

Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Manggarai dengan Sistem Zonasi di Desa Bangka Kenda

Teguh Taruna Utama

UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia

Utama.teguh87@uinsby.ac.id

Abstract

Water resources in Manggarai Regency are mostly supplied from springs. One of the villages in Manggarai Regency that uses springs is Bangka Kenda Village. Bangka Kenda Village requires drinking water of 10.41 Liters/second. This need for water is the result of drinking water projections in Manggarai Regency in 2037. Pressure values obtained from the results of manual calculations range from 5.63 meters to 93.82 meters. While the simulation results using the EPANET program, the pressure value is at 5.69 meters up to 93.84. The value of the manual calculation pressure with EPANET is not much different so that the pipe diameter selection is appropriate according to plan. The selected pipe is HDPE. The selected pipe diameter is 1.5 "; 2 "; 3 "; 4 and 5 ", respectively. The pipe has a water pressure resistance of 12.5 bar.

Keywords: Drinking water, distribution, EPANET.

Abstrak

Sumber air di Kabupaten Manggarai sebagian besar disuplai dari mata air. Salah satu Desa di Kabupaten Manggarai yang memanfaatkan mata air adalah Desa Bangka Kenda. Desa Bangka Kenda membutuhkan air minum sebesar 10,41 Liter/detik. Kebutuhan air ini merupakan hasil proyeksi air minum di Kabupaten Manggarai Tahun 2037. Nilai tekanan yang diperoleh dari hasil perhitungan manual berkisar antara 5,63 meter sampai dengan 93,82 meter. Sedangkan hasil simulasi menggunakan program EPANET, nilai tekanan berada pada 5,69 meter sampai dengan 93,84. Nilai-nilai tekanan perhitungan manual dengan EPANET tidak jauh berbeda sehingga pemilihan diameter pipa sudah tepat sesuai perencanaan. Pipa terpilih berjenis HDPE. Diameter pipa terpilih 1,5"; 2"; 3"; 4 dan 5". Pipa memiliki ketahanan tekanan air sebesar 12,5 bar.

Kata Kunci: Air minum, distribusi, EPANET

1. PENDAHULUAN

Air merupakan bagian dari kehidupan. Air tersedia di bumi dalam jumlah yang cukup melimpah. Ketersediaan air minum bagi penduduk dapat dipenuhi dengan cara mencari sumber air atau disediakan oleh pengelola air minum. Penyedia air minum secara kelembagaan dapat dikelola oleh pemerintah, LSM maupun swasta (Suhono 2016).

Distribusi air minum menjadi penting ketika air minum yang disediakan merupakan sumber pokok bagi masyarakat. Pendistribusian air minum dapat dilakukan dengan sistem perpipaan dari sumber (Zolapara et al, 2015). Sumber-sumber air yang dikelola di suatu daerah dapat didistribusikan sesuai kebutuhan. Distribusi dapat menggunakan tipe gravitasi, tipe

pemompaan dan tipe gabungan (Karnadi 2010).

Kabupaten Manggarai merupakan kabupaten yang terletak di Nusa Tenggara Timur. Kabupaten ini memiliki 12 Kecamatan. Kecamatan Ruteng merupakan pusat Kota dari Kabupaten Manggarai. Secara keseluruhan, Kabupaten Manggarai memiliki luasan 2.094 km² (Zamimiluny 2020).

Kebutuhan air minum di Kabupaten Manggarai dipenuhi dengan penyediaan air minum perpipaan dan non-perpipaan. Air minum yang disediakan melalui perpipaan. Sumber air diambilkan dari beberapa mata air yang tersebar di Kabupaten Manggarai. Penyediaan air minum ini sudah dikelola secara profesional oleh PDAM Tirta Komodo (Tim Konsultan Barn Cita Laksana 2016)

Kecamatan Langke Rembong dan Kecamatan Wae Rii' merupakan dua kecamatan yang ada di Kabupaten Manggarai. Dua kecamatan ini telah terlayani oleh sistem Perpipaan air minum dari PDAM Tirta Komodo. Kabupaten Manggarai. Sistem SPAM disuplai dari Mata Air yang di sekitar kecamatan tersebut. Dua kecamatan ini terletak di daerah pegunungan dengan elevasi rata-rata 500 – 1000 dari permukaan laut.

Sumber Mata Air Wae Rii memiliki elevasi 1,100 mdpl. Sumber mata air ini telah dilengkapi dengan bangunan penangkap air. Bangunan penangkap air ini menampung sebagian air dari mata air, sebagian lagi masuk ke saluran irigasi dan sisanya digelontorkan ke sungai Wae Rii'. Debit efektif terukur pada tahun 2016 adalah sebesar 150 Liter per detik. Dari 150 liter per detik, Desa Carep, Satar Tacik dan Mbaumuku dialirkan air sebesar 30 Liter per detik. Kemudian, PDAM Tirta Komodo ingin mengembangkan pelayanan air minum menuju Desa Bangka Kenda, Golo Wua, Golo Watu, dan Poco (Utama et al, 2018).

Desa Bangka Kenda merupakan salah satu desa yang ada di Kabupaten Manggarai. Desa Bangka Kenda memiliki penduduk 2,612 jiwa pada tahun 2017 (Koten et al, 2018). Jumlah penduduk ini diproyeksikan naik pada tahun 2022, 2027, 2032 dan 2036 berturut-turut sebesar, 3,160 jiwa, 3,501 jiwa, 3,879 jiwa dan 4,211 jiwa. Berdasarkan RISPAM Kabupaten Manggarai tahun 2016, Kecamatan Ruteng merupakan daerah sasaran pengembangan air minum di Kabupaten Manggarai (Tim Konsultan Barn Cita Laksana 2016). Berdasarkan hasil proyeksi tersebut kebutuhan air minum di Desa Bangka Kenda pada tahun 2020, 2025, 2030 dan 2035 berturut-turut sebesar 7,46 Lps, 8,23 Lps, 9,04 Lps, 9,97 Lps dan 10,41 Lps (Utama et al, 2018).

Oleh karena itu, perencanaan detail sistem penyediaan air minum dengan sumber air dari Mata Air Wae Decer diperlukan untuk meningkatkan layanan air minum di Kabupaten Manggarai. Desa-desa yang menjadi sasaran pelayanan air minum akan didesain penyaluran berbasis area. Satu desa akan diproyeksikan kebutuhan air berdasarkan jumlah penduduknya dan jumlah air menyesuaikan dengan sistem DMA (Alvisi and Franchini 2014).

2. METODE PERENCANAAN

A. Kondisi Eksisting Broncapturing MA. Wae Decer

Mata Air Wae Decer berlokasi di Kelurahan Carep. Kelurahan ini masuk dalam Kecamatan Langke Rembong. Mata Air mempunyai elevasi awal 1,120 meter dari permukaan laut, Debit andal Mata Air Wae Decer sebesar 150 Liter per detik. Koordinat mata air ini berada di di $0,80^{\circ} 36' 16,934$ LS dan $120^{\circ} 28' 54,566$ BT, Sumber Mata Air Wae Decer telah dibangun sebuah broncapturing. Broncapturing ini di sini memiliki fungsi menangkap sebagian air yang dikeluarkan dari Mata Air Wae Decer (Tim Konsultan Barn Cita Laksana 2016).

B. Pengukuran elevasi dan jarak

Pengukuran elevasi dan jarak menggunakan metode pengukuran theodolite. Pengukuran ini dimaksudkan untuk memperoleh jarak dan elevasi relatif antara mata air dengan pipa distribusi. Pipa distribusi akan dipasang dari sumber hingga menuju desa yang dituju, Langkah yang pertama kali dilakukan adalah persiapan lapangan. Persiapan di lapangan berupa penetapan basecamp dan titik BM0 dan CP0. Titik BM merupakan *Bench Mark* dan CP merupakan *Control Point*. Titik-titik ini merupakan patok-patok pengukuran yang akan membantu dalam penentuan jarak dan elevasi (Brinker et al, 2000).

Kerangka dasar pemetaan untuk pengukuran dari mata air menuju titik pembagi didasarkan pada alur sungai dan saluran irigasi. Hal ini disebabkan oleh trase pipa akan melewati saluran irigasi terlebih dahulu baru kemudian saat mendekati jalan raya terdekat menuju desa, pipa akan dibenamkan di pinggir jalan raya. Pengukuran polygon dengan pembacaan sudut dilakukan berurutan (seri). Urutannya adalah lengkap biasa dan luar biasa (B-LB-LB-B) (Utama et al, 2018).

Pengukuran waterpass dilakukan dengan membaca benang *double stand diafragma* yaitu Benang Atas, Benang Tengah dan Benang Bawah. Pengukuran untuk profil melintang, memanjang dan situasi detail lainnya, semua akan dilakukan bersamaan.

Analisa data hasil pengukuran dilakukan dengan mengecek hasil pencatatan kedudukan biasa dan luar biasa. Hasil dicek kembali sesuai hasil perhitungan mendatar dengan tabel data berupa pengurangan dua arah jurusan (kanan dan kiri) (Brinker et al, 2000).

Analisa data waterpass juga dilakukan dengan menghitung jarak rambu ke alat, menghitung jumlah jarak antar BM, dan mengecek perbedaan tinggi stand. Pengukuran profil melintang dan memanjang dilakukan dengan interval jarak 50 meter pada bagian yang lurus dan setiap 25 meter pada bagian yang berbelok. Panabelan beda tinggi antara titik detail dilakukan di *basecamp*. Pencocokan hasil penabelan dengan sketsa gambar di lapangan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan pembacaan benang diafragma (Syaifulloh 2014).

Pengolahan data polygon waterpass akan menghasilkan sketsa gambar tapak. Referensi koordinat terikat pada BM/CP dibantu dengan pengamatan koordinat GPS dan sistem koordinat UTM. Perhitungan data waterpass untuk menentukan elevasi. Referensi dari elevasi terikat dengan patok BM dan CP hasil pengukuran di lapangan. Perhitungan tinggi titik secara mendetail dilaksanakan di kantor dengan cara manual (Syaifulloh 2014).

Peta digambar dalam kertas kalkir format A1, Untuk peta situasi di mata air, peta digambar dalam skala 1:1000. Potongan gambar dalam skala 1:1000 untuk horizontal dan skala 1:200 untuk vertikal, Peta situasi digambar dengan cara mendigitasi tampak di lapangan (Utama et al, 2018).

C. Perhitungan dimensi perpipaan

Dimensi perpipaan jaringan distribusi sangat erat kaitannya dengan jumlah air yang dialirkan dalam pipa. Dalam penyaluran air minum untuk Desa Bangka Kenda, sistem penyaluran direncanakan dalam bentuk zonasi. Zonasi ini dipilih selain untuk mempermudah perhitungan sistem, sistem SPAM di Bangka Kenda akan memiliki reservoir distribusi sendiri. Reservoir distribusi akan menerima air dari jaringan pipa transmisi Mata Air Wae Decer. Kalkulasi dimensi perpipaan jaringan distribusi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (1)$$

Setelah memperoleh dimensi pipa hasil perhitungan, maka langkah selanjutnya adalah mencari diameter pipa yang ada dipasaran, diameter pipa dipilih yang mendekati hasil perhitungan. Laju alir dalam pipa distribusi berkisar antara 0,6 – 1,2 meter/detik (Karnadi 2010). Perhitungan *headloss* mencakup *headloss* mayor dan *headloss* minor. *Headloss*

mayor disebabkan oleh gesekan antara aliran air dalam pipa dengan dinding pipa. Koefisien kekasaran pipa bergantung pada jenis bahan pipanya. Sedangkan, *headloss* minor merupakan kehilangan tekanan akibat aksesoris yang ada dalam perpipaan semisal *gate valve*, *check valve*, belokan, *reducer* ukuran pipa dan lain sebagainya (Mays 2000). Cara menghitung *headloss* mayor dan minor adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot S^{0,54} \quad (2)$$

$$\Delta h = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Keterangan:

- Q = debit aliran dalam pipa (Lps)
- C = koefisien kekasaran pipa menurut Hazen-Wiliams (non dimensi)
- D = diameter pipa distribusi (mm)
- S = *headloss mayor* (meter)
- Δh = *headloss minor* (meter)
- K = koefisien *headloss* aksesoris (non dimensi)
- v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m²/s)

Tabel 1 Koefisien kekasaran pipa

Bahan Pipa Distribusi	Nilai C
Kuningan	130 - 140
Besi Cor	
Dilapisi timbal	130
Dilapisi semen	130 - 150
Beton	130 - 140
Plastik	140 - 150
Besi Galvanis	120

Sumber: (Lin and Lee 2007)

Tabel 2 Koefisien *headloss* aksesoris

Jenis Aksesoris Pipa	Nilai K
Belokan ^[1]	
Sudut 22,5°	0,11
Sudut 45°	0,19
Sudut 60°	0,25
Sudut 90°	0,33
<i>Check Valve</i> ^[1]	2,0 - 2,5
<i>Gate Valve</i> ^[1]	0,12
<i>Tee</i> ^[2]	1,8
<i>Reducer</i> ^[2]	0,04 - 0,08

Sumber: 1. (SUEZ 2007); 2. (Mays 2000)

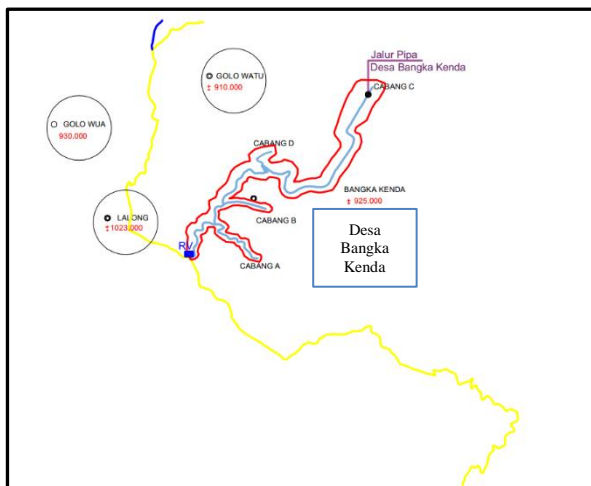
D. Permodelan EPANET V2.0

Permodelan EPANET V2.0 dilakukan untuk memvalidasi hasil perhitungan manual

jaringan distribusi dengan model komputerisasi. Permodelan EPANET V2.0 merupakan software yang dikeluarkan oleh US-EPA (Rossman 2000). Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa dimensi pipa distribusi terpilih merupakan dimensi optimal. Dimensi pipa optimal akan mengurangi potensi kesalahan distribusi terutama pada laju alir dalam pipa dan kebocoran teknis. Laju aliran yang tidak sesuai standar dan kebocoran teknis berupa kesalahan pencatatan volume air dapat terjadi jika penentuan dimensi ini salah sejak dari awal perencanaan (Utama et al, 2019). Toleransi kesalahan antara perhitungan manual dengan permodelan EPANET V2,0 direncanakan tidak lebih dari 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan distribusi air minum Desa Bangka Kenda dimulai dari reservoir distribusi yang ditempatkan dekat dengan jalan masuk desa,



Gambar 1. Rencana jaringan Bangka Kenda (Sumber: Utama et al, 2018)

Proyeksi jumlah air yang disalurkan mengikuti hasil proyeksi dari perencanaan detail desain SPAM Mata Air Wae Decer. Kebutuhan air hasil analisis diambil mulai dari tahun 2020 hingga tahun 2037. Periode tahun ini sesuai dengan hasil proyeksi yang ada di dokumen Rencana Induk SPAM Kabupaten Manggarai 2016. Berikut ini adalah hasil proyeksi kebutuhan air hingga tahun 2037.

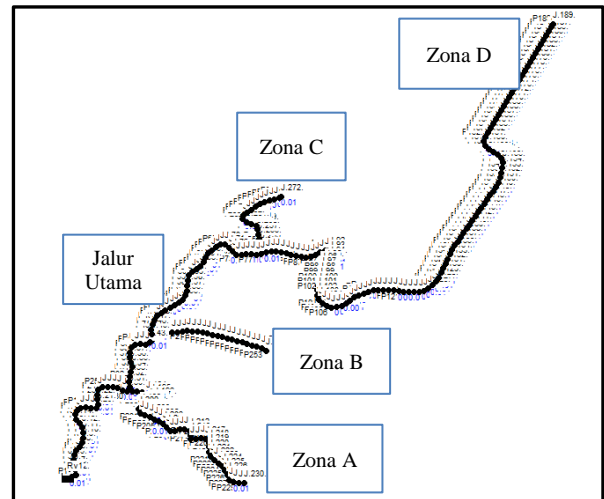
Tabel 3 Proyeksi kebutuhan air minum

Desa	Tahun Proyeksi				
	2020	2025	2030	2035	2037
Bangka Kenda	7,46 Lps	8,23 Lps	9,04 Lps	9,97 Lps	10,41 Lps

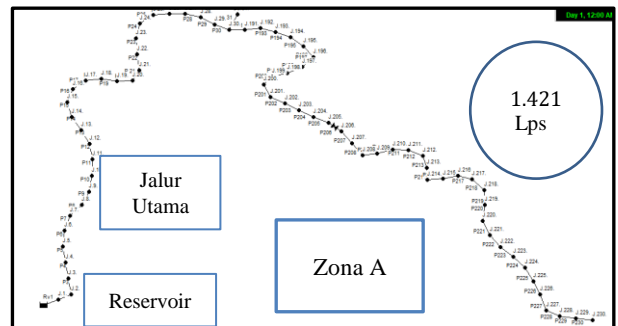
Sumber: (Utama et al, 2018)

Berdasarkan hasil perhitungan dalam jaringan distribusi, tekanan yang diperoleh bervariasi mulai dari reservoir hingga masing-masing ujung jaringan distribusi. Hasil tekanan ini merupakan perhitungan antara selisih beda potensial antar elevasi titik jaringan dikurangi dengan kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan dengan pipa dan aksesoris pipa (Mays 2000).

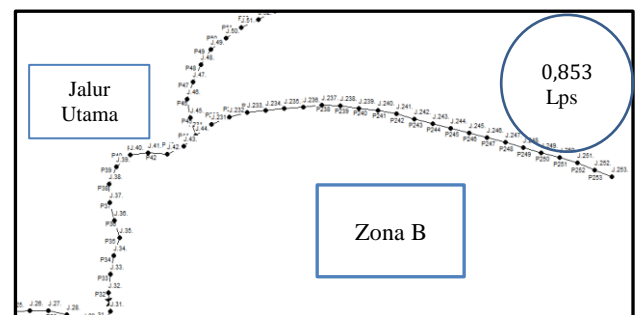
Berikut ini hasil penggambaran jaringan distribusi di Desa Bangka Kenda,



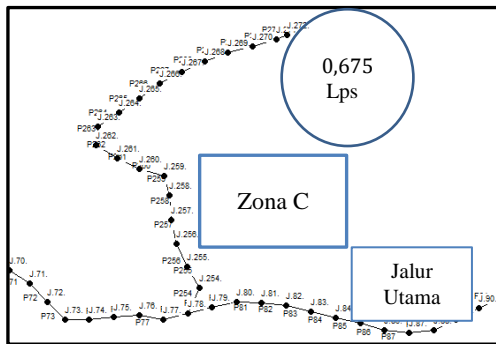
Gambar 2. Rencana jaringan Bangka Kenda (Sumber: Analisis perhitungan, 2020)



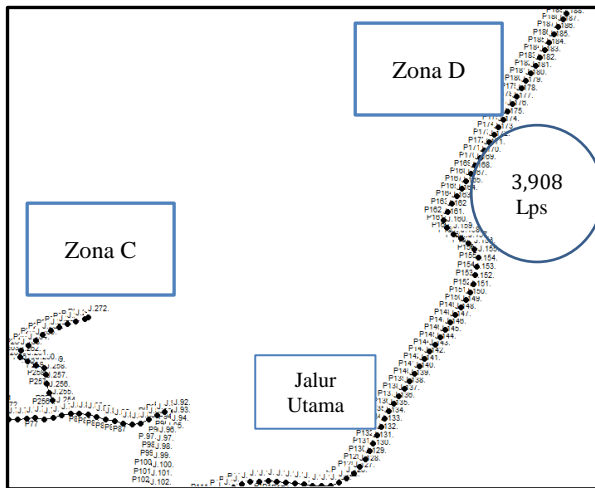
Gambar 3. Rencana jaringan Bangka Kenda Cabang A (Sumber: Analisis perhitungan, 2020)



Gambar 4. Rencana jaringan Bangka Kenda Cabang B (Sumber: Analisis perhitungan, 2020)



Gambar 5. Rencana jaringan Bangka Kenda Cabang C



Gambar 6. Rencana jaringan Bangka Kenda Cabang D
(Sumber: Analisis perhitungan, 2020)

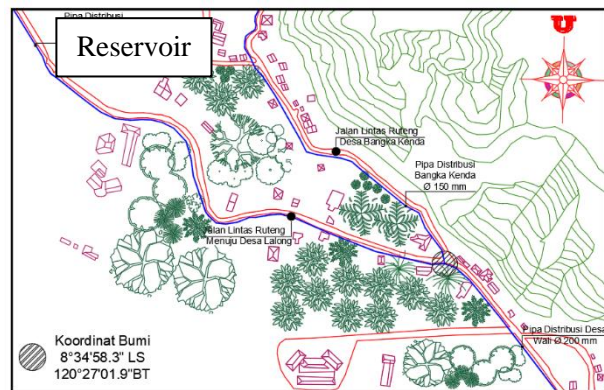
Air dialirkan menuju masing-masing zona distribusi. Pembagian ini bertujuan untuk meratakan aliran air distribusi ke masing-masing zona distribusi. Sistem klaster masing-masing zona memiliki jumlah penduduk yang berbeda-beda. Tentunya, penduduk akan tinggal di rumah yang mendekati dengan jalan utama. Hal ini sesuai dengan alur penelitian yang dilakukan oleh Di Nardo et al, 2015, Dengan pembagian berbentuk zona, pembagian jaringan distribusi dapat dibentuk menjadi sistem *District Meter Area*. Sistem *District Meter Area* yang disingkat DMA, merupakan sistem jaringan distribusi yang membagi aliran air ke masing-masing zona dan dilengkapi dengan meter induk zona distribusi. Sistem DMA akan mengurangi potensi kebocoran jaringan distribusi akibat kesalahan pencatatan jumlah air dan kebocoran teknis lainnya (Utama et al, 2019). Berikut ini merupakan tabel pembagian kebutuhan air minum masing-masing zona distribusi yaitu:

Tabel 4 Pembagian kebutuhan air minum

Desa	Kebutuhan air minum masing-masing				
	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Jalur Utama
Bangka Kenda	1,421 Lps	0,853 Lps	0,675 Lps	3,908 Lps	3,553 Lps
Total	10,41 Lps				

Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Pada zona distribusi jalur utama, jalur pipa ini merupakan pipa utama distribusi dari reservoir sebelum alirannya terbagi ke masing-masing zona. Pada jalur utama, penduduk Desa Bangka Kenda juga tinggal di sana dan mendirikan rumah-rumah sehingga pada jalur utama juga diberikan kebutuhan air minum.



Gambar 7. Rencana reservoir distribusi
(Sumber: Analisis perhitungan, 2020)

Reservoir distribusi diletakkan pada jalur masuk dari jalan desa Bangka Kenda, Reservoir berkapasitas 250 m³, Dimensi reservoir berukuran panjang 10 meter, lebar 10 meter dan tinggi muka air 2,5 meter, dengan *freeboard* 0,5 meter. Reservoir dibangun di atas tanah tanpa menara. Elevasi awal reservoir adalah 1.039,548 meter. Berikut ini adalah ikhtisar hasil perhitungan jaringan distribusi Desa Bangka Kenda yaitu:

Tabel 5 Hasil analisis distribusi

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres ssure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.1.	24,35	10,410	5"	5,63	5,69	-1,06
J.2.	22,62	10,366	5"	12,26	12,31	-0,42
J.3.	25,00	10,322	5"	17,40	17,47	-0,42
J.4.	25,00	10,277	5"	20,17	20,23	-0,29
J.5.	25,00	10,233	5"	18,85	18,91	-0,31
J.6.	24,90	10,189	5"	20,15	20,21	-0,30
J.7.	25,00	10,145	5"	22,11	22,17	-0,26
J.8.	24,87	10,101	5"	25,90	25,96	-0,22

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	NBersen Junction (%)	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)	
J.9.	23,57	10,057	5"	29,29	29,35	J.520	25,00	6,181	4"	46,98	46,96	0,04	
J.10.	24,88	10,012	5"	32,83	32,89	J.519	25,00	6,145	4"	45,61	45,58	0,07	
J.11.	24,87	9,968	5"	37,96	38,01	J.514	24,76	6,110	4"	46,08	46,06	0,05	
J.12.	24,72	9,924	5"	39,16	39,22	J.515	24,55	6,074	4"	47,65	47,62	0,06	
J.13.	25,00	9,880	5"	37,49	37,54	J.514	25,00	6,039	4"	48,99	48,97	0,04	
J.14.	24,83	9,836	5"	33,23	33,29	J.517	24,92	6,003	4"	48,08	48,05	0,05	
J.15.	24,42	9,792	5"	32,41	32,47	J.618	25,00	5,968	4"	44,70	44,67	0,06	
J.16.	21,63	9,747	5"	35,84	35,90	J.616	23,60	5,932	4"	42,26	42,24	0,05	
J.17.	24,30	9,703	5"	39,94	40,00	J.625	24,88	5,896	4"	40,10	40,08	0,05	
J.18.	24,98	9,659	5"	43,17	43,22	J.632	24,57	5,861	4"	39,99	39,96	0,08	
J.19.	25,00	9,615	5"	48,81	48,86	J.640	24,72	5,825	4"	39,11	39,08	0,07	
J.20.	24,64	9,571	5"	52,73	52,78	J.650	25,00	5,790	4"	41,45	41,43	0,06	
J.21.	18,33	9,527	5"	54,87	54,93	J.661	24,75	5,754	4"	42,99	42,97	0,06	
J.22.	25,00	9,482	5"	55,52	55,57	J.679	24,75	5,719	4"	43,30	43,27	0,06	
J.23.	24,78	9,438	5"	56,35	56,39	J.688	25,00	5,683	4"	40,36	40,33	0,07	
J.24.	24,16	9,394	5"	61,60	61,65	J.698	25,00	5,648	4"	32,46	32,43	0,09	
J.25.	24,81	9,350	5"	65,60	65,66	J.709	22,13	5,612	4"	30,79	30,76	0,09	
Sumber: Analisis Perhitungan 2020							J.71.	24,54	5,577	4"	32,11	32,08	0,09
Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)							J.72.	25,00	5,541	4"	34,31	34,28	0,09

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.26.	25,00	9,306	5"	67,22	67,27	-0,07
J.27.	24,78	9,262	5"	67,86	67,91	-0,07
J.28.	24,95	9,217	5"	67,48	67,53	-0,08
J.29.	25,00	9,173	5"	73,00	73,05	-0,07
J.30.	25,00	9,129	5"	77,88	77,92	-0,05
J.31.	27,23	7,744	4"	79,74	79,88	-0,17
J.32.	25,00	7,708	4"	45,00	45,00	-0,01
J.33.	25,00	7,673	4"	16,04	16,04	0,03
J.34.	24,85	7,637	4"	22,48	22,48	0,01
J.35.	25,00	7,602	4"	28,56	28,55	0,03
J.36.	24,11	7,566	4"	28,65	28,65	0,00
J.37.	24,54	7,531	4"	28,22	28,21	0,02
J.38.	25,00	7,495	4"	29,91	29,91	0,00
J.39.	24,56	7,460	4"	30,30	30,30	0,00
J.40.	24,26	7,424	4"	28,57	28,57	-0,01
J.41.	24,03	7,389	4"	30,28	30,28	-0,01
J.42.	25,00	7,353	4"	32,76	32,76	0,01
J.43.	24,84	7,318	4"	35,68	35,68	0,01
J.44.	25,00	7,282	4"	38,16	38,16	0,01
J.45.	24,79	6,500	4"	39,92	39,96	-0,09
J.46.	24,67	6,465	4"	42,96	42,94	0,04
J.47.	24,54	6,429	4"	45,23	45,21	0,04
J.48.	25,00	6,394	4"	44,47	44,45	0,04
J.49.	24,32	6,358	4"	44,66	44,64	0,05
J.50.	25,00	6,323	4"	46,69	46,67	0,05
J.51.	24,87	6,287	4"	49,10	49,07	0,06
J.52.	25,00	6,252	4"	48,54	48,52	0,05
J.53.	24,93	6,216	4"	47,74	47,72	0,05

Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.73.	25,00	5,470	4"	35,34	35,31	0,09
J.74.	24,04	5,435	4"	37,24	37,21	0,07
J.75.	25,00	5,399	4"	38,16	38,12	0,10
J.76.	24,88	5,364	4"	39,88	39,85	0,08
J.77.	25,00	5,328	4"	43,25	43,22	0,06
J.78.	24,95	5,470	4"	46,98	46,95	0,07
J.79.	25,00	3,907	3"	50,46	50,48	-0,04
J.80.	24,91	3,871	3"	52,84	52,81	0,06
J.81.	25,00	3,836	3"	53,30	53,27	0,05
J.82.	24,85	3,800	3"	52,26	52,24	0,05
J.83.	25,00	3,765	3"	50,44	50,41	0,06
J.84.	25,00	3,729	3"	49,72	49,69	0,06
J.85.	25,00	3,694	3"	50,82	50,79	0,05
J.86.	25,00	3,658	3"	52,00	51,97	0,06
J.87.	24,88	3,623	3"	53,71	53,68	0,06
J.88.	24,50	3,587	3"	55,36	55,33	0,06
J.89.	25,00	3,552	3"	56,31	56,28	0,05
J.90.	25,00	3,516	3"	55,78	55,75	0,06
J.91.	25,00	3,481	3"	55,41	55,37	0,07
J.92.	24,28	3,445	3"	56,43	56,40	0,05
J.93.	20,46	3,409	3"	58,87	58,84	0,06
J.94.	25,00	3,374	3"	62,55	62,51	0,06
J.95.	24,81	3,338	3"	65,55	65,51	0,06
J.96.	23,95	3,303	3"	66,79	66,76	0,05
J.97.	24,13	3,267	3"	69,90	69,86	0,05
J.98.	25,00	3,232	3"	70,66	70,62	0,06

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres ssure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Perse Pjg Gala Pipa (%) (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres ssure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.99.	25,00	3,196	3"	72,81	72,77	143,00	1,633	2"	71,35	71,36	-0,01
J.100.	25,00	3,161	3"	74,83	74,79	144,00	1,597	2"	74,09	74,10	-0,01
J.101.	25,00	3,125	3"	76,12	76,08	145,00	1,562	2"	75,12	75,13	-0,01
J.102.	24,34	3,090	3"	77,06	77,02	146,00	1,526	2"	75,40	75,41	-0,01
J.103.	25,00	3,054	3"	80,09	80,05	147,00	1,491	2"	76,05	76,05	0,00
J.104.	24,36	3,019	3"	81,60	81,57	148,00	1,455	2"	75,58	75,58	-0,01
J.105.	25,00	2,983	3"	85,16	85,12	149,00	1,420	2"	74,23	74,23	0,00
J.106.	24,53	2,948	3"	86,98	86,94	150,00	1,384	2"	73,96	73,96	0,00
J.107.	24,43	2,912	3"	86,56	86,52	151,00	1,349	2"	72,86	72,87	-0,01
J.108.	25,00	2,877	3"	87,31	87,27	152,00	1,313	2"	72,64	72,64	0,00
J.109.	24,75	2,841	3"	87,55	87,51	153,00	1,278	2"	70,73	70,74	-0,01
J.110.	25,00	2,805	3"	87,73	87,69	154,00	1,242	2"	70,71	70,71	0,00
J.111.	25,00	2,770	3"	50,00	50,00	155,00	1,207	2"	70,65	70,65	0,00
J.112.	24,84	2,734	3"	51,54	51,54	156,00	1,171	2"	70,86	70,86	0,00
J.113.	25,00	2,699	3"	52,07	52,07	157,00	1,136	2"	69,86	69,86	0,01
J.114.	25,00	2,663	2"	52,90	52,95	158,00	1,100	2"	69,61	69,61	0,00
J.115.	24,74	2,628	2"	54,64	54,69	159,00	1,065	2"	69,87	69,87	0,00
J.116.	25,00	2,592	2"	54,76	54,82	160,00	1,029	2"	71,41	71,41	0,00
J.117.	25,00	2,557	2"	51,96	52,01	161,00	0,993	2"	73,90	73,90	0,00
J.118.	24,91	2,521	2"	51,89	51,93	162,00	0,958	2"	74,35	74,35	0,00
J.119.	25,00	2,486	2"	51,75	51,80	163,00	0,922	2"	73,31	73,31	0,00

Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres ssure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.120.	25,00	2,450	2"	52,37	52,42	-0,09
J.121.	24,98	2,415	2"	52,08	52,12	-0,07
J.122.	25,00	2,379	2"	53,27	53,31	-0,08
J.123.	25,00	2,344	2"	54,30	54,33	-0,06
J.124.	24,26	2,308	2"	54,76	54,80	-0,08
J.125.	25,00	2,273	2"	56,17	56,21	-0,07
J.126.	24,75	2,237	2"	58,80	58,84	-0,07
J.127.	25,00	2,201	2"	57,39	57,43	-0,07
J.128.	24,94	2,166	2"	57,11	57,14	-0,05
J.129.	25,00	2,130	2"	60,46	60,50	-0,06
J.130.	25,00	2,095	2"	63,17	63,20	-0,05
J.131.	25,00	2,059	2"	64,52	64,55	-0,05
J.132.	25,00	2,024	2"	65,59	65,61	-0,03
J.133.	25,00	1,988	2"	66,68	66,71	-0,04
J.134.	25,00	1,953	2"	69,12	69,15	-0,04
J.135.	24,99	1,917	2"	69,83	69,85	-0,03
J.136.	25,00	1,882	2"	69,69	69,70	-0,02
J.137.	25,00	1,846	2"	67,58	67,60	-0,02
J.138.	25,00	1,811	2"	68,34	68,36	-0,02
J.139.	25,00	1,775	2"	69,37	69,38	-0,02
J.140.	25,00	1,740	2"	67,66	67,68	-0,02
J.141.	25,00	1,704	2"	66,95	66,96	-0,02
J.142.	25,00	1,669	2"	67,98	67,99	-0,01

J.164.	25,00	0,887	2"	71,00	70,99	0,01
J.165.	25,00	0,851	2"	72,08	72,07	0,01
J.166.	25,00	0,816	2"	73,69	73,68	0,01

Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres ssure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.167.	25,00	0,816	2"	73,69	73,68	0,01
J.168.	25,00	0,780	2"	74,96	74,95	0,01
J.169.	25,00	0,745	2"	74,57	74,55	0,02
J.170.	25,00	0,709	2"	72,91	72,90	0,01
J.171.	25,00	0,674	2"	71,68	71,67	0,01
J.172.	25,00	0,638	2"	69,74	69,73	0,02
J.173.	25,00	0,603	2"	71,49	71,47	0,02
J.174.	25,00	0,567	2"	72,37	72,35	0,02
J.175.	25,00	0,532	2"	72,46	72,44	0,02
J.176.	25,00	0,496	2"	73,87	73,86	0,02
J.177.	25,00	0,461	2"	73,82	73,81	0,02
J.178.	25,00	0,425	2"	72,84	72,82	0,02
J.179.	25,00	0,389	2"	70,13	70,11	0,02
J.180.	25,00	0,354	2"	70,46	70,44	0,02
J.181.	25,00	0,318	2"	71,38	71,37	0,02
J.182.	25,00	0,283	2"	73,81	73,80	0,02
J.183.	25,00	0,247	2"	75,86	75,84	0,03
J.184.	25,00	0,212	2"	77,84	77,83	0,02
J.185.	25,00	0,176	2"	77,74	77,73	0,02

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.186.	25,00	0,141	2"	78,41	78,39	0,02	26,08	0,853	1,5"	39,84	39,80	0,10
J.187.	25,00	0,105	2"	79,57	79,56	0,02	25,00	0,817	1,5"	39,68	39,64	0,11
J.188.	25,00	0,070	2"	80,85	80,83	0,02	24,79	0,782	1,5"	39,91	39,89	0,06
J.189.	17,78	0,034	2"	81,41	81,39	0,02	25,00	0,746	1,5"	38,27	38,22	0,13
J.191.	25,02	1,421	1,5"	81,83	81,88	0,07	25,00	0,711	1,5"	38,42	38,38	0,12
J.192.	24,49	1,386	1,5"	84,94	84,99	0,06	25,00	0,675	1,5"	39,43	39,38	0,12
J.193.	25,00	1,350	1,5"	84,15	84,26	0,13	25,00	0,640	1,5"	41,24	41,19	0,11
J.194.	24,72	1,315	1,5"	82,67	82,72	0,06	24,85	0,604	1,5"	41,67	41,62	0,12
J.195.	25,00	1,279	1,5"	84,21	84,26	0,06	25,00	0,568	1,5"	42,36	42,31	0,11
J.196.	22,54	1,244	1,5"	84,70	84,74	0,05	25,00	0,533	1,5"	45,95	45,90	0,11
J.197.	23,44	1,208	1,5"	83,74	83,78	0,04	24,95	0,497	1,5"	48,77	48,71	0,11
J.198.	24,79	1,172	1,5"	83,23	83,26	0,04	25,00	0,462	1,5"	50,85	50,80	0,11
J.199.	24,99	1,137	1,5"	82,43	82,47	0,05	25,00	0,426	1,5"	53,29	53,24	0,10
J.200.	18,19	1,101	1,5"	84,73	84,77	0,05	25,00	0,391	1,5"	53,63	53,57	0,11
J.201.	22,10	1,066	1,5"	90,30	90,33	0,04	25,00	0,355	1,5"	54,93	54,87	0,10
J.202.	25,00	1,030	1,5"	91,34	91,37	0,03	25,00	0,320	1,5"	56,52	56,46	0,10
J.203.	25,00	0,995	1,5"	92,68	92,71	0,03	25,00	0,284	1,5"	57,75	57,69	0,10
J.204.	24,99	0,959	1,5"	91,75	91,78	0,03	25,00	0,249	1,5"	58,99	58,94	0,09
J.205.	25,00	0,924	1,5"	93,82	93,84	0,02	25,00	0,213	1,5"	59,18	59,12	0,10
J.206.	25,00	0,888	1,5"	50,00	50,00	0,00	25,00	0,178	1,5"	64,95	64,89	0,09
J.207.	25,00	0,853	1,5"	57,28	57,28	0,00	24,95	0,142	1,5"	68,43	68,37	0,08
J.208.	25,00	0,817	1,5"	60,20	60,20	0,00	25,00	0,107	1,5"	70,45	70,39	0,09
J.209.	23,23	0,782	1,5"	64,66	64,66	0,00	25,43	0,071	1,5"	72,09	72,03	0,08
J.210.	24,97	0,746	1,5"	69,99	69,99	0,01	27,50	0,675	1,5"	48,12	48,08	0,09
J.211.	25,00	0,711	1,5"	70,56	70,56	0,00	25,00	0,640	1,5"	49,95	49,90	0,10
J.212.	24,28	0,675	1,5"	73,58	73,57	0,01	25,00	0,604	1,5"	47,16	47,12	0,09
J.213.	19,42	0,640	1,5"	72,50	72,49	0,01	25,00	0,568	1,5"	48,52	48,46	0,11
J.214.	19,13	0,604	1,5"	69,13	69,12	0,01	24,69	0,533	1,5"	52,16	52,10	0,11

Sumber: Analisis Perhitungan 2020

J.259.	20,11	0,497	1,5"	52,62	52,56	0,11
J.260.	25,00	0,462	1,5"	51,19	51,14	0,10
J.261.	24,76	0,426	1,5"	48,10	48,04	0,12

Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.215.	24,40	0,568	1,5"	71,27	71,26	0,01
J.216.	25,00	0,533	1,5"	75,02	75,01	0,01
J.217.	22,42	0,497	1,5"	74,63	74,62	0,01
J.218.	25,00	0,462	1,5"	72,04	72,03	0,02
J.219.	23,07	0,426	1,5"	69,87	69,85	0,02
J.220.	25,00	0,391	1,5"	66,71	66,69	0,03
J.221.	24,87	0,355	1,5"	66,02	66,01	0,02
J.222.	24,46	0,320	1,5"	65,83	65,82	0,02
J.223.	24,96	0,284	1,5"	66,12	66,10	0,02
J.224.	24,77	0,249	1,5"	68,15	68,13	0,03
J.225.	25,00	0,213	1,5"	73,54	73,52	0,02
J.226.	24,91	0,178	1,5"	77,80	77,78	0,03
J.227.	25,00	0,142	1,5"	76,29	76,28	0,02
J.228.	23,17	0,107	1,5"	74,82	74,80	0,03
J.229.	25,00	0,071	1,5"	74,09	74,07	0,02
J.230.	26,41	0,036	1,5"	74,85	74,83	0,03

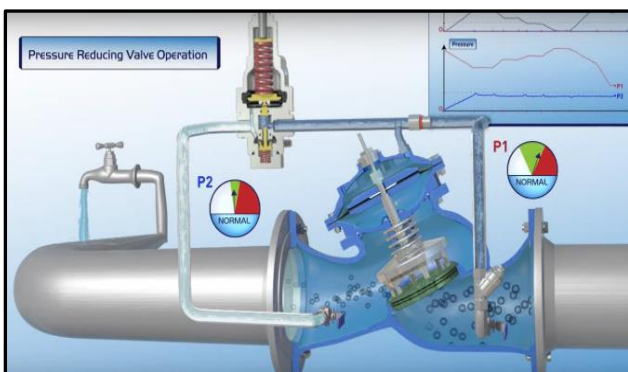
Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Tabel 5 Hasil analisis distribusi (lanjutan)

No. Junction	Pjg Pipa (m)	Debit dibawa (Lps)	Ø Pipa (Inch)	Pres sure (m)	EPANET V.2.0 (m)	Persen Galat (%)
J.262.	25,00	0,391	1,5"	42,78	42,73	0,13
J.263.	18,55	0,355	1,5"	41,64	41,58	0,14
J.264.	25,00	0,320	1,5"	43,58	43,52	0,13
J.265.	25,00	0,284	1,5"	43,97	43,91	0,13
J.266.	24,97	0,249	1,5"	44,42	44,36	0,13
J.267.	24,76	0,213	1,5"	47,59	47,53	0,13
J.268.	25,00	0,178	1,5"	51,67	51,61	0,12
J.269.	24,96	0,142	1,5"	52,69	52,63	0,12
J.270.	25,00	0,107	1,5"	54,13	54,07	0,11
J.271.	24,97	0,071	1,5"	60,33	60,27	0,11
J.272.	11,40	0,036	1,5"	60,30	60,23	0,11

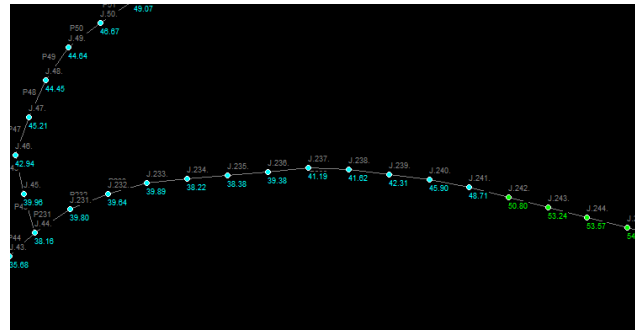
Sumber: Analisis Perhitungan 2020

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 5, sistem distribusi di Desa Bangka Kenda sudah memenuhi kriteria dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007. Tekanan minimum jaringan distribusi adalah 1 bar atau 10 meter (Kirmanto 2007). Sedangkan tekanan maksimumnya bergantung pada jenis ketahanan pipa yang dipasang di lapangan. Jenis pipa yang digunakan adalah HDPE dengan nilai *Pressure Nominal* sebesar 10 Bar atau 100 meter. Ada beberapa katup PRV (*pressure reducing valve*) yang dipasang di jaringan distribusi Bangka Kenda. Valve-valve tersebut berturut-turut ada di J.31. ke J.32. (Pipa Nomer 32), J.110. ke J.111. (Pipa Nomer 111) dan J.205. ke J.206. (Pipa nomer 206). Fungsi valve-valve tersebut adalah mengurangi tekanan aktual jaringan distribusi. Hal ini disebabkan oleh ketahanan pipa hanya mencapai 100 meter. Oleh karena itu, valve dibutuhkan untuk menurunkan tekanan pada jaringan jika saat perhitungan manual dan simulasi EPANET, tekanan sudah melebihi 100 meter. Berikut ini prinsip kerja valve tersebut.

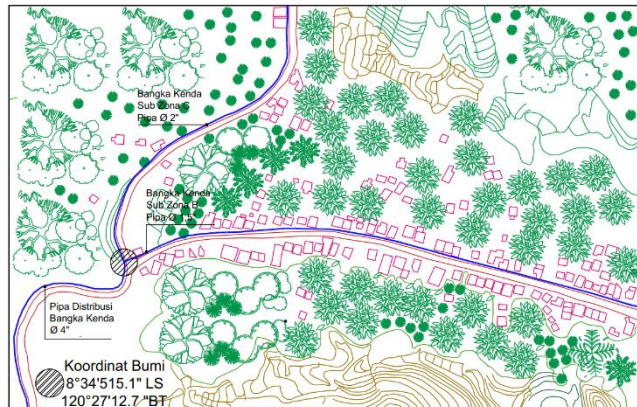


Gambar 8. Prinsip kerja *pressure reducing valve*
(Sumber: (Bermad Water Technologies 2015))

Prinsip kerja *pressure reducing valve* adalah mengambil sebagian tekanan dari sumber air kemudian dialirkan sebagian ke atas. Air yang sudah ke atas dibalikkan kembali ke jalur air sehingga tabrakan antar tekanan akan mengurangi *pressure* dalam pipa.



Gambar 9. Hasil permodelan EPANET V2.0
(Sumber: Analisis perhitungan, 2020)



Gambar 10. Hasil pemetaan jaringan distribusi
(Sumber: (Utama et al. 2018))

Hasil analisis jaringan menunjukkan bahwa persentase kesalahan kurang dari $\pm 5\%$ dengan tingkat kepercayaan 95% (Berthouex and Brown 2002). Nilai galat ini dapat mendukung pemilihan diameter pipa yang tepat dalam perencanaan SPAM di Desa Bangka Kenda. Nilai-nilai tekanan ini dipengaruhi oleh gesekan air dengan material pipa, jenis aksesoris pipa dan valve PRV. Gesekan air dengan material pipa merupakan kehilangan tinggi tekanan mayor. Perhitungan perpipaan ini menggunakan rumus Hazen-Williams. Hasil analisis ini juga sejalan dengan perencanaan SPAM di Surat City, India (Lungariya et al. 2016). Hasil analisis jaringan distribusi air minum menggunakan permodelan EPANET menghasilkan nilai *pressure* yang memuaskan (Jumanalmath and Shivapur 2017).

Penggunaan software EPANET di dunia jaringan air minum adalah suatu kemajuan dalam teknologi penyediaan air minum (Nallanathel et al. 2018). Pada umumnya, penggunaan software EPANET memerlukan software pendukung seperti ArcGIS, AutoCAD dan EPACAD (Desai and Pathan 2018). ArcGIS menterjemahkan data koordinat dan validasi titik-titik pengukuran theodolite di lapangan. Sedangkan, AutoCAD akan mewujudkan hasil pengukuran berupa peta rencana wilayah

jaringan distribusi. Terakhir, EPACAD akan menterjemahkan gambar CAD ke koordinat di EPANET untuk diisi dengan data input di lapangan. Data-data input berupa elevasi, jarak antar junction, base demand dan diameter pipa. Penentuan input data akan menentukan hasil simulasi permodelan EPANET. Hasil simulasi permodelan EPANET dapat diuji silang dengan perhitungan manual. Keunggulan dari software EPANET ini adalah saat jaringan distribusi digabung dalam bentuk loop. Ketika jaringan berupa loop (kotak-kotak mirip sarang laba-laba), hasil perhitungan tekanan akan sulit dianalisis dengan perhitungan manual. Perhitungan manual dengan metode Hardy-Cross akan mulai kompleks jika sistem distribusi melibatkan banyak titik (Mays 2000).

4. KESIMPULAN

Perencanaan jaringan distribusi di Desa Bangka Kenda menghasilkan nilai tekanan air berkisar antara 5,76 meter sampai dengan 93,82 meter. Nilai-nilai ini masih masuk dalam rentang tekanan yang dipersyaratkan oleh BPP-SPAM. Tekanan minimum untuk diterima oleh pelanggan minimum sebesar 0,7 bar sesuai syarat BPP-SPAM. Tekanan maksimum air adalah sebesar 10 bar. Tekanan maksimum masih di bawah tekanan yang dipersyaratkan oleh produsen pipa HDPE dengan nominal PN12 (12,5 bar). Jaringan distribusi dapat berfungsi optimal dalam mengalirkan air dari sumber menuju ke pelanggan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Alvisi, S., and M. Franchini. 2014. "A Procedure for the Design of District Metered Areas in Water Distribution Systems." *Procedia Engineering* 70:41–50.

Bermad Water Technologies. 2015. *720 ES Pressure Reducing Valve - Operation*. Retrieved March 26, 2020 (<https://www.youtube.com/watch?v=r6qSkzx1imM>).

Berthouex, Paul Mac, and Linfield C. Brown. 2002. *Statistics for Environmental Engineers Second Edition*. 2nd ed. Florida: Lewis Publisher.

Brinker, Russel C., Paul R. Wolf, and Djoko Walijatun. 2000. *Dasar-dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*. 7th ed. Jakarta: Erlangga.

Desai, Yesha, and Hina Pathan. 2018. "Hydraulic Parameter Analysis of

WDN- A Case Study of Sayajipura Village." *International Journal of Science Technology & Engineering* 4(10):8.

- Di Nardo, Armando, Michele Di Natale, Carlo Giudicianni, Dino Musmarra, Giovanni Francesco Santonastaso, and Antonietta Simone. 2015. "Water Distribution System Clustering and Partitioning Based on Social Network Algorithms." *Procedia Engineering* 119:196–205.
- Jumanalmath, Shivaprasad G., and Anand V. Shivapur. 2017. "Analysis of 24x7 Water Distribution Network of Gabbur Zone in Hubballi City, Karnataka State, India Using EPANET Software." *International Research Journal of Engineering and Technology* 04(02):8.
- Karnadi, Rachmat. 2010. *Pedoman Pengenalan SPAM*. 2nd ed. Jakarta: Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Kirmanto, Djoko. 2007. "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum."
- Koten, Marselinus Christoforus, Tome Ximenes Nahak, and Meutia Auliya Rahmah. 2018. *Kecamatan Wae Ri'i Dalam Angka 2018*. Manggarai: Badan Pusat Statistik Kabupaten Manggarai.
- Lin, Shundar, and C. C. Lee. 2007. *Water and Wastewater Calculations Manual*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.
- Lungariya, Payal, Namrata Katharotiya, Darshan Mehta, and Sahita Waikhom. 2016. "Analysis of Continuous Water Distribution in Surat City Using EPANET: A Case Study." *Global Research and Development Journal for Engineering* (001):7.
- Mays, Larry W. 2000. *Water Distribution System Handbook*. 1st ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Nallanathel, Manoj, B. Ramesh, and A. P. Santhosh. 2018. "Water Distribution Network Design Using EPANET A Case Study." *International Journal of Pure and Applied Mathematics* 119(17):8.
- Rossman, Lewis A. 2000. *EPANET 2 Users Manual*. Vol. 2. 2nd ed. Cincinnati:

- United States Environmental Protection Agency.
- SUEZ, Degremont. 2007. *Water Treatment Handbook - Ondeo Degremont II*. Vol. 2. 7th ed. Paris: Lavoisier.
- Suhono, Andreas. 2016. *Pedoman Umum Program PAMSIMAS*. 1st ed. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian PUPR.
- Syaifulloh, Arief. 2014. *Modul MKB-2/3 SKS/ Modul 1-IX Ilmu Ukur Tanah*. 02 ed. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.
- Tim Konsultan Barn Cita Laksana. 2016. *Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Manggarai*. Jakarta: PT. Barn Cita Laksana.
- Utama, Teguh Taruna, Rachmad Ardhianto, and Wasino. 2019. *Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kota Tarakan 2019*. Tarakan: CV. Artha Gemilang.
- Utama, Teguh Taruna, Rahmad Junaidi, Dyah Rr Nugraheni Setyowati, and Moh. Rizki Haqiqi As'at. 2018. *Detailed Engineering Desain Sistem Penyediaan Air Minum Mata Air Wae Decer*. Kupang: CV. Konindo.
- Zamimiluny, Akhmad. 2020. *Kabupaten Manggarai dalam Angka 2020 Penyediaan Data untuk Perencanaan Pembangunan*. Manggarai: Badan Pusat Statistik Kabupaten Manggarai.
- Zolapara, Bhagvat, Neha Joshipura, and Jaydeep Patel. 2015. "Case Study on Designing Water Supply Distribution Network Using Epanet for Zone-I of Village Kherali." *Indian Journal of Research* 4(7):4.