

Pemenuhan Kekurangan Air melalui Simulasi Jaringan Pipa Transmisi Air Bersih SPAM Lhokseumawe

Muhammad Yafi

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdurrauf No. 7, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, 23111

Azmeri Azmeri*

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdurrauf No. 7, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, 23111

Ahmad Reza Kasury

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syekh Abdurrauf No. 7, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, 23111

Tuti Rahmawati

Balai Prasarana Pernukiman Wilayah Aceh
Jl. Soekarno Hatta - Lamsayeun, Kab. Aceh Besar

Abstrak

Pesatnya pertumbuhan penduduk dan laju pembangunan berbagai sektor dan bidang pada suatu daerah berdampak terhadap besarnya kebutuhan air bersih. Kota Lhokseumawe berpenduduk padat namun memiliki permasalahan belum terpenuhinya kebutuhan air bersih bagi masyarakat serta kontinuitas air bersih yang belum terjaga sebagai syarat standar pelayanan minimum sebuah kota. Oleh karena itu studi ini bertujuan untuk memperoleh informasi dimensi pipa, nilai parameter hidrolis pipa transmisi, dan mencukupi pasokan air bersih di Kota Lhokseumawe berdasarkan hasil simulasi jaringan air bersih. Simulasi jaringan pipa transmisi air bersih dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Epanet 2.2 lalu membandingkan hasil simulasi Epanet 2.2 dengan perhitungan manual pada beberapa pipa. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh informasi optimal berupa diameter pipa transmisi HDPE Ø560 mm dengan total panjang pipa dari reservoir intake Sungai Krueng Mane sampai Reservoir IPA Muara Satu – Rancong yaitu 22 km. Diperlukan penggunaan 3 buah pompa dan 2 buah katup type PRV dan type PSV, dengan mengacu pada spesifikasi perencanaan pipa transmisi air baku. Parameter hidrolis pipa transmisi yang optimal diperoleh kecepatan aliran sebesar 1,82 m/det, kehilangan tenaga 3,54 m/km, koefisien gesekan 0,012, dan debit aliran 449,42 l/det, sehingga mencukupi kebutuhan air di Kota Lhokseumawe.

Kata Kunci: Epanet 2.2, Lhokseumawe, Pipa transmisi, IPA Muara Satu - Rancong

Abstract

The rapid population growth and the rate of development of various sectors and fields in an area have an impact on the large demand for clean water. Lhokseumawe City has several problems in meeting the supply of clean water, such as the water being distributed is not sufficient to meet the needs of the community and the continuity of clean water is not maintained. This study aims to determine the dimensions of the pipe, the value of the hydraulic parameters of the transmission pipe, and the sufficient supply of clean water in Lhokseumawe City. The simulation of transmission pipe network with the Epanet 2.2 software, and compare with manual calculations on several pipes. The optimal result of modeling water demand are the diameter of HDPE transmission pipe Ø560 mm and the total pipe length from the Krueng Mane River intake reservoir to the Muara Satu – Rancong WTP Reservoir, which is 22 km. Needs 3 pumps and 2 valves of the PRV type and PSV type, with reference to the design specifications for the water transmission pipe. The optimal calculation results show that the flow velocity is 1.82 m/s, the power loss is 3.54 m/km, the friction coefficient is 0.012, the flow rate is 449.42 l/s, so that it is sufficient for water needs in Lhokseumawe City.

Keywords: Epanet 2.2, Lhokseumawe, Transmission pipeline, WTP Muara Satu – Rancong

*Penulis Korespondensi: azmeri@unsyiah.ac.id

1. Latar Belakang

Air minum diproses dan harus memenuhi syarat kesehatan, dengan memperhatikan persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang tertera dalam parameter wajib dan parameter tambahan (Permenkes 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, 2010; Nizar dkk, 2016). Pesatnya pertumbuhan penduduk pada suatu daerah berdampak terhadap besarnya kebutuhan air bersih (Lufira dkk., 2012; Kumar dkk, 2015; Masum dkk, 2020).

Pemenuhan kebutuhan air suatu kawasan menggunakan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). SPAM merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk memenuhi kuantitas, kualitas, dan kontinuitas air minum (Masum dkk, 2020; Neamat & Günal, 2021). SPAM mencakup pembangunan baru, peningkatan, dan perluasan, dalam penyediaan kebutuhan air minum melalui instansi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM menggunakan Instalasi Pengolahan Air (IPA) untuk pengolahannya menjadi air bersih (Murti, 2015). Walaupun SPAM sudah dimiliki oleh suatu wilayah, namun terkadang debit air yang didistribusikan belum mencukupi kebutuhan bagi pelanggannya, salah satunya seperti di Kota Lhokseumawe. Kota Lhokseumawe merupakan jalur distribusi dan perdagangan yang penting di Provinsi Aceh. Tahun 2020 jumlah penduduk Kota Lhokseumawe mencapai 181.713 jiwa meliputi empat kecamatan besar yaitu Kecamatan Banda Sakti, Kecamatan Blang Mangat, Kecamatan Muara Satu, dan Kecamatan Muara Dua (BPS Kota Lhokseumawe, 2021).

Berdasarkan Rencana Pembangunan Infrastruktur Cipta Karya Kota Lhokseumawe (2021) Permasalahan dalam memenuhi pasokan air bersih di Kota Lhokseumawe saat ini, yaitu tingkat pelayanan air minum perpipaan di Kota Lhokseumawe yaitu 12,31%, non perpipaan 43,58%, dan yang belum terlayani air minum 44,11% dari jumlah penduduk. Hal tersebut belum sesuai dengan persyaratan Permen PU 27/PRT/M/2016 tentang kriteria perencanaan air bersih domestik untuk kategori kota sedang yaitu 60% untuk jaringan perpipaan dan 30% untuk non perpipaan dari jumlah penduduk. Berdasarkan Statistik Daerah Provinsi Aceh (2021), pada tahun 2020 jumlah penduduk Kota Lhokseumawe merupakan daerah dengan kepadatan penduduk kedua tertinggi di Provinsi Aceh yaitu 1.042 jiwa/km². Selain kebutuhan domestik yang semakin meningkat, sarana prasarana perkotaan juga meningkat tajam yang menyebabkan peningkatan kebutuhan akan air bersih yang sangat signifikan.

Oleh karena itu, dibutuhkan perencanaan sistem distribusi air bersih yang optimal untuk dapat mencukupi kebutuhan air bersih di Kota Lhokseumawe. Sistem distribusi dimodelkan dengan mendesain pipa transmisi dari sumber air dari Sungai Krueng Mane sampai IPA Muara Satu – Rancong dengan daerah pelayanan meliputi tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Muara Satu, Muara Dua, dan Banda Sakti. Hal ini karena Kecamatan Banda Sakti sudah

mendapatkan layanan air minum dari PDAM Tirta Mon Pase yang intakenya berada di Sungai Krueng Pase.

2. Metodologi Studi

Lokasi studi dimulai dari *intake* Sungai Krueng Mane koordinat 5°11'26.8"N 96°54'51.8"E sampai lokasi IPA terletak di Kecamatan Muara Satu - Rancong pada koordinat 5°13'52.32"N 97° 3'43.05"E di Kota Lhokseumawe (Dinas Perkim Aceh, 2021). Daerah pelayanan air minum Kota Lhokseumawe terdiri dari tiga kecamatan yaitu Muara Satu, Muara Dua, dan Banda Sakti.



Gambar 1. IPA Muara Satu - Rancong
Sumber: Google Earth



Gambar 2. Intake Krueng Mane
Sumber: Google Earth

3. Pengumpulan data

Data yang diperlukan berupa data sekunder yang terdiri dari parameter yang dibutuhkan untuk mengetahui elevasi dan kontur jaringan pipa, menghitung kebutuhan air domestik dan non domestik, serta untuk mengetahui ketersediaan air di Sungai Krueng Mane. Selengkapnya data tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data-data sekunder yang dibutuhkan

No	Jenis Data	Sumber data
1	Peta Topografi dan Elevasi Jaringan Jalan (2021)	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Aceh
2	Data Jumlah Penduduk (2003-2020)	Badan Pusat Statistik Kota Lhokseumawe
3	Data Fasilitas Umum Kota Lhokseumawe (2021)	RTRW Kota Lhokseumawe 2011-2031 Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Kota Lhokseumawe 2005-2025 Buku Profil Investasi Kota Lhokseumawe Sistem Informasi Pembangunan Daerah Kota Lhokseumawe
4	Data Debit Andalan (2021)	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Aceh

4. Proyeksi Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk yang diperoleh dari BPS selama 18 tahun (2003 – 2020) digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk dari Tahun 2021 sampai Tahun 2041. Rata-rata pertumbuhan penduduk (K_a) dan laju pertumbuhan penduduk (r) digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk. Pemilihan metode proyeksi aritmatika, geometri, dan eksponensial (Handiyatmo dkk, 2012; Lufira dkk, 2012; Neamat & Günal, 2021) dilakukan berdasarkan standar deviasi yang terkecil (Handiyatmo dkk, 2012).

5. Proyeksi Fasilitas Umum

Dasar untuk penyediaan sarana pemerintahan dan pelayanan umum tidak hanya berdasarkan pada jumlah penduduk yang dilayani oleh sarana tersebut. Penyediaan sarana juga mempertimbangkan pendekatan desain keruangan unit-unit atau kelompok lingkungan yang tersedia (SNI 03-1733-2004). Pelayanan setiap unit administrasi pemerintahan meliputi kelurahan, kecamatan, dan kota. Data fasilitas umum diperoleh dari RTRW Kota Lhokseumawe, RPJP Kota Lhokseumawe, Buku Profil Investasi Kota Lhokseumawe, dan Sistem Informasi Pembangunan Daerah Kota Lhokseumawe. Data ini digunakan untuk menghitung proyeksi fasilitas umum dari selama 20 tahun proyeksi.

Mengacu pada SNI 03-1733-2004 dengan melihat jumlah penduduk pendukung yang sudah ditetapkan dan dari jumlah penduduk pendukung. Berdasarkan data tersebut diperoleh besarnya kebutuhan setiap fasilitas dengan membandingkan antara jumlah penduduk yang sudah diproyeksikan dan jumlah penduduk pendukungnya. Jumlah penduduk pendukung untuk proyeksi sarana dan prasarana Kota Lhokseumawe disajikan pada Tabel 1.

6. Kebutuhan Air

Kebutuhan air yang dibutuhkan masyarakat dikelompokkan menjadi kebutuhan air domestik dan non domestik (Naway dkk, 2013; PM PUPR 27/PRTM/2016, 2016; Fahrival, 2019; Triatmadja, 2021; Neamat & Günal, 2021). Kebutuhan air domestik berasal dari rumah tangga, dengan konsumsi air bersih untuk kategori kota sedang dengan jumlah penduduk antara 100.000 jiwa sampai 500.000 jiwa adalah sebesar 100-125 l/hari. Kebutuhan air non domestik untuk kebutuhan selain rumah tangga dihitung berdasarkan fasilitas umum yang tersedia di Kota Lhokseumawe (PM

PUPR 27/PRTM/2016, 2016). Persentase kehilangan air pada simulasi jaringan air transmisi yang disyaratkan adalah 20-30% dari total kebutuhan air domestik dan non-domestik. Faktor harian maksimum yang digunakan antara 1,1-1,5 dengan kebutuhan air harian. Sedangkan faktor jam puncak digunakan antara 1,15-3 dengan kebutuhan air harian maksimum (PM PUPR 27/PRTM/2016, 2016). Kebutuhan air harian diartikan sebagai total kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik, dan kehilangan air.

6.1 Pemodelan jaringan perpipaan dengan Epanet 2.2

Pemodelan jaringan perpipaan dilakukan agar kualitas dan kontinuitas air bersih yang disalurkan ke warga dari sumber air tercukupi dan mudah didapat. Data yang menjadi dasar dalam pemodelan antara lain elevasi tiap node, panjang pipa, diameter pipa, dan koefisien kekasaran pipa (Rossman dkk, 2020). Tahapan awal dalam proses simulasi jaringan perpipaan adalah:

- Menambahkan *background* peta sebagai acuan lokasi perencanaan dan menyesuaikan koordinat *background* peta;
- Memasukkan data *junction* berupa elevasi dan kebutuhan air. Kebutuhan air yang digunakan dalam perencanaan adalah kebutuhan air harian maksimum (PM PUPR 27/PRTM/2016, 2016). Elevasi *junction* yang diinput telah dikurangi dengan kedalaman penggalian pipa 762 mm (Christensen, 2006). Pipa ditanam dengan alasan estetika, keamanan, dan lingkungan (Zohra dkk, 2012);
- Memasukkan faktor jam puncak pada *time pattern*. Jam puncak terjadi pada saat masyarakat melakukan aktivitas di pagi hari antara pukul 6 dan pukul 8 pagi dan aktivitas sore hari antara pukul 16.00 dan 18.00 (Kementerian Pekerjaan Umum, 2007);
- Memasukkan ketinggian sumber air (*reservoir*);
- Memasukkan data elevasi, diameter, dan ketinggian air tangki sehingga volume tangki 15% dari volume air harian maksimum (Kementerian PUPR, 2010);
- Memasukkan data dimensi pipa, yaitu panjang, diameter dan koefisien dari Darcy-Weisbach;
- Menambahkan pompa. Setiap pompa ditambahkan kurva pompa dengan memasukkan debit air dan nilai *head* yang akan dipompa; dan
- Setelah menginput data, maka dapat dimulai proses *running*. Jika daerah pelayanan belum terpenuhi,

parameter dimensi jaringan pipa, kurva pompa, arah jaringan pipa, atau lokasi dan dimensi tangki diubah. Jika daerah pelayanan sudah terpenuhi, maka jaringan perpipaan telah sesuai syarat.

Hasil dari simulasi berupa nilai kecepatan aliran, kehilangan tenaga, debit pelayanan dan tekanan. Kecepatan aliran air dalam pipa harus memenuhi syarat minimal 0,3-0,6 l/det dan maksimal 3,0-4,5 l/det. Tekanan pada pipa transmisi minimal 1 atm atau 10,33 m (PM PUPR 27/PRTM/2016, 2016).

6.2 Perbandingan simulasi Epanet 2.2 dengan perhitungan manual

Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual dilakukan di beberapa *junction* dan pip. Perbandingan dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi sudah cukup akurat. Parameter yang dibandingkan yaitu koefisien gesekan, kehilangan tenaga, kecepatan aliran pada pipa, dan tekanan pada *junction*. Perhitungan manual dihitung dengan persamaan Darcy Weisbach, persamaan kontinuitas, dan rumus bilangan Reynold (Triatmodjo, 2013; Triatmodjo, 2014).

7. Hasil Studi dan Pembahasan

a. Proyeksi Penduduk

Hasil perhitungan standar deviasi dan koefisien korelasi menunjukkan metode yang paling cocok digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk setiap kecamatan yang berada di Kota Lhokseumawe adalah metode aritmatik. Hasil perhitungan proyeksi penduduk Kota Lhokseumawe Tahun 2021 sampai tahun 2041 disajikan pada **Tabel 2**. Kota Lhokseumawe termasuk kategori kota sedang, yaitu dengan menjumlahkan penduduk di setiap kecamatan yang sudah diproyeksikan pada tahun 2041 yaitu 205.097 jiwa berada diantara 100.000 – 500.000 jiwa (PM PUPR 27/PRTM/2016, 2016).

b. Proyeksi Fasilitas Umum

Jumlah penduduk yang sudah diproyeksikan akan dibandingkan dengan jumlah penduduk pendukung seperti yang tertera pada Tabel 1, nilai selisih antara penduduk yang sudah di proyeksi dengan penduduk pendukung akan dibagi dan akan didapatkan berapa kebutuhan untuk fasilitas umum (SNI 03-1733-2004). Hasil proyeksi fasilitas umum di Kecamatan Banda Sakti dapat dilihat pada **Tabel 4**.

c. Simulasi Sistem Jaringan Perpipaan

Skema jaringan pipa dilakukan dengan memasukkan dimensi jaringan pipa, pompa, dan arah jaringan pipa. Lalu dilakukan beberapa percobaan hingga mendapatkan hasil jaringan perpipaan yang sesuai dengan spesifikasi.

1) Alternatif Pertama

Jenis Pipa : HDPE
 Diameter Pipa : Ø450mm
 Pompa : Pompa 1 head 80 m, Pompa 2 head 70 m, Pompa 3 head 63 m

Pada percobaan pertama debit aliran sebesar 447,704 l/det, simulasi berhasil melakukan proses *running*. Namun pada sistem jaringan pipa ini terdapat pipa yang tidak memenuhi syarat dari tekanan minimum untuk pipa HDPE pada *junction* J-113 sampai J-116, juga dikarenakan *head* pompa yang terlalu tinggi sehingga tidak efisien. Gambar sistem jaringan pertama dan perhitungan tekanan pada J-113 sampai J-116 disajikan pada **Gambar 2** dan **Tabel 5**.

2) Alternatif Kedua

Jenis Pipa : HDPE
 Diameter Pipa : Ø500 mm
 Pompa : Pompa 1 head 48 m, Pompa 2 head 30 m, Pompa 3 head 35 m

Tabel 2. Kebutuhan sarana dan prasarana

No	Jenis Sarana	Jumlah Penduduk Pendukung (jiwa)	Standard (m2/jiwa)
1	Perkantoran	120.000	-
2	Taman kanak-kanak	1.250	0.28
3	Sekolah Dasar	1.600	1.25
4	SLTP	4.800	1.88
5	SLTA	4.800	2.6
6	Posyandu	1.250	0.048
7	Puskesmas Pembantu	30.000	0.006
8	Puskesmas	120.000	0.008
9	Apotek	30.000	0.025
10	Mushala	2.500	0.12
11	Masjid	120.000	0.03
12	Pasar	30.000	0.33
13	Bank	30.000	-
14	Rumah Sakit	240.000	-
15	Pos Pemadam Kebakaran	120.000	-

Sumber: SNI 03-1776-2004

Tabel 3. Proyeksi penduduk setiap kecamatan di kota Lhokseumawe

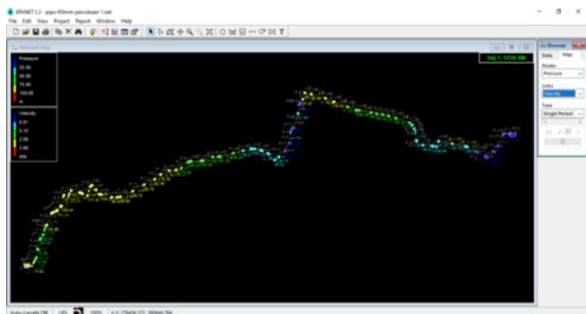
Tahun	Jumlah Proyeksi Penduduk (jiwa)			Total Penduduk (jiwa)
	Muara Satu	Muara Dua	Banda Sakti	
2021	34.757	54.575	82.565	171.897
2026	35.747	58.980	85.470	180.197
2031	36.737	63.385	88.375	188.497
2036	37.727	67.790	91.280	196.797
2041	38.717	72.195	94.185	205.097

Tabel 4. Proyeksi fasilitas kecamatan Banda Sakti

TAHUN 2041						
No	Fasilitas Umum	Jumlah Sarana (unit)	Jumlah penduduk (jiwa)	jumlah penduduk pendukung (jiwa)	Kebutuhan berdasarkan SNI (unit)	Penambahan (unit)
1	Kantor	27		120.000	0	0
2	TK	32		1.250	75	43
3	SD	35		1.600	58	23
4	SLTP	16		4.800	19	3
5	SLTA	25		4.800	19	0
6	Puskesmas Pembantu	8		30.000	3	0
7	Puskesmas	2		120.000	0	0
8	Rumah Sakit	7	94.185	240.000	0	0
9	Apotek	7		30.000	3	0
10	Posyandu	33		1.250	75	42
11	Masjid	18		120.000	0	0
12	Mushala	49		2.500	37	0
13	Pasar	24		30.000	3	0
14	Bank	27		30.000	3	0
15	APMS (SPBU)	1		120.000	0	0
16	Terminal	1		500.000	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada percobaan kedua debit aliran sebesar 447,71 l/det, simulasi berhasil melakukan proses *running*. Namun pada sistem jaringan pipa ini terdapat pipa yang tidak memenuhi syarat dari tekanan minimum untuk pipa HDPE pada *junction* J-110 sampai J-116. Gambar sistem jaringan kedua dan perhitungan tekanan pada J-110 sampai J-116 disajikan pada **Gambar 3** dan **Tabel 6**.



Gambar 2. Sistem jaringan pipa pertama

3) Alternatif Ketiga

- Jenis Pipa : HDPE
 Diameter Pipa : Ø500 mm
 Pompa : Pompa 1 head 60 m, Pompa 2 head 45 m, Pompa 3 head 42 m
 Valve : Tipe *PSV* pada *junction* J-116 (*setting PSV*: 25 m)

Pada percobaan ketiga debit aliran sebesar 447,71 l/det, simulasi berhasil melakukan proses *running*. Pada sistem

Tabel 5. Rekapitulasi perhitungan pada J-113 sampai J-116

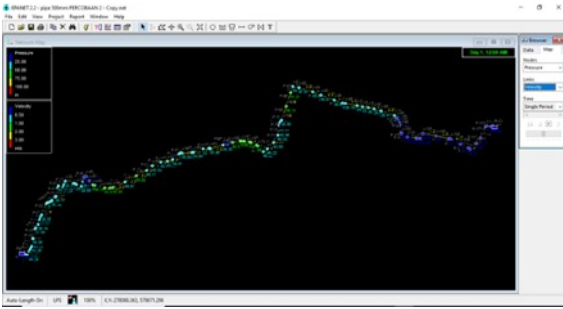
Node ID	Elevasi (m)	Head (m)	Tekanan (m)
Junc J-113	5.158	12.88	7.72
Junc J-114	5.418	8.61	3.19
Junc J-115	5.136	8.2	3.06
Junc J-116	5.274	6.4	1.12

jaringan pipa ini ditambahkan *valve* tipe *PSV* untuk mempertahankan tekanan dari hulu. Namun pada *junction* J-54, J-55, J-72, J-73, J-74, J-75, J-78 dan J-79 nilai *head* nya masih belum tercapai dikarenakan elevasi yang tinggi, sehingga bisa menyebabkan jangkauan air yang didistribusikan tidak sampai pada *junction* tersebut. Gambar sistem jaringan ketiga dan grafik hubungan *head*, elevasi, dan jarak dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

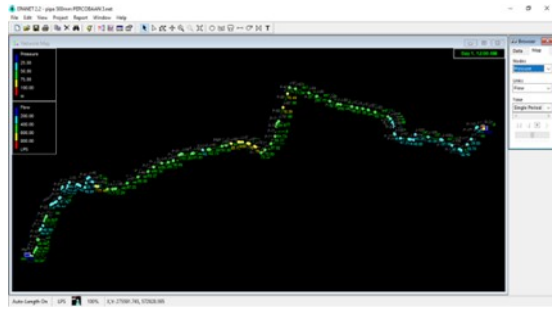
Berdasarkan grafik tersebut garis merah merupakan hubungan antara *head* dan jarak, garis biru hubungan antara elevasi dan jarak. Pada *junction* J-54, J-55, J-72, J-73, J-74, J-75, J-78 dan J-79 nilai *head* nya masih berada dibawah elevasi.

4) Alternatif Keempat

- Jenis Pipa : HDPE
 Diameter Pipa : Ø560 mm
 Pompa : Pompa 1 head 60 m, Pompa 2 head 36 m, Pompa 3 head 40 m
 Valve : Tipe *PSV* pada *junction* J-116 (*setting PSV*: 30 m)



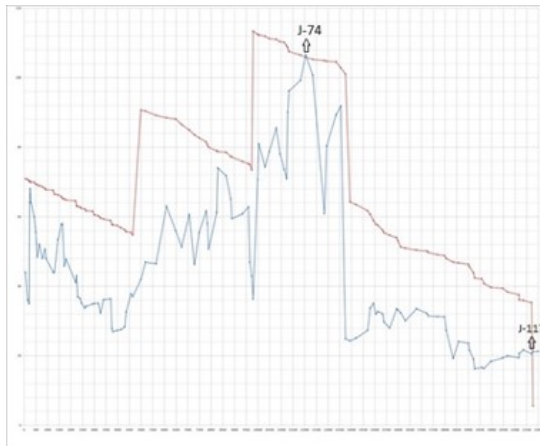
Gambar 3. Sistem jaringan pipa kedua



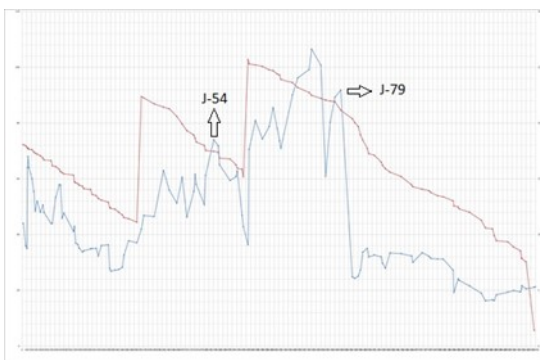
Gambar 4. Sistem jaringan pipa ketiga

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan pada J-110 sampai J-116

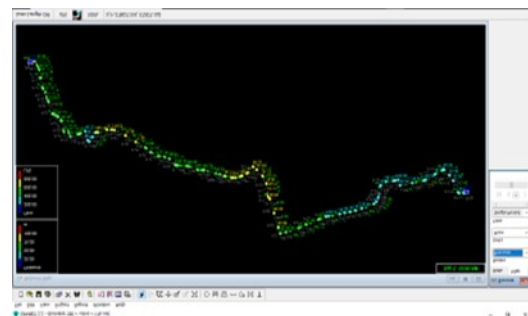
Node ID	Elevasi (m)	Head (m)	Tekanan (m)
Junc J-110	4.848	13.53	8.69
Junc J-111	4.981	13.1	8.12
Junc J-112	4.866	11.28	6.41
Junc J-113	5.158	9.88	4.72
Junc J-114	5.418	7.31	1.9
Junc J-115	5.136	7.07	1.93
Junc J-116	5.274	5.99	0.71



Gambar 6. Grafik hubungan head, elevasi, dan jarak



Gambar 5. Grafik hubungan head, elevasi, dan jarak



Gambar 7. Sistem jaringan pipa keempat

Tipe PRV pada junction J-81 (setting PRV: 58 m)

Pada percobaan keempat debit aliran sebesar 449,42 l/det, studi ini berhasil melakukan proses *running*. Setelah dilakukan *running* menunjukkan skema jaringan pipa pada percobaan keempat sudah sesuai dengan kriteria pipa transmisi. Namun pada junction J-74 head berada di bawah elevasi dengan selisih 0,005 m. Kondisi ini disebabkan karena saluran tertutup, maka air masih dapat didistribusikan dengan baik dengan kondisi selisih head yang kecil. Grafik hubungan head, elevasi, dan jarak serta Gambar sistem jaringan keempat disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Sistem jaringan pipa menghasilkan besarnya tekanan pada junction, kehilangan tenaga, kecepatan, dan debit pelayanan pada pipa. Sebagian nilai-nilai tersebut disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Syarat yang harus dipenuhi adalah kecepatan aliran air minimum dalam pipa adalah 0,3 m/det dan kecepatan

maksimum aliran air dalam pipa adalah 4,5 m/det. Sedangkan tekanan minimum pada pipa transmisi adalah 1 atm atau 10,335 m. Tekanan maksimum aliran dalam pipa adalah 9 MPa atau 917,98 m. Tekanan dan kecepatan hasil simulasi SPAM Kota Lhokseumawe telah memenuhi syarat Permen PUPR No. 27 Tahun 2016.

8. Perbandingan Simulasi Epanet 2.2 dan Perhitungan Manual

Hasil perbandingan simulasi dan perhitungan manual diberikan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

9. Kesimpulan

1. Lhokseumawe merupakan kota dengan kepadatan penduduk kedua tertinggi di Provinsi Aceh yaitu

Tabel 7. Node ID jaringan SPAM kota Lhokseumawe

Node ID	Elevasi	Head	Tekanan
	m	m	m
Junc J-1	9	70.87	61.87
Junc J-2	8.752	70.69	61.94
Junc J-3	16	70.33	54.33
Junc J-4	17	70.13	53.13
Junc J-5	16	70.04	54.04
Junc J-6	15	69.97	54.97
Junc J-7	13.862	69.84	55.98
Junc J-8	12.102	69.36	57.25
Junc J-9	13	69.11	56.11
Junc J-10	12	68.89	56.89
Junc J-11	12.666	68.58	55.91
Junc J-12	12	68.11	56.11
Junc J-13	11	67.72	56.72
Junc J-14	11	67.57	56.57
Junc J-15	13.347	66.48	53.14

Tabel 8. Link ID jaringan SPAM kota Lhokseumawe

Link ID	Panjang		Diameter Mm	Kekasaran Pipa Mm	Debit LPS	Kecepatan m/s	Kehilangan Tenaga m/km	Koefisien Gesekan
	m	m						
Pipe P-2	51.46	51.46	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-3	102.57	154.03	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-4	55.7	209.73	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-5	25.55	235.28	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-6	20.42	255.7	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-7	36.32	292.02	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-8	136.98	429	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-9	70.14	499.14	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-10	61.56	560.7	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-11	88.49	649.19	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-12	130.97	780.16	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-13	112.38	892.54	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-14	40.61	933.15	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012
Pipe P-15	308.73	1241.88	560	0.0015	449.42	1.82	3.54	0.012

Tabel 9. Link ID simulasi Epanet 2.2 dan perhitungan manual

Link ID	Epanet 2.2			Perhitungan Manual		
	Kecepatan (m/det)	Kehilangan Tenaga (m/km)	Koefisien Gesekan	Kecepatan (m/det)	Kehilangan Tenaga (m/km)	Koefisien Gesekan
Pipe 26	1.82	3.54	0.012	1.82	3.54	0.0117
Pipe 116	1.82	3.54	0.012	1.82	3.54	0.0117

Tabel 10. Perbandingan node ID simulasi Epanet 2.2 dan perhitungan manual

Node ID	Elevasi (m)	Epanet 2.2	Perhitungan Manual
		Tekanan (m)	Tekanan (m)
Junc J-26	8.546	53.69	53.69
Junc J-116	5.274	30	30.003

1.042 jiwa/km². Selain kebutuhan domestik yang semakin meningkat, sarana prasarana perkotaan juga meningkat tajam yang menyebabkan peningkatan kebutuhan akan air bersih yang sangat signifikan. Berdasarkan hasil studi ini, maka dapat disimpulkan

bahwa hasil simulasi jaringan pipa transmisi dengan menggunakan perangkat lunak Epanet 2.2. Berdasarkan simulasi 4 alternatif, hasil yang diperoleh memenuhi syarat kuantitas dan kontinuitas aliran dengan suplai debit yang didistribusikan sebesar 449,42 l/det.

- Adapun debit andalan untuk kebutuhan air bersih pada Sungai Krueng Mane sebesar 6.380 l/det. Kondisi ini memberikan informasi bahwa secara kuantitas, maka kebutuhan air di Kota Lhokseumawe dapat tercukupi.
- Selanjutnya studi teknis berupa desain hidraulik yang memerlukan pipa HDPE berdiameter Ø560 mm, tiga unit pompa, dan dua unit katup *type PRV*

dan *type PSV*. Adapun desain pipa transmisi dari reservoir *intake* Sungai Krueng Mane sampai reservoir IPA Muara Satu – Rancong sepanjang 22 km. Parameter-parameter hidraulik optimal berupa kecepatan aliran sebesar 1,82 m/det, kehilangan tenaga 3,54 m/km, dan koefisien gesekan 0,012. Diharapkan dengan desain teknis optimal ini, maka kebutuhan air bersih Kota Lhokseumawe dapat terpenuhi.

Daftar Pustaka

- BPS Kota Lhokseumawe. (2020). *Kota Lhokseumawe Dalam Angka 2020*. In BPS Kota Lhokseumawe(Vol.7,Issue1).
- BPS Kota Lhokseumawe. (2021). *Kota Lhokseumawe Dalam Angka 2021*. In BPS Kota Lhokseumawe(Vol.7,Issue1).
- BPSDM Kementerian PUPR. (2010). *Modul Reservoir. Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi Dan Distribusi Air Minum*, 1–9.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional .(2004). *SNI 03-1733-2004. Tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan*. In Sni 03-1733-2004 (p. 52).
- Christensen, M. (Ed.). (2006). *AWWA M55 2006: PE Pipe - Design and Installation (First Edit, Issue C)*. American Water Works Association.
- Dinas Perumahan Rakyat dan Permukiman Aceh, 2021. *Draft Laporan Akhir DED SPAM Kota Lhokseumawe*. (2021).
- Fahrival, M. (2019). *Prediksi kebutuhan air bersih tahun 2028 PDAM Unit IKK Belawang-Wanaraya*. Jurnal POROS TEKNIK, 11(2), 56–63.
- Handiyatmo, D., Sahara, I., & Rangkuti, H. (2012). *Pedoman Perhitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Badan Pusat Statistik.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor:18/PRT/M/2007. Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen_18_2007.pdf
- Kumar, A., Kumar, K., B, B., Matial, N., Dey, E., Singh, M., Thakur, V., Sharma, S., & Malhotra, N. (2015). *Design of Water Distribution System Using Epanet*. International Journal of Advanced Research, Vol.3(9): 789–812.
- Lufira, R. D., Suhardjono, & Marsudi, S., 2012. *Optimasi dan Simulasi Sistem Penyediaan Jaringan Air Bersih di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar*. Jurnal Teknik Pengairan, Vol.3(1): 6–14.
- Masum, M. H., Ahmed, N., & Pal, S. K. (2020). *Water Distribution System Modeling by Using Epanet 2.0, a Case Study of CUET, disajikan pada 5th International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD 2020)*, 7 -9 Februari 2020, KUET, Khulna, Bangladesh.
- Murti, M. S. (2015). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum: Vol. II* (pp. 1–15).
- Naway, R., Halim, F., Jasin, M. I., & Kawet, L. (2013). *Pengembangan Sistem Pelayanan Air Bersih*. Jurnal Sipil Statik, 1(6), 444–451.
- Neamat, D. H., & Günal, A. Y., 2021. *Design of a Gravity Water Distribution System for a Village Using EPANET Software*. Journal of Global Scientific Research, Vol.6(7): 1523–1532.
- Nizar, S. K., Yulianto, E., & Umar. (2016). *Perencanaan Pipa Transmisi Sumber Air Baku Sungai Bekuan Bagi Penduduk Kecamatan Lembah Bawang*. Jurnal Elektronik Laut, Sipil, Tambang, Vol.2(2): 1–13.
- Peraturan Menteri PUPR Nomor 27/PRTM/2016 tentang *Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*, (2016).
- Permenkes 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. (2010). Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Rencana Pembangunan Infrastruktur Cipta Karya Kota Lhokseumawe* (pp. 1–42). (2021).
- Rossmann, L. A., Woo, H., Tryby, M., Shang, F., Janke, R., & Haxton, T. (2020). *EPANET 2.2 User Manual: Vol. EPA/600/R-*. United States Environmental Protection Agency.
- SNI 03-1733-2004. (2004). *Tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan*. In Sni 03-1733-2004 (p. 52).
- Triatmadja, R., 2021. *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*, halaman 2, Gadjah Mada University Press, D.I. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2013. *Hidraulika II*, halaman 4-93, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2014. *Hidraulika I*, halaman 134-136, Beta Offset, Yogyakarta.
- Zohra, H. F., Mahmoud, B., & Luc, D. (2012). *Vulnerability assessment of water supply network*. Energy Procedia, 18, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.093>