

# **KAJIAN HIDROLIS SPAM JALUR BATUSESA – SIBETAN KABUPATEN KARANGASEM**

**Oleh:**

**I Ketut Soriarta**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Ngurah Rai

## **Abstrak**

SPAM jalur Reservoir Batusesa sampai dengan Reservoir Sibetan memiliki panjang pipa 17.390 meter terdiri atas 5.664 meter pipa baja DN 700 mm, pipa HDPE OD 710 mm PN10 sepanjang 4.851 meter, pipa HDPE OD 630 mm PN10 sepanjang 3.049 meter, pipa HDPE OD 560 mm PN16 sepanjang 3.825 meter. Sistem pipa transmisi sesuai rencana untuk mengalirkan air baku dari reservoir Batusesa yang berada pada ketinggian +615 mdpl ke reservoir Sibetan pada ketinggian +545 mdpl. Selisih elevasi kedua reservoir tersebut menjadikan sistem pipa transmisi memiliki energy (head) yang diharapkan mampu mengalirkan debit air sesuai debit awal sebesar 430,29 L/dt. Namun harapan tersebut mengalami hambatan karena sering kali pada jalur pipa transmisi Batusesa sampai dengan Sibetan mengalami kebocoran sehingga sangat mendesak diperlukan kajian yang mendalam untuk mengatasi hambatan dengan menggunakan Program Epanet V2.0. Dengan Program Epanet V2.0 diperoleh alternative lokasi pemasangan PRV yang paling efektif di ketinggian +569 mdpl, debit air optimal sebesar 389,71 L/dt, tekanan air dinamis (dynamic pressure) sebesar 14 bar dan tekanan air statis (static pressure) sebesar 15 bar.

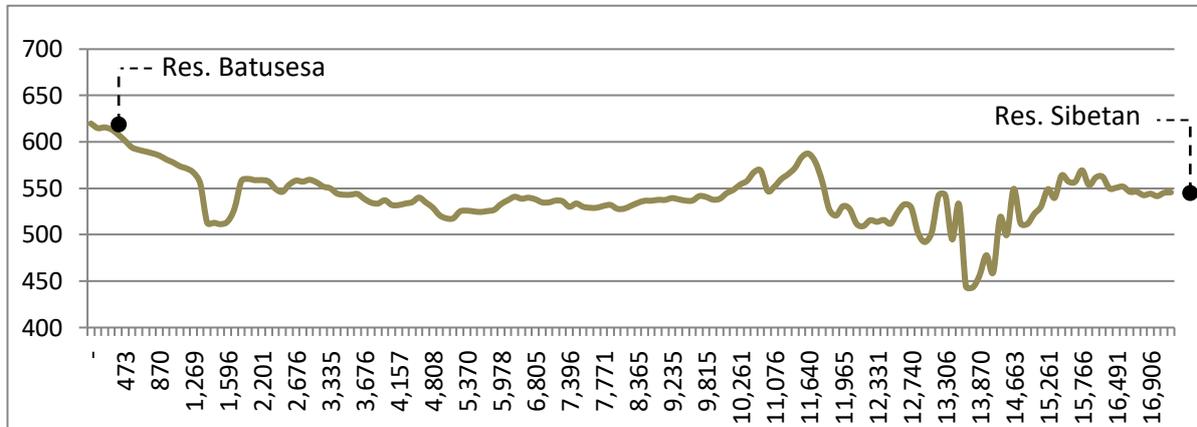
Kata kunci: Lokasi PRV, Debit Optimal, Dynamic Pressure dan Static Pressure.

## **1. Latar Belakang**

SPAM di Kabupaten Karangasem melayani dan mendistribusikan air baku di 7 (tujuh) Kecamatan yaitu Kecamatan Abang 61,902 L/dt, Kecamatan Karangasem 112,552 L/dt, Kecamatan Bebandem 43,272 L/dt, Kecamatan Kubu 60,338 L/dt, Kecamatan Manggis 47,974 L/dt, Kecamatan Selat 44,031 L/dt dan Kecamatan Sidemen 17,355 L/dt.

Sepanjang jalur pipa, memiliki kontur tanah berbukit seperti punduk unta melewati perbukitan – lembah – perbukitan dan seterusnya. Elevasi terendah jalur tersebut ada pada titik KM 13+690 sampai dengan KM 14+790 sepanjang 1.100 meter. Varian elevasinya antara +444 mdpl sampai dengan +619 mdpl. Maka selisih elevasi jalur terendah terhadap reservoir Batusesa setinggi 177 meter kolom air (MKA) atau setara 17,7 bar sehingga pada

saat uji coba sistem pipa transmisi tersebut yang telah mengalirkan air baku namun mengalami gangguan kebocoran di jalur extreme dan tidak mampu mengalirkan debit air sampai ke Reservoir Sibetan.



**Gambar 1.1**  
Long Section Jalur Reservoir Batusesa - Reservoir Sibetan

## 2. Rumusan Permasalahan

Jalur pipa Batusesa – Sibetan rencana awal mengalirkan air sebesar 430,29 L/dt serta mengalami beberapa kali pipa bocor di antara ruas pipa KM 14+058 sampai dengan KM 14+249. Pipa bocor umumnya disebabkan karena tekanan air yang melebihi kuat tekan pipa (*working pressure*). Solusinya adalah peredaman tekanan memakai alat Pressure Reducing Valve (PRV) dan atau pemasangan pipa yang memiliki kuat tekan air yang tersedia. Permasalahannya adalah:

- Diruas pipa manakah terjadi tekanan kritis ?, dan berapa tekanan air maksimum serta berapa panjang jalur pipa kritis yang perlu diamankan?
- Dititik manakah pemasangan PRV yang sesuai agar mampu meredam tekanan yang melebihi kuat tekan kerja pipa sepanjang jalur tersebut ?
- Seberapa besarkah debit air baku yang dapat dialirkan pada jalur pipa transmisi tersebut, setelah dipasang PRV ?

## 3. Metode Analisis

Analisis hidrolis jaringan perpipaan menggunakan Program Epanet V2.0. Kegunaan program ini adalah untuk perencanaan dan evaluasi sistem jaringan perpipaan. Data yang digunakan yaitu data lapangan; panjang pipa, diameter dalam pipa, jenis pipa, elevasi titik

(junction) dan jalur pipa di input ke dalam computer dijadikan model jaringan pipa dan dilakukan running analisis selama durasi 24 jam.

Pemodelan dilakukan untuk mengetahui perilaku hidrolis jaringan pipa pada kondisi existing dan kondisi setelah pemasangan PRV dan pemasangan pipa baja sesuai rencana. Hasil kedua pemodelan pipa tersebut dianalisis; tekanan (pressure), debit (flow), dan kecepatan (velocity) serta menyajikan hasil yang mampu menjawab permasalahan yang ada.

#### 4. Pengolahan Data

Data lapangan yang tersedia adalah elevasi, patok pipa, panjang dan diameter pipa, rencana titik pemasangan *Pressure Reducing Valve* (PRV) dan data lainnya yang disampaikan secara tertulis dan melalui wawancara. Data pipa terdiri atas jenis pipa, diameter luar (OD), diameter dalam (ID), kuat tekan pipa (PN) dan koefisien kekasaran dinding pipa (formula *Hanzem-Williams*) sepanjang jalur pipa yang dimaksud. Tabel 1.1 berikut ini menjelaskan secara umum jenis, diameter pipa dan panjang keseluruhan.

**Tabel 1.1**  
Data Jaringan Pipa Transmisi Reservoir Batusesa – Reservoir Sibetan

No	Jenis Pipa	OD	ID	PN	Chw	Panjang
		(mm)	(mm)	(bar)		(m)
1	BAJA		700.00	35	150	5,664
2	HDPE	710	624.30	10	150	4,851
3	HDPE	630	554.10	10	150	3,049
4	HDPE	560	463.5	10	150	3,825
<b>Panjang Pipa</b>						<b>17,390</b>

Sumber: Hasil pengukuran dan data yang ada

Data sesuai Tabel 1.1 di atas panjang pipa keseluruhan 17.390 m terbagi atas empat kelompok diameter pipa dan menurut jenis pipanya. Selengkapnya data-data yang di input kedalam layar Program Epanet pada setiap titik (*node*) dan ruas pipa (*junction*) yaitu elevasi (mdpl), panjang pipa (m), diameter dalam (mm) dan nilai kekasaran dinding pipa.

#### 5. Pemodelan Existing Pipa Jalur Batusesa – Sibetan

Model existing yang dimaksud adalah membuat desain hidrolis jaringan pipa menyerupai kondisi nyata laksana di lapangan dan pemodelan tersebut di running analisis untuk mengetahui tekanan, debit dan kecepatan aliran yang dihasilkan sistem jaringan perpipaan tersebut.

### 5.1. Tekanan Air Dinamis dan Statis (*Dinamic and Static Pressure*)

Dari data input kondisi existing yang diolah Program Epanet, menunjukkan perilaku hidrolis jaringan pipa sepanjang jalur Batusesa – Sibetan terdapat ruas pipa (jalur) yang kritis (*critical path*) sepanjang 1.422,42 meter berawal dari titik KM 13+564,39 sampai dengan di titik KM 14+974,12 dimana terdapat tekanan statis diatas 10,1 bar sampai dengan 17,7 bar dan tekanan dinamis dari 10,7 bar sampai dengan 14,4 bar.

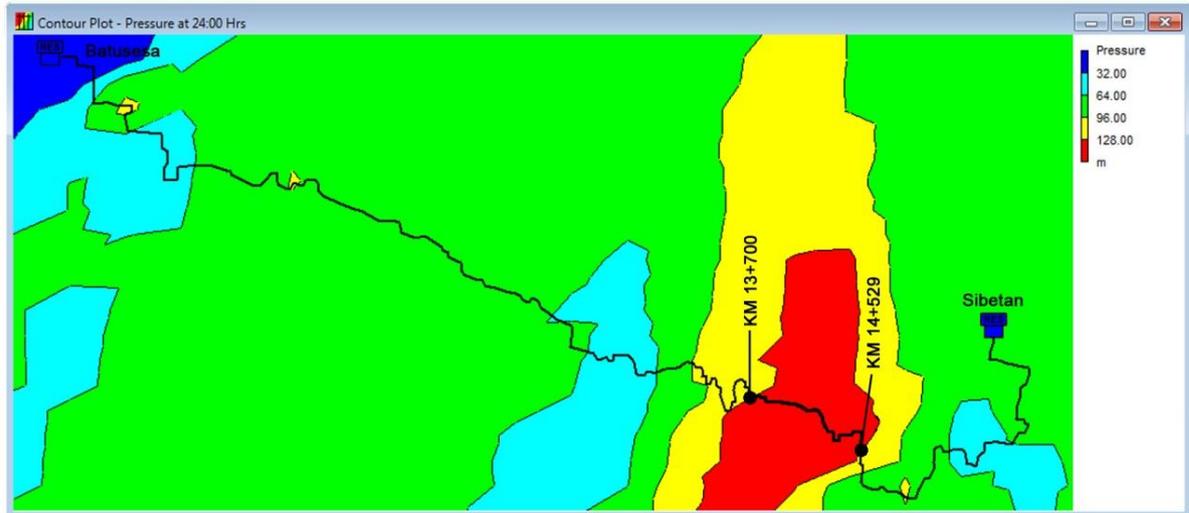
Untuk uraian lebih jelas mengenai tekanan statis dan dinamis pada jalur kritis di segmentasi terbatas selengkapnya dijelaskan sesuai tabel 1.2 berikut ini.

**Tabel 1.2**  
Jalur Kritis Pipa Transmisi Reservoir Batusesa – Reservoir Sibetan

Node	Junction	Elv (mdpl)	KM (m)	Panjang (m)	Pipa			Tekanan (bar)		Ket.
					Jenis	Ø	PN	Statis	Dinamis	
42	P48	542	1+348,71	80,00	HDPE	554,1	PN10	78,00	49,36	Aman-Aman
47	P25	495	13+564,39	215,68	HDPE	554,1	PN10	125,00	95,56	Aman-Kritis
27	P46	533	13+633,85	69,46	HDPE	448,0	PN16	87,00	56,84	Aman-Aman
55	P26	518	13+711,74	77,89	HDPE	448,0	PN16	102,00	71,02	Aman-Kritis
157	P27	444	13+799,98	88,24	HDPE	448,0	PN16	176,00	144,10	Kritis-Kritis
28	P159	443	13+867,75	67,77	HDPE	448,0	PN16	177,00	144,40	Kritis-Kritis
29	P158	456	13+912,2	44,45	HDPE	448,0	PN16	164,00	130,93	Kritis-Kritis
158	P28	472	13+956,22	44,02	HDPE	448,0	PN16	148,00	114,47	Kritis-Kritis
50	P160	478	14+014,39	58,17	HDPE	448,0	PN16	142,00	107,87	Kritis-Kritis
48	P49	459	14+106,03	91,64	HDPE	463,5	PN10	161,00	126,06	Kritis-Kritis
62	P30	488	14+205,57	99,54	HDPE	463,5	PN10	132,00	96,18	Aman-Kritis
30	P47	519	14+305,11	99,54	HDPE	463,5	PN10	101,00	64,30	Aman-Kritis
21	P29	504	14+426,21	121,10	HDPE	463,5	PN10	116,00	78,23	Aman-Kritis
63	P20	500	14+529,47	103,26	HDPE	463,5	PN10	120,00	80,29	Aman-Kritis
31	P62	550	14+663	133,53	HDPE	463,5	PN10	70,00	29,11	Aman-Aman
32	P162	512	14+918,01	255,01	HDPE	463,5	PN10	108,00	64,86	Aman-Kritis
56	P55	512	14+974,12	56,11	HDPE	463,5	PN10	108,00	64,37	Aman-Kritis
57	P56	522	15+130,22	156,10	HDPE	463,5	PN10	98,00	52,99	Aman-Aman
159	P57	530	15+182,45	52,23	HDPE	463,5	PN10	90,00	44,52	Aman-Aman
<b>Panjang Jalur Pipa Kritis (Statis)</b>				<b>1.422,42</b>						
<b>Panjang Jalur Pipa Kritis (Dinamis)</b>				<b>394,29</b>						

Sumber: Data dan Running Analisis Epanet V2.0

Pada ruas pipa HDPE ID 448,0 mm PN16 sepanjang 450 m pada titik KM 13+633,85 sampai dengan KM 14+014,39 terdapat tekanan statis mencapai 177 mka dan saat tekanan dinamis 144,40 mka, dimana terdapat tekanan yang melebihi kuat tekan pipa. Jadi salah satu solusi alternative pemasangan pipa baja diameter 500 mm sepanjang diantara ruas pipa KM 13+700 sampai dengan KM 14+529 dan peredaman tekanan dengan PRV. Untuk lebih mudahnya lihat gambar 1.2 berikut ini.



**Gambar 1.2**

Plot Kontur Tekanan Air Jalur Batusesa – Sibetan Existing

### 5.2. Debit (Flow) dan Kecepatan Aliran (Velocity)

Kemampuan debit yang dialirkan selama 24 jam konstan, dimana rata-rata debit normal yang dialirkan oleh sistem jaringan pipa dari reservoir Batusesa sampai dengan reservoir Sibetan sebesar 430,29 L/dt dengan rata-rata kecepatannya pada pipa baja Ø700 mm 1,12 m/dt. Untuk selengkapnya debit yang dialirkan selama 24 jam sesuai tabel 1.3 berikut ini.

**Tabel 1.3**

Debit dan Kecepatan Aliran Air

Uraian	JAM OPERASI												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Debit	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29
Kecepatan	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Debit		430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29	430,29
Kecepatan		1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12

Sumber: Running Analysis Program Epanet V2.0

## 6. Pemodelan PRV Pipa Jalur Batusesa – Sibetan

Pemodelan PRV adalah membuat desain hidrolis jaringan pipa dengan installing PRV dititik yang sesuai analisa head sistem. Pemodelan menyerupai kondisi nyata laksana dilapangan dengan beberapa kali simulasi dan dilakukan evaluasi perilaku hidrolis air dalam pipa yang berpotensi kritis atau tidak memenuhi syarat teknik.

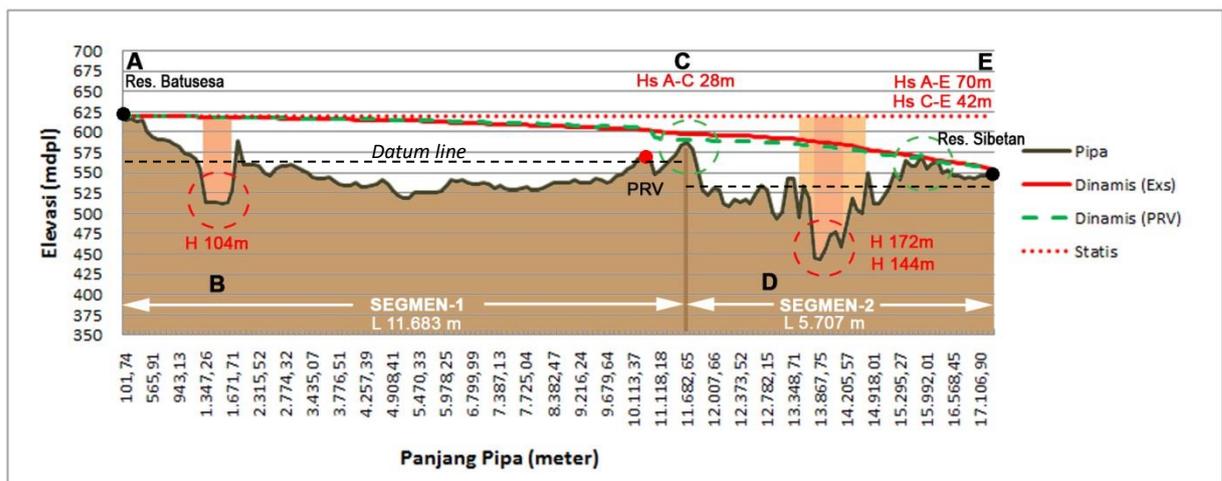
Hasil evaluasi tersebut dijadikan dasar untuk tindakan perbaikan atau merehabilitasi sistem agar memenuhi syarat untuk di operasionalkan.

## 6.1. Skenario Pemodelan Pemasangan PRV

### a. Analisa energi (*head*) Pada Jaringan Pipa Menurut Kontur Jalur Pipa

Pada gambar 1.3 tampak bahwa jalur pipa berada di permukaan tanah hingga beberapa puncak bukit kemudian turun dengan selisih tinggi tekanan pipa keluar (outlet) reservoir Batusesa terhadap pipa masuk (inlet) reservoir Sibetan 70 meter kolom air. Jadi tekanan yang diberikan dari titik A sebelah kiri lebih besar terhadap titik E maka air mengalir dari tekanan tinggi ke tekanan rendah untuk pembahasan keseluruhan segmen. Permasalahannya jalur pipa di kedua segmen pada saat pengaliran air di pipa kiri (titik A-B dan titik C-D) turun ke pipa kanan dan akan naik (titik B-C dan titik D-E) sehingga air mempunyai energi kinetik. Energi kinetik akan diubah menjadi energi potensial sehingga air di pipa sebelah kanan akan naik lebih tinggi dari pipa sebelah kiri hingga kembali ke posisi awal dan demikian seterusnya gerakan air (osilasi) tidak pernah akan berhenti.

Di sisi lain ke dua segmen (titik B dan titik D) terdapat energi tekanan di atas 100 mka pada jalur yang elevasinya rendah (di bawah garis datum). Energi pada jalur ini adalah energi keseimbangan untuk mengawali mengalirkan air naik ke puncak bukit titik C dan titik E. Jika pada kedua titik tersebut energi potensial diredam/diturunkan melebihi head pada titik C 28 mka dan di titik E 42 mka akan mempengaruhi besaran energi kinetik (debit air).



Gambar 1.3

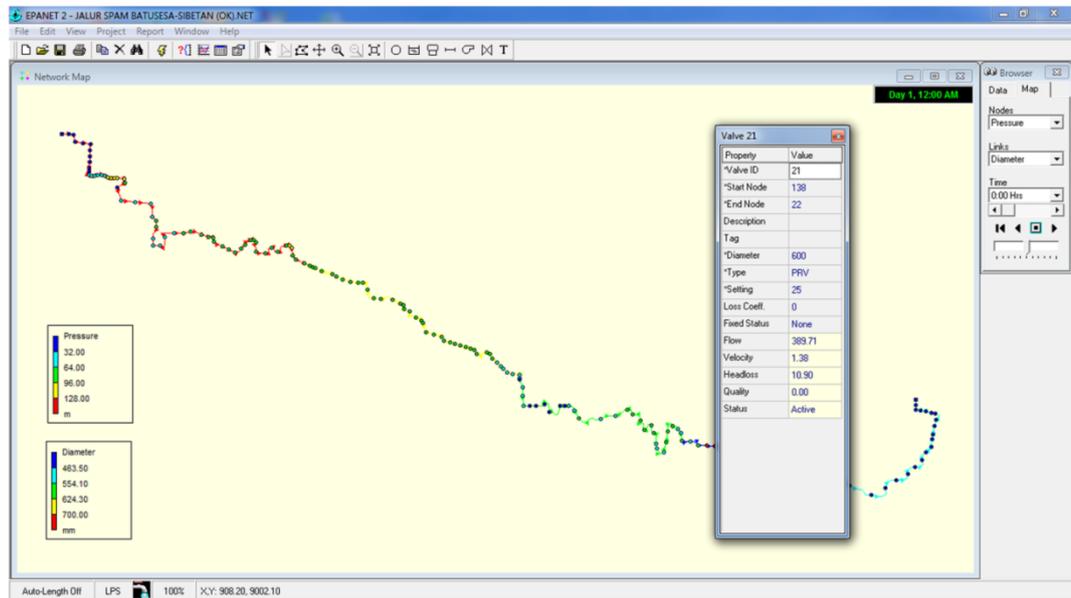
Head Statis dan Dinamis Pipa Jalur Reservoir Batusesa – Reservoir Sibetan

Head rata-rata keseluruhan pipa adalah 620 meter. Pada titik B segmen satu rata-rata sebesar 614,91 meter dan pada titik D segmen dua rata-rata head sebesar 580,69 m sampai dengan 581,97 m. Maka besaran head pada titik B dan D dibutuhkan sebagai energi potensial untuk osilasi pengaliran air ke pipa titik C dan titik E.

**b. Skenario Pemasangan PRV di Titik KM 10+650**

Sesuai pembahasan gambar 1.3 tentang head sistem jaringan pipa, sistem yang ada terdapat jalur kritis yaitu tekanan air di atas kuat tekan pipa tetapi juga merupakan head keseimbangan osilasi. Maka peredaman tekanan menggunakan alat PRV di sekitar titik KM 10+650. Pressure Reducing Valve (PRV) DN 600 mm dipasang pada titik KM 10+650 pada ketinggian +569 mdpl lebih rendah 46 meter terhadap Reservoir Batusesa (+619 mdpl) dan lebih tinggi 104 meter dari titik terendah (+511 mdpl) di KM 1+484,88 di segmen 1 serta lebih tinggi hanya 19 meter terhadap Reservoir Sibetan (+545 mdpl) di segmen 2.

Selanjutnya pemodelan tersebut di running analisis untuk mengetahui tekanan, debit dan kecepatan aliran yang dihasilkan sistem jaringan perpipaan tersebut.



**Gambar 1.4**

Layar Pemodelan Jaringan Pipa Program Epanet

## 6.2. Kondisi Hidrolis Jaringan Setelah Pemasangan PRV

Jarak PRV terhadap jalur kritis adalah 3.350 meter. Tekanan dinamis pada rencana titik pemasangan PRV setinggi 3,7 bar atau setara 37,50 meter kolom air (mka) dan tekanan statisnya setinggi 5,5 bar atau setara 55 mka. Peredaman tekanan oleh PRV diskenariokan seminimal mungkin untuk mempertahankan debit rencana atau debit awal sebesar 430,29 L/dt serta mampu memperpendek jalur kritis pipa. Dimana sesuai hukum kekekalan energy Bernoulli, bahwa kekekalan energi dalam jaringan pipa adalah energi ketinggian (*heigh*) dan energy kinetic (*flow*).

Kemampuan meredam tekanan alat PRV sangat dipengaruhi oleh tekanan yang tersedia di hulu dan prosentase penurunan tekanan di hilir serta spesifikasi teknik alat tersebut. Pemasangan PRV di titi KM 10+650 pada elevasi 564 mdpl, setelah beberapa kali dilakukan simulasi setting peredaman tekanan, dimana semakin besar penurunan tekanan di hilir PRV semakin besar pula mampu meredam tekanan di ruas pipa jalur kritis tetapi peredaman tekanan berdampak pada penurunan debit sistem tersebut.

Maka penurunan tekanan PRV di setting agar tekanan dipatok turun menjadi 2,5 bar dari tekanan dinamis sebesar 4,4 bar dan tekanan statis sebesar 5,1 bar di hulu PRV.

Pada skenario peredaman tekanan dari tekanan statis sebesar (63,4%) yaitu menjadi 2,5 bar, pemasangan alat PRV tersebut mampu memperpendek jalur tekanan kritis dari 2.384,70 meter menjadi 493,83 meter serta mampu meredam tekanan maksimum menjadi 15,1 bar dari tekanan awal sebesar 17,7 bar pada titik KM 13+757 sampai dengan KM 13+825.

Untuk lebih lengkapnya kondisi hidrolis hasil simulasi Epanet ditampilkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 1.4**  
**Jalur Kritis Setelah Pemasangan PRV**

Node	Junction	Elv (mdpl)	KM (m)	Panjang (m)	Pipa			Tekanan (bar)		Ket.
					Jenis	Ø	PN	Statis	Dinamis	
42	P48	542	1+348,71	80,00	HDPE	554,1	PN10	52,00	43,27	Aman-Aman
47	P25	495	13+564,39	215,68	HDPE	554,1	PN10	99,00	89,60	Aman-Aman
27	P46	533	13+633,85	69,46	HDPE	448,0	PN10	61,00	51,00	Aman-Aman
55	P26	518	13+711,74	77,89	HDPE	448,0	PN10	76,00	65,32	Aman-Aman
157	P27	444	13+799,98	88,24	HDPE	448,0	PN10	150,00	138,55	Kritis-Kritis
28	P159	443	13+867,75	67,77	HDPE	448,0	PN10	151,00	138,97	Kritis-Kritis
29	P158	456	13+912,2	44,45	HDPE	448,0	PN10	138,00	125,58	Kritis-Kritis
158	P28	472	13+956,22	44,02	HDPE	448,0	PN10	122,00	109,20	Kritis-Kritis
50	P160	478	14+014,39	58,17	HDPE	448,0	PN10	116,00	102,69	Kritis-Kritis
48	P49	459	14+106,03	91,64	HDPE	463,5	PN10	135,00	121,02	Kritis-Kritis
62	P30	488	14+205,57	99,54	HDPE	463,5	PN10	106,00	91,29	Kritis-Aman
30	P47	519	14+305,11	99,54	HDPE	463,5	PN10	75,00	59,56	Aman-Aman
21	P29	504	14+426,21	121,10	HDPE	463,5	PN10	90,00	73,66	Aman-Aman
63	P20	500	14+529,47	103,26	HDPE	463,5	PN10	94,00	76,05	Aman-Aman
31	P62	550	14+663	133,53	HDPE	463,5	PN10	44,00	25,07	Aman-Aman
32	P162	512	14+918,01	255,01	HDPE	463,5	PN10	82,00	61,20	Aman-Aman
56	P55	512	14+974,12	56,11	HDPE	463,5	PN10	82,00	60,78	Aman-Aman
57	P56	522	15+130,22	156,10	HDPE	463,5	PN10	72,00	49,64	Aman-Aman
159	P57	530	15+182,45	52,23	HDPE	463,5	PN10	64,00	41,25	Aman-Aman
<b>Panjang Jalur Pipa Kritis (Statis)</b>				<b>493,83</b>						
<b>Panjang Pipa Kritis (Dinamis)</b>				<b>394,29</b>						

Sumber: Data dan Running Analisis Epanet V2.0

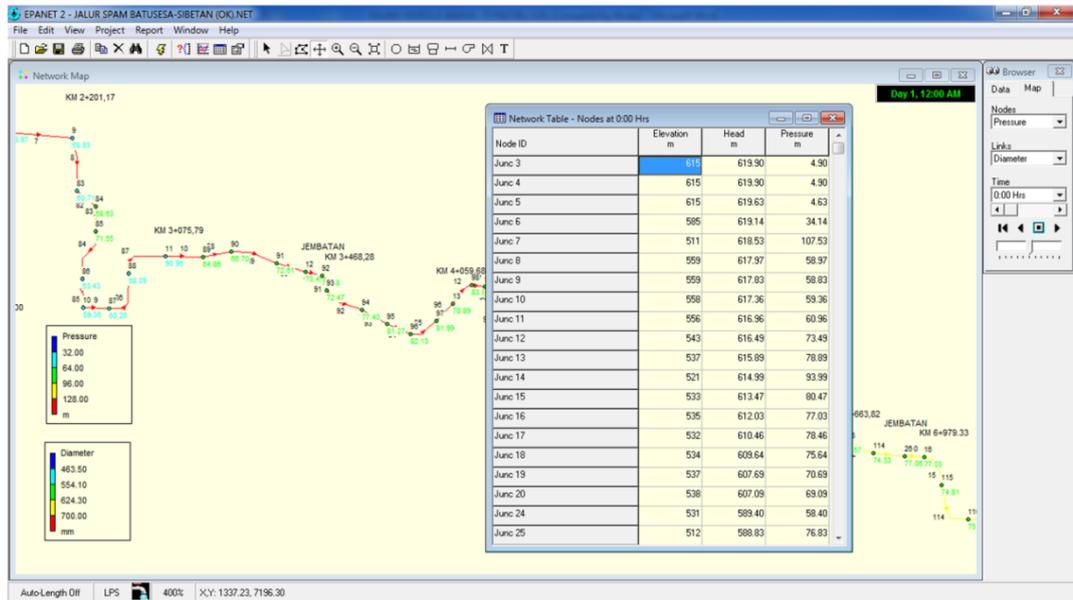
**a. Tekanan Dinamis (*Dynamic Pressure*) dan Tekanan Statis (*Static Pressure*)**

Sesuai penjelasan gambar 1.3 dengan mempertimbangkan head statis pipa, keseimbangan energi, tekanan air, jenis pipa dan konsep osilasi maka penurunan tekanan menggunakan PRV maksimal sebesar 25 mka atau 2,5 bar di hulu PRV.

Pada saat terjadi aliran air dalam pipa terjadi tekanan dinamis. Tekanan dinamis dipengaruhi oleh besaran debit dan aliran kecepatan. Sesuai tabel 1.4 di atas, terdapat tekanan dinamis antara 102,69 mka sampai dengan tertinggi 138,97 mka di jalur pipa sepanjang 394,29 meter dari KM 13+799,98 sampai dengan KM 14+106,03 meter dan lebih pendek dari saat tekanan statis.

Simulasi status tekanan statis yang dimaksud adalah air tidak mengalir ke Reservoir Sibetan atau diam di dalam pipa karena penutupan katup di inlet Reservoir Sibetan. Skenario penutupan air (*Gate Valve*) di Reservoir Sibetan tidak menunjukkan kenaikan tekanan dari simulasi awal. Jadi saat penutupan katup di hilir sistem ini, PRV akan bekerja secara otomatisasi menutup aliran air di hilirnya. Dimana terjadi pemutusan (pemisahan) energi di kedua jalur hulu PRV dan jalur hilir PRV sehingga pada jalur kritis tersebut tekanan statis tertinggi adalah 138,97

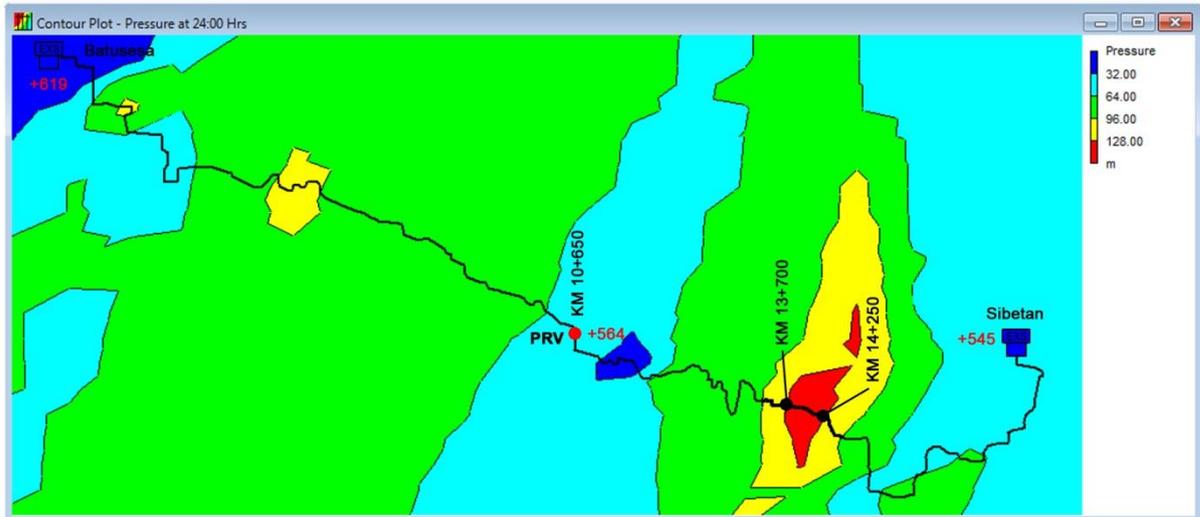
mka, dimana pada kondisi ini masih ada kelebihan tekanan 38,97 mka dari kuat tekan pipa HDPE ID 463,5 mm PN10. Pada kondisi ini dapat saja dilakukan penurunan lagi dengan konsekuensinya terjadi penurunan debit air.



**Gambar 1.5**

Output Elevasi, Head dan Pressure

Bagaimana jika terjadi gagalnya kendali alat PRV tersebut?. Maka tekanan statis pada jalur kritis tersebut menjadi seperti pada tabel 1.2 yaitu terdapat tekanan tertinggi mencapai 17,7 bar dan akan lebih tinggi lagi jika terjadi efek palu air (water hammer), maka diperlukan pemasangan pipa baja Ø500 mm sepanjang 494 meter untuk pengamanan pipa disaat tekanan statis baik berfungsi maupun tidak berfungsinya PRV pada jalur kritis mulai KM 13+799,98 sampai dengan KM 14+205,57.



**Gambar 1.6**

Plot Kontur Tekanan Air Jalur Batuesesa – Sibetan Setelah Pemasangan PRV

### **b. Surge dan Water Hammer (Palu Air)**

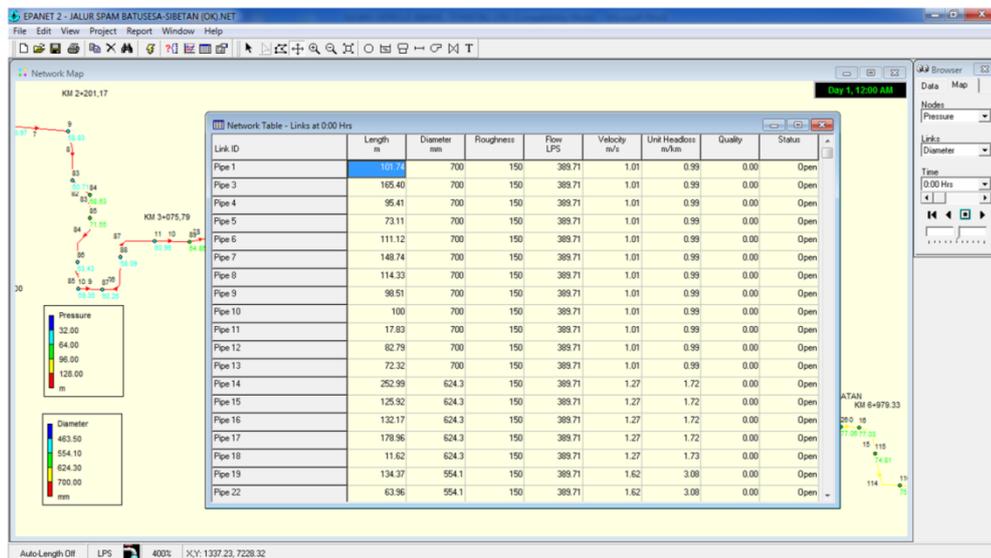
Kejadian palu air atau water hammer terjadi pada kejadian transien (aliran unsteady) pada waktu yang singkat. Transien pada waktu yang lebih lambat sering dikenal sebagai peristiwa surge. Transien sebenarnya sering terjadi dalam jaringan air minum dalam skala yang kecil tetapi pada saat tertentu akan terjadi. Transien dalam jaringan pipa misalnya terjadi karena penutupan katup secara cepat, pompa mati tiba-tiba, kegagalan sistem dan sebagainya yang menghentikan aliran secara cepat atau sebaliknya.

Sesuai gambar 1.3 potensi peristiwa surge atau water hammer terjadi pada titik B dan D. Tekanan pada sisi kiri (titik A dan C) akan lebih besar disaat pengisian dengan kecepatan tertentu. Saat osilasi air dalam pipa (aliran debit yang cukup besar) kejadian selanjutnya dapat dibayangkan bahwa momentum air akan diubah menjadi gaya dan akhirnya pada pipa berbentuk “U” di dua titik tersebut terdapat energi yang besar. Energi besar yang terjadi secara cepat akibat osilasi terjadi gelombang tekanan air (palu air) merambat dengan cepat yang membuat dinding pipa pecah. Karena elevasi sangat tinggi dan diameter pipa cukup besar maka saat osilasi terjadi tetap dipengaruhi oleh gesekan dengan dinding pipa tetapi sangat kecil. Palu air dapat direduksi dengan cara mengurangi aliran air yang masuk ke dalam satu bagian pipa untuk menghindari aliran balik di titik C dan E. Jika air diberikan kesempatan untuk mengalir ke luar dari pipa tersebut, maka tingkat

kompresi air turun secara signifikan. Pada kasus ini, berbagai cara dapat dilakukan untuk mengalirkan air atau udara yang terperangkap keluar di bagian pipa yang diinginkan, misalnya dengan menggunakan katup pelepas tekan (Air Valve) katup khusus menghindari palu air dan surge tank.

**c. Debit (Flow) dan Kecepatan Aliran (Velocity)**

Peredaman tekanan sepanjang jalur kritis mempengaruhi kemampuan sistem pipa mengalirkan air ke Reservoir Sibetan. Terjadi penurunan debit sebesar 40,58 L/dt dari debit awal 430,29 L/dt menjadi 389,71 L/dt. Begitu pula kecepatan aliran air pada pipa baja Ø500 mm, terjadi penurunan dari rata-rata 1,12 m/dt menjadi rata-rata 1,01 m/dt dan masih memenuhi syarat teknik pada jaringan pipa transmisi.



**Gambar 1.7**

Output Diameter, Rouhness, Velocity, Unit Head loss dan Quality

Data debit dan kecepatan aliran air untuk selengkapnya sesuai tabel berikut ini.

**Tabel 1.5**

Debit dan Kecepatan Aliran Air setelah Pemasangan PRV

Uraian	JAM OPERASI												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Debit	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71
Kecepatan	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Debit		389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71	389,71
Kecepatan		1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01

Sumber: Running Analysis Program Epanet V2.0

## 7. Simpulan

Sesuai pembahasan di atas, dapat disimpulkan hasil kajian hidrolis jaringan pipa transmisi air baku Batusesa sampai dengan Sibetan di Kabupaten Karangasem adalah sebagai berikut:

- a. Dengan pemasangan alat *Pressure Reducing Valve* (PRV), masih terdapat jalur tekanan kritis (*critical path*) dari 2.384,70 meter menjadi 493,83 meter serta mampu meredam tekanan statis (*static pressure*) maksimum menjadi 15,1 bar dari tekanan awal sebesar 17,7 bar dan tekanan dinamis (*dynamic pressure*) maksimum menjadi 13,9 bar pada titik KM 13+757 sampai dengan KM 13+825.
- b. Lokasi yang paling efektif pemasangan alat *Pressure Reducing Valve* (PRV) diameter 600 mm sesuai dengan kondisi ketersediaan lahan dan ijin pemanfaatannya yaitu pada titik KM 10+650 untuk peredaman tekanan. PRV disetting pada tekanan hilir sebesar 2,5 bar.
- c. Peredaman tekanan dengan pemasangan alat *Pressure Reducing Valve* (PRV) berdampak terhadap penurunan debit menjadi 389,71 L/dt dari debit awal sebesar 430,29 L/dt dengan kecepatan aliran masih memenuhi syarat teknik pipa transmisi.

## 8. Daftar Pustaka

- Mays, L.W., 2000, *Water Distribution Systems Handbook*, McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Mays, L.W., 2001, *Water Resources Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Swamee, K.P., dan Ashok, K.S., 2008, *Design of Water Supply Pipe Networks*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Salgado, R., Todini, E., & O'Connell, P.E. 1988. "Extending the gradient method to include pressure regulating valves in pipe networks". *Proc. Inter. Symposium on Computer Modeling of Water Distribution Systems*, University of Kentucky.
- Todini, E. & Pilati, S. 1987. "A gradient method for the analysis of pipe networks". *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution*, Leicester Polytechnic, UK.
- Triatmadja, R., 2009, *Hidraulika Sistem Jaringan Perpipaan Air Minum*, Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.