



EVALUASI KINERJA SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM (SPAM) DESA ABUAN KECAMATAN SUSUT KABUPATEN BANGLI

Putu Doddy Heka Ardana¹, Ida Bagus Putu Perenawa²

¹Dosen Universitas Ngurah Rai; email : doddyhekaardana@unr.ac.id

²Alumni Universitas Ngurah Rai; email : ibputuprenawa@gmail.com

Abstrak

Sistem Penyediaan Air Minum Desa Abuan dilaksanakan oleh PDAM Kabupaten Bangli. Wilayah teknis pelayanan adalah seluruh wilayah administratif Desa Abuan yang terdiri dari 4 Dusun dengan jumlah penduduk per Desember 2016 berjumlah 6.137 jiwa. Cakupan pelayanan baru mencapai 78,20 % namun sejak tahun 2015 PDAM terpaksa tidak melayani Sambungan Baru karena banyaknya keluhan pelanggan yang belum bisa mendapatkan pelayanan 24 jam/ hari. Untuk itu dilakukan analisa hidrolika jaringan pipa SPAM Desa Abuan dengan menggunakan program Epanet 2, dimana simulasi hidrolis dilakukan dengan membandingkan antara kondisi jaringan pipa normal dengan kondisi jaringan pipa bocor sampai mendekati kondisi riil di lapangan. Hasil simulasi tersebut dibuatkan grafik *Flow*, *Velocity* serta *Pressure* pada jam puncak serta jam minimum. Dari hasil analisa dan pembahasan didapat bahwa debit Mata air Tirta Taman Beteng sebesar 15,05 Lt/dt. Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi secara ukuran (dimensi) mampu untuk mengalirkan air dari bronkaptering ke Reservoir, begitu juga dari reservoir ke daerah pelayanan. Reservoir eksisting dengan kapasitas 50 M³ perlu diperbesar menjadi 225 M³ untuk bisa memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Abuan sampai tahun 2026. Kebocoran pada jaringan pipa transmisi mencapai 5,27 lt/dt (35,02 %). Sedangkan kebocoran pada jaringan Distribusi mencapai 7,18 Lt/dt (50,17 %). Kebocoran yang besar ini menjadi penyebab yang mengakibatkan terjadinya permasalahan pelayanan pada SPAM Desa Abuan Kecamatan Susut Kabupaten Bangli.

Kata Kunci : *Epanet*, Debit Mata Air, *Reservoir*, Jaringan Transmisi dan Distribusi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air bersih merupakan kebutuhan pokok masyarakat yang paling utama dalam kehidupan sehari-hari. Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Desa Abuan, memiliki arti penting dalam pelayanan pemenuhan kebutuhan air minum penduduk di wilayah Desa Abuan, Kecamatan Susut, Kabupaten Bangli. SPAM Desa Abuan Kecamatan Susut Kabupaten Bangli, dilaksanakan oleh PDAM Kabupaten Bangli Unit Pelayanan PDAM Pelayanan Abuan. Unit Pelayanan Abuan PDAM Kabupaten Bangli sampai saat ini belum mampu memberikan pelayanan yang

baik kepada pelanggan di wilayah pelayanannya (Desa Abuan, Kecamatan Susut, Kabupaten Bangli) terutama dari segi kuantitas dan kontinuitas pendistribusian air. Bahkan mulai tahun 2015 unit pelayanan Abuan tidak lagi menerima pelanggan baru sedangkan minat masyarakat untuk menjadi pelanggan masih tinggi dimana cakupan pelayanan juga baru mencapai 78,20%. Terdapat beberapa permasalahan yang terjadi pada sistem pengelolaan air minum unit pelayanan Abuan PDAM Kabupaten Bangli seperti ketersediaan debit saat ini belum mampu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Abuan dan kinerja jaringan pipa sistem penyediaan air minum Desa Abuan masih belum maksimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Desa Abuan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan suatu evaluasi kinerja sistem penyediaan air minum Desa Abuan Kecamatan Susut Kabupaten Bangli dengan tujuan nantinya agar seluruh masyarakat Desa Abuan dapat terlayani akan kebutuhan air minum.

II. METODE PENELITIAN

Sistem Penyediaan Air Minum Sistem penyediaan air minum yang selanjutnya disebut SPAM merupakan satu kesatuan sistem fisik (teknik) dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (PP No. 16 Th. 2005). Menurut Cahyana, 2006, SPAM dapat dilakukan melalui sistem jaringan perpipaan dan/atau bukan jaringan perpipaan. SPAM dengan jaringan perpipaan meliputi : sistem air baku (*Collection system*), sistem transmisi (*transmission system*), sistem pengolahan (*treatmen system*), sistem reservoir (*storage system*) dan sistem distribusi (*distribution*).

Jumlah penduduk merupakan faktor yang paling menentukan dalam menentukan besaran debit air yang direncanakan selain faktor lain yang juga menjadi pertimbangan dalam menentukan secara keseluruhan debit air rencana. Jumlah kebutuhan air ditentukan oleh jumlah penduduk yang akan dilayani termasuk pertumbuhannya selama tahun rencana. Kebutuhan air baku dibedakan

atas dua komponen yaitu: kebutuhan air domestik, dan kebutuhan air non-domestik. Kebutuhan air domestik adalah jumlah air yang diperlukan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Sedangkan kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk keperluan kegiatan-kegiatan lainnya seperti: industri, sekolah, pariwisata, kesehatan sosial dan sebagainya. Kehilangan air adalah jumlah air yang hilang pada jalur transmisi dan distribusi, yang disebabkan karena faktor teknis maupun faktor non teknis.

Kehilangan air yang disebabkan oleh faktor teknis yaitu kehilangan akibat faktor-faktor seperti pemasangan pipa yang kurang baik, sedangkan faktor non teknis disebabkan seperti adanya pencurian air (Ardana dan Erdi, 2012). Di dalam analisis system jaringan perpipaan air minum, analisis hidrolika menjadi suatu perhitungan yang memegang peranan penting. Prinsip kontinuitas, garis tenaga dan garis tekanan (kekekalan energi), tekanan air dan kehilangan tenaga pada aliran pipa menjadi beberapa analisis penting dalam penelitian ini.

2.1 Hukum Kontinuitas

Prinsip kontinuitas adalah jumlah air yang masuk dalam sistem perpipaan adalah sama dengan jumlah air yang keluar dari pemipaan tersebut. Air yang mengalir sepanjang pipa dengan luas penampang A (m^2) dan kecepatan V (m/dt) memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya (Triadmodjo, 1993). Adapun rumus kontinuitas tersebut adalah :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

2.2 Garis Tenaga dan Garis Tekanan (Kekekalan energi)

Menurut Bernoulli, tinggi tekanan total di setiap titik (*node*) pada saluran pipa adalah jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan. Garis yang menghubungkan titik titik tersebut dinamakan garis tenaga. Garis tenaga selalu menurun secara teratur ke arah aliran (Triadmodjo, 1993).

2.3 Tekanan Air

Tekanan sebagai mana kita artikan sama besar dengan 1 kg/cm^2 adalah tekanan yang disertakan dengan penampang atau bidang bawah kolom air tersebut

seluas satu sentimeter persegi. Dalam suatu sistem perpipaan kita mengenal adanya tekanan statis dan tekanan dinamis atau tekanan hidrolis. Tekanan statis (*static pressure*) adalah tekanan pada saat cair tidak mengalir. Tekanan dinamis (*dynamic pressure*) adalah tekanan pada saat zat cair mengalir (Triadmodjo, 1993).

2.4 Kehilangan Tenaga pada aliran Pipa

Kehilangan tenaga atau energi aliran air di dalam pipa terdiri dari kehilangan tenaga primer (*major losses*) dan kehilangan tenaga sekunder (*minor losses*).

1. Kehilangan tekanan primer (*major losses*) disebabkan oleh gesekan dengan dinding pipa. Kehilangan oleh gesekan disebabkan karena cairan atau fluida mempunyai kekentalan dan dinding pipa tidak licin sempurna. Kehilangan tekanan mayor ini dapat dihitung dengan menggunakan formula Hazen-Williams sebagai berikut :

$$H_f = 10,666 \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times Q^{1,85} \times L$$

2. Kehilangan tenaga sekunder (*minor losses*) adalah kehilangan tekanan pada accessories seperti pada sambungan, reduser, bend atau pada peralatan accessories lainnya. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kehilangan sekunder adalah sebagai berikut :

$$H_m = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Dalam mempermudah proses analisis digunakan software Epanet. Software Epanet 2 adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, *Node* (titik koneksi pipa), pompa, katup, dan tangki air atau reservoir.

III. PEMBAHASAN

3.1 Jumlah Penduduk, Cakupan Pelayanan dan Kebutuhan Air Minum

Jumlah Penduduk daerah pelayanan SPAM Desa Abuan per Desember 2016 sebanyak 6.137 jiwa terdiri atas 4 Dusun. Jumlah penduduk tersebut terlayani air minum sebanyak 4.799 jiwa dimana cakupan pelayanannya 78,20% dengan rasio 1 KK berpenduduk 5 jiwa. Adapun data jumlah penduduk, prosentase pelayanan serta Kebutuhan rata-rata air minum sesuai sesuai tabel 1.

3.2 Kebutuhan Air Minum Penduduk

Kebutuhan air minum penduduk dihitung dari konsumsi air minum pelanggan, dimana kebutuhan air penduduk per jiwa menggunakan rasio satu pelanggan (SR) melayani lima jiwa. Adapun kebutuhan air minum penduduk di setiap Dusun wilayah pelayanan SPAM Desa Abuan selengkapnya sesuai tabel 2.

Tabel 1. Jumlah Penduduk, Cakupan Pelayanan dan Kebutuhan Air SPAM Desa Abuan

No	Daerah Pelayanan	Penduduk (Jiwa)	Penduduk terlayani (Jiwa)	Cakupan Pelayanan (%)	Kebutuhan Air rata-rata/orang/hari (Lt/dt)	Kebutuhan Rata-rata Penduduk terlayani (Lt/dt)	Kebutuhan Rata-rata seluruh Penduduk (Lt/dt)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Area XII :	2.254	1.726	76,57	0,0014	2,4164	3,1556	
	Dusun Abuan Kawan dan Abuan Kangin							
2	Area XIII :	2.078	1.817	87,44	0,0014	2,5438	2,9092	
	Dusun Serokadan							
3	Area XIV :	1.805	1.256	69,58	0,0014	1,7584	2,5270	
	Dusun Sala							
	Jumlah	6.137	4.799	78,20	0,0014	6,7186	8,5918	

Sumber : Kantor Desa Abuan dan Kantor PDAM Kabupaten Bangli

Tabel 2 Kebutuhan Air Minum Penduduk

No	Daerah Pelayanan	Penduduk (Jiwa)	Kebutuhan (Lt/dt/jiwa)	Kebutuhan Air Penduduk		
				Rata- Rata (Lt/dt)	Harian Maks (Lt/dt)	Jam Puncak (Lt/dt)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Area XII :					
	Dusun Abuan Kawan	1.062	0,0014	1,4868	1,7098	2,2302
	Dusun Abuan Kangin	1.192	0,0014	1,6688	1,9191	2,5032
2	Area XIII :					
	Dusun Serokadan	2.078	0,0014	2,9092	3,3456	4,3638
3	Area XIV :					
	Dusun Sala	1.805	0,0014	2,5270	2,9061	3,7905
	Jumlah	6.137	0,0014	8,592	9,881	12,888
Keterangan :						
a. Kebutuhan rata-rata diambil dari rata-rata konsumsi pada tahun 2016						
b. (5) = (3) x (4)						
c. (6) = (5) x 115% sesuai persamaan 2.6						
d. (7) = (5) x 150 % sesuai persamaan 2.7						

Sumber : Hasil pengolahan data, 2019

3.3 Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk Desa Abuan diproyeksikan dengan menggunakan metode Aritmatik sehingga didapatkan proyeksi jumlah penduduk sampai dengan tahun yaitu pada tahun 2026 jumlahnya mencapai 6.503 jiwa dimana kebutuhan air untuk seluruh Penduduk Desa Abuan pada tahun tersebut adalah 13,657 Lt/dt.

3.4 Unit Produksi (*Supply*)

SPAM Desa Abuan memanfaatkan sumber air baku dari mata air Tirta Taman Beteng yang lokasinya berada di wilayah administrasi Dusun Manuk Desa Susut Kecamatan Susut dengan sistem pengaliran secara gravitasi.

3.5 Jaringan Pipa Transmisi

Jaringan pipa transmisi SPAM Desa Abuan dari Sumber Mata air Tirta Taman Beteng sampai ke reservoir distribusi sepanjang 1.789 meter. Jalur pipanya mengikuti alur drainase persawahan subak Susut. Material pipa yang digunakan adalah pipa PVC Ø 150 mm. Selisih elevasi antara sumber mata air dengan reservoir adalah 12 meter.

Adapun hasil pengukuran jaringan pipa transmisi selengkapnya sesuai dengan gambar tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data Jaringan Pipa Transmisi SPAM Desa Abuan

Node	Lokasi	Elevasi	ID Pipa (D)	Diameter Pipa (mm)	Bahan Pipa	Panjang Pipa (m)	Selisih Elevasi (m)	Tapping Pelanggan (SR)
K1	Bronkap	463	Trn6"-1	150	PVC	1	0	0
N1	Bronkap	463	V1	150			0	0
K2	Tapping	452	Trn6"-2	150	PVC	1786	11	24
N2	RES	452	V2	150			11	0
	RES	451	Trn6"-3	150	GWI	2	12	0
Jumlah						1789	34	24

Sumber : hasil survey, 2019

3.6 Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi diukur dengan manual (ember dengan volume 70 liter) dan dengan menggunakan *Ultrasonic Flow Meter (UFM)*. Dengan menggunakan ember pengukuran dilakukan pada *Inlet Reservoir* didapatkan hasil besaran debit air adalah 14,87 lt/dt. Sedangkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *UFM* didapatkan kapasitas air yang mengalir pada pipa transmisi dekat dengan Bronkaptering adalah sebesar 15.05 lt/dt.

3.7 Unit Distribusi

Unit distribusi merupakan prasarana dan sarana yang digunakan untuk memberikan kepastian kuantitas, kualitas air, dan kontinuitas pengaliran (memberikan jaminan pengaliran 24 jam per hari). Unit Distribusi SPAM Desa Abuan terdiri dari Reservoir distribusi dan Jaringan pipa beserta perlengkapannya.

3.8 Fluktuasi Muka Air Reservoir

Fluktuasi muka air reservoir adalah untuk mengetahui kemampuan tampungan reservoir terutama pada jam malam minimum. Perhitungan menggunakan debit suplai dan debit konsumsi air pelanggan. Debit yang masuk ke reservoir (Q_s) sebesar 9,61 lt/dt atau rata-rata 34,63 m³/jam. Debit kebutuhan seluruh penduduk sampai tahun 2026 adalah sebesar 13,657 lt/dt atau rata-rata 49,17 m³/jam.

Kebutuhan volume reservoir sesuai dengan kebutuhan penduduk sampai tahun 2026 dapat disajikan pada tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Kebutuhan Volume Reservoir sesuai Kebutuhan Penduduk

Waktu (Jam)	Load faktor	Pemakaian (m ³ /hari)				
		Fluktuasi	Rata-rata	Kumulatif Fluktuasi	Kumulatif Rata-rata	Selisih Fluktuasi Rata-rata
(1)	(2)	(3)= (2) x (4)	(4)	(5)= akumulasi kolom (3)	(6)= akumulasi kolom (4)	(7) = (6)-(5)
1,00	0,00	0,00	49,17	0,00	49,17	49,17
2,00	0,00	0,00	49,17	0,00	98,33	98,33
3,00	0,20	9,83	49,17	9,83	147,50	137,66
4,00	0,80	39,33	49,17	49,17	196,66	147,50
5,00	1,40	68,83	49,17	118,00	245,83	127,83
6,00	1,60	78,66	49,17	196,66	294,99	98,33
7,00	1,70	83,58	49,17	280,24	344,16	63,91
8,00	1,60	78,66	49,17	358,91	393,32	34,42
9,00	1,40	68,83	49,17	427,74	442,49	14,75
10,00	1,20	59,00	49,17	486,74	491,65	4,92
11,00	1,10	54,08	49,17	540,82	540,82	0,00
12,00	1,00	49,17	49,17	589,98	589,98	0,00
13,00	0,90	44,25	49,17	634,23	639,15	4,92
14,00	0,80	39,33	49,17	673,56	688,31	14,75
15,00	0,90	44,25	49,17	717,81	737,48	19,67
16,00	1,40	68,83	49,17	786,64	786,64	0,00
17,00	1,50	73,75	49,17	860,39	835,81	-24,58
18,00	1,50	73,75	49,17	934,14	884,97	-49,17
19,00	1,30	63,91	49,17	998,05	934,14	-63,91
20,00	1,20	59,00	49,17	1057,05	983,30	-73,75
21,00	1,00	49,17	49,17	1106,22	1032,47	-73,75
22,00	0,80	39,33	49,17	1145,55	1081,63	-63,91
23,00	0,50	24,58	49,17	1170,13	1130,80	-39,33
24,00	0,20	9,83	49,17	1179,96	1179,96	0,00
Jumlah	24,00	1179,96	1179,96	14.321,82	14.749,56	427,74
Kolom (7) maksimum						-73,75
Kolom (7) minimum						147,50
Volume Reservoir = 147,5 - [-73,75]						221,25
Debit (Q)						1.179,96

Sumber : Hasil perhitungan, 2019

3.9 Jaringan Pipa Distribusi

Jaringan distribusi SPAM Desa Abuan terbagi menjadi dua sistem jaringan distribusi utama yaitu jaringan distribusi di Dusun Sala dan jaringan distribusi untuk pelayanan Dusun Abuan Kawan, Abuan Kangin dan Serokadan. Pola jaringan distribusi menggunakan pola cabang dengan pengaliran secara gravitasi dari Reservoir ke daerah pelayanan.

a. Jaringan Pipa Distribusi Area: XIV (Dusun Sala)

Jaringan pipa distribusi Area XIV berada di Dusun Sala menggunakan pipa GWI Ø 100 mm, Pipa GWI Ø 75 mm, pipa GWI Ø 50 mm, Pipa PVC Ø 100 mm, Pipa PVC Ø 75 mm dan Pipa 50 mm. Panjang pipa keseluruhan 3.657 meter. Jumlah Pelanggan di Dusun Sala (Area : IV) adalah 197 Sambungan. Adapun data hasil pengukuran jaringan pipa tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Data Jaringan Pipa Distribusi Area : XIV Dusun Sala

Titik/ Node	Lokasi	Elevasi	ID Pipa	Diameter pipa (mm)	Bahan Pipa	Katup	Manomet er	Selisih elevasi dari Rsv	Panjang Pipa (m)	Taping Pelanggan	
R1	Reservoir	451									
K3	Outflow Res	451	D1	100	GWI	V3	-	-	2	-	
N3	Junction	451		100				-			
K4	Junction	448	D2	100	GWI	V4	-	3	200	3	
N5	Junction	438	D3	100	GWI		-	13	250	7	
K5	Junction	438				V5		13			
N6	Junction	438		100				13			
N7	Junction	434	D4	100	GWI		-	17	375	45	
N8	Ujung Pipa	425	D5	75	GWI		-	26	412	49	
N9	Junction	438	D6	50	GWI		-	13	150	19	
N10	Ujung Pipa	445	D7	50	PVC		-	6	218	26	
N11	Ujung Pipa	434	D8	50	PVC		-	17	350	45	
N12	Junction	433	D9	100	PVC		-	18	600	-	
N21.1	Junction	417	D10	75	PVC	V6	-	34	1.100	3	
Jumlah							4		34	3.657	197

Sumber : Hasil Pengukuran, 2019

b. Jaringan Pipa Distribusi Area: XII dan XIII

Jaringan pipa distribusi untuk pelayanan di Dusun Abuan Kawan, Abuan Kangin dan Serokadan menggunakan pipa PVC Ø 150 mm, Pipa PVC Ø 100 mm, Pipa PVC Ø 75 mm, Pipa GWI Ø 75 mm. Total panjang pipa pada jaringan distribui utama di area : XII dan XIII adalah sepanjang 6810 m. Jumlah pelanggan di Area : XII (Dusun Abuan Kawan dan Abuan Kangin) adalah 347 sambungan sedangkan jumlah pelanggan di Area : XIII (Dusun Serokadan) adalah 377 sambungan. Adapun data hasil pengukuran jaringan pipa distribusi di Area XII (Dusun Abuan) dan Area Dusun Serokadan selengkapnya sesuai tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Data Jaringan Pipa Distribusi Area : XII dan XII

Titik/ Node	Lokasi	Elevasi	ID Pipa	Diameter pipa (mm)	Bahan Pipa	Katup	Manomet er	Selisih elevasi	Panjang Pipa	Taping Pelanggan
RES	Reservoir	451								
K	Junction	451	D11	150	PVC	V7	-	-	2	-
N14	Junction	451								
N15	Junction	448	D12	150	PVC		-	3	200	-
N16	Junction	434	D13	150	PVC		-	17	625	-
N17	Reduser	425	D14	150	PVC	V8	-	26	412	-
N13	Junction	417	D15	100	PVC		-	34	700	-
K7	Junction	411	D16	100	PVC	V9	-	40	250	-
N18	Junction	417						34		
N19	Ujung pipa	418	D32	75	GWJ		-	33	200	
N20	Junction	411						40		
N21	Junction	419	D17	75	PVC			32	522	54
N22	Ujung pipa	408	D18	75	PVC		-	43	523	54
N23	Junction	411				V10		40		
N24	Junction	408	D20	100	PVC		-	43	150	-
K8	Junction	405	D21	100	PVC		-	46	400	64
N25	Junction	405				V11		46		
K10	Junction	402	D22	75	PVC		-	46	300	
N26	Ujung pipa	402	D23	50	PVC		-	49	200	106
N27	Junction	402	D24	75	PVC	V12	-	49	500	7
N18	Junction	417	D25	75	GWJ	V13	-	34	800	175
N28	Junction	406				V14		45		
N29	Junction	378	D26	75	GWJ		-	73	826	-
N30	Ujung pipa	373	D27	75	GWJ		-	78	200	264
Jumlah								78	6.810	724

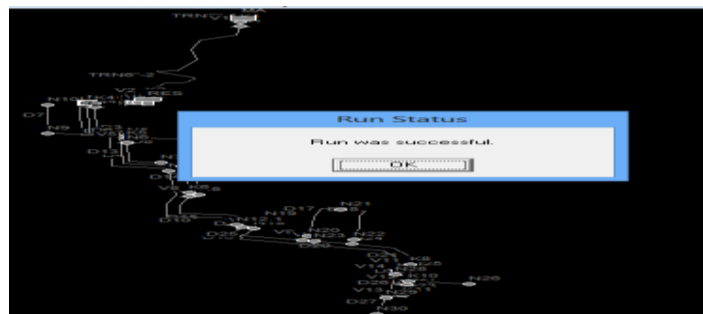
Sumber : Hasil Pengukuran, 2019

3.10 Analisis Hidrolika Jaringan Distribusi SPAM Desa Abuan

Analisis hidrolika jaringan Distribusi SPAM Desa Abuan adalah untuk mengetahui debit pengaliran (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*) dan tekanan air (*pressure*). Analisa dilakukan dengan menggunakan program Epanet 2 dengan simulasi jaringan pipa pada kondisi normal dan pipa kondisi bocor.

a. Jaringan Pipa Distribusi Area : XIV (Dusun Sala)

Pada kondisi jaringan pipa normal (tanpa bocor) hasil simulasi Epanet 2 menunjukkan *Run was successful* yang artinya sistem bisa berjalan. Berikut ditampilkan gambar tentang analisa epanet yang menyatakan Raning pada gambar 1 dan tabel 7 tentang besaran debit pengaliran (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*) dan tekanan (*pressure*) yang terjadi pada jam 07.00, jam 17.00 dan jam 24.00



Gambar 1. Hasil simulasi Epanet 2 pada jaringan pipa normal

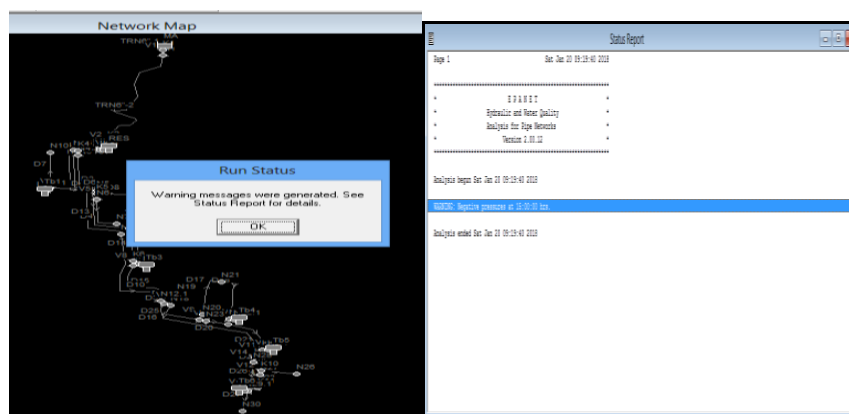
Sumber : Hasil simulasi Epanet 2, 2019

Tabel 7. Flow, Velocity, pressure pada Jaringan pipa normal Area : XIV

Node	Pipa (D)	Valve (V)	Tapping SR	07.00			17.00			24.00		
				Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)
RES												
K3	D1	V3		2,15	0,27	0,14	1,68	0,21	0,14	0,41	0,05	0,18
N3						0,14			0,14			0,18
K4	D2		3	2,15	0,27	0,42	1,68	0,21	0,42	0,41	0,05	0,48
N4		V4		2,11	0,27	0,42	1,65	0,21	0,42	0,41	0,05	0,48
N5	D3		7	2,08	0,26	1,39	1,63	0,21	1,40	0,40	0,05	1,48
K5		V5		1,02	0,13	1,39	0,80	0,10	1,40	0,20	0,03	1,48
N6						1,39			1,40			1,48
N7	D4		45	1,02	0,13	1,77	0,80	0,10	1,80	0,20	0,03	1,88
N8	D5		49	0,53	0,12	2,66	0,42	0,09	2,69	0,10	0,02	2,78
N9	D6		19	0,49	0,25	1,35	0,38	0,20	1,38	0,09	0,05	1,48
N10	D7		26	0,28	0,14	0,65	0,22	0,11	0,67	0,05	0,03	0,78
N11	D8		45	0,49	0,25	1,72	0,38	0,20	1,76	0,09	0,05	1,88
N12	D9			0,03	0,00	1,92	0,03	0	1,92	0,01	0,00	1,98
N12.1	D10		3	0,03	0,01	3,52	0,03	0,01	3,52	0,01	0,00	3,58
		V6		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Jumlah SR			197									

Sumber : Hasil Simulasi Epanet 2, 2019

Pada kondisi jaringan pipa bocor hasil simulasi epanet 2 menunjukkan sistem tidak berjalan. Untuk lebih jelasnya berikut ditampilkan gambar tentang analisa epanet yang menyatakan tidak *raning* pada gambar 2 dan tabel 8 besaran debit pengaliran (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*) dan tekanan (*pressure*) yang terjadi pada jam 07.00, jam 17.00 dan jam 24.00



Gambar 2. Hasil simulasi Epanet 2 pada jaringan pipa bocor

Sumber : Hasil simulasi Epanet 2, 2019

Tabel 8. *Flow, Velocity, pressure* pada Jaringan pipa bocor
Area : XIV (Dusun Sala)

Node	Pipa (D)	Valve (V)	Tapping SR	07.00			17.00			24.00		
				Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)
RES												
K3	D1	V3		3,65	0,46	0,14	3,18	0,40	0,18	1,91	0,24	0,16
N3						0,14			0,18			0,16
K4	D2		3	3,65	0,46	0,37	3,18	0,40	0,43	1,91	0,24	0,44
N4		V4		3,61	0,46	0,37	3,18	0,40	0,43	1,91	0,24	0,44
N5	D3		7	3,58	0,46	1,29	3,13	0,40	1,36	1,91	0,24	1,41
K5		V5		1,52	0,19	1,29	1,30	0,17	1,36	0,70	0,09	1,41
N6						1,29			1,36			1,41
N7	D4		45	1,52	0,19	1,66	1,30	0,17	1,74	0,70	0,09	1,81
N8	D5		49	1,03	0,23	2,51	0,92	0,21	2,60	0,60	0,14	2,68
N8.1	Pb3	Vb3		0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00
N9	D6		19	0,99	0,5	1,15	0,88	0,45	1,25	0,59	0,30	1,36
N9.1	Pb1	Vb1		0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00
N10	D7		26	0,28	0,14	0,44	0,22	0,11	0,54	0,05	0,03	0,66
N11	D8		45	0,99	0,5	1,45	0,88	0,45	1,57	0,59	0,30	1,72
N11.1	Pb2	Vb2		0,50	0,25	1,01	0,50	0,25	1,00	0,50	0,25	1,00
N12	D9			0,03	0,00	1,87	0,03	0,00	1,93	0,01	0,00	1,94
N12.1	D10		3	0,03	0,01	3,47	0,03	0,01	3,53	0,01	0,00	3,54
		V6		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Jumlah SR			197									

Sumber : Hasil Simulasi Epanet 2, 2019

b. Jaringan Pipa Distribusi Area : XII (Dusun Abuan) dan Area : XIII (Dusun serokadan)

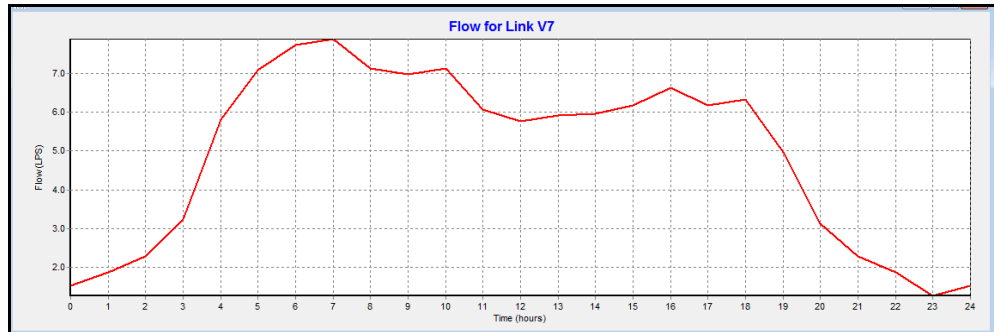
Pada kondisi jaringan pipa normal (tanpa bocor) hasil simulasi Epanet 2 menunjukkan *Run was successful*. Untuk lebih jelasnya berikut ditampilkan tabel besaran debit pengaliran (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*) dan tekanan (*pressure*) yang terjadi pada jam 07.00, jam 17.00 dan jam 24.00

Tabel 9. *Flow, Velocity, pressure* pada Jaringan pipa normal

Node	Pipa (D)	Valve (V)	Tapping SR	07.00			17.00			24.00		
				Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)
RES												
K	D11	V7		7,88	0,45	0,14	6,17	0,35	0,14	1,52	0,09	0,18
N14						0,14			0,14			0,18
N15	D12			7,88	0,45	0,41	6,17	0,35	0,42	1,52	0,09	0,48
N16	D13			7,88	0,45	1,71	6,17	0,35	1,76	1,52	0,09	1,88
K6	D14	V8		7,88	0,45	2,57	6,17	0,35	2,63	1,52	0,09	2,77
N17						2,57			2,63			2,77
N13	D15			7,88	1,00	2,62	6,17	0,79	2,96	1,52	0,19	3,54
N18						2,62			2,96			3,54
N19	D32			0,00	0,00	2,52	0,00	0,00	2,86	0,00	0,00	3,44
K7	D16	V9		5,98	0,76	3,10	4,02	0,51	3,48	0,99	0,13	4,13
N20						3,10			3,48			4,13
N21	D17		54	1,18	0,27	2,23	0,92	0,21	2,64	0,23	0,05	0,33
N22	D18		54	0,59	0,13	3,32	0,46	0,10	3,73	0,11	0,03	4,43
N23		V10		3,96	0,50	3,10	3,10	0,39	3,48	0,76	0,10	4,13
N24	D20			3,96	0,50	3,29	3,10	0,39	3,75	0,76	0,10	4,43
K8	D21		64	3,96	0,50	3,54	3,10	0,39	3,97	0,76	0,10	4,73
N25		V11		3,27	0,42	3,54	2,56	0,33	3,97	0,63	0,08	4,73
K10	D22			3,27	0,74	3,58	2,56	0,58	4,11	0,63	0,14	5,01
N26	D23		106	1,15	0,59	3,41	0,90	0,46	4,00	0,22	0,11	5,01
N27		V12		2,11	0,48	3,58	1,65	0,37	4,11	0,41	0,09	5,01
K11	D24		7	2,11	0,48	5,79	1,65	0,37	6,39	0,41	0,09	7,41
		V13		2,04	0,46		1,59	0,36		0,39	0,09	
K9	D25		175	2,74	0,62	3,17	2,15	0,49	3,74	0,53	0,12	4,71
N28		V14		0,84	0,19	3,07	0,66	0,15	3,64	0,16	0,04	4,61
N29	D26			0,84	0,19	5,79	0,66	0,15	6,39	0,16	0,04	7,41
N30	D27		264	2,87	0,65	6,01	2,25	0,51	6,68	0,55	0,13	7,79
Jumlah SR			724									

Sumber : Hasil Simulasi Epanet 2, 2019

Besaran debit yang mengalir (*flow*) pada katup V7 berdasarkan hasil simulasi epanet 2, pada kondisi pipa normal selama 24 jam dapat disampaikan pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik *flow* pada Katup V7 selama 24 jam

Sumber : Hasil simulasi Epanet 2, 2019

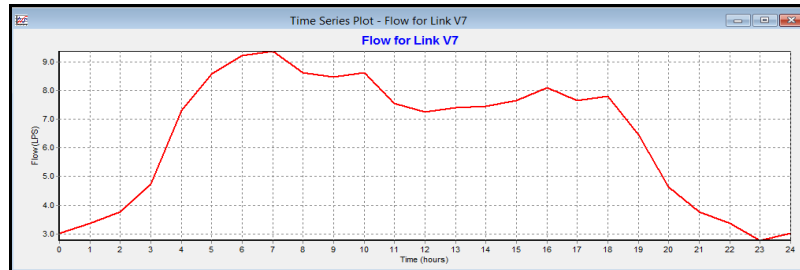
Pada kondisi jaringan pipa bocor hasil simulasi Epanet 2 menunjukkan sistem tidak berjalan. Berikut ditampilkan tabel besaran debit pengaliran (*flow*), kecepatan aliran (*velocity*) dan tekanan (*pressure*).

Tabel 10. *Flow, Velocity, pressure* pada Jaringan pipa bocor Area : XII dan Area : XIII

Node	Pipa (D)	Valve (V)	Tapping SR	07.00			17.00			24.00		
				Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)	Flow (L/dt)	Velocity (m/dt)	Pressure (Bar)
RES												
K	D11	V7		9,38	0,53	0,14	7,67	0,43	0,18	3,02	0,17	0,16
N14						0,14			0,18			0,16
N15	D12			9,38	0,53	0,40	7,67	0,43	0,45	3,02	0,17	0,45
N16	D13			9,38	0,53	1,67	7,67	0,43	1,76	3,02	0,17	1,94
K6	D14	V8		9,38	0,53	2,50	7,67	0,43	2,62	3,02	0,17	2,73
N17						2,50			2,62			2,73
N13	D15			9,38	1,19	2,27	7,67	0,98	2,71	3,02	0,38	3,40
N18						2,27			2,71			3,40
N19	D32			0,00	0,00	2,17	0,00	0,00	2,61	0,00	0,00	3,30
K7	D16	V9		6,35	0,81	2,69	5,23	0,67	3,18	2,20	0,28	3,98
N20						2,69			3,18			3,98
N21	D17		54	1,68	0,38	1,76	1,42	0,32	2,29	0,73	0,16	3,15
N22	D18		54	1,09	0,25	2,81	0,96	0,22	3,34	0,61	0,14	4,23
N22.1	Pb4	Vb4		0,5	0,11	1,00	0,5	0,11	1,00	0,5	0,11	1,00
N23		V10		4,68	0,60	2,69	3,81	0,49	3,18	1,48	0,19	3,98
N24	D20			4,68	0,60	2,93	3,81	0,49	3,44	1,48	0,19	4,27
K8	D21		64	4,68	0,60	3,10	3,81	0,49	3,63	1,48	0,19	4,55
K8.1	Pb5	Vb5		0,50	0,06	1,00	0,50	0,06	1,00	0,50	0,06	1,00
N25		V11		3,48	0,44	3,10	2,77	0,35	3,63	0,84	0,11	4,55
K10	D22			3,48	0,79	3,10	2,77	0,63	3,74	0,84	0,19	4,83
N26	D23		106	1,15	0,59	2,90	0,90	0,46	3,63	0,22	0,11	4,82
N27		V12		2,33	0,53	3,08	1,87	0,42	3,74	0,62	0,14	4,83
K11	D24		7	2,33	0,53	5,25	1,87	0,42	5,99	0,62	0,14	7,21
		V13		2,25	0,51		1,81	0,41		0,61	0,14	
K9	D25		175	3,03	0,69	2,68	2,43	0,55	3,38	0,81	0,18	4,53
N28		V14		1,12	0,25	2,58	0,94	0,21	3,28	0,45	0,10	4,43
N29	D26			1,12	0,25	5,25	0,94	0,21	5,99	0,45	0,10	7,21
N29.1	Pb6	Vb6		0,50	0,11	1,00	0,50	0,11	1,00	0,50	0,11	1,00
N30	D27		264	2,87	0,65	5,48	2,25	0,51	6,28	0,55	0,13	7,60
Jumlah SR			724									

Sumber : Hasil Simulasi Epanet 2, 2019

Besaran debit yang mengalir (*flow*) pada katup V7 berdasarkan hasil simulasi Epanet 2, pada kondisi pipa bocor selama 24 jam dapat disampaikan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Grafik *flow* pada Katup V7 selama 24 jam
Sumber : Hasil simulasi Epanet 2, 2019

3.11 Kehilangan Air (*Non Revenue Water, NRW*)

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan *ultrasonic flow meter* air yang masuk ke reservoir didapatkan besarnya debit 9,61 lt/dt. Sedangkan jika diukur secara manual menggunakan ember didapatkan hasil 14,87 lt/dt. Dengan simulasi Epanet 2 besarnya aliran air yang masuk ke Reservoir adalah 16,33 Lt/dt. Berikut ini tabel kehilangan air pada distribusi SPAM Desa Abuan Kecamatan Susut Kabupaten Bangli.

Tabel 11. Kehilangan air di Distribusi Area : XII, XIII dan XIV

No	Hasil Pengukuran	Debit (Lt/dt)	SR	Kebutuhan/SR	Total	Kebocoran	
						(Lt/dt)	(%)
1	UFM	9,61	921	0,00698	6,42858	3,18142	33,11
2	Manual	14,87	921	0,00698	6,42858	8,44142	56,77
3	Simulasi Epanet 2	16,33	921	0,00698	6,42858	9,90142	60,63
	Rata-rata	12,24	921	0,00698	6,42858	7,17475	50,17

Sumber : Hasil analisa dan perhitungan, 2019

Kebocoran rata-rata sebesar 50,17% termasuk kebocoran cukup tinggi, melebihi dari standar kebocoran Nasional yaitu sebesar 20% (Sesuai dengan Permen PU No. 20 tahun 2006). Dari indikator kinerja sesuai dengan Surat Menteri PUNoUM.01.11-Mn/09 tanggal 7 Januari 2015 kebocoran > 40% akan mendapatkan nilai kinerja yang kecil yaitu 1. Nilai kinerja akan menentukan kondisi PDAM apakah sakit, kurang sehat atau sehat. Kondisi seperti ini yang

menyebabkan masyarakat pelanggan air Minum di Desa Abuan belum bisa terlayani 24 jam/hari dan berakibat pula ditutupnya pengajuan sambungan baru padahal pelayanan PDAM belum mencapai 100%.

IV. Penutup

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Debit Mata Air Tirta Taman Beteng sebesar 15,05 lt/dt masih mampu untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat Desa Abuan.
2. Reservoir existing dengan volume 53,05 m³ tidak mampu untuk menampung air sesuai dengan kapasitas produksi. Untuk bisa menampung air sesuai dengan kebutuhan sampai dengan tahun 2026 maka diperlukan reservoir dengan volume 225 m³.
3. Jaringan Transmisi mampu mengalirkan debit air sesuai dengan kapasitas sumber yang tersedia.
4. Jaringan distribusi SPAM Desa Abuan secara dimensi (diameter pipa) dan jika jaringan pipa tidak bocor masih layak untuk mendistribusikan air ke pelanggan terbukti dari hasil simulasi Epanet 2 untuk jaringan normal (tanpa bocor) analisis menunjukkan *Run was successful*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 *Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*, Jakarta.
- Anonim. 2006. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 *Tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (KSNP-SPAM)*, Jakarta.
- Anonim. 2007. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 *Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*, Jakarta.
- Anonim. 2015. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 *Tentang Sistem Penyediaan Air Minum*, Jakarta.
- Anonim. 2002. SNI 19-6728.1-2001, *Kebutuhan air beberapa sektor*
Aida Nur Fadilah dan Terunajaya. *Analisa Perhitungan Debit dan Kehilangan Tinggi Tekanan (Head Loss) Pada Sistem Jaringan Pipa Daerah Layanan*

PDAM Tirtanadi Cabang Sunggal, Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara.

- A. Ramadhan. 2014. *Analisis Hidrolika Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Di Komplek Perumahan PT. Pusri Palembang Menggunakan Epanet 2.0*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Sriwijaya Vol.2 No. 2 Juni 2014.
- Cahyana, Gede H. 2006. *Sistem Transmisi*, Dalam Majalah Air Minum Edisi 178, Jakarta.
- Doddy Heka Ardana,Putu, Erdi. 2012. *Evaluasi Pengaliran Air Pada Jaringan Pipa Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kota Mengwi Kabupaten Badung*, Jurnal Teknik Gradien Universitas Ngurah Rai Vol.4 No. 2 Oktober 2012.
- Doddy Heka Ardana, Putu, Suastika, I Wayan. 2011. *Analisa Teknis Jaringan Pipa Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Puhu*, Jurnal Teknik Gradien Universitas Ngurah Rai.
- Tauhid Ichar, Abdul Gani Saleh, N. Vinky Rahman. 2005. *Analisis Hidrolika Jaringan Pipa Transmisi Air Minum Di Kecamatan Medan Helvetia*, Jurnal Arsitek Atrium Universitas Sumatra Utara Vol. 2 No. 03 Desember 2005.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidrolika II*, Beta Offset Yogyakarta
- Yuliana Rivai, Ali Masduki, Bowo Joko Marsono. *Evaluasi Sistem Distribusi dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo* Jurnal SMARTek, Vol.4 No.2 Mei 2006 :126-134.