteristik distribusi tekanan yang terjadi pada tabung udara pompa hidram.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik distribusi tekanan terjadi pada tabung udara pompa hidram dengan simulasi numerik menggunakan *software ANSYS Fluent 19 R2 academic*. Simulasi ini dilakukan pada geometri 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*.

Karakteristik distribusi tekanan yang terjadi pada tabung pompa hidram, kontur tekanan tidak merata disebabkan adanya pergerakan katup hantar dan terdapat outlet pada tabung udara. Tekanan yang terjadi pada tabung udara dipengaruhi juga oleh tekanan yang terjadi pada badan pompa hidram semakin tinggi bukaan katup hantar tekanan yang masuk ke tabung semakin bertambah.

**Kata Kunci:** Pompa hidram, CFD, tabung udara, distribusi tekanan.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan melimpah khususnya sumber daya alam (SDA). Salah satu potensi SDA seperti minyak, batu bara, air, dll. Namun, dengan kekayaan SDA yang melimpah, masih banyak daerah dataran tinggi yang mengalami kekeringan dan kekurangan sumber daya air [9]. Oleh karena itu, para engineer melakukan inovasi alat salah satunya pompa. Pompa adalah solusi yang tepat untuk mengatasi kekeringan dan memenuhi kebutuhan air di daerah dataran tinggi. Umumnya pompa yang sering digunakan adalah pompa bertenaga listrik, namun tidak efisien dalam jangka waktu panjang dikarenakan membutuhkan perawatan yang intensif, sehingga dibutuhkan pompa yang dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang, namun memiliki biaya perawatan yang relatif terjangkau yaitu pompa hidram (*Hydraulic Ram Pump*).

Pompa hidram merupakan alat pemompaan secara otomatis yang memanfaatkan tekanan air untuk mengangkat sebagian aliran air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi [1]. Mekanisme pompa hidram yaitu air masuk dari terjunan melalui pipa miring kemudian masuk ke katup buang dan didorong ke katup hantar yang membuka akibat

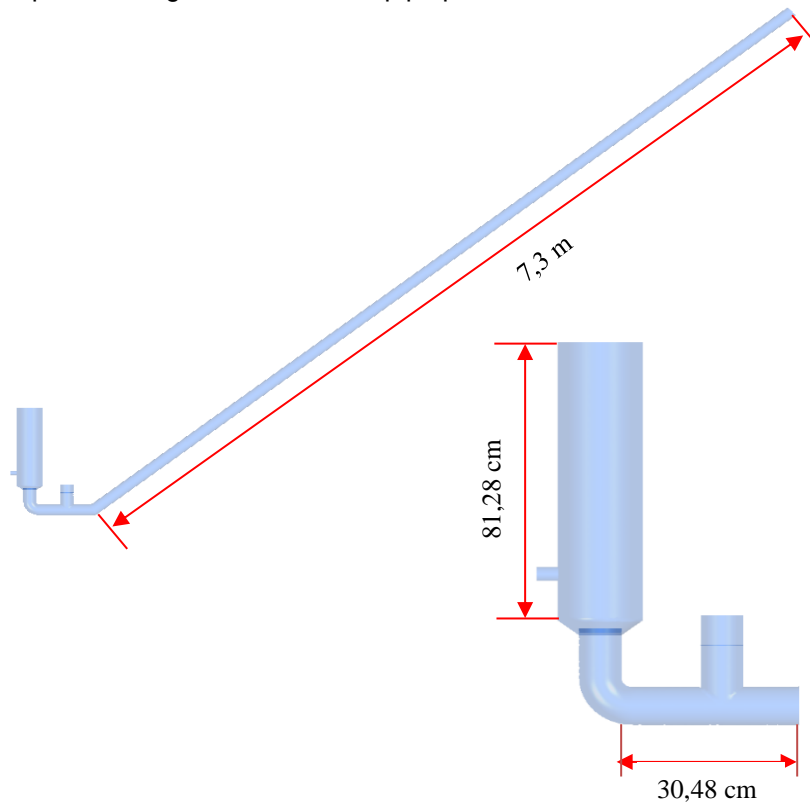
dorongan air dan masuk ke tabung kompresi. Pada saat tabung berisi air dan udara secara maksimal maka sebagian air akan keluar melalui pipa *outlet* dan menaikkan air ke daerah yang lebih tinggi. Air kembali masuk dan mengakibatkan terjadinya *water hammer* yang mendorong air masuk ketabung kompresi. 2/3 air akan terbuang melalui katup buang dan 1/3 akan naik melalui pipa *outlet*. Energi yang berulang – ulang mendorong air ketempat yang lebih tinggi [12].

Pompa hidram memiliki tekanan tinggi yang dapat menyebabkan katup hantar mengalami kerusakan dan tekanan tabung udara tidak stabil. Oleh karena itu perlu dilakukan simulasi pada pompa hidram yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Penelitian tentang simulasi aliran fluida pada pompa hidram dengan tinggi air jatuh 2.3 m dengan menggunakan perangkat lunak CFD menghasilkan penurunan tekanan tabung seiring bertambahnya volume pada tabung. [7]

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi tekanan yang terjadi pada tabung udara pompa hidram yang sudah dirancang. Data dari simulasi tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil yang lebih efisien dan optimal.

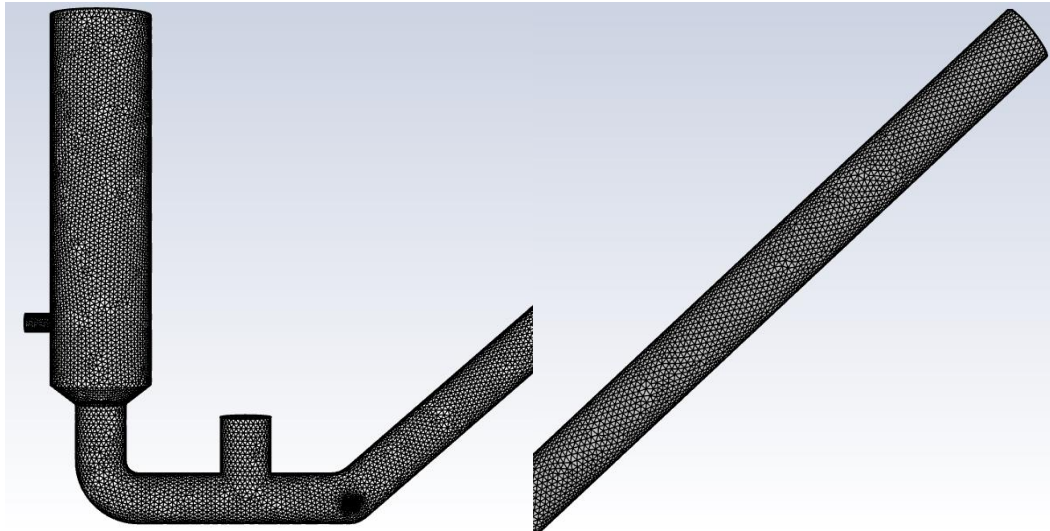
## 2. METODE

Simulasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Ansys Fluent pada kondisi transient. Geometri pada penelitian ini adalah pompa hidram dengan panjang pipa penstock 7,3 m, diameter pada tabung 8 inch, diameter pipa penstock 4 inch.



**Gambar 2.1** geometri pompa hidram

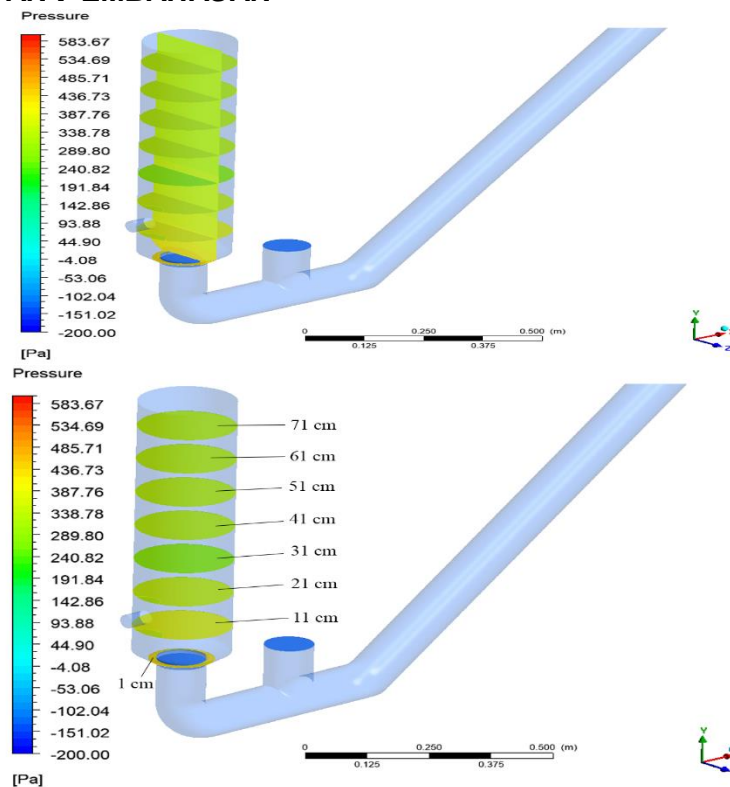
Mesh yang digunakan pada simulasi ini menggunakan jenis tetrahedral, simulasi menggunakan model K-Omega standart dijalankan dalam kondisi transient dan solution scheme menggunakan jenis *Coupled*, dengan debit aliran pada sisi masuk sebesar 6.01 liter/detik.



**Gambar 2.2** Mesh pada pompa hidram dan pipa pelesat

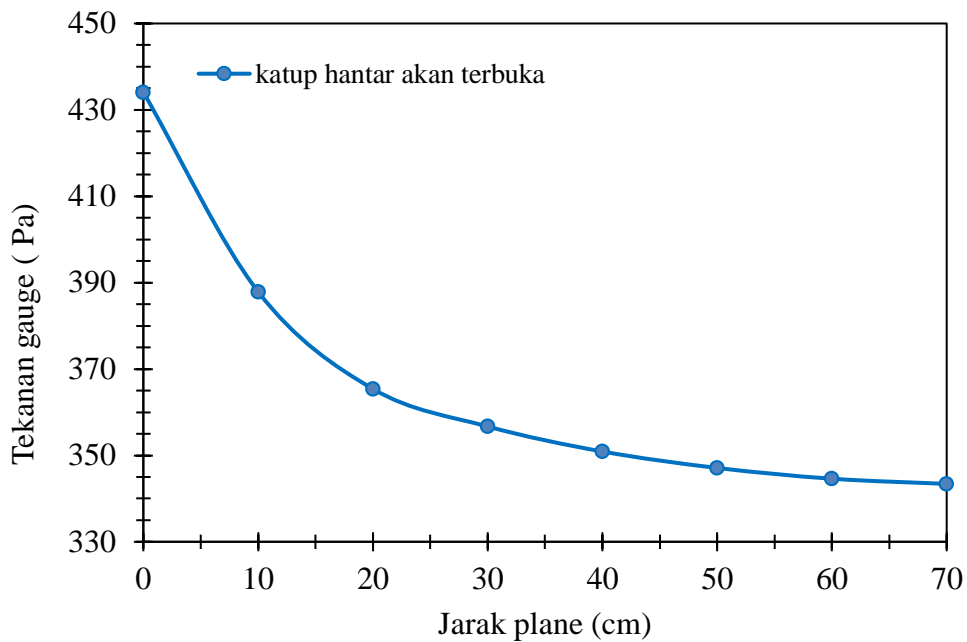
Parameter waktu turut diperhitungkan dalam simulasi ini sehingga simulasi akan terus berjalan hingga waktu yang telah ditentukan. Waktu simulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 4 detik. Waktu simulasi mengacu pada pergerakan katup penghantar dan katup buang. Pergerakan katup penghantar maksimal yaitu setinggi 1 cm dan pergerakan maksimal katup buang yaitu setinggi 8 cm. Parameter data dari katup pompa hidram didapatkan dari pergerakan katup yang sudah dirancang. Pergerakan katup pada simulasi ini dijalankan dengan layering dynamic mesh dengan setting pergerakan menggunakan profile.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN



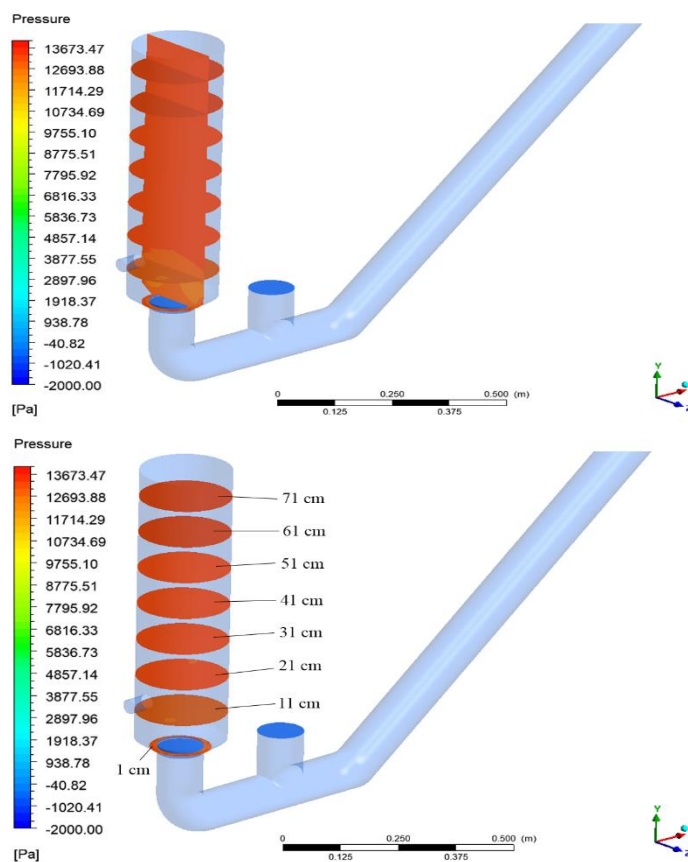
**Gambar 3.1** Kontur tekanan tabung saat katup hantar akan terbuka.



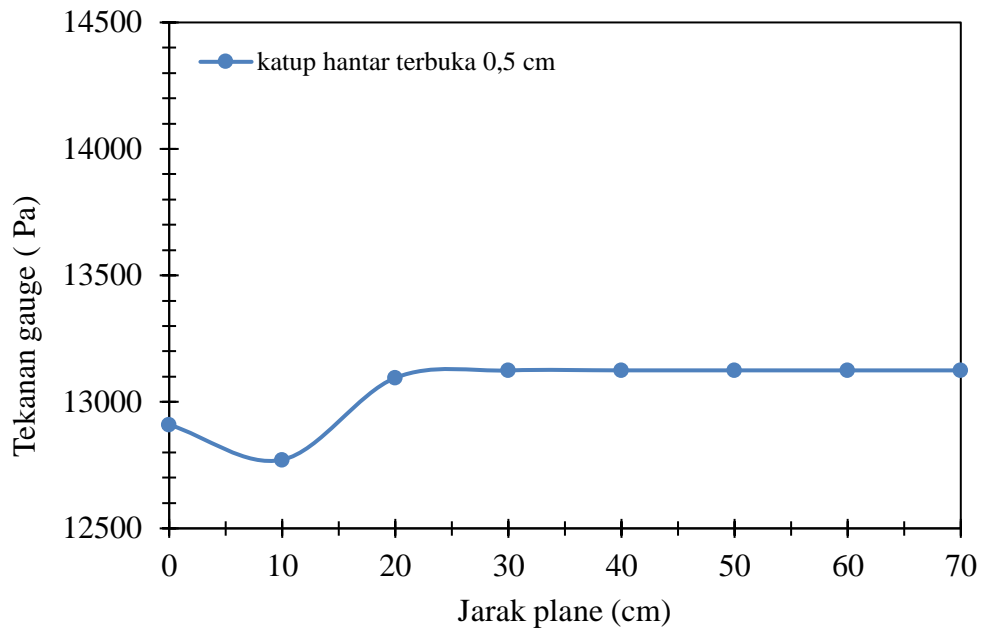


**Gambar 3.2** Grafik Kontur tekanan tabung saat katup hantar akan terbuka

Pada gambar 3.1 dan 3.2 dapat dianalisa bahwa tekanan tertinggi terdapat pada plane 1 cm karena tekanan dari badan pompa baru akan terdistribusikan ke katup hantar, pada plane yang lain tekanan belum terdistribusikan karena tekanan baru masuk ke bagian katup hantar.

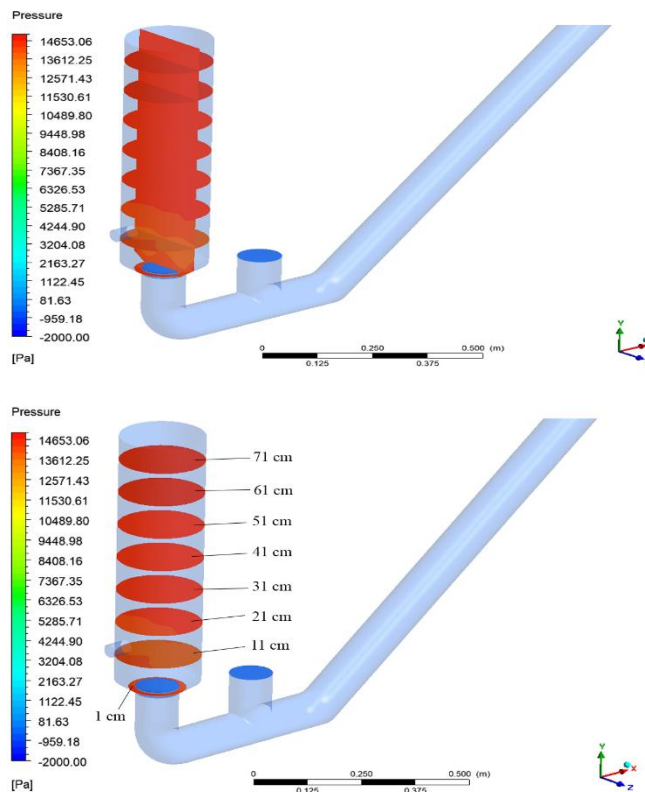


**Gambar 3.3** Kontur tekanan tabung saat katup hantar terbuka 0,5 cm

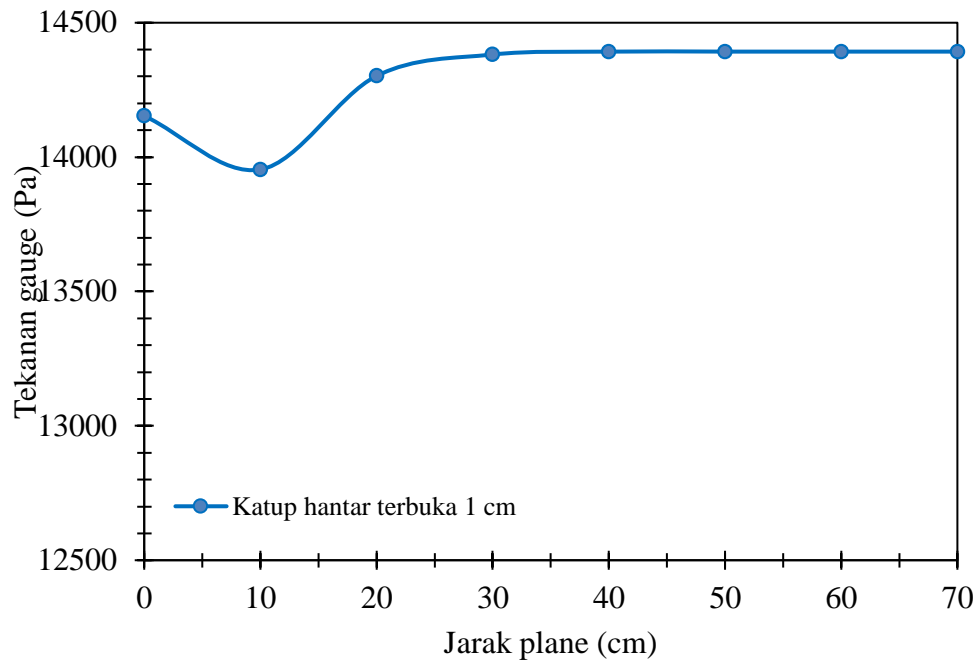


**Gambar 3.4** Grafik Kontur tekanan tabung saat katup hantar terbuka 1 cm.

Pada gambar 3.3 dan 3.4 dapat dianalisa bahwa pada plane 11 cm terjadi tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan plane yang lainnya yaitu sebesar 12771,4 Pa dikarenakan pada plane tersebut terdapat outlet dan pada plane 21 sampai 71 cm tekanan tabung stabil.

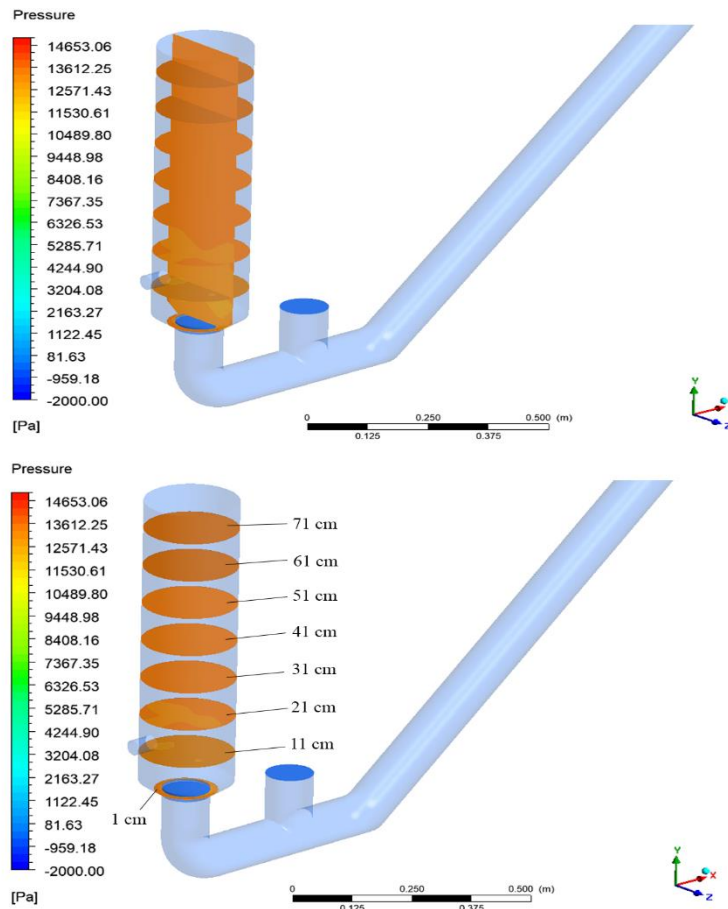


**Gambar 3.5** Kontur tekanan tabung saat katup hantar terbuka 1 cm

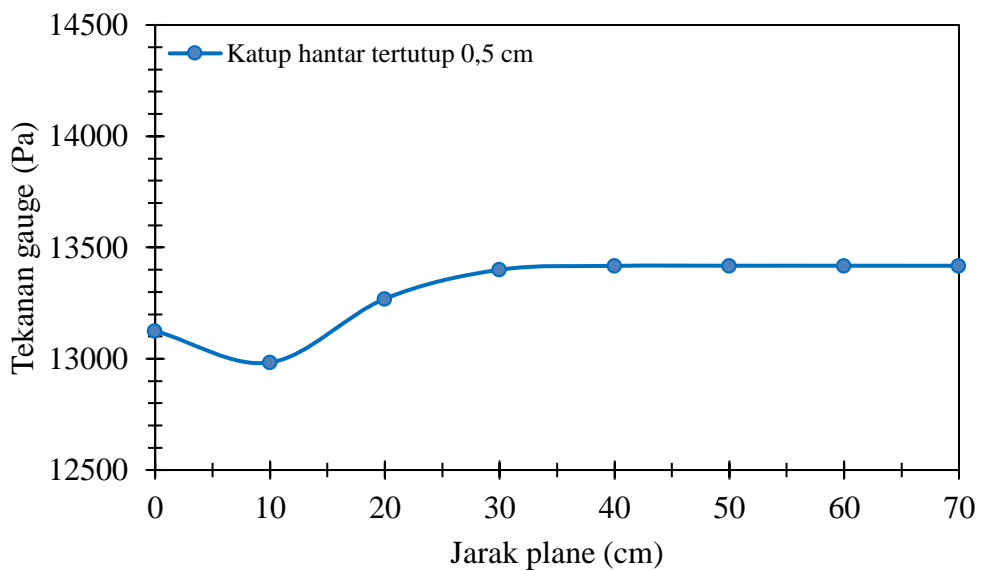


**Gambar 3.6** grafik Kontur tekanan tabung saat katup hantar terbuka 1 cm

Gambar 3.5 dan 3.6 diketahui bahwa tekanan yang terjadi di pompa merupakan tekanan tertinggi dari pada kondisi lainnya dikarenakan pada kondisi diatas katup hantar sudah terbuka penuh mengakibatkan tekanan pada badan pompa yang tinggi terdistribusi sepenuhnya ke tabung udara. Pada plane 11 cm terjadi penurunan tekanan yang disebabkan adanya outlet namun jika dibandingkan dengan data grafik saat katup hantar terbuka 0,5 cm, tekanan tersebut mengalami kenaikan dari 12771,4 Pa menjadi 13953,8 Pa.



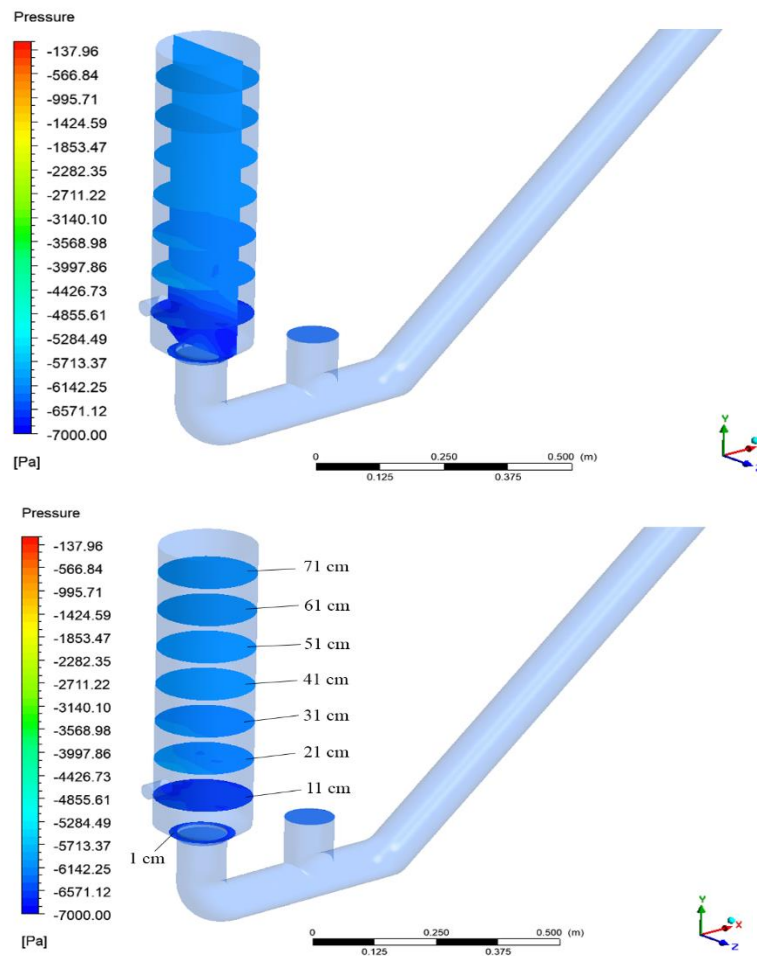
**Gambar 3.7** Kontur tekanan tabung saat katup hantar tertutup 0,5 cm



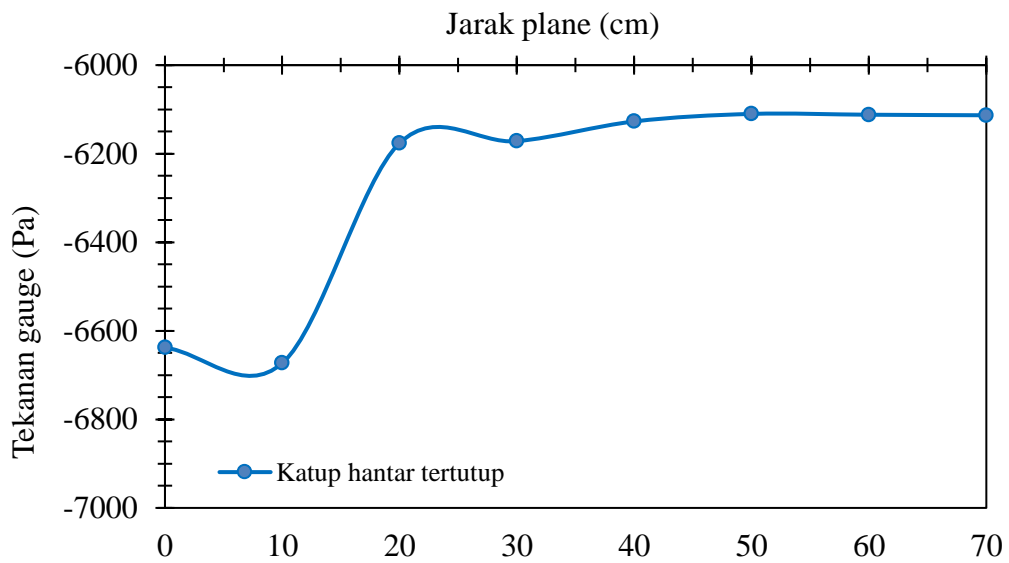
**Gambar 3.8** grafik Kontur tekanan tabung saat katup hantar tertutup 0,5 cm

Gambar 3.7 dan 3.8 menunjukkan telah terjadi penurunan tekanan jika dibandingkan dengan data dan grafik pada saat katup hantar terbuka penuh. Data dan grafik diatas menunjukkan bahwa tekanan menurun dikarenakan katup hantar tertutup 0,5 cm dan air mulai keluar ke outlet.



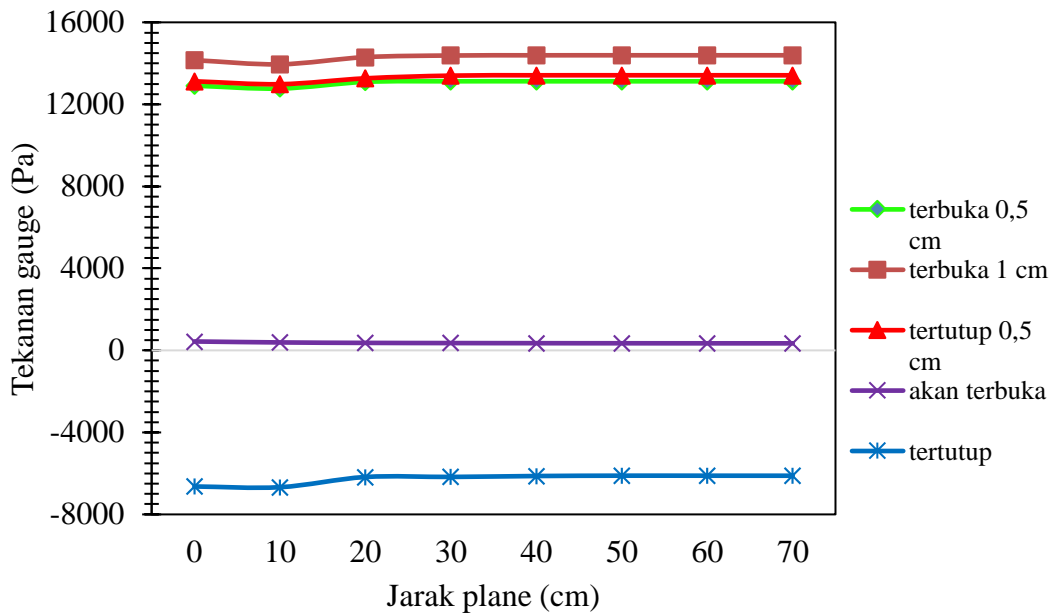


Gambar 3.9 Kontur tekanan tabung saat katup hantar tertutup.



Gambar 3.10 grafik Kontur tekanan tabung saat katup hantar tertutup 0,5 cm

Gambar 3.9 dan 3.10 menunjukkan tekanan pada tabung udara sangat kecil dikarenakan katup hantar yang telah tertutup penuh mengakibatkan tekanan pada badan pompa tidak terdistribusikan ke tabung melalui katup hantar. Udara pada tabung menekan air menuju ke outlet.



**Gambar 3.11** Grafik perbandingan tekanan saat katup hantar mulai terbuka hingga tertutup.

Grafik perbandingan tekanan yang terjadi pada saat katup akan terbuka hingga tertutup penuh menunjukkan perbedaan tekanan pada tabung udara pompa hidram. Tekanan tertinggi berada saat katup hantar terbuka setinggi 1 cm atau terbuka penuh sedangkan tekanan terendah berada pada saat katup hantar tertutup penuh dikarenakan tekanan pada badan pompa tidak terdistribusikan lagi melalui katup hantar.

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

$$v_0 = \frac{Q}{A}$$

Dimana, Q = Debit aliran fluida (0,00601 m<sup>3</sup>/s)  
A = Luas Penampang (0,008107 m<sup>2</sup>)

$$v_0 = \frac{0,00601}{0,008107}$$

$$v_0 = 0,741 \text{ m/s}$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2 \times g \times (h_1 - h_2)}$$

Dimana, v<sub>0</sub> = Kecepatan aliran fluida pada inlet (0,741 m/s)  
v<sub>1</sub> = kecepatan aliran fluida pada badan pompa (m/s)  
g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
h<sub>1</sub> = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat (4,789 m)  
h<sub>2</sub> = Ketinggian aliran fluida pada katup buang (0 m)

$$v_1 = \sqrt{0,741^2 + 2 \times 9,81 \times (4,789 - 0)}$$

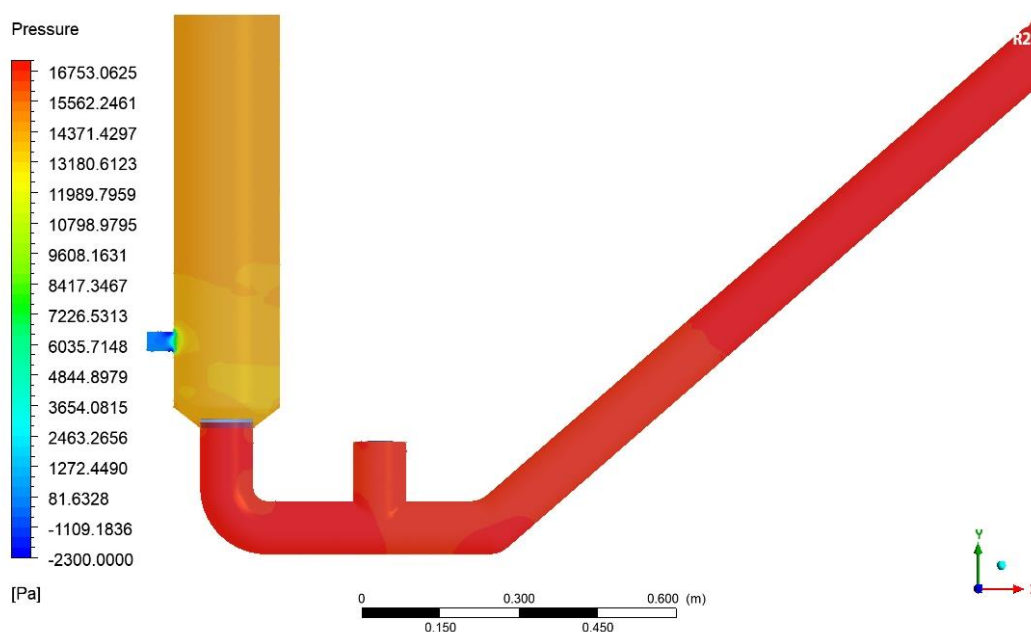
$$v_1 = 9,731 \text{ m/s}$$

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

Dimana,  $v_1$  = kecepatan aliran fluida pada badan pompa (9,731 m/s)  
 $v_2$  = kecepatan aliran fluida pada tabung udara ( m/s)  
 $h_1$  = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat (4,789 m)  
 $h_2$  = Ketinggian aliran fluida pada tabung udara (0,997 m)  
 $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$$v_2 = \sqrt{9,731^2 + 2 \times 9,81 \times (4,789 - 0,997)}$$

$$v_2 = 9,172 \text{ m/s}$$



**Gambar 3.12** Kontur tekanan pada pompa hidram

Hasil tekanan pada pompa hidram didapat dari perhitungan dengan asumsi fluida bersifat *incompressible*. Tekanan pada tabung udara 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,  $\Delta P$  = Perbedaan tekanan (Pa)  
 $v_1$  = Kecepatan aliran fluida pada badan pompa (9,731 m/s)  
 $v_2$  = Kecepatan aliran fluida pada tabung udara (9,172 m/s)  
 $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 $h_1$  = Ketinggian aliran fluida pada pipa pelesat (4,789 m)  
 $h_2$  = Ketinggian aliran fluida pada tabung udara (0,997 m)  
 $\rho$  = Massa jenis air (997 kg/m<sup>3</sup>)

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{1}{2} \times (9,172^2 - 9,731^2) + 9,81 \times (0,997 - 0)$$

$$\frac{\Delta P}{997} = 4,497$$

$$\Delta P = 4483,689 \text{ Pa}$$

Hasil perhitungan teoritis dan simulasi numerik terdapat perbedaan. Hasil perhitungan menggunakan data sesuai dengan data eksperimen hasilnya 4483,689 Pa sedangkan hasil menggunakan simulasi numerik hasilnya 3572,45 Pa.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi CFD (*computational fluid dynamics*) didapatkan kesimpulan mengenai karakteristik distribusi tekanan pada tabung udara pompa hidram bahwa tinggi bukaan katup hantar mempengaruhi tekanan yang ada didalam tabung, saat katup hantar membuka setinggi 0,5 cm tekanan tertinggi sebesar 13124,6 Pa dan saat katup hantar membuka setinggi 1 cm tekanan tertinggi sebesar 14392.5 Pa. Tekanan tabung pada plane 0 cm saat katup akan terbuka merupakan tekanan tertinggi karena tekanan dari air baru akan masuk ke tabung mengakibatkan tekanan menjadi tinggi, pada plane lain belum mengalami tekanan yang disebabkan air belum masuk ke arah atas tabung. Pada saat katup mulai terbuka setinggi 0,5 dan 1 cm tekanan mulai naik namun terjadi penurunan di plane 10 cm karena adanya bagian outlet, pada plane berikutnya dari 20 cm hingga 70 cm tekanan naik dan stabil. Pada saat katup hantar menutup 0,5 cm tekanan mulai berkurang perlahan hingga katup hantar tertutup dan tekanan di tabung menjadi sangat rendah hingga sebesar -6637.9 Pa dikarenakan udara yang terkompresi mendorong air menuju ke outlet. Hasil validasi menggunakan perhitungan sesuai data eksperimen menghasilkan  $\Delta P = 4483,689$  Pa sedangkan untuk hasil simulasi numerik sebesar 3572,45 Pa

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Efendi, H. & Tambunan, B. H., 2014. Pengaruh Volume Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. *Engineering*, 8(1).
- [2] Marbun, H. M. & Hazwi, M., 2013. Simulasi Aliran Fluida Pada Pompa Hidram Dengan Tinggi Air Jatuh 2.3 M Dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD. *Jurnal e-Dinamis*, 7(3), pp. 136-145.
- [3] Panjaitan, D. O. & Sitepu, T., 2012. Rancang Bangun Pompa Hidram Dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. *Jurnal e-Dinamis*, II(2), pp. 1-9.
- [4] Supriyanto, A. & Irawan, D., 2017. Pengaruh Variasi Jarak Sumbu Katup Limbah Dengan Sumbu Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 6(2), pp. 185-192.