

Kontur Tekanan dan Kecepatan Aliran Fluida Pada Pompa Hydraulic-Ram

(Pressure and Velocity Contours of Fluid Flow on Hydraulic-Ram Pump)

Sukamta^a, Binanda Braja Mahendra S^b, Krisdiyanto^c, Ongky Janalto^d, Wursito Adi Priambodo^e

^{a,b,c,d,e}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183

email: sukamta@umy.ac.id, binandabraja123@gmail.com, krisdyanto@umy.ac.id, ongki2101@gmail.com, wursito.adi.2015@ft.umy.ac.id

Abstrak

Karakteristik aliran fluida sangatlah penting diprediksi agar dapat dilakukan upaya pencegahan dini terhadap kerusakan yang terjadi pada saluran perpipaan. Salah satu metode yang tepat untuk memprediksi karakteristik aliran tersebut adalah *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Metode ini sangat cocok digunakan untuk melakukan analisis sebuah sistem yang rumit dan sulit dipecahkan dengan perhitungan manual. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui fenomena aliran yang terjadi pada pompa *Hydrum* dengan simulasi numerik menggunakan *software ANSYS Fluent 19 R2 academic*. Simulasi ini dilakukan pada pompa *Hydrum* berdiameter tabung 8 *inch* dan panjang pesat 7,3 m. Simulasi pada kondisi transien ini dilakukan dengan menggunakan metode *layering mesh* dinamis. Hasil simulasi menunjukkan karakteristik aliran fluida di dalam pompa *Hydrum* dengan kontur tekanan yang tidak merata tetapi terkonsentrasi pada titik tertentu. Tekanan di area badan pompa lebih tinggi daripada di area tabung, perbedaan tekanan disebabkan oleh gerakan katup dan perbedaan diameter pipa. Kecepatan aliran pada pipa pesat sangat berpengaruh pada tekanan yang dihasilkan, dan hal ini akan mempengaruhi *head* pompa *Hydrum* juga akan meningkat.

Kata kunci : Fluida, *hydraulic-ram*, komputasi, pompa, simulasi.

Abstract

It is important to predict the characteristics of the fluid flow so that early prevention efforts can be made. An appropriate method for predicting the flow characteristics is Computational Fluid Dynamics (CFD). This method is suitable for analyzing complex systems that are difficult to solve using manual calculations. This research was conducted to determine the flow phenomenon that occurs in Hydrum pumps with numerical simulations using ANSYS Fluent 19 R2 academic software. This simulation was carried out on a Hydrum pump with a diameter of 8 inches and a pipe length of 7.3 m. Simulations on these transient conditions are carried out using the layering dynamic mesh method. The simulation result in the fluid flow characteristics at Hydrum pump with uneven pressure contours but concentrated at a certain point. Pressure in the pump body area is higher than that in the tube area, the pressure difference is caused by the movement of the valve and the difference in pipe diameter. The flow velocity on the pipe is very fast influencing the pressure generated, and this will affect the Hydrum pump head will also increase.

Keywords: Computational, fluid, Hydraulic-ram, pump, simulation.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok makhluk hidup termasuk manusia. Air memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup manusia, seperti memenuhi kebutuhan rumah tangga, irigasi pertanian, irigasi perikanan, dan kebutuhan lainnya. Daerah pedesaan masih mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan air, terutama daerah yang memiliki geografis lebih tinggi dibandingkan sumber air nya. Pompa merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan air. Jenis pompa yang biasa digunakan adalah pompa listrik

konvensional yang menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaganya. Namun demikian, pompa konvensional tidak efisien dan ekonomis jika digunakan di daerah yang sumber energi listriknya terbatas. Untuk daerah semacam ini diperlukan pompa dengan biaya operasional murah dan perawatan juga mudah.

Pompa yang tidak membutuhkan energi listrik sebagai sumber tenaganya adalah pompa hidraulic ram (*Hydrum*). Pompa *Hydrum* merupakan pompa ramah lingkungan dibandingkan dengan pompa konvensional atau pompa energi berbasis bahan bakar fosil. Air limbah dari pompa *Hydrum* dapat dengan mudah di manfaatkan kembali kedalam *reservoir*. Pompa *Hydrum* memanfaatkan tekanan air sebagai sumber tenaga. Prinsip kerja pompa *Hydrum* menggunakan pemanfaatan gravitasi dimana akan menciptakan energi dari hantaman air yang kemudian mendorong air ke tempat yang lebih tinggi. Menurut Widiarto dan Sudarto (1996) untuk mendapatkan energi potensial dari hantaman air diperlukan syarat utama yaitu harus ada terjunan air yang dialirkan melalui pipa miring atau *penstock* dengan beda tinggi elevasi dengan pompa *Hydrum* minimal 1 m. [1]. Peneliti sebelumnya, Marbun & Hazwi [2] melakukan CFD aliran fluida pada pompa *Hydrum* dengan tinggi air jatuh 2,3 m. Simulasi yang digunakan adalah untuk aliran *steady, inkompresible*, turbulen dan geometri yang digunakan pada penelitian tersebut geometri 3 tiga dimensi. Hasil simulasi dilakukan validasi dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil eksperimen. Hasil simulasi didapat penyimpangan terendah sebesar 0,78 % dan penyimpangan tertinggi sebesar 9,19 %. Penelitian terdahulu juga telah menyajikan analisis kinerja pompa ram hidrolis menggunakan computational fluid dynamic (CFD). Studi ini menetapkan bahwa aliran massa melalui katup limbah *Hydrum* lebih banyak, sehingga untuk mengurangnya dilakukan peningkatan dan desain baru dibuat. Ini didasarkan pada studi sistematis pompa *Hydrum* dan pengujian model pompa *Hydrum*. Hasilnya juga telah dianalisis dan dibandingkan dengan tinjauan literatur penelitian sebelumnya[3]

Sementara itu Siahaan, dkk. (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi panjang pesat dan diameter chamber terhadap efisiensi pompa *Hydrum*. Pompa *Hydrum* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter driven pipe 1,5 inch dan diameter delivery pipe 0,5 inch, dengan variasi panjang driven pipe adalah 8 m , 10 m , dan 12 m. Sedangkan variasi diameter air chamber yang digunakan adalah 3 inch , dan 4 inch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi maksimum diperoleh pada variasi panjang driven pipe 8 m dan diameter air chamber 3 inch, yaitu sebesar 37%. [4]

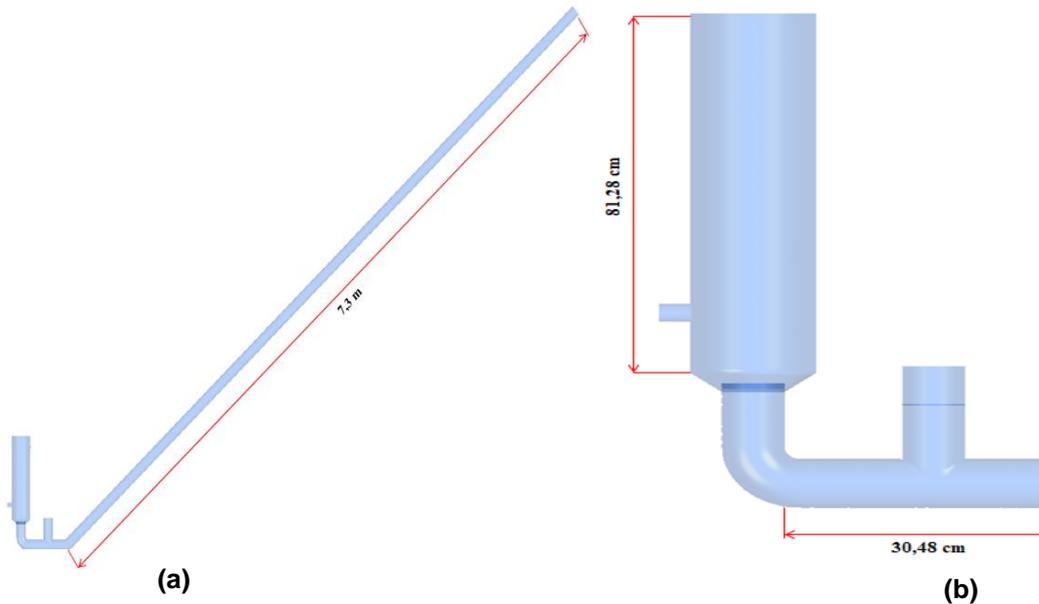
Sementara itu, telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume tabung udara terhadap efisiensi pompa *Hydrum* dengan menggunakan dua buah tabung udara yang panjangnya 400 dan 600 mm dengan diameter 60 mm, sehingga dihasilkan volume 1,13 dan 1,70 liter. Berat katup buang dan hantar masing- masing 760 dan 39 gram. Head suplai diposisikan pada ketinggian 1 m, sedangkan head hantar pada ketinggian 3 m. Hasil penelitian menunjukkan memperbesar volume tabung udara dapat meningkatkan efisiensi[5]. Sebelumnya juga telah dilakukan perancangan pompa *Hydrum* dengan menggunakan variasi tinggi tabung udara dengan tinggi 40 cm dan 60 cm dengan diameter 6.35 cm serta variasi panjang pipa pemasukan 8 m, 10 m dan 12 m. Tinggi saluran suplai 2,3 meter dan tinggi saluran tekan 8 m. Dari perhitungan di dapat kapasitas pompa maksimum sebesar $3,46666 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Efisiensi maksimum pompa *Hydrum* 29,55 % pada tinggi tabung 60 cm dan panjang pipa masuk 10 m [6]. Sedangkan penelitian untuk mengetahui pengaruh jarak sumbu katup limbah dengan sumbu tabung udara terhadap debit air keluaran (output) dan efisiensi yang dihasilkan juga telah dilakukan[7]. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian dengan variasi jarak sumbu katup limbah dengan sumbu tabung udara sepanjang 0,25 m, 0,35 m, dan 0,45 m dan menggunakan katup limbah berdiameter 4 inchi. Proses pengujian pada tinggi terjunan air masuk 1,7 m, diameter pipa air masuk 6 inchi dengan debit input $0,084 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan tinggi angkat air 5 m

dengan panjang pipa penghantar 50 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variasi jarak yang semakin kecil akan menghasilkan debit yang semakin besar dan sebaliknya. Penelitian unjuk kerja pompa *Hydrum* menggunakan kompresor tabung berdiameter tabung 3 inci dan tinggi 25 cm telah dilakukan[7]. Level air yang digunakan berada pada posisi 5 meter dengan ketinggian 8 meter. Parameter yang diamati adalah tekanan input, tekanan keluaran, tekanan kompresor tabung, tekanan limbah katup, input pembuangan air, aliran air keluaran dan efisiensi pompa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi pompa *Hydrum*, dengan konfigurasi tabung kompresor paralel memiliki kinerja yang lebih baik daripada konfigurasi seri tabung kompresor, dimana head maksimum mencapai 22 meter, debit 0,0453 liter/detik dan efisiensi sebesar 3,278%. Selaras dengan peneliti sebelumnya, penelitian untuk mengetahui unjuk kerja pompa hidrolis ram dengan variasi berat katup buang dan head input juga telah dilakukan[8]. Pompa hidrolis ram yang digunakan berdiameter pipa masuk 1,5 inch dan diameter pipa keluar 0,5 inch. Variasi berat katup limbah yang dipakai adalah 410 g, 450 g, 490 g, 540 g, 580 g dan 630 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas aliran maksimum, maksimum head discharge dan efisiensi maksimum dicapai pada berat katup limbah 410 g. Kapasitas aliran maksimum adalah $11,146 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, maksimum head discharge adalah 7,378 m dan efisiensi maksimum adalah 16,302 %. Sementara, terdapat pula penelitian sebelumnya yang bertujuan menganalisa pengaruh variasi tabung angin dan diameter pipa inlet terhadap debit pompa *Hydrum* yang dihasilkan. Instalasi pompa *Hydrum* menggunakan diameter pipa inlet 2 inchi dan pengaruh 3 variasi tabung udara 2 inchi, 3 inchi, 4 inchi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tabung udara dapat memperbesar head output pompa *Hydrum*, efisiensi pompa *Hydrum*, dan debit air yang dihasilkan. Demikian pula besarnya tekanan pada waste valve sangat berpengaruh pada ketinggian yang dicapai dan debit air yang di hasilkan[9]. Pengaruh faktor volume tabung udara dan beban katup limbah pompa *Hydrum* terhadap efisiensi serta pengaturan paling optimal untuk mendapatkan efisiensi terbaik telah dilakukan pula oleh peneliti sebelumnya[10]. Dari hasil percobaan dan analisa varians serta regresi response surface diperoleh hasil bahwa faktor volume tabung udara dan beban katup limbah berpengaruh pada efisiensi pompa, begitu pula interaksi antara kedua faktor. Pengaturan optimal untuk mendapatkan efisiensi terbaik adalah saat volume tabung 1300 ml dan beban 400 gram untuk mendapatkan efisiensi 42,92%. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kenaikan tekanan yang disebabkan oleh water hammer di instalasi ram hidrolis dengan dan tanpa bejana udara[11]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa back head bertekanan yang disebabkan oleh water hammer pada drive pipe menurun dari 103,87 m (tanpa bejana udara) dan 37,85 m (dengan bejana udara).

Perlu dilakukan prediksi dan analisis aliran fluida pada pompa *Hydrum* untuk mengetahui karakteristik aliran fluida yang terjadi. Memprediksi aliran fluida pada pompa *Hydrum* salah satunya dapat menggunakan metode berbasis komputer. Metode berbasis komputer yang dapat digunakan untuk simulasi aliran fluida salah satunya CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Walaupun penelitian CFD pada aliran fluida pada pompa *Hydrum* ini hanya menggunakan *software ANSYS Fluent 19 R2 Academic*, namun telah mampu mensimulasikan proses aliran fluida yang terjadi pada pompa *hydrum* tersebut. Hasil CFD ini menghasilkan data berupa kontur, grafik, kurva, vektor dan animasi yang menunjukkan karakteristik dari suatu aliran fluida. Inilah keunggulan dari metode ini, sehingga akan lebih mudah dilakukan analisis terhadap karakteristik aliran fluida yang terjadi pada pompa *Hydrum*. Hasil ini analisis terhadap karakteristik aliran fluida ini dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan *performance* sebuah pompa *hydrum* atau melakukan inovasi lainnya.

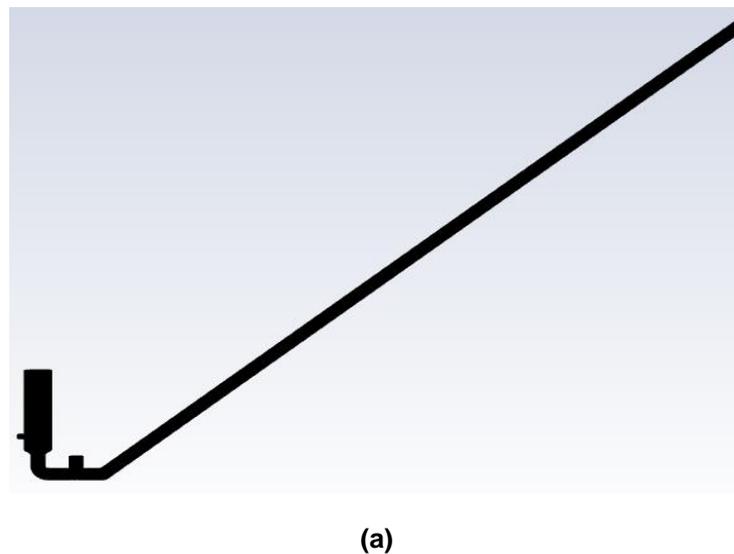
2. METODE

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

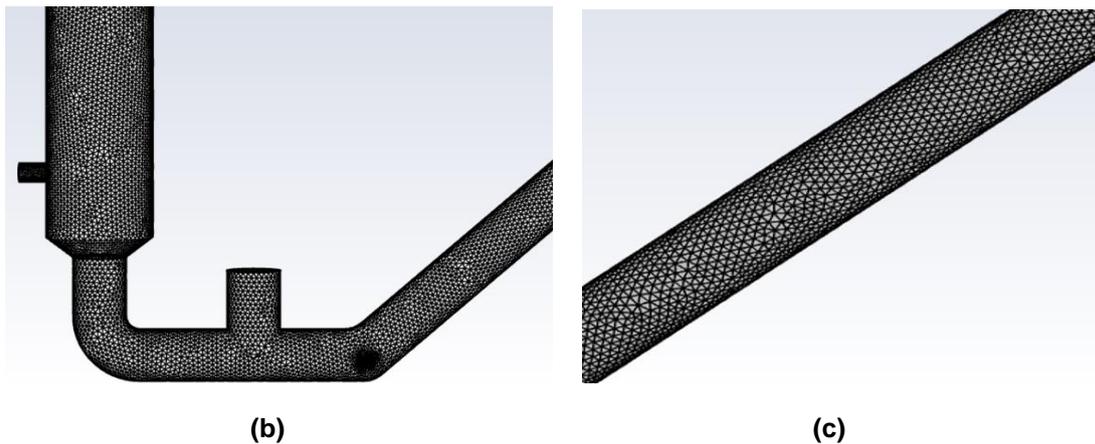


Gambar 2.1 (a). Geometri Pompa *Hydrum* dan Pipa Pesat, (b). Geometri Pompa *Hydrum*

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 *Hydrum* untuk mendapatkan hasil yang baik didaerah sekitar *wall*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. 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.



(a)

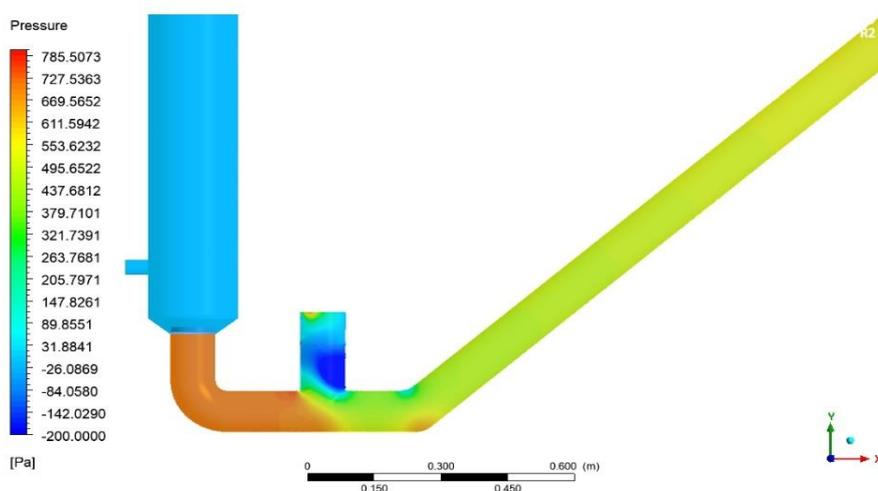


Gambar 2.2 (a) Mesh pada geometri keseluruhan, (b) Mesh pada pompa Hydrum, (c) Mesh pada pipa pesat

Waktu simulasi yang digunakan pada penelitian adalah 4 detik yang mengacu pada pergerakan katup pengantar dan katup buang. Pergerakan maksimal dari katup pengantar yaitu setinggi satu cm baik dalam kondisi terbuka maupun kondisi tertutup. Pergerakan maksimal pada katup buang yaitu setinggi 8 cm baik dalam kondisi terbuka maupun kondisi tertutup. Pergerakan katup pada pompa *Hydrum* dijalankan menggunakan *layering dynamic mesh* dengan *setting* pergerakan menggunakan *profile*.

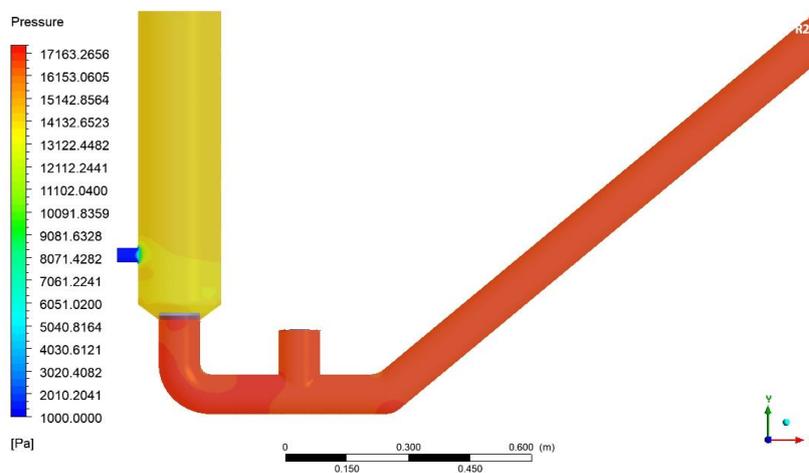
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses simulasi dilakukan, tahap selanjutnya adalah *post processing* untuk memperoleh karakteristik aliran fluida pada pompa *Hydrum* meliputi tekanan, kecepatan, *streamline* dan nilai force pada katup pengantar. Tekanan yang dihasilkan pada kondisi katup buang terbuka 8 cm, badan pompa *Hydrum* mengalami penurunan tekanan disebabkan oleh aliran fluida mengalami peningkatan seiring katup buang terbuka. Tekanan pada tabung pompa *Hydrum* terdistribusi rata tidak mengalami peningkatan diakibatkan oleh katup pengantar masih tertutup sehingga aliran ke tabung pompa *Hydrum* masih mampat seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



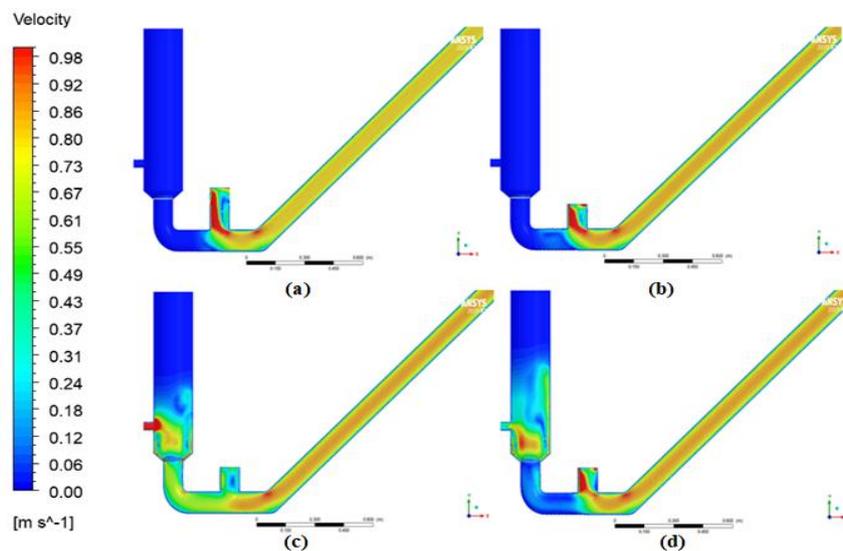
Gambar 3.1 Kontur tekanan pada tabung kondisi katup buang terbuka 8 cm

Hasil simulasi pada gambar 3.2 kondisi katup pengantar terbuka 1 cm menunjukkan peningkatan tekanan pada tabung pompa *Hydrum*. Peningkatan tekanan pada tabung pompa *Hydrum* 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 *Hydrum*.



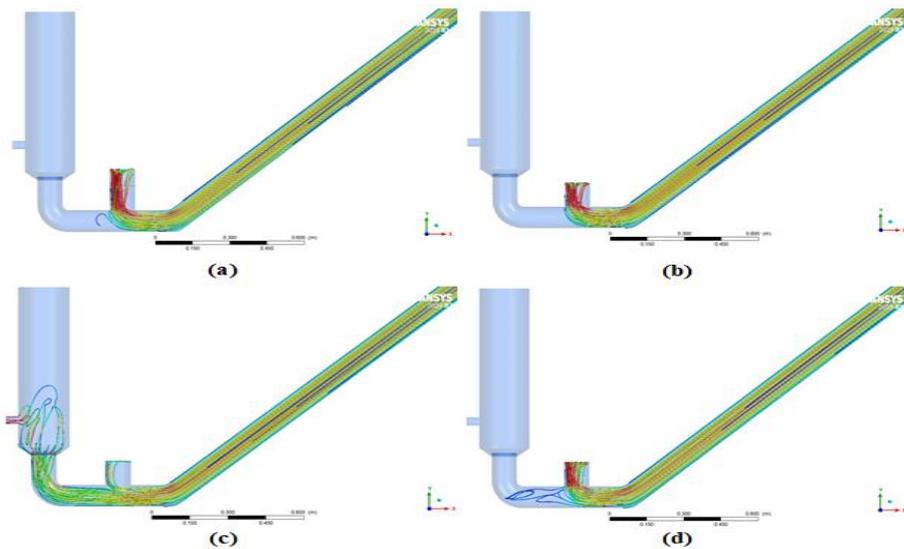
Gambar 3.2 Kontur tekanan pada Kondisi Katup Pengantar Terbuka 8 cm

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada pompa *Hydrum* 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 3.3(a) kondisi katup buang terbuka 8 cm.



Gambar 3.3. Kontur tekanan pompa hydrum pada kondisi (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buartertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm

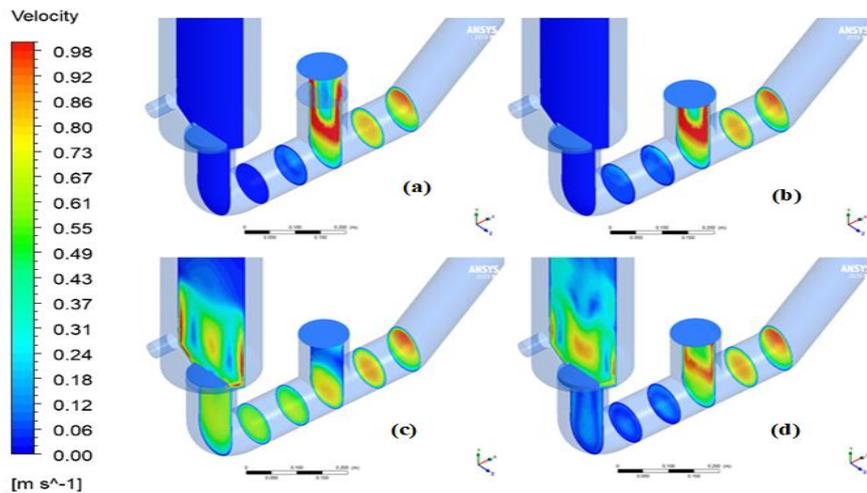
Katup buang terbuka (gambar 3.3(a)) menyebabkan tekanan pada badan pompa *Hydrum* mengalami penurunan sehingga katup buang tertutup (gambar 3.3(b)). Pada saat Katup buang terbuka dan sesaat kemudian kemudian katup buang tertutup terjadi *kompresi* yang menyebabkan katup pengantar terbuka seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3(d) katup pengantar terbuka 1 cm.



Gambar 3.4 Kontur streamline pada saat (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

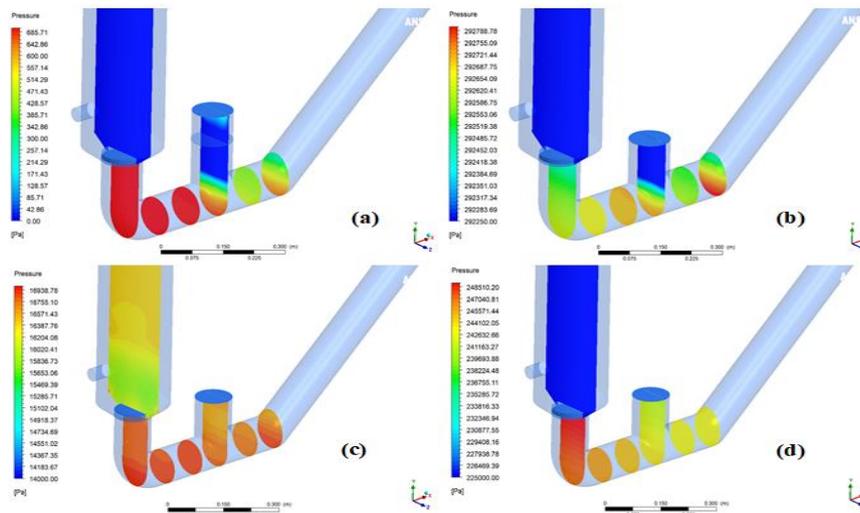
Hasil simulasi pada gambar 3.4 menunjukkan pergerakan fluida pada pompa *Hydrum* yang di aplikasikan melalui *streamline*. Gambar 3.4 menggambarkan tentang pergerakan fluida mulai dari kondisi katup buang terbuka, katup buang tertutup, katup pengantar terbuka dan katup pengantar tertutup. Sehingga dapat dilihat dari hasil simulasi bahwa kecepatan dari aliran fluida tersebut yang menyebabkan katup buang dan katup pengantar terbuka.

Observasi lebih lanjut kemudian dilakukan dengan membuat kontur pada tiap bagian badan pompa *Hydrum* dan tabung udara untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap tekanan yang dihasilkan. Gambar 3.5 dan gambar 3.6 memperlihatkan kecepatan aliran yang dihasilkan oleh pompa *Hydrum* berbanding terbalik dengan tekanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada saat katup buang terbuka kecepatan alirannya mengalami peningkatan dan tekanan yang dihasilkan mengalami penurunan secara bertahap.



Gambar 3.5 Kontur kecepatan pada kondisi (a). Katup buang terbuka 8 cm, (b). Katup buang tertutup 8 cm, (c). Katup pengantar terbuka 1 cm, (d). Katup pengantar tertutup 1 cm.

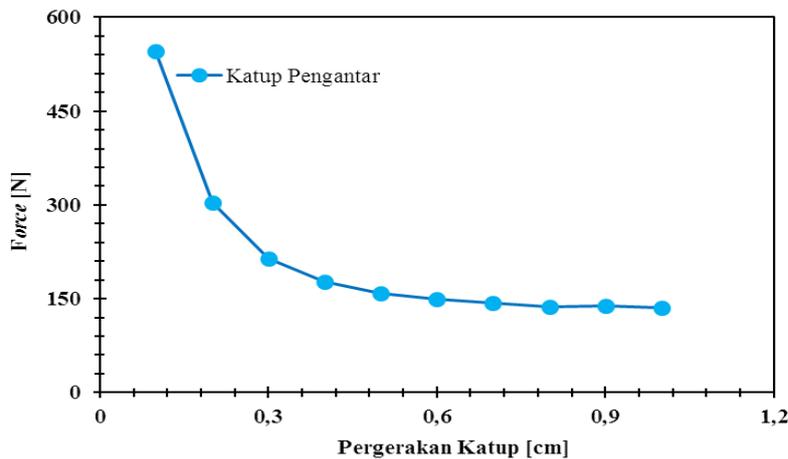
Gambar 3.5 kondisi katup buang terbuka 8 cm terlihat bahwa kecepatan aliran kearah katup buang terjadi peningkatan kecepatan yang signifikan, sehingga dapat dilihat kecepatan aliran tersebut menghasilkan gaya dorong yang menyebabkan katup buang terbuka. Pada kondisi katup buang terbuka 8 cm menunjukkan kecepatan nya mengalami peningkatan, kondisi tekanan yang dihasilkan mengalami penurunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 kondisi katup buang terbuka 8 cm.



Gambar 3.6 Kontur kecepatan pada saat (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 3.5 dan gambar 3.6 menunjukkan bahwa siklus pada pompa *Hydrum* adalah peningkatan kecepatan aliran fluida, sehingga menyebabkan katup buang terbuka. Katup buang terbuka tekanan pada pompa *Hydrum* mengalami penurunan sehingga katup limbah tertutup secara perlahan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6. Tekanan pada pompa *Hydrum* mengalami peningkatan pada saat katup buang tertutup sehingga terjadi *kompresi* menyebabkan katup pengantar terbuka.

Hasil dari simulasi juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai *force* ketika katup pengantar pada pompa *Hydrum* mulai mengalami pergerakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Dari gambar ini dapat diketahui nilai *force* tertinggi terjadi pada saat katup pengantar mengalami pergerakan 0,1 cm sebesar 546,361 N dan nilai *force* terendah berada pada saat katup pengantar mengalami pergerakan sejauh 1 cm sebesar 135,467 N.



Gambar 3.7 Hubungan antara Force dan 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 *Hydrum*. 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. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, dimana Marbun & Hazwi [2] simulasi CFD aliran fluida pada pompa *Hydrum* dengan tinggi air jatuh 2,3 m dengan kondisi aliran *steady*, *inkompresible*, turbulen, geometri 3 tiga dimensi telah menghasilkan kesimpulan bahwa terdapat kesesuaian antara hasil simulasi CFD dengan eksperimen dengan tingkat kesalahan 0,78 % sampai dengan 9,19 %. Di sisi lain, juga telah dilakukan studi komputasi yang menemukan bahwa aliran massa melalui katup limbah *Hydrum* yang lebih banyak, akan mempengaruhi desain model pompa *Hydrum* baru[3].

Peneliti sebelumnya telah melakukan eksperimen pada model pompa *Hydrum* dengan variasi semua parameter katup limbah. Hasilnya menunjukkan bahwa semua parameter desain katup limbah seperti lubang katup dan diameter cakram, massa katup, dan stroke valve secara signifikan mempengaruhi kinerja sistem pompa ram hidrolik[12]. Selaras dengan penelitian tersebut, pemodelan matematis telah dikembangkan oleh Filipin (2003). Peneliti ini menyajikan pemodelan matematika dari pompa *Hydrum*, sistem dan penjelasan siklus kerja yang disederhanakan. Aliran dalam sistem pompa *Hydrum* tidak stabil, oleh karena itu persamaan aliran pipa tidak stabil dan metode karakteristik diberikan. Pemodelan matematika komponen tertentu dari sistem pompa *Hydrum* dijelaskan secara rinci. Kondisi batas terdiri dari 11 persamaan dengan 11 variabel dependen dan diselesaikan dengan prosedur iteratif untuk setiap langkah waktu menjalankan komputasi. Model yang diturunkan diprogram untuk komputer digital. Simulasi komputer menggunakan data input dari literatur dibuat dan hasilnya disajikan dalam bentuk grafik tekanan dan kecepatan vs waktu[13].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dalam pembahasan dapat disimpulkan bahwa karakteristik aliran fluida yang terjadi pada pompa *Hydrum*, termasuk kontur tekanan yang terjadi telah dihasilkan melalui simulasi CFD dan dibahas dengan menunjuk pada penelitian sebelumnya. Salah satu hasil yang cukup memberikan informasi signifikan ialah bahwa tekanan di daerah badan pompa lebih tinggi daripada di daerah tabung, dimana perbedaan tekanan tersebut disebabkan oleh pergerakan katup dan diameter pipa yang berbeda. Kecepatan aliran yang terjadi sangat berpengaruh terhadap tekanan yang dihasilkan, sehingga pada saat kecepatan aliran fluida pada pompa *Hydrum* mengalami peningkatan maka tekanan yang terjadi mengalami penurunan. Nilai *force* pada katup pengantar pompa *Hydrum* mengalami penurunan seiring dengan pergerakan katup. Nilai *force* tertinggi pada pergerakan katup 0,1 cm sebesar 546,361 N dan nilai *force* terendah berada pada saat katup pengantar mengalami pergerakan sejauh 1 cm sebesar 135,467 N. Hasil ini telah dibahas berdasarkan penelitian sebelumnya dan menunjukkan kesesuaian, minimal tidak ada yang bertentangan satu sama lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian Publikasi dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mendanai kegiatan ini dan juga segenap tim pendukung teknis pengambilan data dan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widarto dan Sudarto, *Membuat Pompa Hidram*. Kanisius, Jakarta, 1997.
- [2] H. Marbun, M. H.- E-Dinamis, "Simulasi Aliran Fluida pada Pompa Hidram Dengan Tinggi Air Jatuh 2.3 M Dengan Menggunakan Perangkat Lunak CFD," *Academia.Edu*, 2013.
- [3] P. Shende, S. C.-I. J. For, "Analysis And Enhancement of Hydraulic Ram Pump Using Computational Fluid Dynamics (Cfd)," *Academia.Edu*, 2015,
- [4] P. Siahaan And T. Sitepu, "Rancang Bangun Dan Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Driven Pipe dan Diameter Air Chamber Terhadap Efisiensi Pompa Hidram," *J. Din.*, Vol. II, No. 12, 2013.

- [5] D. H. Efendi, M. Pd, B. Hapis Tambunan, And K. Person, "Pengaruh Volume Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram", 2014.
- [6] D. O. Panjaitan And T. Sitepu, "Rancang Bangun Pompa Hidram Dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram," *J. E-Dinamis*, Vol. II, No. 2, 2012.
- [7] A. Supriyanto, D. I.-T. J. P. S. Teknik, "Pengaruh Variasi Jarak Sumbu Katup Limbah Dengan Sumbu Tabung Udara Terhadap Efisiensi Pompa Hidram," *Ojs.Ummetro.Ac.Id*, 2017.
- [8] D. S. Fane, R. Sutanto, And I. Made Mara, "Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram," 2012.
- [9] G. Prijo Utomo And E. Santoso, "Analisa Pengaruh Tinggi Jatuhan Air Terhadap Head Pompa Hidram," 2015.
- [10] G. San, G. S.-J. T. Mesin, "Studi Karakteristik Volume Tabung Udara Dan Beban Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram," *Ced.Petra.Ac.Id*, 2002.
- [11] B. Jimbaran And B. Abstrak, "Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram Made Suarda (1) Dan Ikg Wirawan (2)," 2008.
- [12] M. Suarda, A. Ghurri, M. Sucipta, I. G. Bagus, And W. Kusuma, "Investigation On Characterization Of Waste Valve To Optimize The Hydraulic Ram Pump Performance," P. 20023, Vol. 1984, No.1. p 20023, 2018.
- [13] V. Filipan, Z. Virag, A. B.-S. Vestnik J. Of Mechanical, "Mathematical Modelling Of A Hydraulic Ram Pump System," *Bib.Irb.Hr*, 2003.