

Analisa Kinerja Sistem *Shutdown Valve* pada Sistem Perpipaan untuk Proses *Loading* dan *Unloading* di Pertamina (Persero) Refinery Unit VI Balongan

Bahtaria Rohmah dan Totok Suhartanto

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: totoks@ep.its.ac.id

Abstrak—Sistem perpipaan *loading* dan *unloading* merupakan salah satu sistem terpenting di PT. PERTAMINA (Persero) RU VI Balongan yang berfungsi sebagai jalur bongkar dan pengisian minyak mentah dari kapal tengker ke tangki penyimpanan (*storage tank*). Pada jalur perpipaan *loading-unloading* terdapat suatu sistem keamanan berupa *emergency shutdown valve* yang berfungsi untuk menutup aliran *crude oil* dari subsea pipeline menuju ke tangki penyimpanan apabila terdapat bahaya. Sejak pertama dioperasikan hingga sekarang *emergency shutdown valve* tidak pernah digunakan karena tidak pernah terjadi bahaya, akan tetapi pada sistem tersebut akan dilakukan pengembangan/penambahan jalur aliran *crude oil* ke *meterring system* dengan kapasitas yang relatif besar. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kinerja *emergency shutdown valve* melalui pengamatan waktu respon yang diperlukan *valve* untuk menutup aliran terhadap jenis aliran fluidanya (*crude oil* Duri, Minas, DCO dan Jati Barang), selain itu dilakukan pengamatan terhadap pola aliran fluidanya ketika *valve* mulai menutup (tutupan 0%, 25%, 50%, 75% dan 85%). Dari pengamatan tersebut diperoleh bahwa Apabila ditinjau dari nilai *time respons shutdown valve*, kinerja *shutdown valve* masih tergolong bagus, karena dapat menutup aliran fluida dalam waktu 72 detik dari diameter pipa sebesar 36 inch. Sedangkan apabila ditinjau dari ΔP sistem terhadap jenis aliran *crude oil* dan jenis prosesnya dapat dikatakan bahwa kinerja *shutdown valve* paling bagus ketika proses *unloading*, karena nilai ΔP paling besar yaitu $1,4 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$. Dari hasil pengamatan pola aliran fluida, tekanan paling besar saat fluida menumbuk *valve* pada tutupan 85%.

Kata Kunci—Kinerja *emergency shutdown valve*, *loading-unloading*.

I. PENDAHULUAN

PT. PERTAMINA (Persero) Refinery Unit VI Balongan merupakan perusahaan kilang minyak yang mengolah minyak mentah (*crude oil*) menjadi bentuk-bentuk Bahan Bakar Minyak (BBM), non BBM dan Petrokimia [1]. Bahan baku yang diolah pada RU VI ini adalah minyak mentah yang berasal dari Duri dan Minas Riau, minyak mentah tersebut diangkut menggunakan kapal *tanker* yang kemudian dibongkar pada *Single Point Mooring* (SPM) sistem *Loading* dan *Unloading*. Proses *unloading* bekerja untuk membongkar minyak mentah dari kapal *tanker* menuju tangki penyimpanan (*storage tank*) yang bergerak sekitar 10 km, sedangkan proses

loading bekerja untuk menyalurkan minyak jadi dari tangki penyimpanan menuju kapal *tanker*. Pada sistem *loading* dan *unloading* ini terdapat sebuah *Emergency Shutdown valve* yang merupakan salah satu bentuk sistem keamanannya, *Emergency Shutdown valve* pada sistem *loading-unloading* ini berfungsi untuk menutup aliran *crude oil* dari *subsea pipeline* menuju ke tangki penyimpanan apabila terdapat *accident*. Dimana *emergency shutdown valve* adalah sebuah *equipment* yang hanya digunakan untuk mengisolasi sistem pada waktu *shutdown*. Sehingga dalam sistem perpipaan minyak dan gas, *Emergency Shutdown valve* memiliki peranan yang sangat penting untuk menghindari terjadinya suatu *accident* yang tidak terduga dan secara tiba-tiba pada sistem.

Kurang lebih 30 tahun sejak pertama dioperasikan, *Emergency Shutdown valve* pada sistem *loading-unloading* ini belum pernah dioperasikan sama sekali karena keberadaan *Shutdown valve* yang sudah tidak berfungsi, akan tetapi pada sistem tersebut akan dilakukan pengembangan/penambahan jalur aliran *crude oil* ke *meterring system* dengan kapasitas yang relatif besar. Oleh karena itu diperlukan analisa kinerja *Emergency Shutdown valve* untuk meningkatkan keamanan sistemnya. Analisa kinerja tersebut dilakukan dengan menggunakan parameter waktu tempuh yang diperlukan SDV untuk menutup aliran terhadap jenis aliran *crude oil*nya yang menggunakan *software* Simulink MATLAB, serta melakukan pengamatan terhadap pola aliran fluida menggunakan *software Computational fluid dynamics*.

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah: Analisa kinerja Sistem *Shutdown Valve* hanya dilakukan pada proses *loading* dan *unloading*, Data proses yang digunakan adalah data *normal operation* WGI (kontraktor Pertamina Balongan), analisa kinerja Sistem *Shutdown Valve* disimulasikan menggunakan *software* Simulink MATLAB dan *Computational Fluid Dynamics* yang ditinjau dari lamanya waktu *valve* untuk menutup aliran fluida (*time respons*) dan perubahan tekanan dan kecepatan aliran fluida ketika *valve* mulai menutup, dimana pengambilan data simulasi dilakukan pada perpipaan *offshore* dan *onshore*.

II. URAIAN PENELITIAN

Dalam bagian ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam menganalisa kinerja *shutdown valve* pada

sistem perpipaan *loading* dan *unloading* PT. PERTAMINA Balongan.

A. Alur penelitian

Pada alur penelitian ini dimulai dari kajian pustaka yang dilakukan untuk mendapatkan wawasan umum yang berhubungan dengan penelitian. Selain itu, *study literatur* dilakukan untuk mempelajari sistem *shutdown valve*, prinsip kerja sistem *loading-unloading* dan karakteristik *crude oil* pada perpipaan. Tahap berikutnya melakukan permodelan matematis dari *shutdown valve* dan sistem perpipaannya proses *loading-unloading*, setelah itu dilakukan simulasi menggunakan Simulink MATLAB untuk menghitung waktu yang diperlukan *valve* untuk menutup aliran fluida apabila diberi sinyal menutup (*time respons*). Setelah itu dilakukan persiapan simulasi untuk kinerja *shutdown valve* dengan cara mengumpulkan dan mengamati semua data yang diperlukan dalam analisa kinerja *shutdown valve* dalam simulasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD), simulasi menggunakan CFD ini bertujuan untuk melihat pola aliran fluida yang berdasarkan perubahan nilai tekanan dan kecepatan aliran ketika menumbuk *shutdown valve* yang mulai menutup. Setelah itu, dilakukan analisa kinerja *Shutdown valve* pada *Computational Fluid Dynamics*, dan selanjutnya dilakukan analisa data, pembahasan hasil simulasi dan penyusunan laporan.

B. Karakteristik Crude Oil

Crude oil merupakan produk hasil dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang terkubur didalam tanah selama berjuta-juta tahun, baik itu terkubur di dalam tanah daratan, danau maupun di dalam lautan^[1]. Adapun pada proses *loading-unloading* memiliki beberapa jenis *crude oil* yang melewati jalur perpipaannya dengan karkteristik pada Tabel 1.

C. Sistem Loading dan Unloading di Pertamina RU VI Balongan

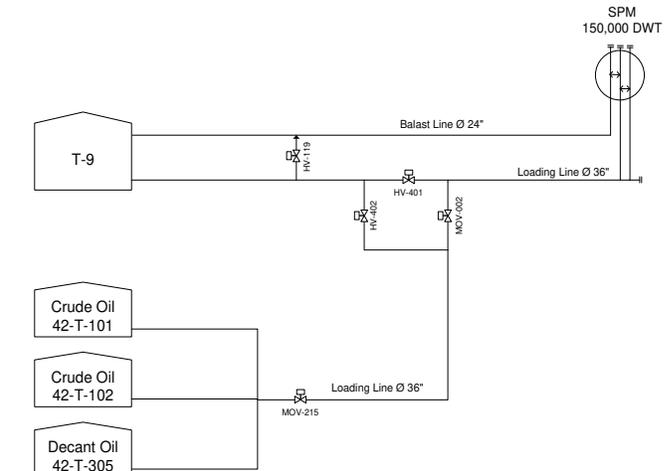
Proses *loading-unloading* merupakan proses bongkar dan pengisian minyak dari tanker ke tangki penyimpanan (*storage tank*). Sistem *unloading crude oil* pada Pertamina RU VI berasal dari kapal *tanker* yang memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Dari kapal *tanker*, *crude oil* pada *Single Point Mooring* (SPM) dipompa menuju tangki penyimpanan yang berjarak sekitar 20 km. Sedangkan sistrtem *loading* pada Pertamina RU VI merupakan proses penyaluran minyak jadi dari tangki penyimpanan ke *tanker* [2].

Pada sistem ini *Shutdown Valve* memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan salah satu bentuk keamanan sistem. Dengan adanya *Shutdown Valve*, kerja sistem dapat segera dihentikan apabila ada suatu kejadian yang membahayakan dan dapat mengurangi bentuk kecelakaan dan kerugian pada system (lihat Gambar 1).

Permodelan matematis pada sistem perpipaan ini menggunakan persamaan bernaulli yang memiliki kerugian (*headloss*) disepanjang aliran pipanya, aliran pada proses *loading-unloading* ini merupakan suatu aliran yang termampatkan, karena besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida tidak berubah di sepanjang aliran fluida [3]. Oleh karena itu, permodelan matematisnya adalah:

Tabel 1. Karakteristik Crude Oil [2]

Komponen	Duri	Minas	DCO	Jati Barang
Density (g/ml)	0.9317	0.8485	1.04	0.8301
Temperature Input (°C)	60	60	50	50
Kecepatan Input (m/s)	2,7303	2,9969	1,3105	1,3105
Pour Point (°C)	23.89	36	12 -18	27
Water (%vol)	0.8	0.5	0	0.8



Gambar. 1. Skema proses loading-unloading [2].

Tabel 2. Dimensi Perpipaan Sistem Loading-Unloading [2]

Jenis Perpipaan	Panjang Pipa (m)	Diameter Dalam Pipa (mm)	Ketebalan Pipa (mm)	Kekasaran Pipa (mm)
		36"	36"	
Onshore Pipeline	3,400	870.0	22.2	0.045
Offshore Pipeline	17,000 ¹	870.0	22.2	0.045

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + h_L \quad (1)$$

Dimana: P = Tekanan

ρ = Densitas

v = Kecepatan aliran fluida

g = Gaya grafitasi

h = Ketinggian relatif pada suatu referensi

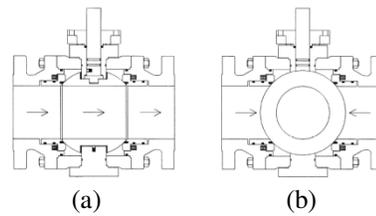
h_L = kerugian tekanan yang terjadi pada suatu aliran, kerugian tersebut didapat dari persamaan $h_{L-major} + h_{L-minor}$. Untuk sistem perpipaan yang panjang dan terdapat banyak komponen, maka dimungkinkan besar kerugian *minor* akan lebih besar dari pada kerugian *major*.

Adapun karakteristik dimensi pada perpipaan *loading-unloading* ada pada Tabel 2.

D. Penentuan Nilai Time Respons Emergency Shutdown Valve

Shutdown valve adalah sebuah *equipment* yang hanya digunakan untuk mengisolasi waktu *shutdown*. *Shutdown valve* akan tetap terbuka ketika proses berjalan dan akan tiba-tiba menutup ketika ada perintah *shutdown*^[4]. Jenis valve pada *emergency shutdown valve* di proses *loading-unloading* adalah *Ball Valve*, *ball valve* merupakan jenis valve yang memiliki

bentuk *disc* seperti bola dengan besar lubang sebesar diameter pipa. Sedangkan jenis aktuatornya adalah tipe aktuator *elektro-hidraulik*, yaitu dioperasikan dengan mengubah sinyal listrik (arus) yang diberikan oleh *logic solver* menjadi besaran hidraulik (tekanan) yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan aktuator untuk menutup dan membuka *shutdown valve*, apabila bola diputar searah jarum jam, maka fluida akan mengalir. Sedangkan apabila bola diputar arah sebaliknya, maka akan menutup aliran fluida [4] (lihat Gambar 2).



Gambar. 2. Ball Valve: (a) valve terbuka, (b) valve tertutup [4].

Penentuan nilai *time respons* ini bertujuan untuk melihat berapa waktu yang diperlukan ESDV menutup 100% terhadap perubahan jenis *crude oil*. Untuk menentukan *time respons* tersebut menggunakan *software* SIMULINK pada MATLAB. Sebelum disimulasikan, perlu diketahui permodelan matematis dari *valve* dan sistem.

(1) Permodelan Emergency Shutdown Valve

Emergency shutdown valve memiliki tipe aktuator *elektro-hidraulik* dan *valve* tipe *ball*. jadi dari arus 4-20 mA diubah menjadi tekanan 3-15 Psi yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan aktuator, kemudian dari tekanan 3-15 Psi digunakan menggerakkan *valve* untuk melewati aliran fluida sebesar 0 – 6860 m³/hr. Sehingga Fungsi transfer dari *emergency shutdown valve* adalah:

$$F_b(s) = \frac{K_v \cdot U(s)}{\tau_{cv} s + 1} \tag{2}$$

Dimana K_v adalah gain *valve* yang di dapat dari perbandingan *span output valve* terhadap *span inputnya*, sedangkan τ_{cv} adalah *time constant valve* ketika mencapai 63% dari *set pointnya*. Untuk mendapatkan nilai *time constant* dapat diperoleh dari persamaan $T_v = Y_c / C_v$, dengan Y_c adalah faktor *storaking time valve* dan C_v adalah koefisien *valve* yang bernilai 0,39 untuk jenis I/P. ΔV adalah fraksi perubahan *emergency shutdown valve* dengan persamaan (*debit aliran maks – debit aliran min*)/*debit aliran maks*. Sedangkan R_v adalah perbandingan *time constant inherent* dengan *time stroke* dengan nilai 0,3 untuk jenis aktuator piston. *Gain* dari *emergency shutdown valve* (K_v) dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:^[6]:

$$K_v = K_{i/p} \cdot K_{actuator} \tag{3}$$

Dengan parameter bahwa *span input i/p* adalah keluaran *logic solver* (arus) dan *span output i/p* adalah masukan aktuator (tekanan), maka nilai $K_{i/p}$ didapatkan dari:

$$K_{i/p} = \frac{15-3}{20-4} = \frac{12}{16} \tag{4}$$

Dengan parameter bahwa *span input* aktuator adalah masukan aktuator (tekanan) dan *span output* aktuator adalah kluaran *shutdown valve* (*flowrate*, maka nilai $K_{actuator}$ didapatkan dari:

$$K_{actuator} = \frac{6860-0}{15-3} = \frac{6860}{12} \tag{5}$$

Dari persamaan 4 dan 5 didapatkan K_v sebesar:

$$K_v = \frac{12}{16} \left[\frac{6860}{12} \right] = \frac{6860}{16}$$

Tabel 3. Kriteria Perpipaan dan Aliran Fluida

Kriteria	Crude Oil			
	Duri	Minas	DCO	Jati Barang
Viskositas (Pa.s)	0,2245	0,0095	0,1456	0,00212
Densitas (kg/m ³)	931,7	848,5	1040	830,1
Laju Aliran (m ³ /s)	6250	6860	3000	
Diameter Pipa (m)	0,9144		D ₁ = 0,9144 D ₂ = 0,6096	
Luas Pipa (m ²)	0,6564		A ₁ = 0,6564 A ₂ = 0,2917	
Kecepatan Aliran (m/s)	2,645	2,903	v ₁ = 1,269 v ₂ = 2,856	
Panjang Pipa (m)	3400		l ₁ = 50 l ₂ = 17.000	
Ketahanan Pipa	0,000045			
Pressure Input	120000	90000	215000	
Gaya Grafitasi	9,8			

Setelah nilai K_v didapat, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *time constant* dari *emergency shutdown valve*, hasilnya adalah:

$$\tau_{cv} = \frac{3,581}{0,39} \left[\left(\frac{1,906 - 0}{1,906} \right) + 0,3 \right] = 11,9$$

(2) Permodelan Matematis Sistem Loading-Unloading

Untuk permodelan matematis perpipaan ini digolongkan pada dua tipe, yaitu: perpipaan *offshore* dan perpipaan *onshore*, dengan asumsi bahwa *emergency shutdown valve* berada diantara perpipaan *offshore* dan *onshore*. Pada analisa *loading* perpipaan yang dikendalikan *shutdown valve* adalah perpipaan *offshore* dan pada analisa *unloading* perpipaan yang dikendalikan perpipaan *onshore* dengan besar *flowrate* sebelum masuk *shutdown valve* konstan.

Pada perpipaan *loading-unloading* ini perubahan nilai kecepatan dan tekanan sangat berpengaruh, sehingga permodelannya menggunakan persamaan Bernaulli^[3].

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + h_l$$

Nilai h_1 dan h_2 sama dengan nol, karena tidak ada perbedaan ketinggian pipa, sehingga persamaan 3.1 menjadi:

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 + v_2^2) + h_l$$

$$P_2 = P_1 + \frac{\rho Q^2}{2(A_1^2 + A_2^2)} + h_l \tag{5}$$

Adapun data perpipaan dan aliran fluida yang di dapat dari Pertamina RU VI maupun dari hasil perhitungan ada dalam Tabel 3.

Dari data-data pada Tabel 3 , dapat dihitung nilai *headloss* pipa, yaitu sebesar

- *Crude oil Duri*
 $h_L = 43,7978 + 5,7641 = 49,5619$
- *Crude oil Minas*
 $h_L = 24,2211 + 7,2 = 31,4211$
- *Crude oil DCO*
 $h_L = 6,68 + 1,6154 = 8,2954$
- *Crude oil Jati Barang*
 $h_L = 22,273 + 1,6154 = 23,8884$

E. *Permodelan Matematis Sistem Loading-Unloading*

Adapun diagram blok dari pengendalian *emergency shutdown valve* terhadap aliran fluida pada perpipaan *loading-unloading* seperti pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dijelaskan bahwa *emergency shutdown valve* mengendalikan perpipaan pada sistem *loading-unloading* yang terdiri dari perpipaan *offshore* dan *onshore*. Ketika proses *loading*, perpipaan *offshore* yang dikendalikan *shutdown valve* dan ketika proses *unloading*, perpipaan *onshore* yang dikendalikan *shutdown valve*. Dari diagram blok dibuatlah *wiring diagram* dari permodelan matematis *emergency shutdown valve* dan dari parameter-parameter nilai kriteria perpipaan proses *loading-unloading*, sehingga dapat dimodelkan pada simulink seperti Gambar 4.

Pada Gambar 4 dijelaskan *wiring* dari permodelan matematis *emergency shutdown valve* dan perpipaan *loading-unloading*. *Input* berupa arus keluaran dari *logic solver* yang diubah menjadi tekanan sebagai penggerak *shutdown valve*, dari *input* disambungkan pada *shutdown valve*, besaran yang keluar dari *shutdown valve* berupa besaran *flow* yang nantinya masuk pada sistem perpipaan *offshore (loading)* dan *onshore (unloading)*, keluaran dari sistem perpipaan tersebut berupa besaran *pressure* yang keluar dari sistem, nilai *pressure* tersebut nantinya sebagai pembandingan antara *pressure* yang masuk dan keluar dari sistem perpipaan *loading-unloading*.

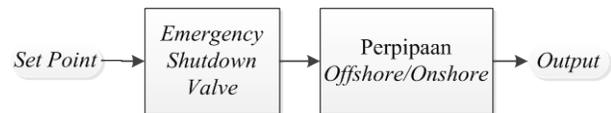
(3) *Simulasi Menggunakan Computational Fluid dynamics*

Selain simulasi *time respons* dan ΔP sistem pada Simulink MATLAB, diperlukan juga simulasi aliran fluida pada *Computational Fluid Dynamics*, simulasi tersebut bertujuan untuk melihat bagaimana pola aliran fluida pada perpipaan *loading-unloading* dan untuk melihat perbedaan tekanan dan kecepatan aliran fluida ketika menmbuk *shutdown valve* dan sesudah *shutdown valve*. Untuk simulasi Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* diperlukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

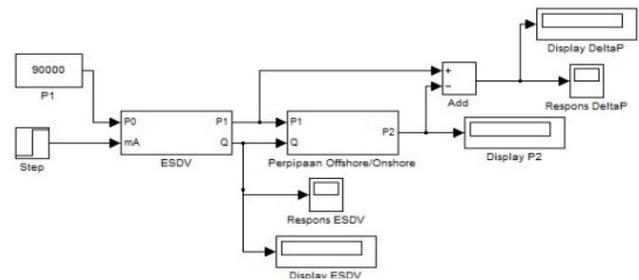
(1) *Penggambaran Geometri dan Meshing*

Sebelum *running*, tahap pertama melakukan gambar geometri pipa dan valve, serta melakukan *meshing* pada *software* Gambit 2.2.30. Untuk menggambar geometri, pertama-tama menentukan 10 titik untuk geometri pipa, kemudian titik-titik tersebut disambung menjadi sebuah bidang pipa tiga dimensi (volume bola). Adapun gambar geometri pipa tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.

Berikutnya melakukan gambar geometri dan *meshing valve* dengan beberapa parameter bukaan pipa, yaitu: 100%, 75%, 50%, 25%, 15%. Untuk menggambar geometri *valve*, dilakukan pemilihan volume bola dengan diameter yang berbeda-beda sesuai bukaan valve,



Gambar. 3. Diagram blok pengendalian *emergency shutdown valve* terhadap aliran fluida pada perpipaan *loading-unloading*.



Gambar. 4. *Wiring diagram* perpipaan *loading-unloading* pada Simulink MATLAB.



Gambar. 5. Geometri dan *meshing* pada pipa.

(2) *Pendefinisian Bidang Batas*

Setelah gambar geometri dan *meshing* selesai dilakukan pendefinisian bidang batas pada pipa dan *valve* sebagai syarat penentuan parameter *inlet*, *outlet*, dan dinding bidang. Tipe bidang batas *inlet* adalah *velocity_inlet*, tipe *outlet* adalah *pressure_outlet*, dan tipe dinding bidang adalah *wall*. Pada perpipaan *loading-unloading* ini gambar geometri perpipaannya sama, akan tetapi penentuan bidang *inlet* dan *outlet*nya yang berbeda. Ketika proses *loading*, maka *inlet* perpipaannya terletak pada sisi kiri *shutdown valve* dan *outlet* perpipaannya terletak pada sisi kanan *shutdown valve*, begitu sebaliknya ketika proses *unloading*, yaitu *inlet* perpipaannya terletak pada sisi kanan *shutdown valve* dan *outlet* perpipaannya terletak pada sisi kiri *shutdown valve*.

(3) *Simulasi Pola Aliran Fluida*

Simulasi ini menggunakan *software* Fluent 6.2.16, pada tahap pertama dilakukan pembacaan *mesh* yang telah dibuat, kemudian dilakukan penentuan parameter-parameter besaran fisis yang telah ditetapkan fluent, adapun parameter tersebut berupa skala, persamaan, material, bidang batas, dan lain sebagainya.

(4) *Post Processing*

Pada tahapan ini menggunakan *software* CFD-Post, tahapan ini dilakukan untuk mengamati pola aliran fluida dan nilai besaran yang diperlukan. Untuk pengamatan pola aliran fluida ini dapat diamati melalui beberapa titik, dalam kasus pengamatan aliran fluida pada pipa dan *valve* diamati menggunakan dua titik, yaitu: tepat pada *ball valve* dan pada pipa keseluruhan. Besaran-besaran yang diamati pada CFD-Post ini berupa tekanan dan kecepatan aliran pada *ball valve*.

III. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Time Respons Emergency Shutdown Valve

Analisa *time respons* ini digunakan untuk mengkaji kinerja *emergency shutdown valve* terhadap perubahan jenis aliran fluidanya, *Time respons* merupakan salah satu hal yang penting untuk diperhatikan dalam mengkaji kinerja *Emergency shutdown valve*, karena apabila semakin lama *time respon* yang diperlukan maka kerugian dan potensi terjadinya bahaya akan semakin besar. ESDV ini memiliki *time respons* untuk menggerakkan *valve* selama 10 detik dari awal aktifasi, dan untuk menutup penuh membutuhkan waktu selama 1-2 detik per inci dari ukuran *valve*. Selain *time respons* dapat diamati juga perubahan tekanan fluida pada sebelum dan sesudah *shutdown valve* ketika menutup. Untuk nilai *time respons* dari *shutdown valve* dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa ESDV memerlukan waktu 72 detik untuk membuka dan menutup *valve* dengan normal ketika terdapat suatu bahaya, ketika membuka, pada waktu itu juga ESDV sudah mampu melewati *flowrate* yang sesuai dengan keadaan normal. Nilai waktu tempuh ESDV untuk menutup *valve* selalu sama meskipun jenis aliran fluidanya berbeda, karena ESDV mempunyai *range pressure* tertentu untuk menutup *valve* dalam waktu yang sama. Akan tetapi ketika ESDV menutup nilai ΔP untuk tiap-tiap jenis *crude oil* memiliki nilai yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari hasil simulasi pada Simulink MATLAB dapat ditarik kesimpulan bahwa waktu yang diperlukan *shutdown valve* untuk menutup aliran fluida adalah tergolong cepat, yaitu 72 detik untuk menutup aliran pipa yang berdiameter 36 inch. Dengan membandingkan waktu 72 detik dengan 36 inch, maka kinerja *shutdown valve* tergolong bagus. Sedangkan apabila dibandingkan dengan karakteristik *crude oil* yang lewat dan panjang perpipaan sebelum *shutdown valve*, maka kinerja *shutdown valve* paling bagus ketika proses *loading*, karena ΔP sistem ketika *shutdown valve* menutup bernilai paling besar.

B. Analisa Pola Aliran Fluida

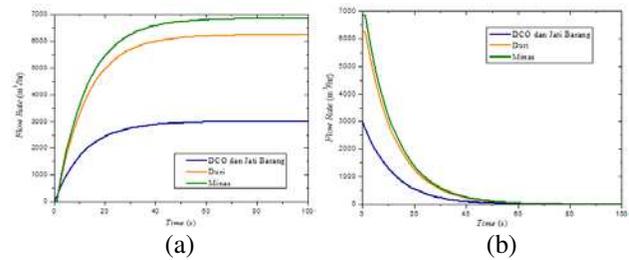
Pada bagian ini akan dijelaskan tentang hubungan antara variasi bukaan *valve* dan nilai densitas pada suatu perpipaan dengan nilai tekanan dan kecepatan suatu fluida, dengan parameter bukaan *valve* 100%, 75%, 50%, 25%, dan 15%.

(1) Tekanan pada Variasi Bukaan Valve

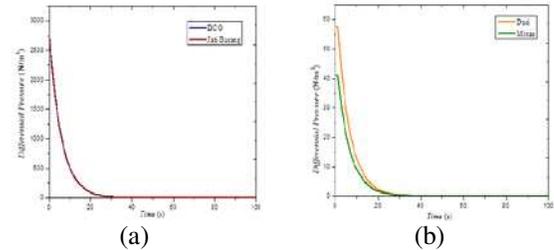
Berikut pola perubahan tekanan *crude oil* pada variasi bukaan *valve*:

Gambar 8 menunjukkan perubahan tekanan yang dialami *crude oil* ketika menumbuk sebuah *valve*. Nilai perubahan tekanan diamati pada tiga titik, yaitu ketika tepat menumbuk *valve*, ketika melewati ruang kosong sisa bukaan *valve* dan ketika sesudah *valve*. Untuk lebih jelasnya dapat diamati pada Gambar 9.

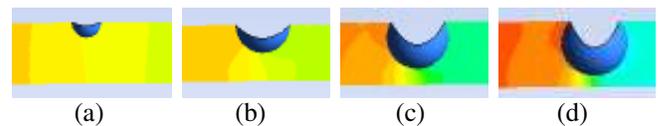
Pada Gambar 9 menjelaskan tentang pengaruh perubahan tekanan terhadap suatu penghalang, semakin besar penghalang yang ditumbuk maka semakin besar juga nilai tekanan pada saat itu, karena fluida mengalir dengan kecepatan tertentu dihentikan seketika, sehingga akan menimbulkan *pressure drop* yang besar juga. Sedangkan ketika di bawah ESDV nilai tekanan lebih kecil, karena nilai kecepatan pada posisi tersebut menjadi lebih besar.



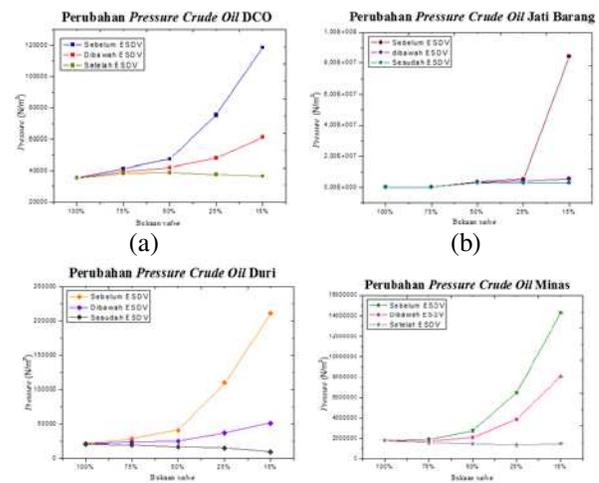
Gambar 6. *Time respons* dari *Emergency shutdown valve* (a) saat membuka, (b) saat menutup.



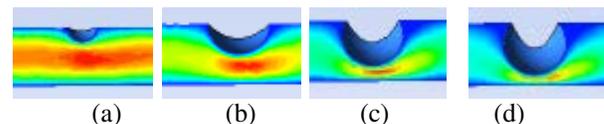
Gambar 7. Nilai ΔP ketika ESDV menutup (a) *crude oil loading*, (b) *crude oil unloading*.



Gambar 8. Pola perubahan tekanan *crude oil* pada variasi bukaan *valve* (a) 75%, (b) 50%, (c) 25%, (d) 15%.



Gambar 9. Perubahan tekanan *crude oil unloading* terhadap bukaan *valve* (a) Tepat menubruk *valve*, (b) Ruang sisa bukaan *valve*.



Gambar 10. Pola kecepatan aliran *crude oil* pada variasi bukaan *valve* (a) 75%, (b) 50%, (c) 25%, (d) 15%.

(2) Kecepatan Aliran Fluida pada Variasi Bukaan Valve

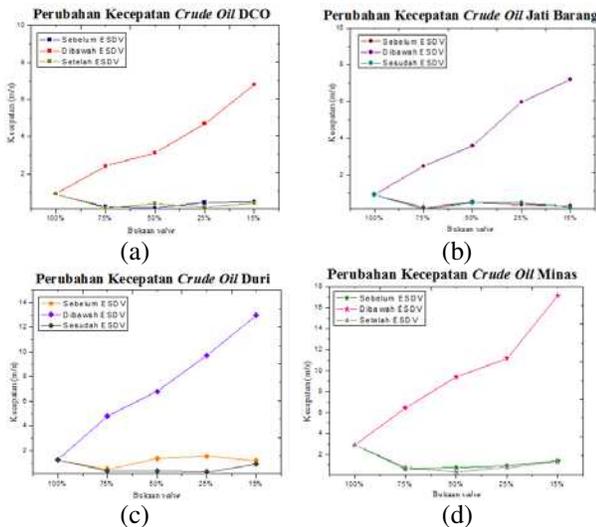
Berikut pola kecepatan aliran *crude oil* pada variasi bukaan *valve*.

Gambar 10 adalah nilai kecepatan aliran yang berubah terhadap variasi bukaan *valve* dan jenis *crude oil*nya. Nilai kecepatan aliran yang diamati adalah ketika tepat menabrak *valve*, ketika melewati ruang sisa bukaan *valve*, dan ketika sesudah *valve*, nilai tersebut dapat diamati pada Gambar 11.

IV. KESIMPULAN

Adapun Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- 1) Analisa kinerja *emergency shutdown valve* menggunakan parameter nilai *time respons shutdown valve*, ΔP sistem, dan perubahan nilai *pressure* dan kecepatan aliran fluida pada saat menubruk *shutdown valve*, di bawah *shutdown valve* dan sesudah *shutdown valve*.
- 2) Apabila ditinjau dari nilai *time respons shutdown valve*, kinerja *shutdown valve* masih tergolong bagus, karena dapat menutup aliran fluida dalam waktu 72 detik dari diameter pipa sebesar 36 inch. Sedangkan apabila ditinjau dari ΔP sistem terhadap jenis aliran *crude oil* dan jenis prosesnya dapat dikatakan bahwa kinerja *shutdown valve* paling bagus ketika proses *unloading*, karena nilai ΔP paling besar yaitu $1,4 \times 10^{-4} \text{ N/m}^2$.
- 3) Dengan jenis *shutdown valve* pada Pertamina RU VI Balongan berupa *ball valve*, maka *shutdown valve* akan mampu untuk menutup aliran dengan waktu 72 detik dengan nilai tekanan yang semakin meningkat ketika luas tutupan *valve* semakin besar.



Gambar. 11. Perubahan Kecepatan Aliran Fluida (a) *Crude Oil* DCO, (b) *Crude Oil* Jati Barang, (C) *Crude Oil* Duri, (d) *Crude Oil* Minas.

Hampir semua jenis *crude Oil* terlihat bahwa semakin besar penghalang suatu aliran *crude oil* maka semakin besar nilai kecepatannya, karena perjalanan aliran tiba-tiba terhalang sehingga lama-kelamaan akan terhenti dan mencari ruang yang kosong untuk dialiri. Sedangkan kecepatan yang melewati ruang sisa bukaan *valve* akan semakin tinggi, karena semua aliran fluida yang terhalang akan pindah ke ruang kosong tersebut. Disisi lain kecepatan sesudah ESDV akan semakin kecil dibandingkan kecepatan ketika sebelum dan di bawah ESDV, karena kecepatan aliran fluida harus dibagi pada luasan yang lebih lebar.

C. Analisa Kinerja Shutdown Valve

Analisa kinerja *shutdown valve* dilakukam menggunakan parameter nilai *time respons shutdown valve* dan perubahan nilai *pressure* dan kecepatan aliran fluida pada saat menubruk *shutdown valve*, di bawah *shutdown valve* dan sesudah *shutdown valve*. Dari hasil analisa didapat garis besar bahwa apabila ditinjau dari nilai *time respons shutdown valve*, kinerja *shutdown valve* masih tergolong bagus, karena dapat menutup aliran fluida dalam waktu 72 detik dari diameter pipa sebesar 36 inch. Waktu 72 detik dengan diameter yang hampir 1 meter tersebut dapat digolongkan dalam waktu yang cepat. Sedangkan apabila ditinjau dari ΔP sistem terhadap jenis aliran *crude oil* dan jenis prosesnya dapat dikatakan bahwa kinerja *shutdown valve* paling bagus ketika proses *unloading*, karena nilai ΔP sistem ketika *shutdown valve* menutup paling besar. Selain itu apabila dilihat dari perubahan tekanan dan aliran fluida dapat dikatakan bahwa semakin besar luasan *shutdown valve* yang menutup aliran fluida maka nilai tekanannya semakin tinggi dan nilai kecepatannya semakin menurun dari kecepatan masukan fluidanya. Dengan jenis *shutdown valve* pada Pertamina RU VI Balongan berupa *ball valve*, maka *shutdown valve* akan mampu untuk menutup aliran dengan waktu 72 detik dengan nilai tekanan yang semakin meningkat ketika luas tutupan *valve* semakin besar, karena karakteristik dari *ball valve* sendiri dapat meminimalkan *overpressure* pada sistem tekanan rendah dan dapat meminimalkan turbulensi aliran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Oilfield Processing, Volume Two: Crude Oil*, Francis S. Manning and Richard E. Thompson, Pennwell Books, Oklahoma, 1995
- [2] Pertamina RU VI. 20012. New Independent Flushing System SPM 150,000 DWT. Balongan Jawa Barat
- [3] Fox R. W., Pritchard P. J., dan McDonald Alan T. 2010. *Intruduction to Fluid Dinamics Seventh Edition*. Emertus: John Wilet & sons. Inc.
- [4] *GEA 19186 Becker Emergency Shutdown Valve*. Elk Grove Village, Illinois 60007 USA. 2011
- [5] Prayoga, Araya D. 2012. *Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan dan Laju Aliran untuk Kebutuhan Refueling System pada DPPU Juanda Surabaya*. Surabaya: ITS.