



**KAJIAN TERHADAP KAVITASI DAN *PRESSURE DROP* PADA
BUKAAN CONTROL VALVE TIPE *GLOBE VALVE* DENGAN
MENGUNAKAN *SOFTWARE* AUTODESK *CFD* (*COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS*)**

Anisa Aulia¹, Nasrul ZA¹, Novi Sylvia¹, Lukman Hakim¹, Syamsul Bahri¹,

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
Korespondensi: HP: 082164699680, e-mail: nasrulza@unimal.ac.id

Abstrak

Kavitasi adalah pembentukan uap dalam suatu aliran fluida sebagai akibat turunnya tekanan pada saat temperature konstan. Fenomena ini sangat berbahaya dan diketahui sebagai fenomena yang bersifat merusak pada bagian-bagian penting instrumen dalam sebuah proses diantaranya control valve yang bila sangat tinggi akan mengakibatkan valve menjadi getas dan akhirnya pecah. Ada banyak hal yang bisa menyebabkan munculnya Kavitasi seperti turunnya tekanan mencapai tekanan uap, besarnya pressure drop, dan kecilnya downstream pressure. Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan proses yaitu proses pembuatan geometri valve pada fusion 360 kemudian tahapan simulasi menggunakan CFD 2015 (Computational Fluid Dynamics) terakhir melakukan analisa Anova pada RSM DX-7. Pada laporan penelitian ini dihasilkan nilai-nilai yang berpengaruh terhadap fenomena kavitasi pada control valve, yaitu nilai indeks kavitasi, penurunan Tekanan dan Nilai Reynold Number. Dari penelitian ini juga diperoleh rekomendasi atau saran mengenai tindakan yang harus dilakukan jika control valve terkena kavitasi serta bukaan valve terbaik untuk mencegah kavitasi pada control valve tipe Globe valve, untuk memudahkan penelitian Maka dilakukan simulasi menggunakan RSM (Respon Surface Methodology) dimana RSM menyediakan lima variasi presentase bukaan valve yaitu 50 %, 55,8579 %, 70 %, 84,1421%, dan 90 %. Setelah melakukan penelitian dengan menggunakan autodesk CFD didapatkan nilai kavitasi terbesar pada bukaan 50 % dengan tekanan masuk 4 bar yaitu sebesar 28,9065 dengan pressure drop sebesar 2,61625 bar dan Reynold Number sebesar 877341. Untuk nilai kavitasi terendah didapatkan pada bukaan valve 90 % dengan tekanan awal sebesar 4 bar kavitasi yang diperoleh sebesar 21.2878 penurunan tekanan sebesar 0,59465 bar dengan bilangan Reynold Number sebesar 754043. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah kavitasi paling besar berpotensi terjadi pada presentasi bukaan yang lebih kecil dengan tekanan awal yang kecil, ini terjadi karena besarnya pressure drop yang terjadi yang melebihi tekanan uapnya.

Kata kunci : Indeks Kavitasi, Kavitasi, Pressure Bonnet Factor, Pressure Drop

1. Pendahuluan

Katup (*valve*) banyak digunakan di berbagai industri terutama dalam sistem perpipaan. Fungsinya adalah untuk mengendalikan laju alir. Bagi produsen katup, sangat penting untuk mengetahui karakteristik temperatur dan tekanan di dalam katup. Katup mampu mengendalikan aliran cairan maupun gas dengan baik pada saat kondisi katup tertutup (*full closed*) atau terbuka (*full open*) (Flowserve, 2006).

Kavitasi adalah suatu keadaan yang disebabkan oleh berubahnya fase cairan yang sedang dialirkan dari fase cair menjadi fase uap sehingga menimbulkan gelembung-gelembung. Timbulnya gelembung tersebut disebabkan oleh menurunnya tekanan hingga berada di bawah tekanan uap jenuh cairan tersebut. Secara sederhana, kavitasi diartikan sebagai pembentukan gelembung uap dalam suatu aliran fluida akibat adanya *pressure drop* pada temperatur konstan. Apabila control valve bekerja dengan *pressure drop* yang relative tinggi, maka control valve tersebut dapat mengalami fenomena kavitasi ini (Agustiyan & Bambang 2007).

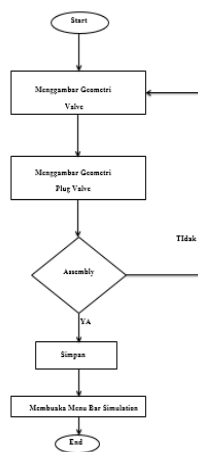
Adapun pada penelitian kali ini penulis akan mengamati kavitasi yang terjadi pada control valve tipe globe valve dengan beberapa pertimbangan yaitu valve ini banyak digunakan di dunia industri, memiliki penurunan tekanan yang tinggi dan merupakan valve yang digunakan untuk mengendalikan aliran. Computational Dynamics Fluid (CFD) adalah suatu cabang mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan komputasi untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan dari aliran fluida tersebut. Untuk analisis ini komputer digunakan untuk melakukan perhitungan dan untuk mensimulasikan interaksi cairan ataupun gas dengan permukaan yang dikondisikan oleh kondisi batas, dengan kecepatan yang tinggi super komputer, agar mendapatkan analisis yang lebih baik (Celik et al., 2011)

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini akan menganalisa dan mengkaji Simulasi bukaan *valve* terhadap *Kavitasi* dan *pressure drop* pada *control valve* tipe *Globe Valve* dengan menggunakan *Software Autodesk Computational Fluid Dynamics* kemudian

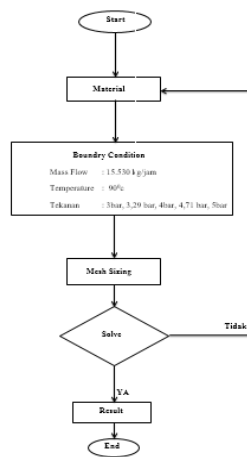
dilakukan analisa Anova pada setiap variable menggunakan Response surface methodology (RSM). Alat yang digunakan adalah sebuah komputer PC laboratorium komputasi Teknik Kimia dengan Software yang digunakan berupa perangkat lunak komersil Fusion 360, Computational Fluid Dynamics (CFD) dan Response surface methodology (RSM) dengan variable bebas penelitian adalah bukaan valve, dan tekanan, kemudian variable tetap yaitu penurunan tekanan, kavitasi dan Reynold Number ,

Tahap I



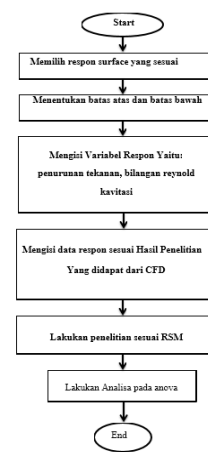
Gambar 2.1 Bagan Alir Proserdur Fusion 360

Tahap II



Gambar 2.2 Bagan Alir Proserdur CFD

Tahap III



Gambar 2.2 Bagan Alir Proserdur RSM

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Hasil

Simulasi pengaruh pressure drop dan kavitasi tipe globe valve pada control valve dilakukan dengan menggunakan software autodesk CFD. Selanjutnya variabel tetap dan variabel bebas dimasukkan pada saat menginisial setup. Simulasi globe valve dilakukan sebanyak 9 kali dengan memakai rancangan Central Composite Design (CCD) secara acak dan . Kemudian untuk hasil simulasi CFD yaitu pengaruh pressure drop dan kavitasi datanya dapat dilihat pada Tabel 4.1

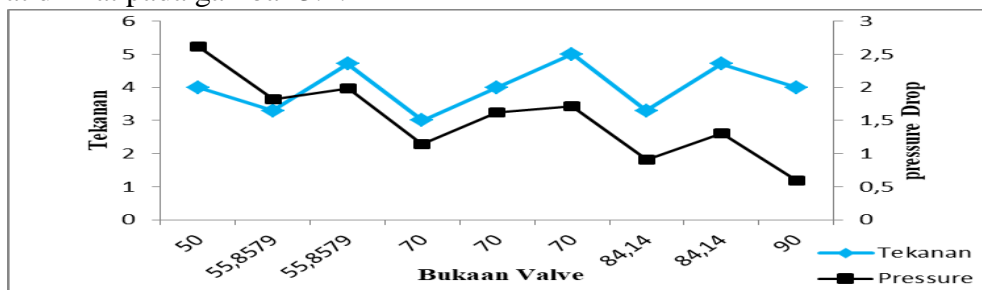
| Run | Bukaan Valve (%) | Tekanan (bar) | Penurunan Tekanan (Δp) | Kavitasi | NRe |
|-----|------------------|---------------|----------------------------------|----------|-----|
|-----|------------------|---------------|----------------------------------|----------|-----|

| | | | | | |
|---|---------|------|---------|---------|--------|
| 1 | 50 | 4 | 2,61625 | 28,9065 | 877341 |
| 2 | 70 | 4 | 1,6165 | 26.5531 | 832694 |
| 3 | 70 | 3 | 1,13785 | 24.4050 | 793916 |
| 4 | 55,8579 | 3,29 | 1,8165 | 27.4067 | 802524 |
| 5 | 84,1421 | 4,71 | 1,30465 | 22,6755 | 837666 |
| 6 | 55,8579 | 4,71 | 1,98572 | 28.0664 | 839105 |
| 7 | 90 | 4 | 0,59465 | 21.2878 | 754043 |
| 8 | 84,1421 | 3,29 | 0,90626 | 22.3420 | 785666 |
| 9 | 70 | 5 | 1,71625 | 26.7041 | 863954 |

Tabel 3.1 merupakan hasil penelitian dari simulasi pengaruh bukaan valve dan tekanan pada penurunan tekanan dan kavitasi.

3.2 Simulasi Pengaruh bukaan valve dan tekanan terhadap penurunan tekanan (Δp)

Valve yang di *design* untuk mengatur aliran, disamping itu digunakan untuk menghentikan aliran fluida tetapi biasanya digunakan untuk mengatur aliran. Perubahan arah aliran fluida yang menembus *valve* menyebabkan kehilangan tekanan yang tinggi dan turbulensi atau gejolak. Variasi bukaan *valve* terhadap tekanan awal bertujuan untuk mengetahui besarnya kehilangan tekanan yang paling kecil. Pengaruh persen bukaan *valve* terhadap penurunan tekanan, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengaruh bukaan valve dan tekanan terhadap pressure drop

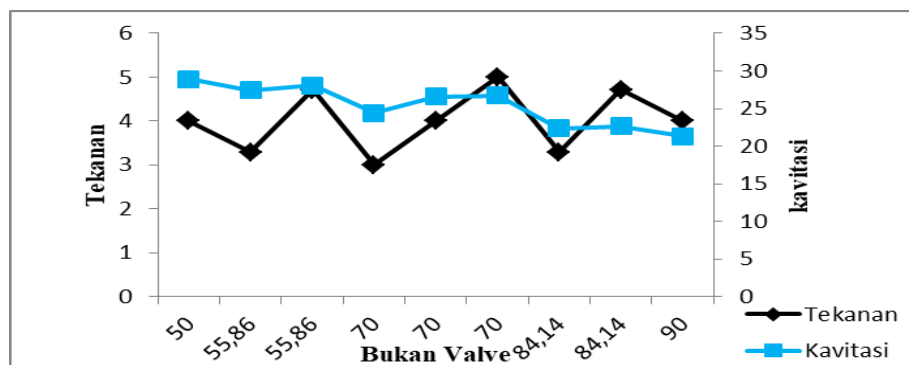
Dapat dilihat pengaruh yang terjadi pada persentase bukaan *valve* yaitu semakin besar persentase bukaan *valve* maka *pressure drop* yang dihasilkan semakin kecil begitu juga untuk laju alirannya. Hal ini disebabkan Penurunan tekanan (*pressure drop*) diakibatkan oleh adanya aliran fluida yang masuk

melewati katup dimana terjadi penyempitan dan pembesaran dari bukaan *valve*, penurunan tekanan ini biasanya dikenal dengan istilah *pressure drop across* (Muhtadi, M).

Dari gambar di atas juga menunjukkan semakin tinggi tekanan masuk yang diberikan maka *pressure drop* yang dihasilkan semakin besar pula hal ini dikarenakan besarnya tekanan yang hilang yang disebabkan karena fluida yang keluar dengan bukaan *valve* yang sama lebih besar dari pada tekanan masuk yang lebih kecil. Untuk bukaan *valve* 50% memiliki distribusi tekanan yang menurun saat melewati disk, hal ini dikarenakan saat melewati disk aliran terbentur sehingga terjadi penurunan tekanan, selain itu ruang aliran yang sempit karena bukaan *valve* yang kecil, sehingga terjadi penurunan presentase bukaan *valve* yang sangat tinggi yaitu 2,61 bar dari tekanan awalnya sebesar 4 bar.

3.3 Pengaruh Bukaan Valve dan Tekanan Terhadap Kavitasasi

Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa harga indeks kavitasasi terendah adalah sebesar 21.2878 dan yang tertinggi sebesar 28.9065. Pengaruh bukaan *valve* dan tekanan terhadap kavitasasi ditunjukkan pada gambar 3.2



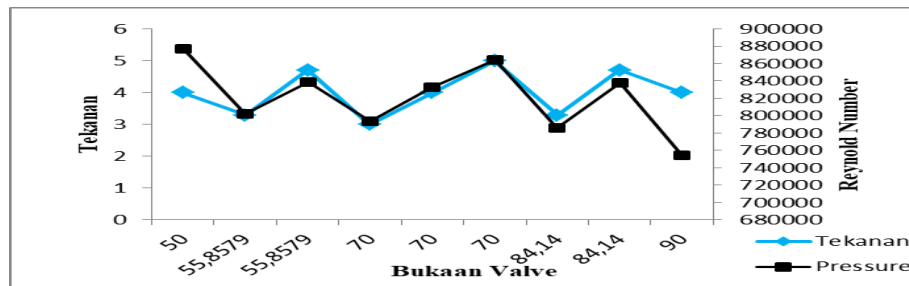
Gambar 3.2 pengaruh bukaan *valve* dan tekanan terhadap kavitasasi

Gambar 3.2 menunjukkan pengaruh bukaan *valve* dan tekanan terhadap kavitasasi. Dari kelima variasi bukaan *valve* dan dengan variasi tekanan yang berbeda didapatkan hasil kavitasasi yang berbeda pula dalam setiap variasinya. Semakin tinggi *pressure drop* maka semakin besar kavitasasi yang didapatkan hal

ini terjadi pada bukaan valve 50 % tekanana 4 bar dengan pressure dropnya sebesar 2,61625 bar dan kavitasi yang terbentuk sebesar 28,9065.

3.4 Pengaruh bukaan valve dan tekanan terhadap bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds sendiri dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida air, semakin besar bilangan Reynolds maka semakin tinggi kecepatan aliran air sehingga akan membuat *pressure drop* meningkat. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa meningkatnya bilangan Reynolds untuk setiap variasi bukaan valve dan tekanan yang berbeda, hal ini terjadi karena peningkatan debit aliran yang disebabkan karena pengaruh besaran bukaan valve dan tekanan sehingga kecepatan alirannya semakin tinggi. Tekanan masuk yang sangat besar maka debit alirannya akan semakin tinggi pula. Dari variasi bukaan valve nilai bilangan reynold yang di dapat diatas 100.000 hal ini menyatakan bahwa aliran yang terbentuk turbulen, dan yang menyebabkan aliran keluaran bukaann valve turbulen dikarenakan *pressure drop* yang tinggi akibat geometri.



Gambar 3.3 Hubungan antara persentase bukaan valve dan tekanan terhadap Bilangan Reynolds

3.5 Korelasi Variabel Tanggap Terhadap Variabel Independen

Validasi hasil prediksi terhadap data hasil eksperimen merupakan salah satu cara untuk membuktikan keabsahan bukaan dan tekanan yang diusulkan (Montgomery, 2009).

Untuk Presure Drop.Tabel 4.2 Analisa varian (ANOVA) untuk Pressure drop

| Source | Sum of Squares | DF | Mean Square | F Value | Prob > F | Keterangan |
|--------|----------------|----|-------------|-------------|----------|-------------|
| Model | 2,7156065 | 2 | 1,3578032 | 46,97483370 | 0,0001 | Significant |

| | | | | | | |
|----------------|-----------|---|-----------|------------|--------|-------------|
| X ₁ | 2,4756286 | 1 | 2,4756286 | 85,647342 | 0,0001 | Significant |
| X ₂ | 0,2399779 | 1 | 0,239977 | 8,30232501 | 0,0001 | Significant |

Tabel 4.2 merupakan Analisa varian (ANOVA) untuk Pressure drop. Dari data di atas dapat dilihat bahwa jika nilai probabilitas ($Prob > F$) untuk seluruh koefisien menunjukkan lebih kecil dari 0,05 maka koefisien tersebut signifikan atau berpengaruh secara nyata pada eksperimen. Namun jika nilai probabilitas ($Prob > F$) lebih besar dari 0,1 maka model yang ditunjukkan tidak signifikan. ANOVA untuk model Linier, dan variabel, X₁, dan X₂ memiliki nilai probabilitas ($Prob < F$) lebih kecil dari 0,05 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berpengaruh secara nyata terhadap pressure drop atau penurunan tekanan.

Tabel 4.3 Analisa varian (ANOVA) untuk kavitasi

| Source Model | Sum of Squares | DF | Mean Square | F Value | Prob > F | Keterangan |
|--------------------------------|----------------|----|-------------|----------|----------|-------------|
| | 64,131928 | 5 | 12,826385 | 152,1664 | < 0.0001 | Significant |
| X ₁ | 56,339478 | 1 | 56,339478 | 668,3862 | < 0.0001 | Significant |
| X ₂ | 2,03119283 | 1 | 2,0311928 | 24,09715 | 0.0017 | Significant |
| X ₁ .X ₂ | 0,02660161 | 1 | 0,0266016 | 0,315589 | 0.5918 | - |
| X ₁ ² | 4,11742740 | 1 | 4,1174274 | 48,84730 | 0.0002 | significant |
| X ₂ ² | 2,3271798 | 1 | 2,3271798 | 27,60861 | 0.0012 | significant |

Tabel 4.3 merupakan Analisa varian (ANOVA) untuk kavitasi, analisa varian ini juga dilakukan dengan melihat keseluruhan variabel bebas dengan model Quadratic. Dari data di atas dapat terlihat bahwa variabel X₁, X₂, X₁² dan X₂² nilai lebih kecil dari 0,05, hal ini menunjukkan bahwa model Quadratic berpengaruh secara nyata terhadap kavitasi, sebaliknya variabel X₁.X₂ terlihat tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa secara statistik variabel-variabel ini hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap kavitasi.

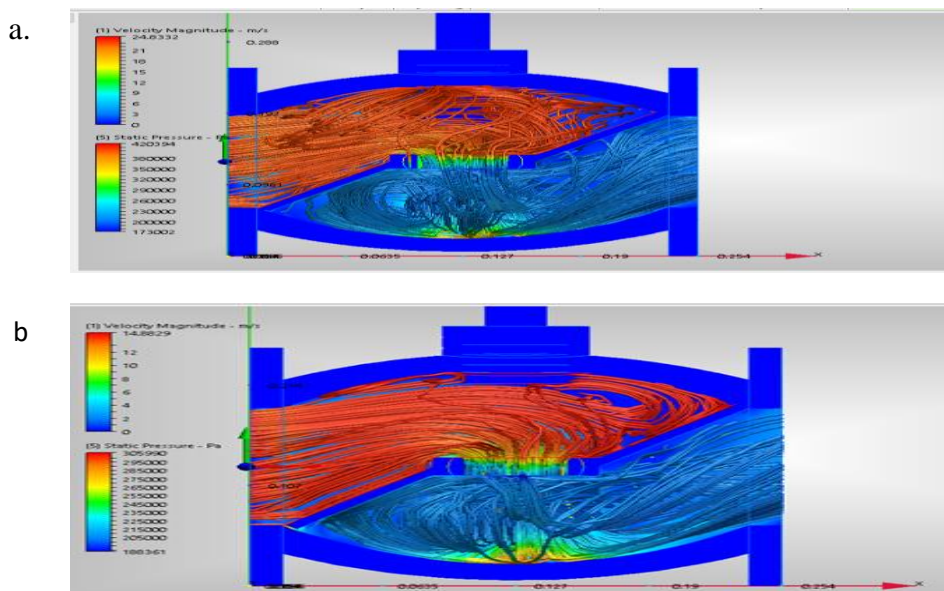
Tabel 4.4 Analisa varian (ANOVA) untuk Reynold Number

| Source Model | Sum of Squares | DF | Mean Square | F Value | Prob > F | Keterangan |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|----------|-------------|
| | 7211268642,65 | 2 | 3605634321, | 8,6220 | 0.0067 | Significant |
| X ₁ | 4640057344,79 | 1 | 4640057344, | 11,095 | 0.0076 | Significant |
| X ₂ | 571211297,85 | 1 | 2571211297, | 6,1484 | 0.0326 | Significant |

Tabel 4.4 merupakan Analisa varian (ANOVA) untuk Reynold Number dari tabel diatas dapat dilihat bahwa ANOVA untuk model Linier dan variabel X_1 nilai lebih kecil dari 0,05, hal ini menunjukkan bahwa model linier berpengaruh secara nyata terhadap Reynold Number, begitu juga dengan variabel X_2 , terlihat signifikan. maka hal ini menunjukkan bahwa secara statistik variabel-variabel ini berpengaruh secara nyata terhadap Reynold Number

3.6 Countor Distribusi Bukaan Valve dan Tekanan Terhadap Penurunan Tekanan dan Aliran Fluida

Counter distribusi bukaan valve dan tekanan terhadap penurunan tekanan aliran fluida ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 countor distribusi a. bukaan valve 50 % dengan tekanan 4 bar

b. bukaan valve 90% dengan tekanan 4 bar

Berdasarkan countor distribusi a dan b pada masing masing bukaan valve dan tekanan yang berbeda dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan valve maka semakin kecil pressure drop yang dihasilkan. Sebaliknya semakin kecil bukaan valve maka pressure drop yang dihasilkan semakin besar. pressure drop ditandai dengan adanya penurunan tekanan, pada valve bukaan 50% tekanan 4 bar pressure drop terjadi dan dapat dilihat dengan perubahan warna. Pressure drop tersebut ditandai dengan perubahan warna dari oren menjadi kuning kehijauan.

Pada valve bukaan 90% dengan tekanan 4 bar pressure drop yang dihasilkan kecil karna pada bukaan ini disk hampir terbuka sempurna. Pressure drop tersebut ditandai dengan perubahan warna dari oren menjadi kuning. Faktor yang menentukan laminar atau turbulennya suatu aliran adalah fluida, kecepatan bentuk dan ukuran benda yang berada di dalam aliran kedalaman air, bilangan Reynolds sendiri dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida air, semakin besar bilangan Reynolds maka semakin tinggi kecepatan aliran air sehingga akan membuat *pressure drop* meningkat. Pada countor distribusi bukaan valve terlihat bahwa aliran yang dihasilkan adalah aliran turbulensi.

Daftar Pustaka

- Agustiyan, D. A., & Dr Bambang Lelono Widjiantoro St, M. (2007). *Simulasi Kavitasi Pada Control Valve*, 1–9. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Celik, K., Rennie, A., Karayel, D., Akinci, I., Celik, K., Rennie, A., Akinci, I. (2011). *Determination Of Flow Parameters Through Cfd Analysis For Agricultural Irrigation Equipment: A Case Study For A Mini Valve. (Journal Of Agricultural Machinery Science, 7(Journal Article), 231–239. Turkey. Akdeniz University.*
- Eva Febri Sinulingga. (2010). “ *Penggunaan Control Valve Pada Sterilizier Dengan Fig 360 – 104 Untuk Mengontrol Aliran Steam ” (Aplikasi Ptpn Iv Unit Usaha Adolina Sumatera Utara)*, 1–63. Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara.
- Flowserve. (2006). *Flowserve Cavitation Control* (Pp. 1–20). North America. Retrieved From [Www.Flowserve.Com](http://www.Flowserve.Com)
- Muhtadi, M., L, B. D., Widjiantoro, S. M., & Cordova, Hendra, S. M. (N.D.). *Analisis Reduksi Intensitas Kavitasi Pada Control Valve Akibat Pressure drop Dengan Metode Pressure Recovery Factor Di Vico Indonesia*, 1–7. Surabaya. ITS
- Montgomery,.(2009) *Response Surface Methodology (Rsm) dan Aplikasinya* surabaya : institut sepuluh November
- Pereira, A., & Ramos, H. M. (2010). *Cfd For Hydrodynamic Efficiency And Design Optimization Of Key Elements Of Shp. International Journal Of Energy And Environment, 1(6), 937–952. Portugal : Lisbon.*

- Supit, G. R., Luntungan, H., & Maluegha, B. (2014). *Simulasi Numerik Aliran Fluida Dalam Penstock Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics (Cfd)*. *Jurnal Teknik Mesin*, 3, 77–88. Manado : Universitas Sam Ratulangi.
- Syamsi Firdaus. (2017). *Analisis Peforma Modifikasi Propeller Ka-70 Menjadi Hubless Rim Driven Propeller*, 1–108. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Noverber.