Perencanaan Jaringan Air Minum Daerah Aliran Zona Prioritas Berdasarkan RISPAM Kabupaten Pidie

Geral Midyen¹ Azmeri² Amir Fauzi³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2,3}Dosen, jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

Email: geralmidyen11@gmail.com

Abstract

Pidie District has designed the master plan of drinking water supply system to evaluate the readiness of the drinking water supply system program in prioritized zones have not been fulfilled. Therefore, this study aimed to design a drinking water network model employing EPANET software to meet the water demand in the areas. The scope of this research included the projected population, water demand, dependable flow, and pipeline network modeling integrating three water treatment plants (WTPs), namely Keumala, Jabal Ghafur, and Garot. The population was projected for 20 years to examine the water demand in each WTP service. The results indicated that the production of Jabal Ghafur, Garot, and Keumala WTP should be increased by 130 liters/second, 70 liters/second, and 30 liters/second, respectively. The results of the drinking water network modeling suggested that the dimension of the distribution pipes in the three WTPs needs changing. They were 69, 65, and 36 pipes at the Keumala, Garot and Jabal Ghafur WTP services. The modeling result provides a service fulfilling the flow hydraulics for all of the WTP services.

Keyword: EPANET, priority zone, pipeline, water treatment plan.

Abstrak

Kabupaten Pidie telah membuat Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum (RISPAM) yang bertujuan untuk mengevaluasi kesiapan program SPAM pada zona-zona yang diprioritaskan yang belum terpenuhi. Penelitian ini bertujuan melakukan pemodelan jaringan air minum menggunakan software EPANET agar dapat memenuhi kebutuhan air. Penelitian ini meliputi proyeksi jumlah penduduk, kebutuhan air, debit andalan, dan pemodelan jaringan perpipaan dengan tiga Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu Keumala, Jabal Ghafur, dan Garot. Proyeksi jumlah penduduk direncanakan selama 20 tahun untuk mengetahui kebutuhan air di tiap layanan IPA. Hasil penelitian diperlukan penambahan produksi IPA Jabal Ghafur sebesar 130 liter/detik, IPA Garot sebesar 70 liter/detik, dan IPA Keumala sebesar 30 liter/detik. Berdasarkan hasil pemodelan jaringan air minum diperlukan perubahan dimensi pipa distribusi pada layanan IPA Keumala sebanyak 69 pipa, IPA Garot sebanyak 65 pipa, dan layanan IPA Jabal Ghafur sebanyak 36 pipa. Hasil pemodelan memberikan pelayanan yang dapat memenuhi dalam hal hidrolika aliran untuk seluruh dari layanan.

Kata Kunci: EPANET, zona prioritas, jaringan pipa, water treatment plan.

1. Pendahuluan

Air baku sangat diperlukan untuk berbagai keperluan terutama air minum untuk rumah tangga, tempat umum, industri dan lain-lain. Kebutuhan air akan terus meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan lajunya pembangunan berbagai sektor dan bidang serta jumlah penduduk yang terus bertambah. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia[1] tentang pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), SPAM merupakan tanggung jawab pemerintah daerah (pemerintah kabupaten/kota). Pemerintah daerah dalam melaksanakan penyediaan kebutuhan air minum dilaksanakan melalui instansi PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum).

Pada tahun 2014 Kabupaten Pidie telah membuat Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum[2] yang bertujuan untuk membantu BAPPEDA (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah) dalam mengevaluasi kriteria kesiapan program pengembangan SPAM Kabupaten Pidie

Menurut Nihayati[3] pelanggan PDAM daerah Kabupaten Pidie mengeluh, terpaksa membeli air galon, kondisi ini diakibatkan karena sarana pelayanan air bersih Kabupaten Pidie belum mampu untuk memenuhi seluruh kebutuhan air bersih masyarakat. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penulisan ini bertujuan melakukan pemodelan jaringan air minum menggunakan software EPANET agar dapat memenuhi kebutuhan air di lokasi tersebut dengan proyeksi 20 tahun dari tahun 2018-2037 perencanaan.

Lingkup penelitian ini adalah proyeksi jumlah penduduk, kebutuhan air, kehilangan air, analisis kebutuhan air maksimum harian dan jam puncak, analisa debit andalan dan pemodelan jaringan perpipaan pada tiga IPA yaitu Keumala, Jabal Ghafur, dan Garot.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Menurut Tuames[4] dalam merencanakan kebutuhan air bersih, proyeksi jumlah penduduk

merupakan faktor penting dimana pembangunan diruntukan kepada kepentingan penduduk. Proyeksi jumlah penduduk dilakukan dengan 3 metode yaitu metode Aritmatik, Geometrik, dan Eksponensial dengan menggunakan rumus dibawah ini :

1. Metode Aritmatik

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots 1)$$

$$P_n = P_o + [k_a (T_n - T_o)] \dots\dots\dots 2)$$

2. Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots 3)$$

3. Metode Eksponensial

$$P_n = P_o \times e^{n \times r} \dots\dots\dots 4)$$

Keterangan :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke n (jiwa);

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar (jiwa);

T_n = tahun ke n (tahun);

T_o = tahun dasar (tahun);

K_a = rata-rata pertambahan penduduk (jiwa);

P_1 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I (jiwa);

P_2 = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir (jiwa);

T_1 = tahun ke I yang diketahui (tahun);

T_2 = tahun ke II yang diketahui (tahun);

e = bilangan eksponensial = 2,71828;

r = laju pertumbuhan penduduk (%); dan

n = jumlah interval tahun (tahun).

Pemilihan metode proyeksi jumlah penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yakni berdasarkan standar deviasi terkecil dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(y_i - y_{mean})^2}{n}} \dots\dots\dots 5)$$

Keterangan :

y_i = jumlah penduduk proyeksi (jiwa);

y_{mean} = rata-rata jumlah penduduk; dan

s = standar deviasi.

2.3 Kebutuhan Air

Menurut Wijanarko[5] kebutuhan air adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri, pengelontoran kota dan lainnya. Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari - hari seperti, memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Kebutuhan air non-domestik adalah sarana dan prasarana berupa kepentingan social/umum seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan, industri dan dll. Rumus dalam mencari kebutuhan air domestik dan air non-domestik dapat dihitung dengan menggunakan rumus Naway[6] :

$$Q(DMI) = P_n \times qSR \dots\dots\dots 6)$$

$$Q(N-DMI) = Q(DMI) \times \text{konsumsi unit non-domestik Air} \dots\dots\dots 7)$$

Keterangan :

$Q(DMI)$ = kebutuhan air untuk kebutuhan domestik (liter/hari);

$Q(N-DMI)$ = kebutuhan air non-domestik (liter/hari); dan

qSR = konsumsi unit sambungan rumah

(liter/orang/hari).

Tabel 1 Kriteria perencanaan air bersih domestik

No.	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500	20.000 s/d 100	< 20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) liter/orang/hari	190	170	150	100	80
2	Konsumsi unit Hidran Umum (HU) liter/orang/hari	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20
5	Faktor maksimum day	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor Peak – Hour	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	6	6	10
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di jaringan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (%) (maks day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50 : 50 s/d 70:30	50 : 50 s/d 80:20	80:20:00	70:30:00	70:30:00
13	Cakupan Pelayanan (%)	** 90	** 90	** 90	** 90	*** 70

Sumber : NSPM Kimpraswil[7].

2.4 Kehilangan Air

Menurut Maukari[8] masalah kehilangan air (*unaccounted for water*) masih merupakan salah satu masalah yang sangat besar bagi pengelola air minum di Indonesia. Rumus dalam menghitung kehilangan air dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q_{ka} = (Q_{DMI} + Q_{N-DMI}) \times K_a \dots\dots\dots 8)$$

$$Q_{rh} = Q_{DMI} + Q_{N-DMI} + Q_{ka} \dots\dots\dots 9)$$

Keterangan :

Q_{ka} = Kehilangan air (liter/hari);

Q_{rh} = Kebutuhan air harian (liter/hari); dan

K_a = Faktor Kehilangan air (%).

2.5 Harian Maksimum dan Jam Puncak

Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya[9] jam puncak dan harian maksimum adalah dua istilah yang saling berkaitan dalam pola pemakaian air. Variasi perubahan pemakaian air oleh konsumen dari waktu secara periodik disebut fluktuasi.

1. Kebutuhan air harian maksimal

Kebutuhan air harian maksimal adalah kebutuhan air pada hari-hari tertentu seperti pada hari libur, hari lebaran dan lain-lain. Kebutuhan air harian maksimal dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$Q_{hm} = f(\text{max day}) \times Q_{rh} \dots\dots\dots 10)$$

2. Kebutuhan air jam puncak

Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu seperti pada pagi hari dan sore saat orang-orang mandi, saat sholat magrib, dan lain-lain. Kebutuhan air jam puncak dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$Q_{jm} = f(\text{peak hour}) \times Q_{rh} \dots\dots\dots 11)$$

Keterangan :

$f_{(\text{peak hour})}$ = faktor jam puncak;

$f_{(\text{max day})}$ = faktor harian maksimum;

Q_{hm} = kebutuhan harian maksimum (liter/hari); dan

Q_{jm} = kebutuhan air jam puncak (liter/hari).

2.6 Kriteria Perencanaan Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi

Menurut [10] pipa transmisi berfungsi untuk mengalirkan air dari sumber ke *reservoir* dan pengolahan air, maupun dari *reservoir* menuju *reservoir* lainnya. Tekanan air diukur dari permukaan tanah, sedangkan pada sambungan pelanggan diukur pada sambungan pipa pelayanan.

2.7 Persamaan Bernoulli

Menurut Badan Standarisasi Nasional [11] prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Konstanta C adalah tinggi energi total, yang merupakan jumlah dari tinggi elevasi, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan, yang berbeda dari garis arus yang satu ke garis arus yang lain. Persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menentukan garis tekanan dan tenaga.

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma_2} + \frac{v_2^2}{2g} + hf \quad \dots\dots\dots 12)$$

$$hf = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,85}} \quad \dots\dots\dots 13)$$

Keterangan :

- Z = elevasi pipa (m);
- P = tekanan (m);
- V = kecepatan aliran (m^3/s);
- γ = berat jenis (N/m^3);
- h_f = kehilangan energi (m);
- z_1, z_2 = tinggi elevasi di titik 1,2 (m);
- $\frac{p_1}{\gamma_1}, \frac{p_2}{\gamma_2}$ = tinggi tekanan di titik 1,2 (m);
- $\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ = tinggi kecepatan di titik 1,2 (m/s);
- L = panjang pipa (m);
- d = diameter pipa (m);
- g = percepatan gravitasi (m/s^2); dan
- C = koefisien gesekan Hazen William.

2.8 Debit Andalan

Menurut [12] debit andalan merupakan debit yang diandalkan untuk suatu probabilitas tertentu yang berbeda-beda. Untuk keperluan air minum digunakan probabilitas 90% sampai dengan 95%. Debit andalan dapat diperoleh dari pengolahan data curah hujan dengan menggunakan perhitungan Metode F. J. Mock dengan mengurutkan debit rata-rata bulanan dari urutan besar ke urutan kecil. Nomor urut data yang merupakan debit andalan Metode F. J. Mock dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Pr = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 14)$$

Keterangan :

- Pr = probabilitas (%);
- n = jumlah tahun data; dan
- m = nomor urut data setelah diurut dari nilai

besar ke nilai yang kecil.

2.9 Aplikasi EPANET 2.0 Dalam Sistem Penyediaan Air Bersih

Menurut Tambun [11] EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Pemograman EPANET jaringan itu terdiri atas pipa, node, pompa, katub dan tangki air atau *reservoir*.

3. Metode penelitian

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jaringan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Keumala, IPA Garot, dan IPA Jabal Ghafur di Kabupaten Pidie yang mengalir air ke empat kecamatan zona prioritas yaitu Kota Sigli, Kecamatan Pidie, Indra Jaya, dan Keumala.

3.2 Pengumpulan Data

Data primer bermula dengan melakukan tanya jawab dengan pihak petugas IPA Garot, IPA Keumala, IPA Jabal Ghafur, dan pihak PDAM Tirta Mon Krueng Baro mengenai informasi jaringan pipa air minum dan pertambahan jaringan pipa selanjutnya melakukan pengamatan langsung di lapangan mengenai. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi-instansi terkait yang terdiri dari peta DAS dan subDAS, data jumlah penduduk, data curah hujan, peta eksisting jaringan IPA, laporan pelanggan aktif SR, data DAS Krueng Baro, kondisi Eksisting IPA, data Klimatologi.

3.3 Teknik Analisis

3.3.1 Proyeksi jumlah penduduk

Dari data jumlah penduduk yang didapatkan dari badan statistik Kabupaten Pidie dari tahun 2009 – 2017 maka akan dilakukan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan Metode Aritmatik, Geometrik, dan Eksponensial dengan menggunakan persamaan (1) - (4) untuk mendapatkan nilai proyeksi jumlah penduduk. Pemilihan metode proyeksi jumlah penduduk akan dipilih berdasarkan perhitungan standar deviasi terkecil dengan menggunakan persamaan (5).

3.3.2 Kebutuhan air

Perhitungan dimulai setelah didapatkan proyeksi jumlah penduduk akan diketahui kota berdasarkan jumlah penduduk yang menempati Kecamatan Indra Jaya, Keumala, Pidie, dan Sigli seperti tertera pada Tabel 1 Kategori kota mempengaruhi dalam penentuan konsumsi unit sambungan rumah (SR), kehilangan air, jumlah jiwa per SR. Kebutuhan air domestik menggunakan persamaan (6), dikarenakan data pemakaian air untuk kebutuhan non-domestik tidak tersedia maka akan dilakukan perhitungan dengan persamaan (7). Penentuan tingkat layanan dan penduduk terlayani dengan menggunakan asumsi RISPAM yaitu

pada akhir tahun perencanaan akan didapatkan 100% tingkat layanan dan 100% penduduk terlayani.

3.3.3 Kehilangan air

Perhitungan dimulai setelah didapatkan kebutuhan air domestik dan non-domestik, dalam perhitungan kehilangan air menggunakan persamaan (8) digunakan faktor kehilangan air berdasarkan Tabel 2.1. Setelah didapatkan kehilangan air maka kebutuhan air harian dengan menggunakan persamaan (9). Perhitungan kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak digunakan dalam perencanaan untuk mendapatkan kebutuhan dengan menggunakan persamaan (10) – (11).

3.3.4 Perhitungan debit andalan

Perhitungan besarnya ketersediaan air atau debit andalan pada sungai Krueng Baro dimulai dengan melakukan perhitungan Evapotranspirasi Potensial (ET_0) dengan metode Penman Modifikasi dengan menggunakan data klimatologi dari tahun 2012 hingga 2017. Setelah didapatkan ET_0 akan dilanjutkan dengan menggunakan metode F. J. Mock untuk mencari debit andalan dikarenakan banyak koefisien yang dapat diubah sesuai dengan kondisi DAS. Debit yang telah didapatkan akan diurutkan untuk mendapatkan probabilitas Q_{90} menggunakan persamaan (14).

3.3.5 Pemodelan Jaringan Perpipaan dengan Software EPANET 2.0

Pemodelan dimulai setelah diketahui kebutuhan air jam puncak (Q_{jm}) pada setiap kecamatan yang berada pada zona prioritas dan wilayah pelayanan pada setiap desa yang berada pada setiap zona prioritas dengan melakukan digitasi dengan menggunakan Google Earth. Data yang menjadi parameter dalam pemodelan EPANET 2.0 antara lain peta eksisting, elevasi tiap node, panjang pipa, diameter pipa, koefisien kekasaran pipa, dan debit andalan sebagai data untuk mengetahui seberapa besar air yang tersedia pada sungai Krueng Baro. Proses *running* model jaringan dikembangkan menggunakan *software* EPANET 2.0.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Langkah awal dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan melakukan perhitungan K_a dan (r) dengan menggunakan data sekunder dari tahun 2009 - 2017. Penentuan metode proyeksi penduduk berdasarkan standar deviasi terkecil yang didapat dari ketiga metode proyeksi yang dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Rekapitulasi standar deviasi

No	Kecamatan	Metode	Nilai	Standar Deviasi
1	Indra Jaya	Aritmatik	974	Aritmatik
		Geometrik	975	
		Eksponensial	982	
2	Keumala	Aritmatik	423	Aritmatik
		Geometrik	424	
		Eksponensial	427	
3	Pidie	Aritmatik	1912	Aritmatik
		Geometrik	1914	
		Eksponensial	1930	
4	Sigli	Aritmatik	921	Aritmatik
		Geometrik	925	
		Eksponensial	934	

Berdasarkan hasil standar deviasi pada setiap kecamatan dan grafik visual tiga metode proyeksi dapat dilihat bahwa metode Aritmatik digunakan dalam proyeksi jumlah penduduk 20 tahun perencanaan. Rekapitulasi proyeksi jumlah penduduk dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Rekapitulasi proyeksi jumlah penduduk

NO	Kecamatan	Jumlah Penduduk Tahun 2017	Proyeksi Jumlah Penduduk (Jiwa)				
			Tahun				
			2018	2023	2028	2033	2037
1	Indra Jaya	23.638	24.015	25.899	27.784	29.668	31.176
2	Keumala	10.161	10.325	11.144	11.962	12.781	13.436
3	Pidie	45.431	46.171	49.870	53.570	57.269	60.229
4	Sigli	21.485	21.841	23.622	25.402	27.183	28.608

4.2 Kebutuhan Air Minum

Untuk menghitung kebutuhan air dilakukan perhitungan untuk menghitung tingkat layanan dan penduduk terlayani dengan asumsi RISPAM pada akhir tahun perencanaan akan didapatkan 100% tingkat layanan dan penduduk terlayani. Kebutuhan domestik (QDMI) melalui persamaan (6). kebutuhan non-domestik (QN-DMI) didapatkan melalui persamaan (7). Kehilangan air total (Q_{tot}) didapatkan melalui pertambahan QDMI ditambah QN-DMI, kehilangan air (Q_{ka}) didapatkan melalui persamaan (8). Kebutuhan air harian maksimum (Q_{hm}) dan kebutuhan air jam puncak (Q_{jm}) didapatkan melalui persamaan (10)–(11). Perhitungan kebutuhan air Kecamatan Indra Jaya dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Perhitungan Kebutuhan Air Kecamatan Indra Jaya

No	Uraian	Satuan	Tahun				
			2018	2023	2028	2033	2037
A Kependudukan							
1	Jumlah Penduduk Total	Jiwa	24.015	25.899	27.784	29.668	31.176
2	Tingkat Pelayanan	%	5,52	29,14	52,76	76,38	100,00
3	Penduduk Terlayani	jiwa	1.284	7.547	14.659	22.660	31.176
4	Jumlah Penduduk Per SR	jiwa	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
B Kebutuhan Domestik (QDMI)							
1	Jumlah SR	Unit	214	1.258	2.443	3.777	5.196
2	Pemakaian per orang	liter/orang/hari	100	100	100	100	100
3	Kebutuhan Air SR	m ³ /hari	128	755	1.466	2.266	3.118
4	Kebutuhan Domestik	liter/detik	1,49	8,73	16,97	26,23	36,08
C Kebutuhan non domestik (QN-DMI)							
25% dari kebutuhan Domestik		%	25	25	25	25	25
Kebutuhan non domestik		m ³ /hari	32,10	188,67	366,46	566,51	779,39
		liter/detik	0,37	2,18	4,24	6,56	9,02
			1,86	10,92	21,21	32,78	45,10
D Kebutuhan Air Total (Q _{tot})							
E Kehilangan air (Q _{ka})							
25 % Kehilangan air		%	25	25	25	25	25
Jumlah kehilangan air		liter/detik	0,46	2,73	5,30	8,20	11,28
Kebutuhan air harian (Q _{rh})		liter/detik	2,32	13,65	26,51	40,98	56,38
G Kebutuhan air maksimum (Q _{hm})							
Faktor koefisien			1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Kebutuhan air Harian Maksimum		liter/detik	2,55	15,01	29,16	45,08	62,02
H Kebutuhan Jam Puncak (Q _{jm})							
Faktor koefisien			1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Kebutuhan Air Jam Puncak		liter/detik	3,48	20,47	39,76	61,47	84,57

Berdasarkan kriteria pipa distribusi dalam mendesain kebutuhan digunakan kebutuhan air jam puncak sebagai dasar kebutuhan. Berdasarkan hasil rekapitulasi didapatkan bahwa kebutuhan tertinggi

terjadi pada Kecamatan Pidie sebesar 163,38 liter/detik dan terkecil pada Kecamatan Keumala sebesar 27,99 liter/detik

Tabel 5 Rekapitulasi Kebutuhan air

Rekapitulasi Kebutuhan Air Zona Prioritas Pada Tahun 2037								
NO	Kecamatan	Penduduk Tahun 2037 (Jiwa)	QDMI (liter/detik)	QN-DMI (liter/detik)	Qtot (liter/detik)	Qka (liter/detik)	Qrh (liter/detik)	Qhm (liter/detik)
1	Indra Jaya	31.176	36,08	9,02	45,10	11,28	56,38	62,02
2	Keumala	13.436	12,44	3,11	15,55	3,11	18,66	20,53
3	Pidie	60.229	69,71	17,43	87,14	21,78	108,92	119,81
4	Sigli	28.608	33,11	8,28	41,39	10,35	51,74	56,91

4.3 Debit Andalan

Langkah awal dalam menghitung debit andalan dengan menentukan luasan Cathment area yang dapat dilihat pada Tabel 6 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi dapat dilihat hasil dengan menggunakan data Klimatologi dari tahun 2012 – 2017 pada Tabel 7.

Tabel 6 Rekapitulasi SubDAS dan Cathment Area

No	Instalasi Pengolahan Air	Catchment Area (m ²)	Stasiun Pengamat	
			Hujan	Klimatologi
1	Keumala	152.025.791,30	Kota Bakti	Kota Bakti
2	Jabal Ghafur	229.208.871,04	Kota Bakti	Kota Bakti
3	Garot	239.417.450,55	Kota Bakti	Kota Bakti

Tabel 7 Rekapitulasi evapotranspirasi potensial

Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)												
Parameter	Satuan	Bulan										
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov
E _{to}	mm/hari	3,87	4,31	4,60	3,86	3,62	3,51	3,48	4,06	4,10	4,33	3,78
	mm/bn	120,05	120,55	142,48	115,67	112,32	105,16	107,82	126,01	123,02	134,13	113,38

Setelah didapatkan Evapotranspirasi Potensial dapat dilanjutkan dengan menghitung debit andalan pada tiap IPA yaitu IPA Keumala, Jabal Ghafur, dan Garot dengan menggunakan metode F. J. Mock dan dilakukan probabilitas 90% yang dapat dilihat rekapitulasi pada Tabel 8

Tabel 8 Rekapitulasi debit andalan

No	Instalasi Pengolahan Air	Debit Andalan (m ³ /detik)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
1	Keumala	0,91	0,40	0,26	1,26	2,01	0,72	0,54	0,40	0,22	0,40	1,62	6,21
2	Jabal Ghafur	2,89	1,09	0,74	1,98	3,63	1,17	0,84	0,64	0,36	0,73	3,05	9,36
3	Garot	3,02	1,14	0,77	2,07	3,79	1,22	0,88	0,67	0,37	0,76	3,19	9,78

Berdasarkan perhitungan debit andalan, debit tertinggi terjadi pada bulan Desember pada IPA Garot sebesar 9,78 m³/detik, dan debit andalan terendah pada bulan September pada IPA Keumala sebesar 0,22 m³/detik.

4.4 Simulasi jaringan air minum dengan program EPANET 2.0

Simulasi EPANET zona prioritas meliputi 3 Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu IPA Keumala, IPA Garot, dan IPA Jabal Ghafur dan wilayah pelayanan sesuai dengan RISPAM Kabupaten Pidie. Penentuan persentase pelayanan berdasarkan digitasi Google Earth. Wilayah pelayanan jaringan air minum dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9 Wilayah Pelayanan jaringan air minum

No	Sumber Air Baku	Instalasi Pengolahan Air	Wilayah Pelayanan	
			Kecamatan	Pelayanan (%)
1	Sungai Krueng Baro Desa Pako - Keumala Kecamatan	IPA Keumala	Kec. Keumala	100
			Kec. Pidie	20,14
			Kota Sigli	57,84
2	Sungai Krueng Baro Lampeunteut-Box Primer	IPA Garot	Kec. Pidie	46,48
			Kota Sigli	14,16
3	Irigasi Keumala Kec. Keumala	IPA Jabal Ghafur	Kec. Indra	100
			Kec. Pidie	33,58
			Kota Sigli	28,00

4.4.1 Perencanaan desain kebutuhan jaringan

Produksi IPA diperlukan untuk mengetahui kapasitas IPA dalam memproduksi kebutuhan air RISPAM telah menyajikan data konstruksi, produksi dan transmisi IPA pada zona prioritas yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Data konstruksi, produksi, dan transmisi IPA

NO	LOKASI	INTAKE		KAPASITAS		RESERVOAR		PIPA TRNSMS (PRIMER & SEKUNDER)		DAYA LISTRIK (KVA) Tahun	KETERANGAN (M ³)
		Dibangun Tahun	Qty (M ³)	PRD831 (L/D)	DT835 (L/D)	Dibangun Tahun	Qty (M ³)	Panjang (M)	Pemasangan Tahun		
1.	Garot	2001	20	18	20	2001	200	12.000	2001	147	
2.	Jabal Ghafur & Kecamatan 1	2002	20	18	20	-	-	7.000	2002	60	
3.	Keumala & Kecamatan 2	2007	20	18	18	2007	400	-	2007	-	Belum beroperasi
4.	Keumala	1985	18	8	18	1985	30	9.000	1985	-	Belum beroperasi
5.	Keumala	1993	20	12	18	1993	200	8.500	1993	65	
6.		2008	80	80	20	2008	1000	37.720	2008	60	Sumber Baku "Batu" Bangun APBN / Sektir PIPAM
7.	JUMLAH		170	154	154	-	1830	74.200	-	325	

Berdasarkan hasil pada proyeksi jumlah penduduk telah didapatkan kebutuhan pada setiap kecamatan dan wilayah pelayanan dan diubah dalam kebutuhan tiap IPA dengan hasil pada Tabel 11 Berdasarkan kebutuhan pada tahun akhir perencanaan perlu dilakukan penambahan produksi IPA untuk dapat memproduksi seluruh kebutuhan pada zona prioritas yang dapat dilihat pada Tabel 12 IPA Keumala penambahan produksi sebesar 30 liter/detik, IPA Garot 70 liter/detik dan IPA Jabal Ghafur sebesar 130 liter/detik.

Tabel 11 Rekapitulasi data perencanaan jaringan air minum

No	Instalasi Pengolahan Air	Debit Andalan (liter/detik)	Kebutuhan pada Tahun 2037 (liter/detik)	Maintenance Flow 10% (liter/detik)	Surplus/Defisit (liter/detik)
1	IPA Keumala	1754,16	105,78	175,42	1472,97
2	IPA Garot	2762,54	86,92	276,25	2399,36
3	IPA Jabal Ghafur	2644,74	161,16	264,47	2219,11

Tabel 12 Rekapitulasi penambahan produksi IPA

No	Instalasi Pengolahan Air	Produksi (liter/detik)	Kebutuhan (liter/detik)	Penambahan Produksi IPA (liter/detik)
1	IPA Keumala	80	105,78	30
2	IPA Garot	18	86,92	70
3	IPA Jabal Ghafur	36	161,16	130

4.4.2 Simulasi pemodelan pemograman EPANET

Pemograman EPANET terdapat dua kategori yaitu Link ID yang terdiri dari pipa dan Node ID yang terdiri dari junctions, pompa, tangki, dan reservoar. Hasil dari Link ID yang merupakan pipa yaitu kecepatan aliran (meter/detik) dan kehilangan energi (meter/km). Program EPANET 2.0 dapat menampilkan hasil *running* dalam bentuk Link ID yang terdiri dari panjang pipa, diameter pipa, kekasaran pipa, debit kecepatan aliran, dan kehilangan energi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 13 Link ID eksisting pada IPA Garot daerah layanan Kota Sigli.

Tabel 13 Link ID eksisting IPA Garot Layanan Kota Sigli

Link ID	Panjang Pipa (meter)	Diameter Pipa (milimeter)	Kekasaran Pipa	Debit (liter/detik)	Kecepatan aliran (meter/detik)	Kehilangan Energi (meter/km)
Pipa 64	43	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 65	56	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 66	28	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 67	89	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 68	87	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 69	130	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 72	130	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 77	120	30	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 78	56	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 79	72	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 80	57	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 81	200	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 85	247	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 88	100	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 89	40	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 90	297	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 92	110	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 93	38	40	130	0,1	0,08	0,33
Pipa 95	120	50	130	0,33	0,23	1,78
Pipa 97	100	50	130	2,79	1,31	45,27
Pipa 98	68	50	130	0,33	0,47	12,09
Pipa 135	40	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 141	20	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 142	30	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 143	100	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 144	100	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 145	200	40	130	0,67	0,53	11,05
Pipa 186	90	40	130	0,82	0,65	16,07
Pipa 187	120	40	130	0,82	0,65	16,07
Pipa 187	20	40	130	1,88	1,49	74,7
Pipa 198	100	40	130	0,82	0,65	16,07
Pipa 199	80	40	130	1,06	0,84	25,85

Hasil dari Node ID yang merupakan *junction* meliputi energi (meter) dan tekanan (meter) yang mengalir zona prioritas dapat dilihat pada Tabel 14

Tabel 14 Node ID eksisting IPA Garot Layanan Kota Sigli

Node ID	Elevasi (meter)	Kebutuhan (liter/detik)	Energi (meter)	Tekanan (meter)
Junctions 73	14	0,1	-39,89	-53,89
Junctions 75	14	0,1	-39,92	-53,92
Junctions 77	15	0,1	-39,96	-54,96
Junctions 80	14	0,1	-39,96	-53,96
Junctions 81	14	0,1	-39,94	-53,94
Junctions 83	14	0,1	-39,97	-53,87
Junctions 85	14	0,1	-40,03	-54,03
Junctions 87	14	0,1	-39,74	-53,57
Junctions 88	15	0,1	-39,64	-54,64
Junctions 89	14	0,1	-39,68	-53,68
Junctions 90	15	0,1	-39,74	-54,74
Junctions 91	15	0,1	-39,78	-54,78
Junctions 93	14	0,1	-40,07	-54,07
Junctions 94	13	0,1	-40,06	-53,06
Junctions 97	13	0,1	-40,04	-53,04
Junctions 98	14	0,1	-40,12	-54,12
Junctions 99	13	0,1	-40,06	-53,06
Junctions 101	13	0,1	-40,04	-53,04
Junctions 103	17	0,33	-34,86	-51,65
Junctions 105	18	2,46	-39,81	-57,81
Junctions 106	17	0,33	-35,29	-52,39
Junctions 142	14	0,67	-46,92	-70,92
Junctions 144	14	0,67	-47,03	-61,03
Junctions 145	14	0,67	-44,06	-58,06
Junctions 146	14	0,67	-42,47	-56,47
Junctions 150	14	0,67	-43,09	-57,09
Junctions 151	14	0,67	-43,46	-57,46
Junctions 194	18	0,82	-40,93	-58,93
Junctions 196	19	0,82	-40,61	-59,61
Junctions 206	18	1,06	-62,29	-80,29
Junctions 207	18	0,82	-65,39	-83,39
Junctions 209	18	1,06	-65,85	-83,85

Berdasarkan hasil Link ID yang mengalir zona prioritas kecepatan aliran pada tiap IPA tidak memenuhi kriteria standar pipa distribusi sebesar 0,3 – 4,5 meter/detik. Pada Node ID beberapa junctions tidak memenuhi kriteria tekanan pipa distribusi sebesar 10 – 80 meter. Berdasarkan simulasi dengan eksisting pipa RISPAM perlu dilakukan pemodelan update dengan mengganti diameter pipa distribusi untuk memenuhi kriteria standar pipa distribusi.

4.4.3 Perbandingan Simulasi pemodelan dan update

Berdasarkan data rekapitulasi pemodelan jaringan air minum ada beberapa Node ID dan Link ID pada tiap IPA yang tidak memenuhi kriteria perencanaan jaringan distribusi, maka dilakukan pemodelan update dengan mengganti dimensi jaringan pipa untuk memenuhi kriteria perencanaan pipa distribusi. Perbandingan Link ID dan Node ID Update dapat dilihat pada Tabel 14 dan 15.

Tabel 15 Perbandingan Link ID pemodelan dan Update IPA Garot layanan Kota Sigli

Link ID	Diameter Pipa Pemodelan (milimeter)	Kecepatan Aliran Pemodelan (meter/detik)	Kehilangan Energi Pemodelan (meter/km)	Diameter Pipa Update (milimeter)	Kecepatan Aliran Update (meter/detik)	Kehilangan Energi Update (meter/km)
Pipa 64	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 65	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 66	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 67	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 68	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 69	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 72	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 77	30	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 78	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 79	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 80	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 81	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 85	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 88	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 89	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 90	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 92	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 93	40	0,08	0,33	20	0,32	9,55
Pipa 95	50	0,23	1,78	30	0,47	12,09
Pipa 97	50	1,31	45,27	75	0,56	5,75
Pipa 98	50	0,47	12,09	30	0,47	12,09
Pipa 135	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 141	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 142	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 143	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 144	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 145	40	0,53	11,05	40	0,53	11,05
Pipa 186	40	0,65	16,07	40	0,65	16,07
Pipa 187	40	0,65	16,07	40	0,44	7,67
Pipa 197	40	1,49	74,7	50	0,86	25,19
Pipa 198	40	0,65	16,07	40	0,65	16,07
Pipa 199	40	0,84	25,85	40	0,84	25,85

Tabel 16 Perbandingan Node ID pemodelan dan Update IPA Garot layanan Kota Sigli

NODE ID	Elevasi (meter)	Kebutuhan (liter/detik)	Energi Pemodelan (meter)	Tekanan Pemodelan (meter)	Energi Update (meter)	Tekanan Update (meter)
Juntions 73	14	0,1	-39,89	-53,89	32,9	18,9
Juntions 75	14	0,1	-39,92	-53,92	31,91	17,91
Juntions 77	15	0,1	-39,96	-54,96	31,58	16,58
Juntions 80	14	0,1	-39,96	-53,96	31,39	17,39
Juntions 81	14	0,1	-39,94	-53,94	31,96	17,96
Juntions 83	14	0,1	-39,97	-53,87	31,2	17,2
Juntions 85	14	0,1	-40,03	-54,03	29,56	15,56
Juntions 87	14	0,1	-39,74	-53,57	37,42	23,42
Juntions 88	15	0,1	-39,64	-54,64	37,05	22,05
Juntions 89	14	0,1	-39,68	-53,68	37,12	23,12
Juntions 90	15	0,1	-39,74	-54,74	36,36	21,36
Juntions 91	15	0,1	-39,78	-54,78	36,24	21,24
Juntions 93	14	0,1	-40,07	-54,07	28,1	14,1
Juntions 94	13	0,1	-40,06	-53,06	26,6	13,6
Juntions 97	13	0,1	-40,04	-53,04	27,68	14,68
Juntions 98	14	0,1	-40,12	-54,12	25,57	11,57
Juntions 99	13	0,1	-40,06	-53,06	24,13	11,13
Juntions 101	13	0,1	-40,04	-53,04	24,82	11,82
Juntions 103	17	0,33	-34,86	-51,65	38,22	21,22
Juntions 105	18	2,46	-39,81	-57,81	38,6	20,6
Juntions 106	17	0,33	-35,29	-52,39	38,36	21,36
Juntions 142	14	0,67	-46,92	-70,92	33,92	19,92
Juntions 144	14	0,67	-47,03	-61,03	33,81	19,81
Juntions 145	14	0,67	-44,06	-58,06	35,19	21,19
Juntions 146	14	0,67	-42,47	-56,47	35,41	21,41
Juntions 150	14	0,67	-43,09	-57,09	34,74	21,11
Juntions 151	14	0,67	-43,46	-57,46	34,74	20,74
Juntions 194	18	0,82	-40,93	-58,93	32,27	14,27
Juntions 196	19	0,82	-40,61	-59,61	32,27	14,27
Juntions 206	18	1,06	-62,29	-80,29	32,1	14,1
Juntions 207	18	0,82	-65,39	-83,39	29,99	11,99
Juntions 209	18	1,06	-65,85	-83,85	29,53	11,53

Berdasarkan hasil pada Tabel 15 kecepatan aliran pada tiap link ID IPA Garot sudah memenuhi kriteria standar perencanaan pipa distribusi dan pada Node ID Tabel 16 kriteria tekanan pada update sudah memenuhi kriteria pipa distribusi.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan hasil pada bab sebelumnya diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kebutuhan jam puncak tertinggi berada pada Kecamatan Pidie sebesar 163,38 liter/detik dan kebutuhan jam puncak terendah ialah Kecamatan Keumala sebesar 27,99 liter/detik.
2. Berdasarkan hasil perhitungan penambahan produksi pada IPA Keumala sebesar 30 liter/detik, penambahan produksi IPA Garot sebesar 70 liter/detik, dan IPA Jabal Ghafur sebesar 130 liter/detik.
3. Berdasarkan hasil simulasi program EPANET perubahan dimensi pipa distribusi pada IPA Keumala sebanyak 69 pipa, IPA Garot sebanyak 65 pipa, dan IPA Jabal Ghafur sebanyak 36 pipa.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh maka disarankan sebagai berikut :

1. Perlu adanya upaya dari PDAM Tirta Mon Krueng Baro untuk dapat meningkatkan dalam memenuhi kebutuhan air pada wilayah zona prioritas agar penduduk dapat terlayani seperti yang direncanakan.
2. Perlu adanya pemasangan pompa tambahan pada daerah dengan lokasi terjauh dari pelayanan IPA agar dapat memenuhi tekanan tambahan pada pipa distribusi terjauh.

7. Daftar Pustaka

- [1]. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Jakarta, 2005.
- [2]. Bappeda Kabupaten Pidie, Rencana Induk Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Bappeda, Kabupaten Pidie, 2014.
- [3]. N. Nihayati, Pelanggan PDAM di Pidie Mengeluh Terpaksa Membeli Air Galon, (online), September 2018 (<http://aceh.tribunnews.com/2018/11/03/>. Pdf, diakses 3 september 2018)
- [4]. G. Y. K. Tuames, W. Bunganaen, dan S. Utomo, Perencanaan Teknis Jaringan Perpipaan Air Bersih Dengan Sistem Pengaliran Pompa Di Desa Susulaku Kecamatan Insana Kabupaten Timor Tengah Utara, Jurnal Teknik Sipil Vol. IV, No. 1, April 2015
- [5]. A. Wijanarko, Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Unit Kedawung PDAM Sragen, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, 2011
- [6]. R. Naway, Pengembangan Sistem Pelayanan Air. Jurnal Tugas Akhir. Universitas Sam Ratulangi. 2013.
- [7]. NSPM Kimpraswil, Pedoman dan petunjuk Teknik dan Manual Air Minum Perkotaan, Kimpraswill, Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta, 2002.
- [8]. A. M. Maukari, Perencanaan Teknis Jaringan Air Bersih Di Desa Nunusunu Kecamatan Kualin Kabupaten Timor Tengah Selatan, jurnal Teknik Sipil, Vol. V, No. 1, April 2016
- [9]. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Buku Panduan Pengembangan Sistem Air Minum, Direktorat jendral Cipta Karya, Jakarta, 2007.
- [10]. Badan Standarisasi Nasional, Tata cara Teknik jaringan distribusi dan unit layanan sistem penyediaan air minum, SNI ICT 91.140.60, Jakarta, 2011.
- [11]. B. Triatmodjo, Hidraulika II, Beta Offset, Yogyakarta 2008.
- [12]. N. Tambun, Perhitungan Debit Andalan Sebagai Sumber Air Bersih Pdam Jayapura, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, 2010.