

Pengaruh *Water Hammer* Terhadap Pipa dan *Check Valve* Pada *Discharge Pump* TPL 1-PM-002C (Studi Kasus PT. Pertamina TBBM Tuban)

Ahmad Nadhif Wicaksono Aji^{1*}, Projek Priyonggo SL², dan Ekky Nur Budiyo³

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,3}

Program studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Email: nadhifwicaksono26@gmail.com^{1*}; projek_me@yahoo.co.id²; ekkybudiyo@gmail.com³

Abstract - In the pump discharge pipeline of TPL 1-PM-002C suffered disk damage at the check valve which serves to prevent backflow to the pump resulting in a considerable passing pressure running through the 1-8"-PKS-CM-1019 pipeline even though the line has closed and diverted to another pipe line so that a major effect on the fuel distribution system. The simulation results show that the largest pressure increase due to a water hammer of 130 Bar from the pressure of 47 Bar and Pressure Relief Valve operation can reduce the pressure increase greater than Bladder Accumulator design to 3, which is equal to 60,5 bar while Bladder Accumulator design 3 reducing the maximum pressure increase of 76.4 Bars. So it can be concluded that the design using Pressure Relief Valve is a design with optimum operational results to overcome the influence of water hammer against pipes and check valve on pipeline 1-8"-PKS-CM-1019.

Keyword: bladder accumulator, check valve, line discharge pompa, PIPENET, PRV.

1. PENDAHULUAN

Pipeline merupakan media yang digunakan sebagai alat transportasi fluida (cair atau gas), *mixed of fluid, solid* dan *fluid solid mixture*. Ada beberapa tahap penting dalam siklus suatu jalur perpipaan yang digunakan sebagai alat transportasi minyak atau gas: desain, konstruksi, operasional dan pemeliharaan, dan terakhir perbaikan. Operasional merupakan proses kemungkinan terbesar terjadinya kegagalan pada suatu jalur perpipaan. Salah satu kegagalan yang mungkin terjadi adalah fenomena *water hammer*. *Water hammer* adalah sebuah fenomena terjadinya kenaikan tekanan yang disebabkan oleh terhenti atau dihentikannya aliran di dalam pipa secara mendadak. Hal ini bisa disebabkan oleh operasional penutupan katup yang dilakukan secara tiba-tiba (Adi, et al., 2014).

Water hammer yang tidak terkendali dapat berakibat buruk pada instalasi sistem perpipaan. Sehingga dalam pendistribusian BBM dari TPL menuju Terminal BBM Surabaya Group sangat dihindari terjadinya *water hammer* karena apabila hal ini terjadi, maka akan menyebabkan pecahnya dinding pipa dan komponen perpipaan lainnya seperti yang terjadi pada jalur perpipaan pada *discharge* pompa TPL 1-PM-002C yaitu rusak nya *disk* pada *check valve* yang berfungsi untuk mencegah aliran balik ke pompa sehingga terjadi *passing pressure* yang cukup besar yang melewati jalur pipa 1-8"-PKS-CM-1019

meskipun jalur tersebut telah tertutup dan dialihkan ke jalur pipa yang lain sehingga berpengaruh besar pada sistem distribusi BBM tersebut. Untuk menghindari dampak buruk keberadaan *water hammer* dapat dilakukan dengan cara memasang komponen perpipaan, salah satunya adalah variasi desain *Surge Absorber (Bladder Accumulator)* dan *Pressure Reducing Valve (PRV)* sebagai komponen pembanding yang diletakkan pada sistem untuk mencegah tekanan kejut.

2. METODOLOGI .

2.1 Prosedur Penelitian

Alat dan Bahan yang diperlukan dalam pengerjaan ini adalah komputer yang terinstal software PIPENET yang digunakan untuk pemodelan kenaikan tekanan akibat *water hammer, bladder accumulator* dan *pressure relief valve*.

2.2 Tinjauan Pustaka

a. Kecepatan Perambatan Gelombang Tekanan (*Wave Speed*)

Persamaan (4) menunjukkan perhitungan kecepatan perambatan gelombang tekanan (*Wave Speed*). Dimana α adalah kecepatan perambatan gelombang tekanan ($\frac{ft}{s}$), ρ adalah massa jenis fluida ($\frac{lbm}{ft^3}$), K adalah bulk modulus (psi), E adalah modulus elastisitas material (psi), e adalah tebal pipa (ft).

$$a = \sqrt{\frac{\frac{K}{\rho}}{1 + \left(\frac{K}{E}\right) \times \left(\frac{D}{e}\right)}} \quad (4)$$

b. Penurunan Kecepatan Fluida

Persamaan (5) menunjukkan perhitungan penurunan kecepatan fluida. Dimana Δv adalah penurunan kecepatan fluida (ft/s), m adalah laju aliran massa (lbm/s), ρ adalah massa jenis fluida (lbm/ft^3), A adalah luas penampang pipa (ft^2).

$$\Delta v = \frac{m}{\rho \times A} \quad (5)$$

c. Tekanan Kejut

Persamaan (6) menunjukkan perhitungan tekanan kejut. Dimana Δp adalah tekanan kejut (psi), ρ adalah massa jenis fluida (lbm/ft^3), α adalah kecepatan perambatan gelombang tekanan (ft/s), Δv adalah penurunan kecepatan fluida (ft/s).

$$\Delta p = \rho \times \alpha \times \Delta v \quad (6)$$

d. Kenaikan Saat terjadi *water hammer*

Persamaan (7) menunjukkan perhitungan total kenaikan Saat terjadi *water hammer*. Dimana ΔP adalah tekanan total (psi) dan Δp adalah tekanan kejut (psi).

$$\Delta P = \text{tekanan normal} + \Delta p \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam semua perhitungan pada tahap ini dibagi menjadi 3 bagian perhitungan berdasarkan 3 kategori fluida, yaitu Pertamina, Premium dan Solar.

3.1 Kecepatan Perambatan Gelombang Tekanan (*Wave Speed*)

Kecepatan suara (*wave speed*) digunakan untuk perhitungan pada *software*. Didapatkan pada persamaan (4)

Tabel 2. Nilai kecepatan suara (*wave speed*)

	Pertamax	Premium	Solar
Wave Speed	1226.76	1168.05	1267.7

3.2 Penurunan kecepatan fluida

Penurunan kecepatan fluida dicari untuk mengetahui seberapa besar tekanan kejut akibat penutupan valve secara tiba-tiba. Perhitungan penurunan kecepatan fluida sebagai berikut. Didapatkan pada persamaan (5)

Tabel 3. Nilai penurunan kecepatan fluida

	Pertamax	Premium	Solar
Penurunan Kecepatan Fluida (m/s)	6.9	6.83	6.83

3.3 Tekanan Kejut (*Back Pressure*)

Tekanan kejut adalah tambahan atau kenaikan tekanan yang di hasilkan setelah terjadi *water hammer*. Dapat dihitung dengan persamaan (6)

Tabel 4. Nilai tekanan kejut

	Pertamax	Premium	Solar
Back Pressure (Bar)	63.154	57.76	72.04

3.4 Kenaikan saat terjadi *water hammer*

Kenaikan tekanan akibat *water hammer* adalah total dan gabungan antara tekanan kejut saat terjadi *water hammer* dengan tekanan normal. Dapat dihitung dengan persamaan (7)

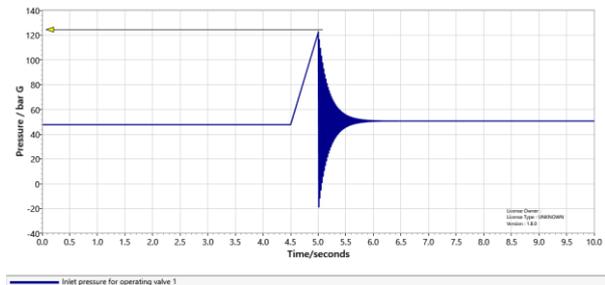
Tabel 5. Nilai Kenaikan tekanan akibat *water hammer*

	Pertamax	Premium	Solar
Total Pressure akibat Water Hammer (Bar)	111	104.76	119.04

3.5 Perhitungan Kenaikan tekanan menggunakan *software PIPENET*

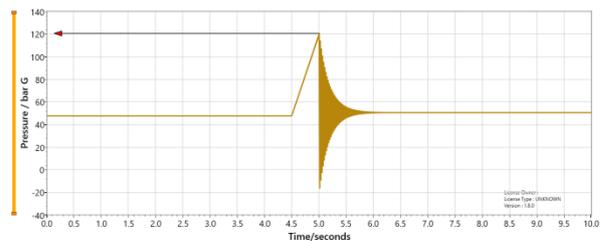
Perhitungan ini menggunakan *software PIPENET* untuk mengitung kenaikan tekanan akibat *water hammer* yang mana dengan menginput data mekanis material (*mechanical properties*) dan data *properties* fluida (*fluid properties*) sebagai parameter pemodelan nya (*Pertamax, Premium dan Solar*).

3.5.1 Fluida Pertamina



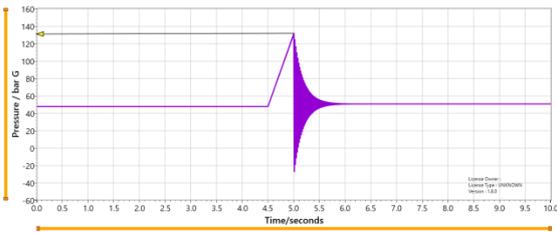
Gambar 1. Data dan Grafik Kenaikan Tekanan pada Fluida Pertamina

3.5.2 Fluida Premium



Gambar 2 Data dan Grafik Kenaikan Tekanan pada Fluida Premium

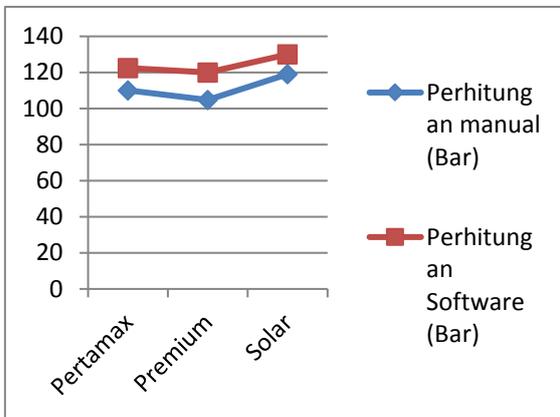
3.5.3 Fluida Solar



Gambar 3 Data dan Grafik Kenaikan Tekanan pada Fluida Premium

Tabel 6. perbandingan kenaikan tekanan akibat water hammer berdasarkan perhitungan manual dan software

	Perhitungan manual (Bar)	Perhitungan Software (Bar)
Pertamax	110.154	122.4
Premium	104.76	120
Solar	119.04	130

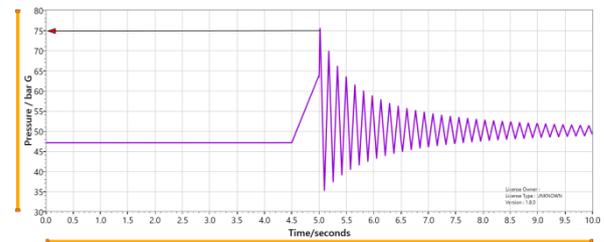
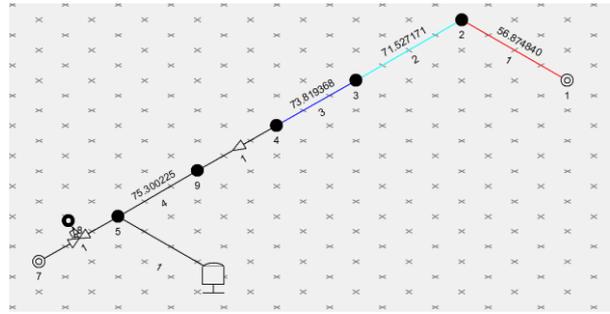


Gambar 4 Grafik perbandingan kenaikan tekanan akibat water hammer berdasarkan perhitungan manual dan software

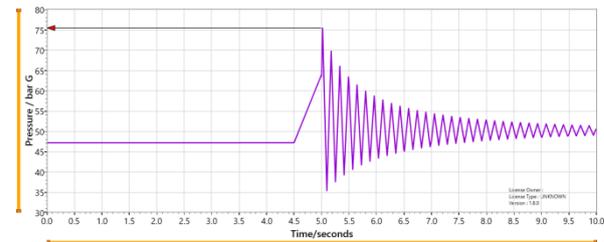
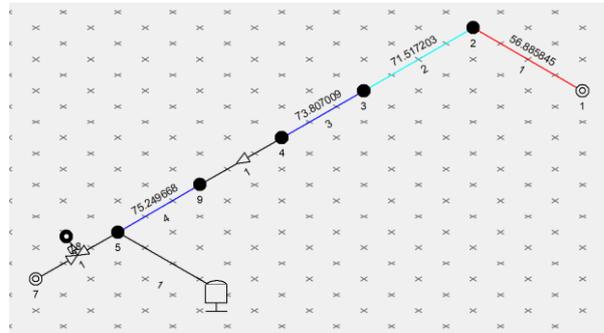
Pada Table (6) dan gambar (4) menunjukkan nilai kenaikan tekanan akibat terjadinya *water hammer* yang terjadi pada sistem perpipaan jalur line pipa 1-8[”]-PKS-CM-1019 berdasarkan model perhitungan manual dan perhitungan software dengan menggunakan software PIPENET. Pada tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa perhitungan software lebih besar nilainya dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan pada perhitungan manual.

3.6 Pemodelan Surge Accumulator

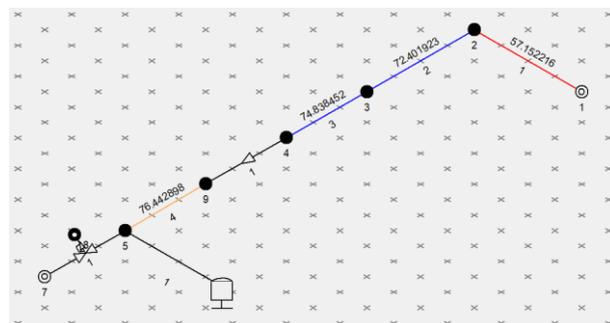
Dalam *paper* ini pemodelan pada *surge accumulator* di fokuskan pada desain-3 dengan 3 kategori fluida yang berbeda (Pertamax, Premium dan Solar).

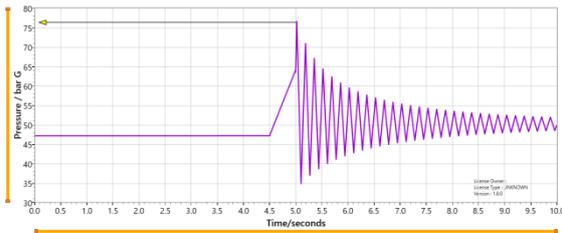


Gambar 5 Data dan Grafik pemodelan surge accumulator pada Fluida Pertamax



Gambar 6 Data dan Grafik pemodelan surge accumulator pada Fluida Premium

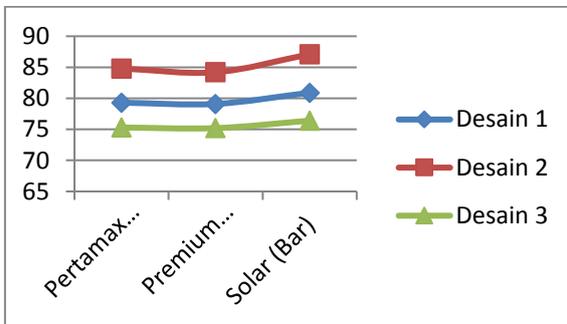




Gambar 7 Data dan Grafik pemodelan surge accumulator pada Fluida Solar

Tabel 10. Perbandingan desain pemodelan surge accumulator

	Pertamax (Bar)	Premium (Bar)	Solar (Bar)
Desain 1	79.3	79.1	80.9
Desain 2	84.8	84.2	87.1
Desain 3	75.3	75.2	76.4

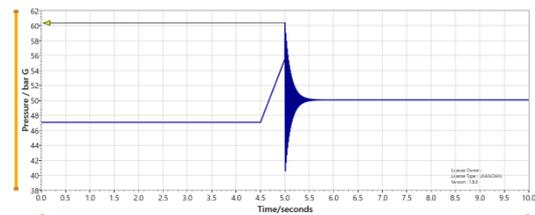
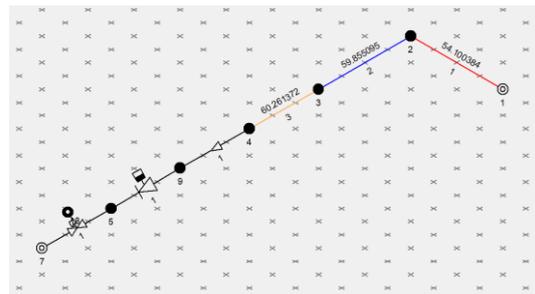


Gambar 8 Grafik yang dihasilkan dari pemodelan Bladder Accumulator menggunakan software PIPENET

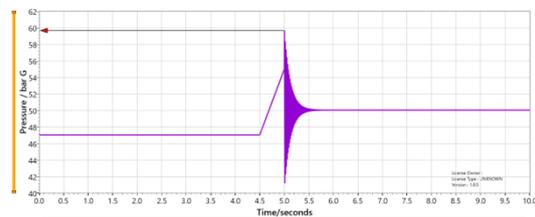
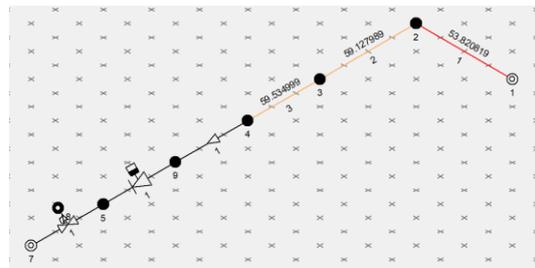
Pada Tabel (10) dan gambar (8) menunjukkan nilai yang dihasilkan oleh 3 desain bladder accumulator yang akan dilakukan pemodelan berdasarkan 3 jenis fluida bahan bakar yaitu pertamax, premium dan solar. Pada data yang dihasilkan tersebut menunjukkan perbandingan nilai yang dihasilkan oleh 3 desain bladder accumulator dari kemampuan untuk mengurangi tekanan kejut akibat water hammer yang dihasilkan dari 3 jenis fluida bahan bakar yang melewati jalur line pipa 1-8”-PKS-CM-1019. Data pada tabel (7) dan gambar (8) menunjukkan bahwa pada desain ke 3 lebih besar nilai pengurangan nilai tekanan kejut atau back pressure dibandingkan dengan desain ke 1 dan desain ke 2 yaitu untuk fluida BBM jenis pertamax sebesar 75,3 Bar, Premium sebesar 75,2 Bar dan Solar sebesar 76,4 Bar.

3.8 Pemodelan Pressure Relief Valve

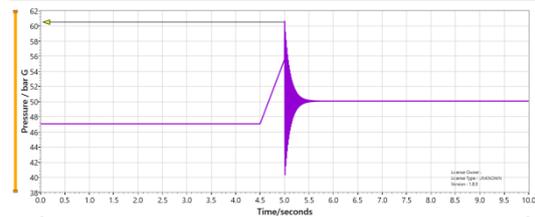
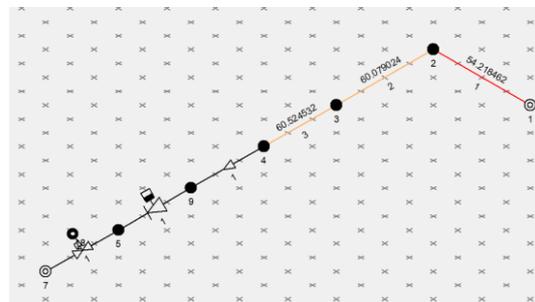
Pemodelan Pressure Relief Valve ini sama dengan pemodelan yang dilakukan pada pemodelan bladder accumulator yang membedakan adalah pada pemodelan ini pemasangan Pressure Relieve Valve atau Pressure surge diantara check valve dan gate valve sama seperti yang di modelkan pada sistem pemodelan bladder accumulator.



Gambar 9 Data dan Grafik pemodelan Pressure Relief Valve pada Fluida Pertamax



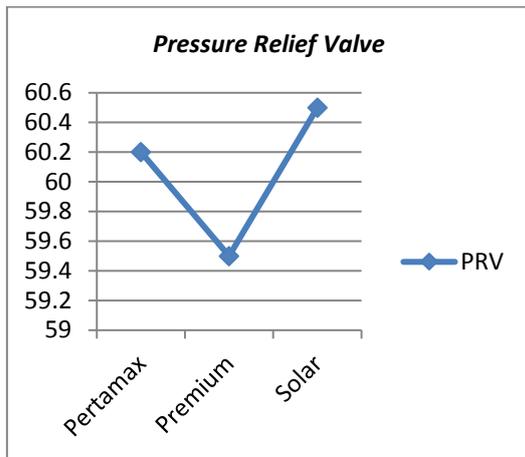
Gambar 10 Data dan Grafik pemodelan Pressure Relief Valve pada Fluida Premium



Gambar 11 Data dan Grafik pemodelan *Pressure Relief Valve* pada Fluida Solar

Tabel 11 Hasil pemodelan *Pressure Relief Valve* menggunakan software PIPENET

BBM	Penurunan Tekanan (Bar)
Pertamax	60,2
Premium	59,5
Solar	60,5



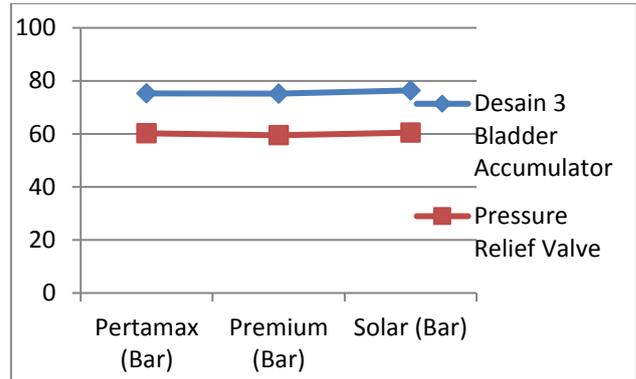
Gambar 12 Grafik yang dihasilkan dari pemodelan *Pressure Relief Valve* menggunakan software PIPENET

Pada Tabel (11) dan gambar (12) menunjukkan nilai yang dihasilkan oleh desain *Pressure Relief Valve* yang akan dilakukan pemodelan berdasarkan 3 jenis fluida bahan bakar yaitu pertamax, premium dan solar. Pada data yang dihasilkan tersebut menunjukkan perbandingan nilai yang dihasilkan oleh desain *Pressure Relief Valve* dari kemampuan untuk mengurangi tekanan kejut akibat *water hammer* yang dihasilkan dari 3 jenis fluida bahan bakar yang melewati jalur line pipa 1-8"-PKS-CM-1019. Data pada Tabel (8) dan gambar (12) menunjukkan bahwa pada desain *Pressure Relief Valve* menghasilkan nilai pengurangan tekanan kejut yaitu untuk fluida BBM jenis pertamax sebesar 60,2 Bar, Premium sebesar 59,5 Bar dan Solar sebesar 60,5 Bar

Tabel 12. Hasil perbandingan desain 3 bladder accumulator dengan *Pressure Relief Valve*

	Pertamax (Bar)	Premium (Bar)	Solar (Bar)
Desain ke 3 Bladder Accumulator	75.3	75.2	76.4

<i>Pressure Relief Valve</i>	60.2	59.5	60.5
------------------------------	------	------	------



Gambar 13 Grafik perbandingan desain ke 3 bladder accumulator dengan *Pressure Relief Valve*

4. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME. (2014). B31D, *Design of Piping System for Dynamic Loads from Liquid Transient*. USA: The America Society of Mechanical Engineer.
- [2] PIPENET. (2018). *PIPENET Transient Module User Application*
- [3] Tri Adi S., Hari Prastowo., Beni Cahyono. (2014). Analisa Pengaruh *Water Hammer* Terhadap Nilai *Strees* Pipa Pada Sistem *Loading-Offloading* PT.DABN. JURNAL TEKNIK POMITS Vol.3
- [4] Cahya Adi P., Priyo Agung Setiawan., Edi Haryono (2016). Pengaruh *Water Hammer* Pada Sistem Pendistribusian *Avtur* Terhadap Penentuan *Surge Absorber* (Studi Kasus di PPFHST3 Bandara Soekarno-Hatta Jakarta). *Proceeding 1st Conference Piping Engineering and It's Application*.
- [5] Rio Dwitya H., Emie Santoso., Ekky Nur Budiyanto (2016). Analisa Pengaruh *Water Hammer* Terhadap Nilai Tegangan Pipa CEP (*Condensate Extraction Pump*) Pada Turbin *Make Up Water System*. *Proceeding 1st Conference Piping Engineering and It's Application*.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)