

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang analisa dan pembahasan tentang tingkat pemenuhan dan pendistribusian air bersih di Kecamatan Junrejo Kota Batu setelah dikaji ulang pendistribusiannya dengan metode program dinamik serta akan dihitung analisa ekonominya juga.

4.1 Kondisi Umum Lokasi Studi

Sedikit yang dibahas pada sub bab ini tentang Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Kecamatan ini sendiri dibagi menjadi 6 desa dan 1 kelurahan yaitu kelurahan Dadaprejo, Desa Beji, Tlekung, Mojorejo, Pendem, Junrejo dan Torongrejo. Jumlah keseluruhan dari penduduk Junrejo adalah 51262 jiwa. Dengan pemakai air yang terbagi menjadi 2, pelanggan PDAM dan HIPPAM. Dalam penelitian ini ada 3 lokasi yang akan dijadikan sumber penelitian yaitu di Kelurahan Dadaprejo, Desa Tlekung dan Beji.

Di Kelurahan Dadaprejo sendiri yang penduduknya berjumlah 6139 (2012) memiliki jumlah pelanggan untuk HIPPAM sebanyak 921 KK atau 4606 jiwa (75% dari jumlah penduduk). Pelanggan HIPPAM di Dadaprejo sendiri terbagi menjadi 2 wilayah yaitu HIPPAM Kelurahan Dadaprejo yang mengaliri 3 wilayah yaitu Dadaptulis Utara, Areng-Areng dan Karangmloko, dan juga HIPPAM Dadaptulis Dalam. HIPPAM Dadaperejo sendiri mengambil Air dari sumber Urip dan Kali Wetan. Sedangkan di Desa Tlekung yang memiliki jumlah penduduk 4595 jiwa (2012) yang memiliki HIPPAM Desa Tlekung yang mempunyai pelanggan 817 KK atau sekitar 4133 jiwa (90% dari jumlah penduduk). HIPPAM Tlekung mengaliri 4 wilayah besar yaitu di dusun Gangsiranledok, Gangsiranputuk, Tlekung 1 dan 2. HIPPAM ini mengambil air dari 3 sumber yang besar yaitu Sumber Parang Gedek, Teyeng dan Kendil. Dan yang terakhir Desa Beji yang penduduknya berjumlah 8012 jiwa dengan pelanggan HIPPAM Beji sebanyak 4005 jiwa atau sekitar 50% dari jumlah penduduk, HIPPAM ini sendiri mengambil air dari sumber Jambe 1&2, Ngantak dan Sarmi.

Dengan peningkatan pola hidup masyarakat maka kebutuhan akan air sendiri semakin meningkat, jumlah pelanggan HIPPAM semakin bertambah. Bertambahnya ini

dikarenakan selain kualitas air yang kurang lebih sama dengan PDAM namun harga dari air dari HIPPAM lebih murah sehingga penduduk yang berkategori menengah ke bawah lebih memilih HIPPAM. Dengan bertambahnya pelanggan, pihak HIPPAM sendiri belum melakukan perubahan terhadap jaringan distribusi air. Sehingga upaya-upaya dilakukan untuk meningkatkan pelayanan. Salah satunya dengan mengkaji ulang sistem jaringan distribusi air bersih dan melakukan optimasi. Selain itu alternatif lain yaitu mencari sumber lain.

4.2 Data Penduduk

Data jumlah penduduk merupakan salah satu komponen yang perlu diketahui. Jumlah penduduk sekarang dan perkiraan beberapa tahun kedepan. Pada studi ini jumlah penduduk Kecamatan Junrejo dari tahun 2002-2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Jumlah Penduduk Kecamatan Junrejo Tahun 2002-2012

Tahun	Tlekung	Junrejo	Mojorejo	Torongrejo	Beji	Pendem	Dadaprejo	Jumlah
2002	3735	7072	3653	5024	5919	7764	6567	39734
2003	3613	6988	3694	5074	5707	9605	4987	39668
2004	3613	6988	3694	5074	5707	9505	4987	39568
2005	3695	6951	3710	5092	5931	9629	5193	40201
2006	3759	6761	3957	5269	6301	9640	4794	40480
2007	3823	6571	4203	5446	6670	9651	4394	40758
2008	3777	7987	4174	5446	6665	9926	4935	42910
2009	3794	8134	4287	5342	6920	11235	6117	45827
2010	3810	8281	4400	5237	7175	12543	7298	48744
2011	4203	8851	4730	5541	7594	12367	6719	50003
2012	4595	9420	5060	5845	8012	12191	6139	51262

Sumber : BPS Kota Batu

4.2.1 Laju Pertumbuhan Penduduk

Dikarenakan untuk menghitung kebutuhan akan air maka proyeksi penduduk ke beberapa tahun kedepan diperlukan. Maka laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Junrejo bisa dihitung berdasarkan dari jumlah yang telah ada yaitu dari 2002 sampai dengan 2012. Dengan data yang ada akan dilakukan proyeksi penduduk ke 11 tahun kedepan. Berikut adalah perhitungan laju pertumbuhan penduduk dengan proyeksi dengan 3 metode yaitu :

4.2.1.1 Metode Aritmatik

Untuk yang pertama adalah menghitung laju pertumbuhan penduduk tiap tahun dari tahun 2002 sampai dengan 2012, setelah itu baru dihitung proyeksi penduduk dengan metode aritmatik dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{n} \left[\frac{P_n}{P_o} - 1 \right]$$

$$P_n = P_o (1 + r.n)$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada tahun akhir data (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode waktu (tahun)

Contoh perhitungan laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2012 dan proyeksi pada tahun 2013 seperti berikut :

P_n = Jumlah penduduk tahun 2012

P_o = Jumlah penduduk tahun 2011

n = 1 tahun

$$r = \frac{1}{n} \left[\frac{P_n}{P_o} - 1 \right]$$

$$r = \frac{1}{1} \left[\frac{51262}{50003} - 1 \right]$$

$$= 0,0251784$$

Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,02610 sehingga :

P_n = Proyeksi penduduk tahun 2013

P_o = Jumlah penduduk tahun 2012

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = 1 tahun

$P_n = P_o (1 + r.n)$

$$P_n = 51262 (1 + 0,02610.1)$$

$$= 52600,2570$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah	Prosentase Pertumbuhan Penduduk Setiap Tahun	Tahun	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Aritmatik
2002	39734		2013	52600.25707
2003	39668	-0.001661046	2014	53938.51414
2004	39568	-0.002520924	2015	55276.77121
2005	40201	0.015997776	2016	57953.28535
2006	40479.5	0.006927688	2017	57953.28535
2007	40758	0.006880026	2018	59291.54242
2008	42910	0.05279945	2019	60629.79949
2009	45827	0.067979492	2020	61968.05656
2010	48744	0.063652432	2021	63306.31363
2011	50003	0.02582882	2022	64644.5707
2012	51262	0.025178489	2023	65982.82777
Rata-rata		0.02610622	Jumlah	653545.2237

sumber : perhitungan

4.2.1.2 Metode Geometri

Sama seperti konteks diatas yaitu menghitung laju pertumbuhan penduduk tiap tahun dari tahun 2002 sampai dengan 2012, setelah itu proyeksi penduduk dengan metode geometri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \left[\frac{P_n}{P_o} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$P_n = P_o + (1 + r)^n$$

dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun n (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada tahun akhir data (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode waktu (tahun)

sehingga nilai r dapat dihitung srbagai berikut :

$$r = \left[\frac{P_n}{P_o} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$r = \left[\frac{51262}{50003} \right]^{\frac{1}{1}} - 1$$

$$= 0,025178$$

Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,02610 sehingga :

$$\begin{aligned} P_n &= \text{Proyeksi penduduk tahun 2013} \\ P_o &= \text{Jumlah penduduk tahun 2012} \\ r &= \text{Laju pertumbuhan penduduk} \\ n &= 1 \text{ tahun} \\ P_n &= P_o + (1 + r)^n \\ P_n &= 51262 + (1 + 0,025178)^1 \\ &= 51263,02611 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Geometri

Tahun	Jumlah	Prosentase Pertumbuhan Penduduk Setiap Tahun	Tahun	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometri
2002	39734		2013	51263.02611
2003	39668	-0.001661046	2014	51263.05289
2004	39568	-0.002520924	2015	51263.08038
2005	40201	0.015997776	2016	51263.10859
2006	40479.5	0.006927688	2017	51263.13753
2007	40758	0.006880026	2018	51263.16722
2008	42910	0.05279945	2019	51263.1977
2009	45827	0.067979492	2020	51263.22896
2010	48744	0.063652432	2021	51263.26105
2011	50003	0.02582882	2022	51263.29397
2012	51262	0.025178489	2023	51263.32775
	Rata-rata	0.02610622	Jumlah	563894.8821

sumber : perhitungan

4.2.1.3 Metode Eksponensial

Sedikit berbeda dengan kedua metode di atas namun juga menghitung laju pertumbuhan penduduk tiap tahun dari tahun 2002 sampai dengan 2012, setelah itu proyeksi penduduk dengan metode eksponensial dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{n} \text{Ln} \left[\frac{P_n}{P_0} \right]$$

$$P_n = P_0 \cdot e^{(r \cdot n)}$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada tahun n (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun akhir data (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk (%)

n = Periode waktu (tahun)

e = bilangan eksponensial = 2,718282

sehingga nilai r dapat dihitung sebagai berikut :

$$r = \frac{1}{n} \text{Ln} \left[\frac{P_n}{P_0} \right]$$

$$r = \frac{1}{1} \text{Ln} \left[\frac{51262}{50003} \right]$$

$$= 0,024866$$

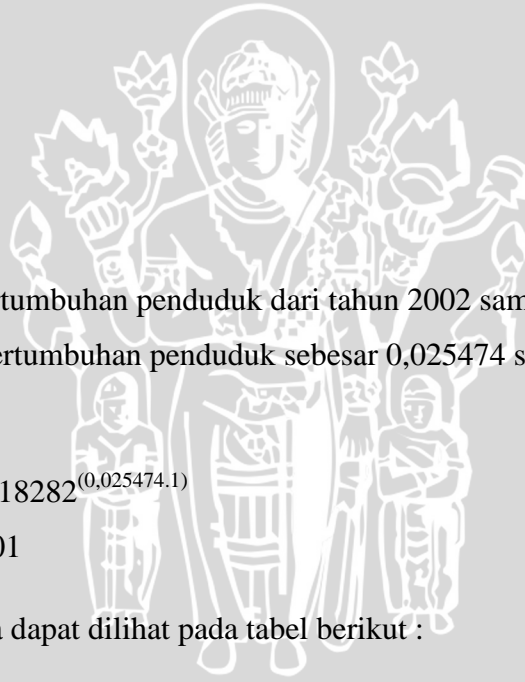
Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,025474 sehingga :

$$P_n = P_0 \cdot e^{(r \cdot n)}$$

$$P_n = 51262 \cdot 2,718282^{(0,025474 \cdot 1)}$$

$$P_n = 52584,63601$$

Dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :



Tabel 4.4 Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Metode Eksponensial

Tahun	Jumlah	Prosentase Pertumbuhan Penduduk Setiap Tahun	Tahun	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Eksponensial
2002	39734		2013	52584.63601
2003	39668	-0.001662427	2014	53941.39799
2004	39568	-0.002524107	2015	55333.16646
2005	40201	0.01587116	2016	56760.84463
2006	40479.5	0.006903802	2017	58225.35903
2007	40758	0.006856466	2018	59727.66007
2008	42910	0.05145276	2019	61268.72273
2009	45827	0.065768538	2020	62849.5471
2010	48744	0.061708676	2021	64471.15909
2011	50003	0.025500891	2022	66134.61109
2012	51262	0.024866733	2023	67840.98263
	Rata-rata	0.025474249	Jumlah	659138.0868

sumber : perhitungan

4.2.1.4 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Pemilihan ketiga metode diatas dilakukan berdasarkan cara statistik yaitu berdasarkan pada koefisien korelasi yang mendekati 1 dimana angka ini sebagai indikasi bahwa korelasi antar 2 variabel berarti positif atau kuat sekali. Berikut rumus untuk menghitung besaran koefisiensi korelasi yaitu :

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

Tabel 4.5 Uji Korelasi 3 Metode

	Aritmatik	Geometri	Eksponensial
X	51,262.00	51,262.00	51,262.00
Y	653,545.22	563,894.88	659,138.09
XY	33,502,035,257.50	28,906,379,447.99	33,788,736,606.70
X ²	2,627,792,644.00	2,627,792,644.00	2,627,792,644.00
Y ²	427,121,359,425.85	317,977,438,097.72	434,463,017,500.23
n	11.00	11.00	11.00
r	0.94080	0.65058	0.96106

sumber : perhitungan

Dari perhitungan diatas yang mempunyai nilai mendekati 1 adalah dengan metode eksponensial, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang akan dipakai dalam perhitungan yaitu dengan metode eksponensial. Perhitungan diatas juga akan dijadikan acuan untuk menghitung prroyeksi penduduk tiap desa.

Tabel 4.6 Proyeksi Penduduk Setiap Desa dengan Metode Eksponensial

Tahun	Tlekung	Junrejo	Mojorejo	Torongrejo	Beji	Pendem	Dadaprejo	Jumlah
2013	4713.56	9663.05	5190.56	5995.81	8218.72	12505.55	6297.40	52584.64
2014	4835.17	9912.37	5324.48	6150.51	8430.78	12828.21	6626.55	54108.07
2015	4959.93	10168.13	5461.86	6309.20	8648.30	13159.19	6459.88	55166.49
2016	5087.90	10430.48	5602.78	6471.99	8871.44	13498.72	6797.53	56760.84
2017	5219.18	10699.60	5747.34	6638.98	9100.34	13847.01	6972.91	58225.36
2018	5353.84	10975.67	5895.63	6810.27	9335.14	14204.28	7152.82	59727.66
2019	5491.98	11258.85	6047.75	6985.99	9576.00	14570.77	7337.38	61268.72
2020	5633.68	11549.35	6203.79	7166.24	9823.08	14946.72	7526.69	62849.55
2021	5779.04	11847.34	6363.86	7351.14	10076.53	15332.37	7720.89	64471.16
2022	5928.14	12153.02	6528.05	7540.81	10336.52	15727.97	7920.10	66134.61
2023	6081.10	12466.58	6696.49	7735.37	10603.21	16133.77	8124.45	67840.98

Sumber : perhitungan

4.3 Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Dalam perencanaan jaringan air bersih diperlukan suatu perhitungan dimana disebutkan adanya data kebutuhan dan ketersediaan air.

4.3.1 Ketersediaan Air

Dalam studi ini ketersediaan air berasal dari beberapa sumber mata air di Kecamatan Junrejo. Dalam perhitungannya untuk perencanaan jaringan air bersih menggunakan debit andalan 80%

Tabel 4.7 Data Sumber Mata Air dan Debit Andalan

Nama Sumber	Max. (l/dt)	Min. (l/dt)	Air Minum (l/dt)	Keterangan	Debit Pengambilan (l/dt)	Debit pengambilan (l/jam)	Debit pengambilan (l/hr)	Daerah
Sumber Jambe I, II	6	5	4	Air Minum, Irigasi	3.2	11520	276480	Beji
Sumber Ngantak	7	5	4	Air Minum	3.2	11520	276480	
Sumber Sarmi	4	-	3	Air Bersih	2.4	8640	207360	
Sumber Teyeng	1.3	-	1.3	HIPAM Desa	1.04	3744	89856	Tlekung
Sumber Kendil	10	7	7	HIPAM, Irigasi	5.6	20160	483840	
Sumber Pereng Gedek	10	8	8	HIPAM Desa	6.4	23040	552960	
Sumber Kali Wetan	15	-	15	Kamar Mandi Umum, Irigasi	12	43200	1036800	Dadaprejo
Sumber Urip	8	6	3	HIPAM Desa	2.4	8640	207360	
Jumlah					36.24	130464	3131136	

Sumber: perhitungan

Dimana sumber-sumber diatas terbagi menjadi 3 bagian besar yang masing masing dipakai oleh Kelurahan Dadaprejo, Tlekung dan Beji. Kelurahan Dadaprejo sendiri menggunakan debit dari sumber Kaliwetan dan Sumber Urip dengan total debit sebesar 1244160 m³/hr atau 51480 lt/dt. Sedangkan Desa Tlekung menggunakan sumber dari Teyeng, Pereng Gedek dan Kendil dengan total pengambilan 1126656 m³/hr atau 46944 l/dt. Dan yang terakhir Desa Beji menggunakan sumber air dari mata air Jamber 1&2, Ngantak dan Sarmi dengan total pengambilan 760320 m³/hr atau 31680 l/dt.

4.3.2 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Dalam studi ini menghitung kebutuhan air berdasarkan faktor yang telah ditetapkan. faktor tersebut adalah jumlah penduduk, pemakaian air per kapita per hari, kebutuhan air domestik dan non domestik, kehilangan air dan kebutuhan hari maksimum.

Pada dasarnya bahwa kriteria dalam perencanaan penyediaan air bersih di suatu daerah berdasarkan pada standar yang telah ada. Untuk menghitung perkiraan pemakaian air per kapita per hari didasarkan pada suatu survei kebutuhan nyata, tetapi pada umumnya juga dapat dilihat berdasarkan tabel pemakaian air rata-rata kebutuhan non domestik,

kebutuhan domestik sendiri berarti kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, memasak, mandi, cuci pakaian serta keperluan lainnya, sedangkan kebutuhan air non domestik digunakan untuk kegiatan komersil seperti industri, perkantoran, maupun kegiatan sosial seperti sekolah, rumah sakit, tempat ibadah dan niaga.

4.3.2.1 Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Contoh analisa perhitungan kebutuhan air bersih untuk Desa Tlekung tahun 2013:

- [1].Jumlah Penduduk : Tahun 2013 = 4717 jiwa (proyeksi metode eksponensial)
- [2].Jumlah jiwa per sambungan rumah adalah 5 jiwa/SR skala kota kecil
- [3].Tingkat pelayanan 90% dari jumlah total penduduk Desa Tlekung
- [4].Jumlah penduduk yang terlayani
 - = Jumlah Penduduk x tingkat pelayanan
 - = 4717 x 90%
 - = 4242 jiwa
- [5].Tingkat pemakaian air bersih = 130 lt/jiwa/hari (berdasarkan kebutuhan air kota kecil)
- [6].Jumlah Sambungan Rumah
 - = jumlah penduduk yang terlayani / Jumlah jiwa per sambungan rumah
 - = 4242 / 5
 - = 848 rumah
- [7].Jumlah total kebutuhan air bersih sambungan rumah penduduk yang terlayani
 - = Jumlah penduduk yang terlayani x tingkat pemakaian air bersih
 - = 4242 x 130
 - = 551486,27 lt/hr
- [8].Hidran Umum
 - Jumlah pemakaian hidran adalah 30lt/ hari untuk 75 orang
- [9].Kebutuhan air berdasarkan jumlah hidran dan kebutuhan air
 - = (jumlah penduduk yang terlayani/ 75) x 30
 - = (4242/ 75) x 30 = 1696,88 lt/hr
- [10]. Jumlah total kebutuhan domestik (Qd) = jumlah pemakaian SR + hidran umum
 - = 551486,27 + 1696,88
 - = 553183,15 lt/hr
- [11]. Kebutuhan non Domestik (Qnd)

$$(Q_{nd}) = 30\% \times \text{jumlah kebutuhan domestik}$$

$$= 0,3 \times 553183,15$$

$$= 165954,95 \text{ lt/hr}$$

[12]. Kebutuhan Total (Q_{tot})

$$(Q_{tot}) = \text{kebutuhan Domestik} + \text{kebutuhan Non Domestik}$$

$$= 553183,15 + 165954,95$$

$$= 7191398,09 \text{ lt/hr}$$

$$= 8,3234 \text{ lt/dt}$$

[13]. Produksi Suplai Air (Q_r)

$$(Q_r) = \text{Kebutuhan Total} \times 80\% \rightarrow 80\% \text{ berasal dari } 100\% - \text{Tingkat Kehilangan Air (20\%)}$$

$$= 8,3234 \times 0,8$$

$$= 6,6587 \text{ lt/dt}$$

[14]. Kebutuhan Harian Maksimum (Q_{max})

$$(Q_{max}) = \text{Kebutuhan Total} \times 1,15 - 1,2 \text{ (dipakai } 1,2)$$

$$= 8,3234 \times 1,2$$

$$= 9,9880 \text{ lt/dt}$$

[15]. Kehilangan air (Q_{keh})

$$(Q_{keh}) = \text{Kebutuhan Total} \times 20\% \rightarrow 20\% \text{ merupakan kehilangan air pada system baru}$$

$$= 8,3234 \times 0,2$$

$$= 1,6647 \text{ lt/dt}$$

[16]. Kebutuhan Jam Puncak (Q_{peak})

$$(Q_{peak}) = \text{Kebutuhan Total} \times \text{Load Faktor Maksimum (1,56)}$$

$$= 8,3234 \times 1,56$$

$$= 12,9844 \text{ lt/dt}$$

Untuk memperjelas perhitungan kebutuhan air sampai dengan tahun 2023 di Desa Tlekung, Beji dan Kelurahan Dadaprejo akan ditabelkan pada tabel 4.8, 4.9 dan 4.10.

Tabel 4.8 Kebutuhan Air Bersih Desa Tlekung Tahun 2013-2023

No	Parameter	Satuan	Desa Tlekung										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Jumlah Penduduk	jiwa	4714	4835	4960	5088	5219	5354	5492	5634	5779	5928	6081
2	Jumlah Jiwa per Sambungan Rumah	jiwa/SR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Tingkat Pelayanan	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
4	Jumlah yang Terlayani	Jiwa	4242	4352	4464	4579	4697	4818	4943	5070	5201	5335	5473
5	Kebutuhan Domestik												
5	Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	(lt/jiwa/hr)	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
6	-> Sambungan Rumah (Jumlah)	Unit	848.440413	870.33144	892.787288	915.822531	939.452118	963.691382	988.556057	1014.06228	1040.22659	1067.06599	1094.59788
7	-> Sambungan Rumah (Kebutuhan)	lt/hr	551486.268	565715.436	580311.737	595284.645	610643.876	626399.399	642561.437	659140.48	676147.286	693592.894	711488.625
8	-> Hidran Umum	lt/hr	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	-> Hidran Umum (Kebutuhan)	lt/hr	1696.88083	1740.66288	1785.57458	1831.64506	1878.90424	1927.38276	1977.11211	2028.12455	2080.45319	2134.13198	2189.19577
10	-> Kebutuhan Domestik	lt/hr	553183.149	567456.099	582097.312	597116.29	612522.781	628326.781	644538.549	661168.604	678227.74	695727.026	713677.82
11	-> Kebutuhan Non Domestik	lt/hr	165954.945	170236.83	174629.194	179134.887	183756.834	188498.034	193361.565	198350.581	203468.322	208718.108	214103.346
12	Kebutuhan Total	lt/hr	719138.094	737692.929	756726.506	776251.177	796279.615	816824.816	837900.113	859519.185	881696.061	904445.134	927781.167
		lt/dt	8.32335757	8.5381126	8.75840863	8.98438863	9.21619925	9.45399092	9.69791798	9.94813872	10.2048155	10.468115	10.7382079
13	Produksi Suplai Air	lt/dt	6.65868605	6.83049008	7.0067269	7.1875109	7.3729594	7.56319274	7.75833438	7.95851098	8.16385242	8.37449198	8.59056636
14	Kebutuhan Harian Maksimum	lt/dt	9.98802908	885231.514	908071.807	931501.413	955535.538	980189.779	1005480.14	1031423.02	1058035.27	1085334.16	1113337.4
15	Kehilangan Air	lt/dt	1.66467151	1.70762252	1.75168173	1.79687773	1.84323985	1.89079818	1.9395836	1.98962774	2.04096311	2.093623	2.14764159
16	Kebutuhan Jam Puncak	lt/dt	12.9844378	13.3194557	13.6631175	14.0156463	14.3772708	14.7482258	15.128752	15.5190964	15.9195122	16.3302594	16.7516044

Keterangan :

1 Jumlah Penduduk	=	Data (dari perhitungan proyeksi penduduk)	9 Hidran Umum (Kebutuhan)	=	$([4] / 75) \times 30$
2 Jumlah Jiwa/ Sambungan Rumah	=	5 (rata-Rata Jumlah Orang dalam 1 rumah)	10 Kebutuhan Domestik	=	$[7] + [9]$
3 Tingkat Pelayanan	=	Akumulasi dari jumlah pelanggan	11 Kebutuhan Non Domestik	=	$30\% \times [10]$
4 Jumlah yang Terlayani	=	$[1] \times [4]$	12 Kebutuhan Total	=	$[10] + [11]$
5 Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	=	130 lt/dt/hr (rata-rata kebutuhan air kota kecil)	13 Produksi Suplai Air	=	$80\% \times [12]$
6 Sambungan Rumah (Jumlah)	=	$[4] / 5$	14 Kebutuhan Harian Maksimum	=	$1.2 \times [12]$
7 Sambungan Rumah (Kebutuhan)	=	$[4] \times [5]$	15 Kehilangan Air	=	$20\% \times [12]$
8 Hidran Umum	=	Hidran 30lt/alat/hari untuk 75 orang	16 Kebutuhan Jam Puncak	=	$1.56 \times [12]$

Tabel 4.9 Kebutuhan Air Bersih Desa Dadaprejo Tahun 2013-2023

No	Parameter	Satuan	Desa Dadaprejo										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Jumlah Penduduk	jiwa	6297	6627	6460	6798	6973	7153	7337	7527	7721	7920	8124
2	Jumlah Jiwa per Sambungan Rumah	jiwa/SR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Tingkat Pelayanan	%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
4	Jumlah yang Terlayani	Jiwa	4723	4970	4845	5098	5230	5365	5503	5645	5791	5940	6093
5	Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	(lt/jiwa/hr)	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
6	-> Sambungan Rumah (Jumlah)	Unit	944.609303	993.982801	968.98163	1019.62904	1045.93699	1072.92372	1100.60675	1129.00405	1158.13403	1188.01562	1218.66819
7	-> Sambungan Rumah (Kebutuhan)	lt/hr	613996.047	646088.821	629838.06	662758.875	679859.042	697400.419	715394.389	733852.63	752787.122	772210.152	792134.325
8	-> Hidran Umum	lt/hr	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	-> Hidran Umum (Kebutuhan)	lt/hr	1889.21861	1987.9656	1937.96326	2039.25808	2091.87398	2145.84744	2201.2135	2258.00809	2316.26807	2376.03124	2437.33638
10	-> Kebutuhan Domestik	lt/hr	615885.265	648076.786	631776.023	664798.133	681950.916	699546.266	717595.602	736110.638	755103.39	774586.183	794571.661
11	-> Kebutuhan Non Domestik	lt/hr	184765.58	194423.036	189532.807	199439.44	204585.275	209863.88	215278.681	220833.192	226531.017	232375.855	238371.498
12	Kebutuhan Total	lt/hr	800650.845	842499.822	821308.83	864237.573	886536.191	909410.146	932874.283	956943.83	981634.407	1006962.04	1032943.16
13	Produksi Suplai Air	lt/dt	9.26679219	9.75115535	9.50588924	10.0027497	10.2608355	10.5255804	10.7971561	11.0757388	11.3615093	11.6546532	11.9553606
14	Kebutuhan Harian Maksimum	lt/dt	11.1201506	1010999.79	985570.596	1037085.09	1063843.43	1091292.17	1119449.14	1148332.6	1177961.29	1208354.45	1239531.79
15	Kehilangan Air	lt/dt	1.85335844	1.95023107	1.90117785	2.00054994	2.05216711	2.10511608	2.15943121	2.21514775	2.27230187	2.33093064	2.39107213
16	Kebutuhan Jam Puncak	lt/dt	14.4561958	15.2118023	14.8291872	15.6042895	16.0069034	16.4199054	16.8435634	17.2781525	17.7239546	18.181259	18.6503626

Keterangan :

1 Jumlah Penduduk	=	Data (dari perhitungan proyeksi penduduk)	9 Hidran Umum (Kebutuhan)	=	$([4] / 75) \times 30$
2 Jumlah Jiwa/ Sambungan Rumah	=	5 (rata-rata Jumlah Orang dalam 1 rumah)	10 Kebutuhan Domestik	=	$[7] + [9]$
3 Tingkat Pelayanan	=	Akumulasi dari jumlah pelanggan	11 Kebutuhan Non Domestik	=	$30\% \times [10]$
4 Jumlah yang Terlayani	=	$[1] \times [4]$	12 Kebutuhan Total	=	$[10] + [11]$
5 Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	=	130 lt/dt/hr (rata-rata kebutuhan air kota kecil)	13 Produksi Suplai Air	=	$80\% \times [12]$
6 Sambungan Rumah (Jumlah)	=	$[4] / 5$	14 Kebutuhan Harian Maksimum	=	$1.2 \times [12]$
7 Sambungan Rumah (Kebutuhan)	=	$[4] \times [5]$	15 Kehilangan Air	=	$20\% \times [12]$
8 Hidran Umum	=	Hidran 30lt/alat/hari untuk 75 orang	16 Kebutuhan Jam Puncak	=	$1.56 \times [12]$

Tabel 4.10 Kebutuhan Air Bersih Desa Beji Tahun 2013-2023

No	Parameter	Satuan	Desa Beji										
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Jumlah Penduduk	jiwa	8219	8431	8648	8871	9100	9335	9576	9823	10077	10337	10603
2	Jumlah Jiwa per Sambungan Rumah	jiwa/SR	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	Tingkat Pelayanan	%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
4	Jumlah yang Terlayani Kebutuhan Domestik	Jiwa	4109	4215	4324	4436	4550	4668	4788	4912	5038	5168	5302
5	Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	(lt/jiwa/hr)	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
6	-> Sambungan Rumah (Jumlah)	Unit	821.872154	843.077681	864.830342	887.144253	910.033897	933.514128	957.600184	982.307696	1007.6527	1033.65164	1060.32139
7	-> Sambungan Rumah (Kebutuhan)	lt/hr	534216.9	548000.493	562139.722	576643.765	591522.033	606784.183	622440.12	638500.003	654974.254	671873.566	689208.906
8	-> Hidran Umum	lt/hr	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	-> Hidran Umum (Kebutuhan)	lt/hr	1643.74431	1686.15536	1729.66068	1774.28851	1820.06779	1867.02826	1915.20037	1964.61539	2015.3054	2067.30328	2120.64279
10	-> Kebutuhan Domestik	lt/hr	535860.645	549686.648	563869.383	578418.053	593342.101	608651.212	624355.32	640464.618	656989.56	673940.87	691329.549
11	-> Kebutuhan Non Domestik	lt/hr	160758.193	164905.994	169160.815	173525.416	178002.63	182595.364	187306.596	192139.385	197096.868	202182.261	207398.865
12	Kebutuhan Total	lt/hr	696618.838	714592.642	733030.198	751943.469	771344.731	791246.575	811661.916	832604.003	854086.428	876123.131	898728.413
		lt/dt	8.06271803	8.27074817	8.4841458	8.70304941	8.92760106	9.15794647	9.39423514	9.63662041	9.88525958	10.140314	10.4019492
13	Produksi Suplai Air	lt/dt	6.45017442	6.61659854	6.78731664	6.96243953	7.14208085	7.32635718	7.51538811	7.70929633	7.90820766	8.11225121	8.32155938
14	Kebutuhan Harian Maksimum	lt/dt	9.67526164	857511.171	879636.237	902332.163	925613.678	949495.89	973994.299	999124.804	1024903.71	1051347.76	1078474.1
15	Kehilangan Air	lt/dt	1.61254361	1.65414963	1.69682916	1.74060988	1.78552021	1.83158929	1.87884703	1.92732408	1.97705192	2.0280628	2.08038985
16	Kebutuhan Jam Puncak	lt/dt	12.5778401	12.9023672	13.2352675	13.5767571	13.9270577	14.2863965	14.6550068	15.0331278	15.4210049	15.8188899	16.2270408

Keterangan :

1 Jumlah Penduduk	=	Data (dari perhitungan proyeksi penduduk)	9 Hidran Umum (Kebutuhan)	=	([4] / 75) x 30
2 Jumlah Jiwa/ Sambungan Rumah	=	5 (rata-Rata Jumlah Orang dalam 1 rumah)	10 Kebutuhan Domestik	=	[7] + [9]
3 Tingkat Pelayanan	=	Akumulasi dari jumlah pelanggan	11 Kebutuhan Non Domestik	=	30% x [10]
4 Jumlah yang Terlayani	=	[1] x [4]	12 Kebutuhan Total	=	[10] + [11]
5 Tingkat pemakaian Air (lt/jiwa/hr)	=	130 lt/dt/hr (rata-rata kebutuhan air kota kecil)	13 Produksi Suplai Air	=	80% x [12]
6 Sambungan Rumah (Jumlah)	=	[4] / 5	14 Kebutuhan Harian Maksimum	=	1.2 x [12]
7 Sambungan Rumah (Kebutuhan)	=	[4] x [5]	15 Kehilangan Air	=	20% x [12]
8 Hidran Umum	=	Hidran 30lt/alat/hari untuk 75 orang	16 Kebutuhan Jam Puncak	=	1.56 x [12]

4.3.2.2 Kebutuhan Air Bersih Setiap Daerah Layanan

Dan berikut adalah kebutuhan air di setiap daerah layanan berdasarkan perhitungan kebutuhan air dan jumlah pelanggan.

- Kelurahan Dadaprejo

Jumlah keseluruhan konsumen di Kelurahan Dadaprejo = 973 KK (2013) ± 4723 jiwa

- Dusun Areng Areng

Jumlah pelanggan = 390 KK

Jumlah Orang = $390 \times 5 = 1950$ Jiwa

Prosentase = $(1950 / 4723) \times 100\% = 41.3\%$

Kebutuhan air di Areng-Areng = $41.3\% \times \text{Kebutuhan Total Air Dadaprejo}$
 $= 41.3\% \times 9,2668$
 $= 3,8259 \text{ lt/dt}$

Perhitungan pada setiap dusun dapat dilihat pada table 4.12

Tabel 4.11 Kebutuhan Air Setiap Daerah Layanan Kelurahan Dadaprejo

Desa	Konsumen (KK)		Prosentase	Kebutuhan Air
Areng-areng	390	1950	41.29%	3.825972222
K.Mloko	289	1445	30.59%	2.835143519
D.Utara	147	735	15.56%	1.442097222
D.Dalam	147	593	12.56%	1.163487963
Jumlah	973	4723	100.00%	9.266700926

Sumber : perhitungan

- Desa Tlekung

Jumlah keseluruhan konsumen di Desa Tlekung = 848 KK (2013) ± 4240 jiwa

- Dusun Tlekung 1 dan 2

Jumlah pelanggan = 132 KK

Jumlah Orang = $132 \times 5 = 660$ Jiwa

Prosentase = $(660 / 4240) \times 100\% = 15,5\%$

Kebutuhan air di Areng-Areng = $15,5\% \times \text{Kebutuhan Total Air Dadaprejo}$
 $= 15,5 \times 8,3233$
 $= 1,2949 \text{ lt/dt}$

Perhitungan pada setiap dusun dapat dilihat pada table 4.13

Tabel 4.12 Kebutuhan Air Setiap Daerah Layanan Desa Tlekung

Desa	Konsumen (KK)		Prosentase	Kebutuhan Air
Tlekung1.2	132	660	15.56%	1.294944444
Tlekung 3.4	206	1030	24.28%	2.020898148
G.Putuk	213	1065	25.10%	2.089569444
G.Ledok	297	1485	35.01%	2.913625
Jumlah	848	4240	99.95%	8.319037037

Sumber : perhitungan

- Desa Beji

Jumlah keseluruhan konsumen di Desa Beji = 946 KK (2013) ± 4109 jiwa

- Dusun Beji 1

Jumlah pelanggan = 132 KK

Jumlah Orang = $132 \times 5 = 660$

Prosentase = $(660 / 4109) \times 100\% = 16,1\%$

Kebutuhan air di Areng-Areng = $16,1\% \times \text{Kebutuhan Total Air Dadaprejo}$

= $16,1 \times 8,0627$

= 1,2949 lt/dt

Perhitungan pada setiap dusun dapat dilihat pada table 4.14

Tabel 4.13 Kebutuhan Air Setiap Daerah Layanan Desa Beji

Desa	Konsumen (KK)		Prosentase	Kebutuhan Air
Beji 1	132	660	16.06%	1.294944444
Beji 2	224	1120	27.25%	2.197481481
Beji 3	251	1255	30.54%	2.462356481
Beji 4	214	1070	26.04%	2.09937963
Jumlah	821	4105	99.89%	8.054162037

Sumber ; perhitungan

4.4 Analisa Neraca Air

Dalam studi ini analisa neraca air atau keseimbangan air dimaksudkan untuk mengevaluasi kondisi ketersediaan air dan pemanfaatannya sehingga dapat diketahui saat-saat dimana terjadi kekurangan air (defisit) atau kelebihan air (surplus). Untuk perhitungan neraca air pada daerah layanan yaitu Kelurahan Dadaprejo, Tlekung dan Beji dapat dilihat pada tabel 4.14.

Keterangan :

[1] Jam = 01.00 – 24.00

[2] Inflow = debit ketersediaan air Kelurahan Dadaprejo (tabel 4.7)

[3] Load Factor

[4] Outflow = debit kebutuhan air Kelurahan Dadaprejo (tabel 4.9) x Load Factor

[5] Selisih = [2] – [4]

[6] Kondisi Tandon = -disini dianggap tandon dalam keadaan kosong pada jam 00.00

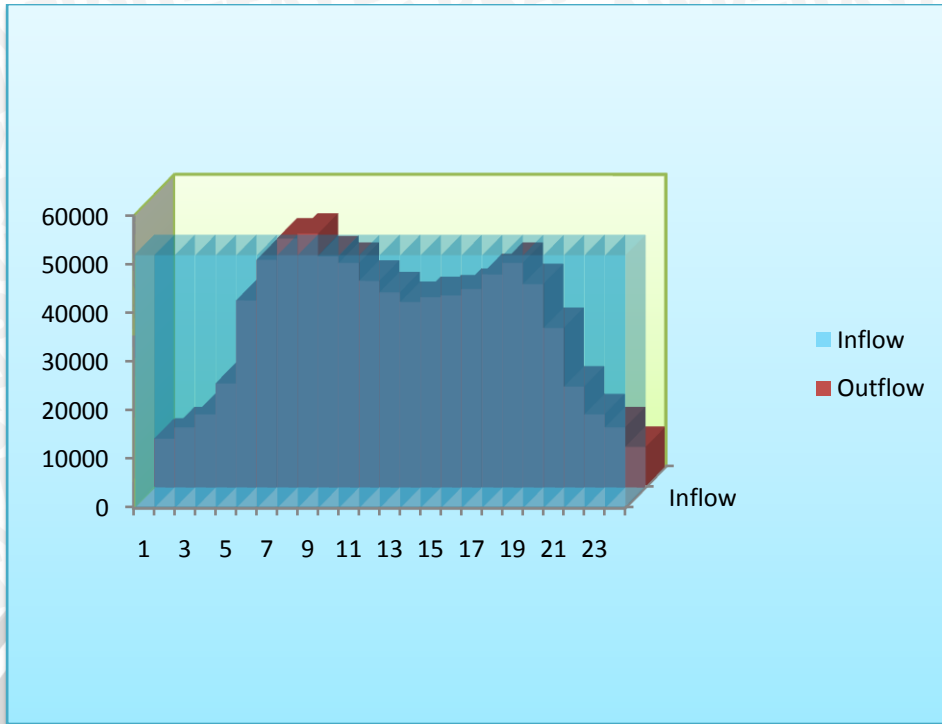
-01.00 = selisih pada jam 01.00 yaitu 41831.86 lt. Sehingga kondisi tandon pada jam 01.00 = 41831.86

- sedangkan pada jam 02.00 merupakan hasil dari kondisi tandon jam 01.00 + selisih pada jam ke-02.00.

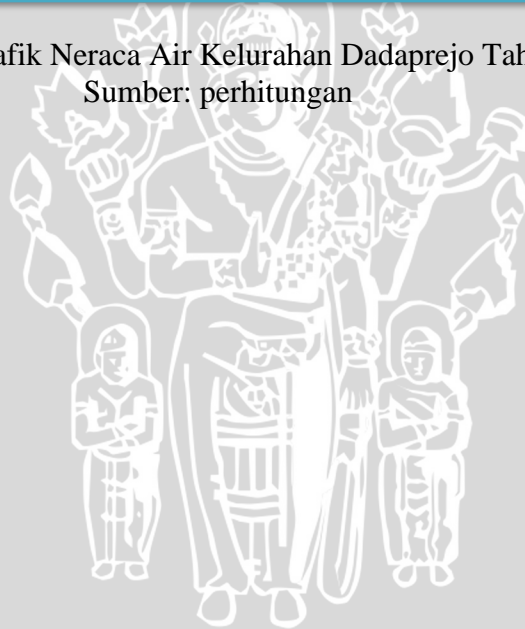
Tabel 4.14 Neraca Air Kelurahan Dadaprejo

Neraca Air Desa Dadaprejo					
Jam Satuan [1]	Inflow lt/Jam [2]	LF [3]	Outflow lt/Jam [4]	Selisih lt/Jam [5]	Kondisi Tandon (lt) [6]
24.00-01.00	51840	0.3	10008.14	41831.86	41831.86
01.00-02.00	51840	0.37	12343.37	39496.63	81328.50
02.00-03.00	51840	0.45	15012.20	36827.80	118156.29
03.00-04.00	51840	0.64	21350.69	30489.31	148645.60
04.00-05.00	51840	1.15	38364.52	13475.48	162121.09
05.00-06.00	51840	1.4	46704.63	5135.37	167256.45
06.00-07.00	51840	1.53	51041.49	798.51	168054.96
07.00-08.00	51840	1.56	52042.30	-202.30	167852.66
08.00-09.00	51840	1.42	47371.84	4468.16	172320.81
09.00-10.00	51840	1.38	46037.42	5802.58	178123.39
10.00-11.00	51840	1.27	42367.77	9472.23	187595.62
11.00-12.00	51840	1.2	40032.54	11807.46	199403.07
12.00-13.00	51840	1.14	38030.92	13809.08	213212.16
13.00-14.00	51840	1.17	39031.73	12808.27	226020.43
14.00-15.00	51840	1.18	39365.33	12474.67	238495.10
15.00-16.00	51840	1.22	40699.75	11140.25	249635.35
16.00-17.00	51840	1.31	43702.19	8137.81	257773.15
17.00-18.00	51840	1.38	46037.42	5802.58	263575.73
18.00-19.00	51840	1.25	41700.56	10139.44	273715.17
19.00-20.00	51840	0.98	32693.24	19146.76	292861.92
20.00-21.00	51840	0.62	20683.48	31156.52	324018.44
21.00-22.00	51840	0.45	15012.20	36827.80	360846.24
22.00-23.00	51840	0.37	12343.37	39496.63	400342.87
23.00-24.00	51840	0.25	8340.11	43499.89	443842.76
Akumulasi 1 Hari					5337029.64

Sumber: Perhitungan



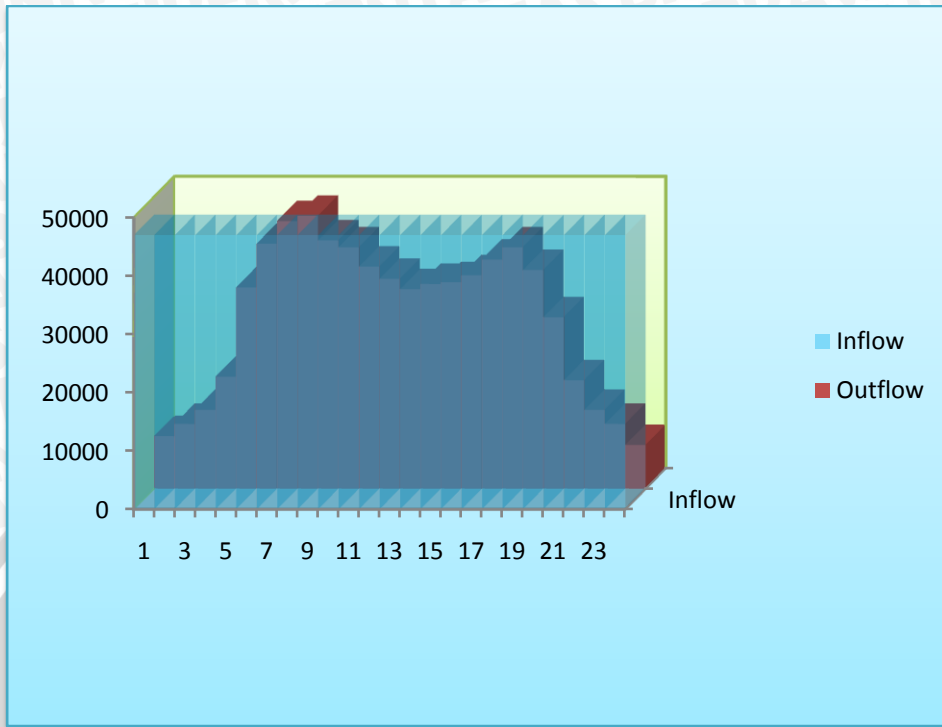
Gambar 4.1 Grafik Neraca Air Kelurahan Dadaprejo Tahun 2013
Sumber: perhitungan



Tabel 4.15 Neraca Air Desa Tlekung

Neraca Air Desa Tlekung					
Jam Satuan [1]	Inflow lt/Jam [2]	LF [3]	Outflow lt/Jam [4]	Selisih lt/Jam [5]	Kondisi Tandon (lt) [6]
24.00-01.00	46944	0.3	8989.23	37954.77	37954.77
01.00-02.00	46944	0.37	11086.71	35857.29	73812.06
02.00-03.00	46944	0.45	13483.84	33460.16	107272.22
03.00-04.00	46944	0.64	19177.02	27766.98	135039.21
04.00-05.00	46944	1.15	34458.70	12485.30	147524.51
05.00-06.00	46944	1.4	41949.72	4994.28	152518.78
06.00-07.00	46944	1.53	45845.05	1098.95	153617.73
07.00-08.00	46944	1.56	46743.98	200.02	153817.75
08.00-09.00	46944	1.42	42549.00	4395.00	158212.75
09.00-10.00	46944	1.38	41350.44	5593.56	163806.31
10.00-11.00	46944	1.27	38054.39	8889.61	172695.92
11.00-12.00	46944	1.2	35956.90	10987.10	183683.01
12.00-13.00	46944	1.14	34159.06	12784.94	196467.96
13.00-14.00	46944	1.17	35057.98	11886.02	208353.97
14.00-15.00	46944	1.18	35357.62	11586.38	219940.35
15.00-16.00	46944	1.22	36556.19	10387.81	230328.16
16.00-17.00	46944	1.31	39252.95	7691.05	238019.21
17.00-18.00	46944	1.38	41350.44	5593.56	243612.77
18.00-19.00	46944	1.25	37455.11	9488.89	253101.66
19.00-20.00	46944	0.98	29364.81	17579.19	270680.85
20.00-21.00	46944	0.62	18577.73	28366.27	299047.12
21.00-22.00	46944	0.45	13483.84	33460.16	332507.28
22.00-23.00	46944	0.37	11086.71	35857.29	368364.57
23.00-24.00	46944	0.25	7491.02	39452.98	407817.55
Akumulasi 1 Hari					4908196.49

Sumber : perhitungan



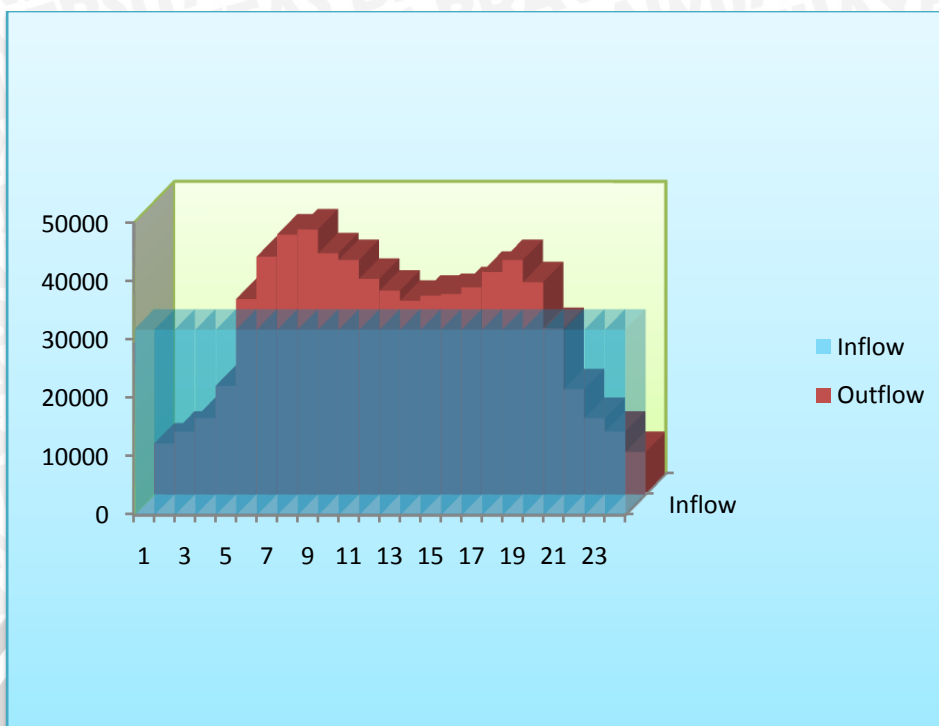
Gambar 4.1 Grafik Neraca Air Desa Tlekung Tahun 2013
Sumber : perhitungan



Tabel 4.16 Neraca Air Desa Beji

Neraca Air Desa Beji					
Jam Satuan [1]	Inflow lt/Jam [2]	LF [3]	Outflow lt/Jam [4]	Selisih lt/Jam [5]	Kondisi Tandon (lt) [6]
24.00-01.00	31680	0.3	8707.74	22972.26	22972.26
01.00-02.00	31680	0.37	10739.54	20940.46	43912.72
02.00-03.00	31680	0.45	13061.60	18618.40	62531.12
03.00-04.00	31680	0.64	18576.50	13103.50	75634.62
04.00-05.00	31680	1.15	33379.65	-1699.65	73934.97
05.00-06.00	31680	1.4	40636.10	-8956.10	64978.87
06.00-07.00	31680	1.53	44409.45	-12729.45	52249.42
07.00-08.00	31680	1.56	45280.22	-13600.22	38649.19
08.00-09.00	31680	1.42	41216.61	-9536.61	29112.58
09.00-10.00	31680	1.38	40055.58	-8375.58	20736.99
10.00-11.00	31680	1.27	36862.75	-5182.75	15554.25
11.00-12.00	31680	1.2	34830.94	-3150.94	12403.31
12.00-13.00	31680	1.14	33089.39	-1409.39	10993.91
13.00-14.00	31680	1.17	33960.17	-2280.17	8713.74
14.00-15.00	31680	1.18	34250.43	-2570.43	6143.32
15.00-16.00	31680	1.22	35411.46	-3731.46	2411.86
16.00-17.00	31680	1.31	38023.78	-6343.78	-3931.92
17.00-18.00	31680	1.38	40055.58	-8375.58	-12307.50
18.00-19.00	31680	1.25	36282.23	-4602.23	-16909.73
19.00-20.00	31680	0.98	28445.27	3234.73	-13675.00
20.00-21.00	31680	0.62	17995.99	13684.01	9.01
21.00-22.00	31680	0.45	13061.60	18618.40	18627.41
22.00-23.00	31680	0.37	10739.54	20940.46	39567.87
23.00-24.00	31680	0.25	7256.45	24423.55	63991.42
Akumulasi 1 Hari					616304.66

sumber : perhitungan



Gambar 4.3 Grafik Neraca Air Desa Beji Tahun 2013
sumber : perhitungan

setelah ini akan dilakukan analisa neraca air setiap 2 tahun sekali untuk mencari dimana hasilnya untuk menentukan pada tahun ke berapa kondisi tandon mengalami kritis atau kekurangan air sehingga diperlakukan alternatif penghematan air dengan menggunakan optimasi program dinamik deterministik model alokasi. Data perhitungan dan gambar dapat dilihat pada lampiran. Dan berikut adalah tabel yang menunjukkan kondisi ketersediaan dan kebutuhan eksisting

Tabel 4.17 Kondisi Kebutuhan dan Ketersediaan Eksisting

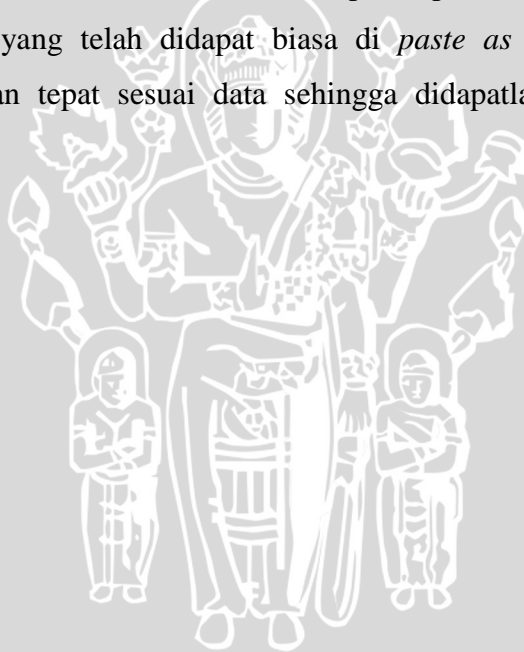
Daerah	Tahun	Ketersediaan Air lt/dt	Kebutuhan Air lt/dt		Kondisi
Tlekun g	2013	13.04	8.323357568	4.716642432	Surplus
	2014	13.04	8.538112599	4.501887401	Surplus
	2015	13.04	8.758408631	4.281591369	Surplus
	2016	13.04	8.984388628	4.055611372	Surplus
	2017	13.04	9.216199246	3.823800754	Surplus
	2018	13.04	9.453990923	3.586009077	Surplus
	2019	13.04	9.69791798	3.34208202	Surplus
	2020	13.04	9.948138719	3.091861281	Surplus
	2021	13.04	10.20481553	2.835184474	Surplus
	2022	13.04	10.46811498	2.571885023	Surplus
	2023	13.04	10.73820795	2.301792054	Surplus
Dadaprejo	2013	14.4	9.266792186	5.133207814	Surplus
	2014	14.4	9.751155347	4.648844653	Surplus
	2015	14.4	9.505889236	4.894110764	Surplus
	2016	14.4	10.00274969	4.397250311	Surplus
	2017	14.4	10.26083554	4.13916446	Surplus
	2018	14.4	10.52558039	3.874419609	Surplus
	2019	14.4	10.79715605	3.602843946	Surplus
	2020	14.4	11.07573877	3.324261227	Surplus
	2021	14.4	11.36150934	3.038490658	Surplus
	2022	14.4	11.65465322	2.745346782	Surplus
	2023	14.4	11.95536064	2.444639358	Surplus
Beji	2013	8.8	8.062718031	0.737281969	Surplus
	2014	8.8	8.270748174	0.529251826	Surplus
	2015	8.8	8.484145805	0.315854195	Surplus
	2016	8.8	8.703049412	0.096950588	Surplus
	2017	8.8	8.927601059	-0.127601059	Defisit
	2018	8.8	9.157946473	-0.357946473	Defisit
	2019	8.8	9.394235142	-0.594235142	Defisit
	2020	8.8	9.636620411	-0.836620411	Defisit
	2021	8.8	9.885259581	-1.085259581	Defisit
	2022	8.8	10.14031401	-1.340314012	Defisit
	2023	8.8	10.40194923	-1.601949228	Defisit

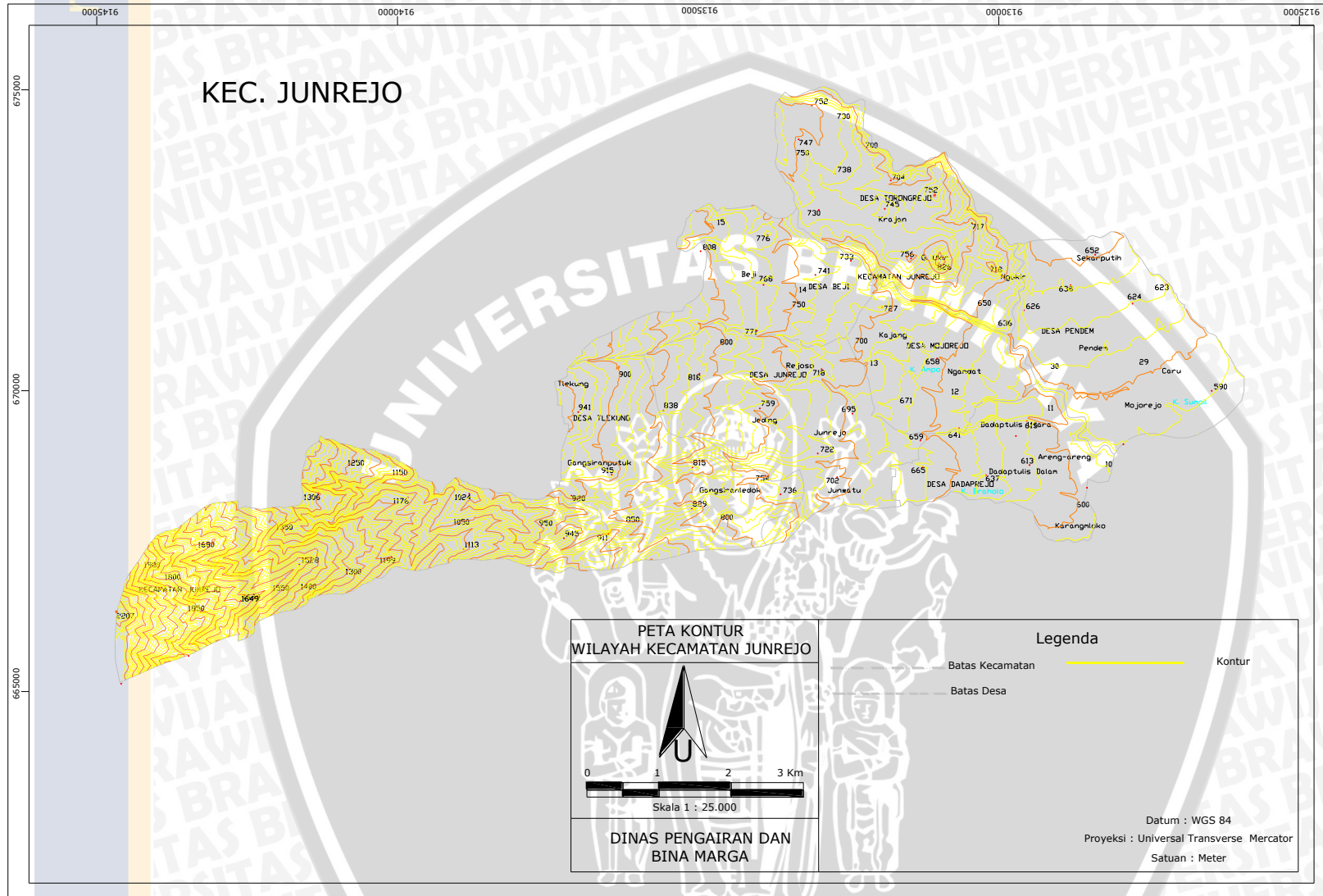
Sumber : perhiutngan

4.5 Pemodelan, Analisa dan Simulasi Jaringan Distribusi Air bersih dengan Program *WaterCAD V8 XM Edition*

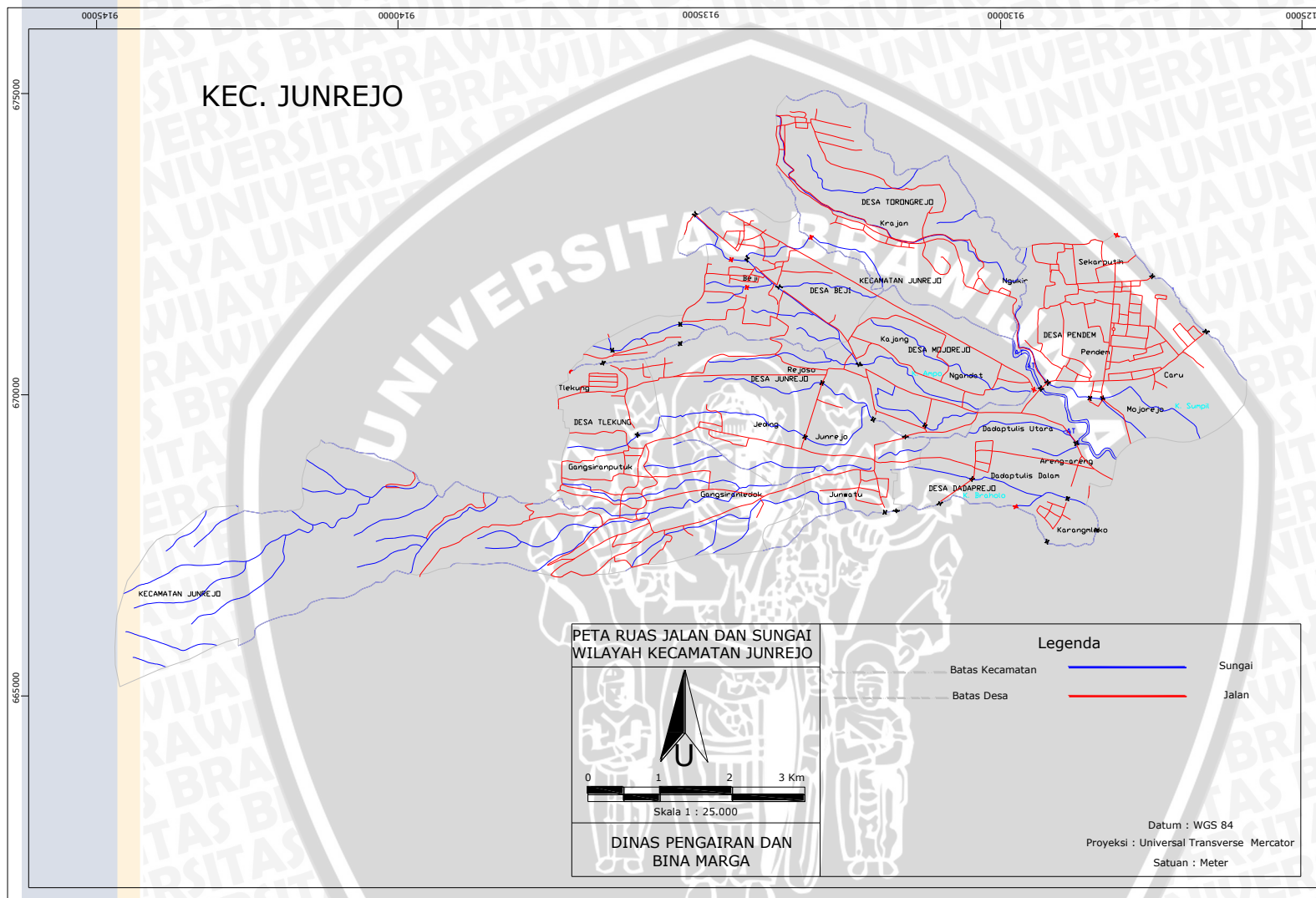
Yang pertama dilakukan adalah pembuatan skema jaringan distribusi air bersih berdasarkan ketentuan ketentuan yang ada.

1. Yang pertama dilakukan adalah melakukan survey lokasi, dimana akan ditentukan titik koordinat tiap bangunan utama, meninjau lokasi, spesifikasi dan kondisi bangunan. Selain itu dilakukan *routing* untuk membuat skema jaringan yang ada.
2. Setelah data tercatat data koordinat dimasukkan ke dalam aplikasi *Google Earth* dimana disana akan dihasilkan data koordinat yang sudah terkonversi kedalam koordinat axis X dan axis Y.
3. Setelah data koordinat sudah berupa axis maka pekerjaan selanjutnya adalah membuat skema di *AutoCAD*, dimana akan dipakai peta RBI dari Bakorsutanal sehingga koordinat yang telah didapat biasa di *paste as coordinate* sehingga plotting di peta akan tepat sesuai data sehingga didapatlah peta skema yang diperlukan.

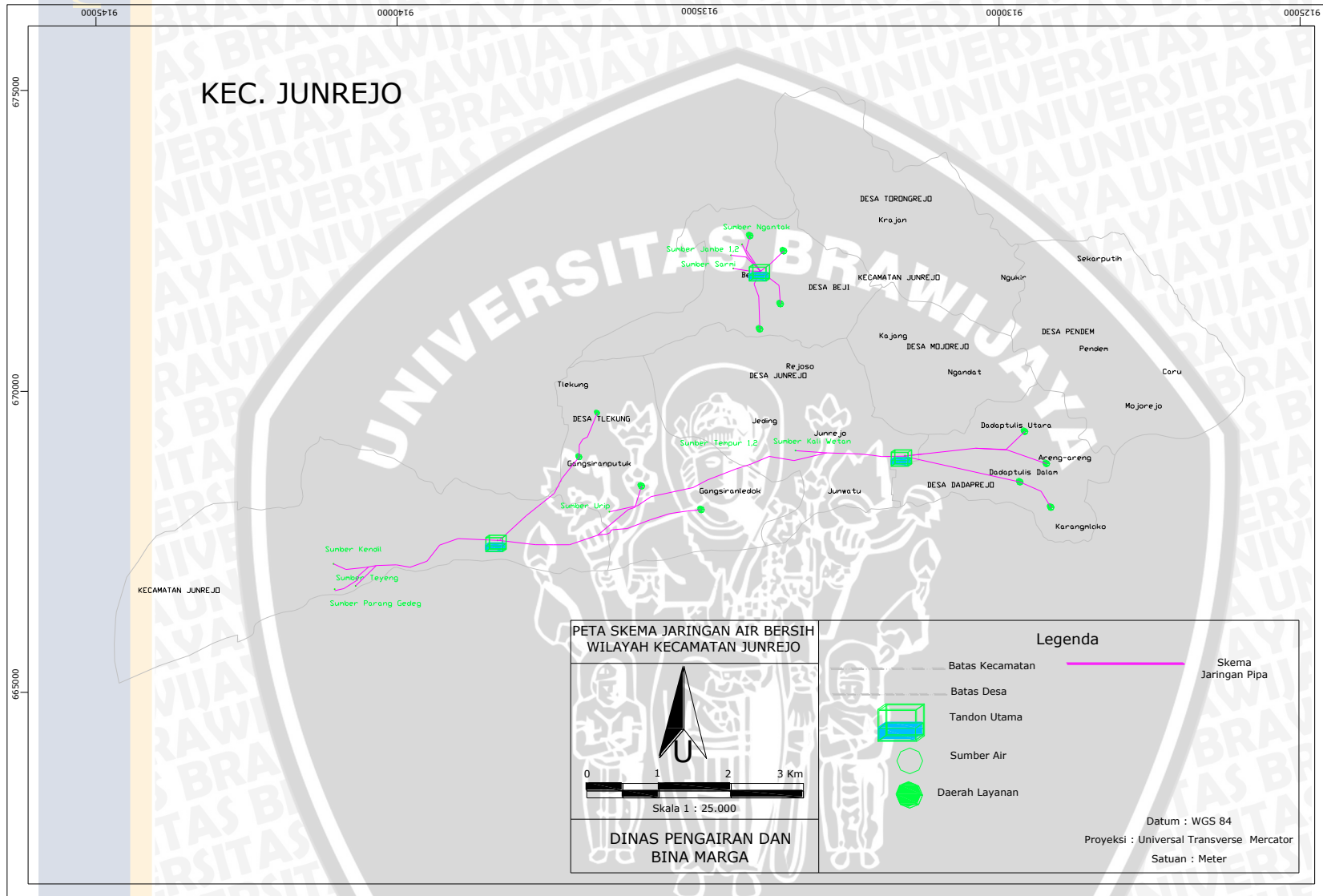




Gambar 4.4 Peta Kontur Wilayah Kecamatan Junrejo
Sumber : AutoCAD 2009



Gambar 4.5 Peta Ruas Jalan dan Sungai Wilayah Kecamatan Junrejo
Sumber : AutoCAD 2009



Gambar 4.6 Peta Skema Jaringan Air Bersih Wilayah Kecamatan Junrejo
Sumber : AutoCAD 2009

4.5.1 Pemodelan Komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih menggunakan *WaterCAD V8 XM Edition*

Setelah skema telah dibuat maka langkah selanjutnya adalah pemodelan ke dalam *WaterCAD V8 XM Edition*. Dalam *WaterCAD*, komponen-komponen sistem jaringan air bersih seperti titik simpul (*junction*), pipa (*pipe*), tandon (*tank*), mata air (*reservoir*) dan pompa (*pump*) tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan.

- Titik simpul (*junction*)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air bersih. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Jenis aliran berupa kebutuhan air bersih terjadi jika pada titik tersebut terjadi pengambilan air, sedangkan aliran masuk jika di dalam titik tersebut terjadi penambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul adalah elevasi dan kebutuhan air pada titik tersebut.

Dalam penelitian ini titik simpul yang digambarkan adalah titik dimana ada pengambilan air berdasarkan kebutuhan air bersih dan titik yang merupakan persilangan atau percabangan antara 2 pipa.

Sedangkan untuk kebutuhan air tiap titik (*demand*) berdasarkan perhitungan pada tabel 4.12-4.14

- Pemodelan kebutuhan air bersih

Kebutuhan air bersih pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan yang dipakai dalam penelitian ini adalah kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya (*Load Factor*) sesuai dengan pemakaian air.

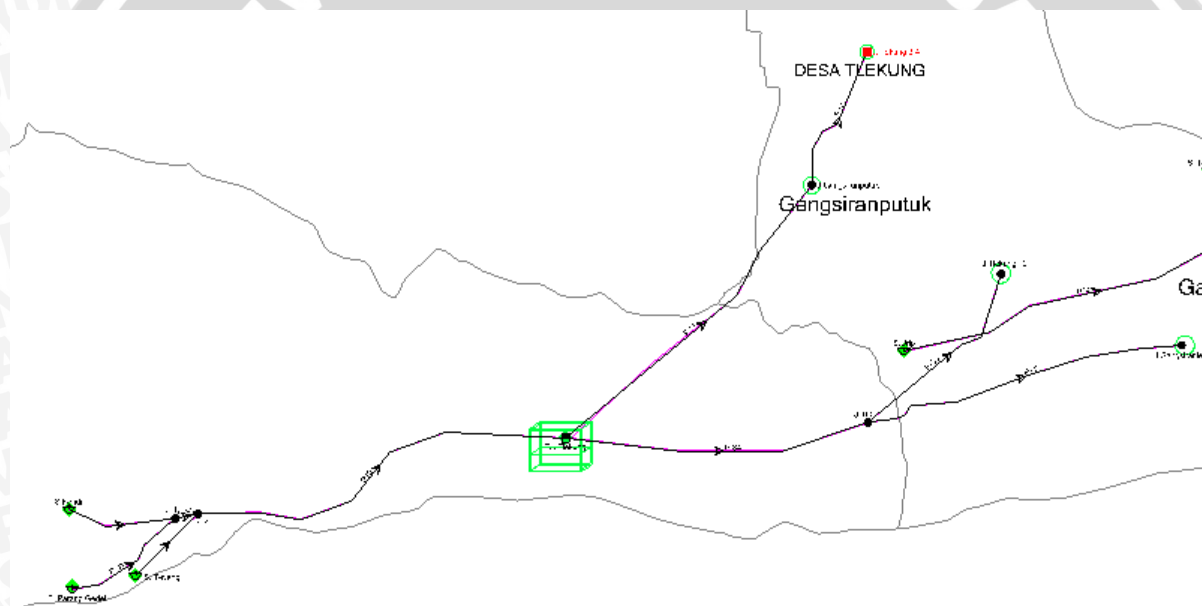
- Pipa (*pipe*)

Pipa adalah komponen yang menghubungkan katub, titik simpul, tandon dan mata air. Untuk memodelkan pipa diperlukan beberapa data teknis seperti jenis bahan, diameter, panjang, kekasaran dan status pipa.

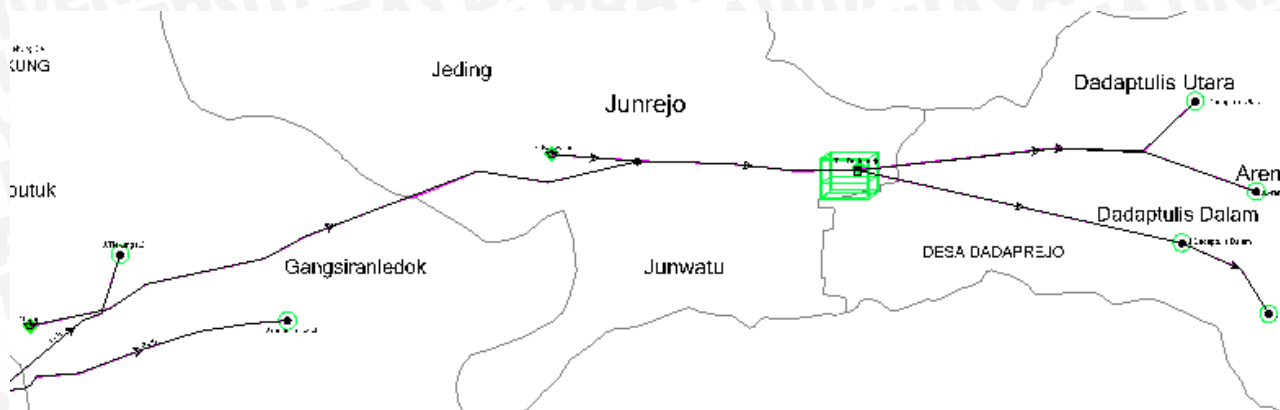
Dalam penelitian ini pipa yang dipakai berjenis PVC, *Galvanized Iron* dan *Cast Iron* dengan ukuran bervariasi mulai dari 1-8 dim

- Tandon (*tank*)
Untuk memodelkan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk ($p \times l \times t$) dan elevasi dasar tandon, elevasi minimum, initial dan maximum elevasi air yang ada pada tandon
- Mata air (*reservoir*)
Pada program *WaterCAD*, *reservoir* digunakan sebagai pemodelan dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Dalam hal ini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber yang tidak bisa habis atau elevasi konstan setiap waktu. Data yang diperlukan adalah data elevasi mata air tersebut.

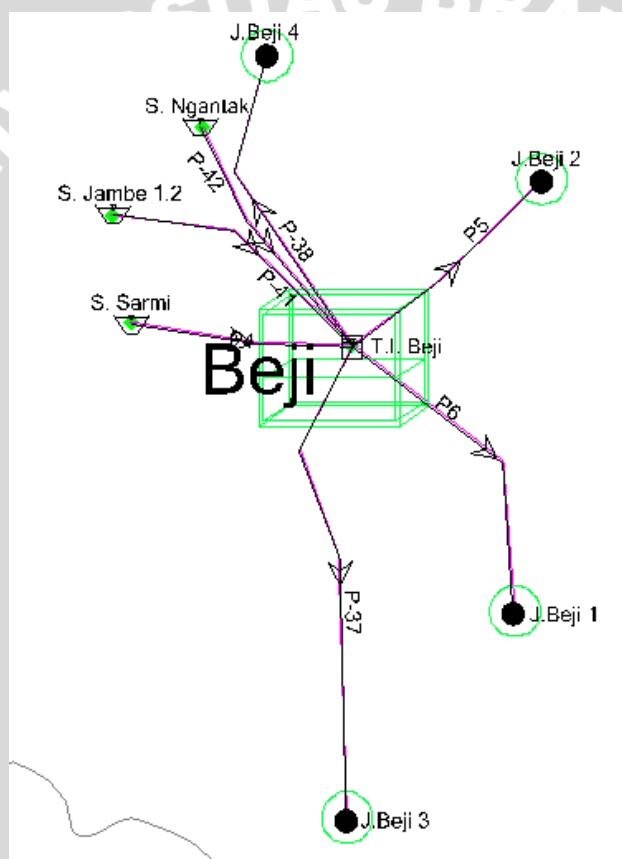
dalam penggambaran skema jaringan air bersih dibagi menjadi 3 jaringan yaitu jaringan air bersih Desa Tlekung, Dadaprejo dan Beji.



Gambar 4.7 Peta Skema Jaringan Air Bersih Desa Tlekung
Sumber : *WaterCAD V8 XM Edition*



Gambar 4.8 Peta Skema Jaringan Air Bersih Kelurahan Dadaprejo
 Sumber : WaterCAD V8 XM Edition



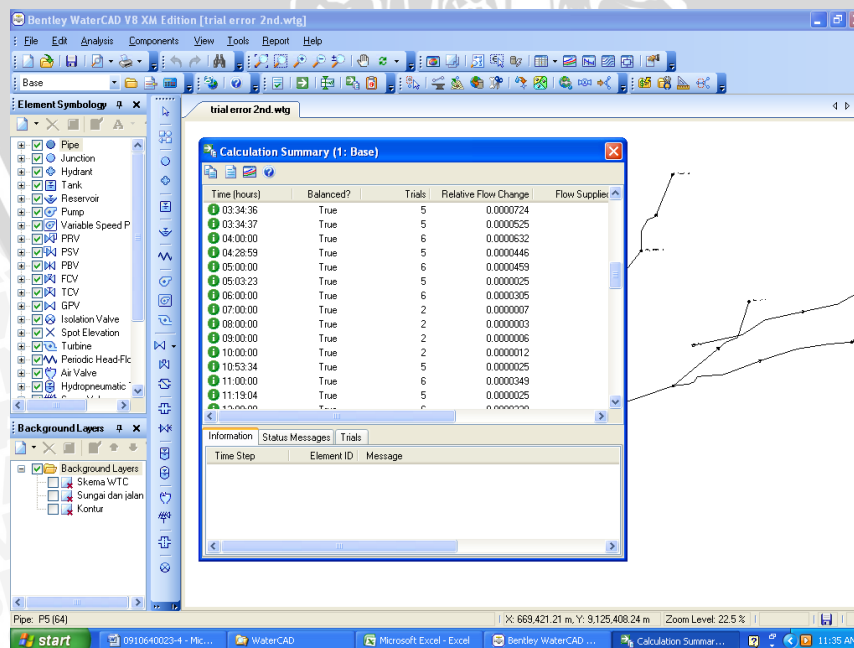
Gambar 4.9 Peta Skema Jaringan Air Bersih Desa Beji
 Sumber : WaterCAD V8 XM Edition

4.5.2 Simulasi Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Menggunakan *WaterCAD V8 XM Edition*

Simulasi jaringan perpipaan pada penelitian ini menggunakan *WaterCAD V8 XM Edition*. Program ini berisi tentang cara menganalisis jaringan perpipaan dari komponen perpipaan yang direncanakan. Dengan simulasi ini kita dapat mengetahui berhasil atau tidaknya suatu perencanaan. Dari ketiga rumus utama yang digunakan yaitu *Mannings*, *Hazen-William* dan *Darcy-Weisbach*, yang digunakan adalah rumus *Hazen-Williams*.

Komponen utama pada perencanaan ini adalah mata air (*Reservoir*), tandon (*Tank*), pipa (*Pipe*) dan titik simpul (*Junction*). Metode pengalirannya menggunakan gravitasi, kebutuhan air tiap titik (*junction*) sesuai dengan kebutuhan air pelanggan (tabel 4.12-4.14), dan pemakaian air (*demand pattern*) sesuai dengan nilai kebutuhan air tiap jamnya (*load factor*). Pada gambar 4.10 merupakan skema jaringan distribusi air bersih, dan pada jaringan tersebut dapat memenuhi syarat jika:

1. Aliran air di dalam pipa turbulen
2. Tekanan di tiap *junction* pada satu hari tidak negatif
3. Batas tekanan di setiap *junction* untuk jenis pipa PVC antara (0.1-8 atm), *Galvanized Iron* (0.1-16 atm) dan *Cast Iron* (0.1-24.3 atm)
4. Kecepatan yang ideal dalam pipa adalah 0,3-4,5 m/dt



Gambar 4.10 Hasil *Running* Skema Jaringan
Sumber : *WaterCAD*

Pada saat ini ada dua simulasi yaitu simulasi pada saat eksisting dan pada saat perencanaan. Pada saat eksisting akan dilihat kondisi sebenarnya pada jaringan sehingga apabila ada kesalahan maka dapat diselesaikan pada simulasi perencanaan

4.5.3 Analisa Hidrolika dalam Sistem Jaringan Pipa

4.5.3.1 Kehilangan Tekan pada Pipa

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi dua yaitu kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*). Dalam merencanakan sistem jaringan distribusi air bersih aliran dalam pipa harus berada pada kondisi aliran turbulen. Untuk mengetahui kondisi aliran dalam pipa turbulen atau tidak, dapat dihitung dengan identifikasi bilangan *Reynold*.

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Perhitungan pipa P20 (perencanaan) pukul 00.00 :

$$v = 0,26 \text{ m/s}$$

$$D = 0,0758 \text{ m}$$

$$\nu = 20^0 \text{ C} = 1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{0,26 \cdot 0,0758}{0,000001003}$$

$$Re = 19597,21 \rightarrow \text{Aliran Turbulen}$$

Perhitungan pada pipa yang lain pada kondisi eksisting dan perencanaan dapat dilihat pada tabel 4.18-4.21

Tabel 4.18 Karakteristik Aliran Air tiap Pipa berdasarkan Bilangan Reynold Jam 00.00
(Eksisting)

Label	Diameter (m)	Velocity (m/s)	v (m ³ /dt)	Bilangan Reynold	Aliran
P4	0.1008	1.56	0.000001003	156777.667	Turbulen
P5	0.0756	0.15	0.000001003	11306.08175	Turbulen
P6	0.0756	0.09	0.000001003	6783.649053	Turbulen
P7	0.0756	6.17	0.000001003	465056.8295	Turbulen
P9	0.0756	0.5	0.000001003	37686.93918	Turbulen
P10	0.1004	3.92	0.000001003	392390.8275	Turbulen
P11	0.0756	0.27	0.000001003	20350.94716	Turbulen
P12	0.063	0.19	0.000001003	11934.19741	Turbulen
P17	0.0756	1.76	0.000001003	132658.0259	Turbulen
P18	0.1008	2.35	0.000001003	236171.4855	Turbulen
P19	0.0756	0.1	0.000001003	7537.387836	Turbulen
P20	0.0756	0.26	0.000001003	19597.20837	Turbulen
P21	0.1008	0.15	0.000001003	15074.77567	Turbulen
P22	0.0756	0.19	0.000001003	14321.03689	Turbulen
P-31	0.0504	0.54	0.000001003	27134.59621	Turbulen
P-33	0.0756	6.41	0.000001003	483146.5603	Turbulen
P-34	0.063	0.41	0.000001003	25752.74177	Turbulen
P-35	0.0504	0.44	0.000001003	22109.67099	Turbulen
P-36	0.0378	0.35	0.000001003	13190.42871	Turbulen
P-37	0.0756	0.16	0.000001003	12059.82054	Turbulen
P-38	0.0756	0.14	0.000001003	10552.34297	Turbulen
P-41	0.0506	1.44	0.000001003	72646.06181	Turbulen
P-42	0.0506	2.01	0.000001003	101401.7946	Turbulen
P-43	0.0756	2.41	0.000001003	181651.0469	Turbulen

sumber : perhitungan

Tabel 4.19 Karakteristik Aliran Air tiap Pipa berdasarkan Bilangan Reynold Jam 07.00
(Eksisting)

Label	Diameter (m)	Velocity (m/s)	v (m ³ /dt)	Bilangan Reynold	Aliran
P4	0.1008	1.56	0.000001003	156777.667	Turbulen
P5	0.0756	0.76	0.000001003	57284.14756	Turbulen
P6	0.0756	0.44	0.000001003	33164.50648	Turbulen
P7	0.0756	6.17	0.000001003	465056.8295	Turbulen
P9	0.0756	0.5	0.000001003	37686.93918	Turbulen
P10	0.1004	3.92	0.000001003	392390.8275	Turbulen
P11	0.0756	1.41	0.000001003	106277.1685	Turbulen
P12	0.063	1	0.000001003	62811.5653	Turbulen
P17	0.0756	1.76	0.000001003	132658.0259	Turbulen
P18	0.1008	2.34	0.000001003	235166.5005	Turbulen
P19	0.0756	0.5	0.000001003	37686.93918	Turbulen
P20	0.0756	1.32	0.000001003	99493.51944	Turbulen
P21	0.1008	0.77	0.000001003	77383.84845	Turbulen
P22	0.0756	0.98	0.000001003	73866.4008	Turbulen
P-31	0.0504	0.54	0.000001003	27134.59621	Turbulen
P-33	0.0756	6.41	0.000001003	483146.5603	Turbulen
P-34	0.063	2.09	0.000001003	131276.1715	Turbulen
P-35	0.0504	2.26	0.000001003	113563.3101	Turbulen
P-36	0.0378	1.79	0.000001003	67459.62114	Turbulen
P-37	0.0756	0.85	0.000001003	64067.79661	Turbulen
P-38	0.0756	0.72	0.000001003	54269.19242	Turbulen
P-41	0.0506	1.44	0.000001003	72646.06181	Turbulen
P-42	0.0506	2.01	0.000001003	101401.7946	Turbulen
P-43	0.0756	2.41	0.000001003	181651.0469	Turbulen

sumber : perhitungan

Tabel 4.20 Karakteristik Aliran Air tiap Pipa berdasarkan Bilangan Reynold Jam 00.00
(Perencanaan)

Label	Diameter (m)	Velocity (m/s)	v (m ³ /dt)	Bilangan Reynold	Aliran
P4	0.1008	1.4	0.000001003	140697.9063	Turbulen
P5	0.0756	0.15	0.000001003	11306.08175	Turbulen
P6	0.0756	0.09	0.000001003	6783.649053	Turbulen
P7	0.0378	4.03	0.000001003	151878.3649	Turbulen
P9	0.0504	1.32	0.000001003	66329.01296	Turbulen
P10	0.0756	2.56	0.000001003	192957.1286	Turbulen
P11	0.0756	0.27	0.000001003	20350.94716	Turbulen
P12	0.0506	0.3	0.000001003	15134.59621	Turbulen
P17	0.0756	1.28	0.000001003	96478.56431	Turbulen
P18	0.1008	2.05	0.000001003	206021.9342	Turbulen
P19	0.0756	0.1	0.000001003	7537.387836	Turbulen
P20	0.0756	0.26	0.000001003	19597.20837	Turbulen
P21	0.1008	0.15	0.000001003	15074.77567	Turbulen
P22	0.0756	0.19	0.000001003	14321.03689	Turbulen
P-31	0.0756	0.96	0.000001003	72358.92323	Turbulen
P-33	0.0504	4.43	0.000001003	222604.1874	Turbulen
P-34	0.0756	0.28	0.000001003	21104.68594	Turbulen
P-35	0.0506	0.44	0.000001003	22197.40778	Turbulen
P-36	0.0505	0.19	0.000001003	9566.301097	Turbulen
P-37	0.0756	0.16	0.000001003	12059.82054	Turbulen
P-38	0.0756	0.14	0.000001003	10552.34297	Turbulen
P-41	0.0506	1.21	0.000001003	61042.87139	Turbulen
P-42	0.0508	1.66	0.000001003	84075.77268	Turbulen
P-43	0.0756	2.37	0.000001003	178636.0917	Turbulen

sumber : perhitungan

Tabel 4.21 Karakteristik Aliran Air tiap Pipa berdasarkan Bilangan Reynold Jam 07.00 (Perencanaan)

Label	Diameter (m)	Velocity (m/s)	v (m ³ /dt)	Bilangan Reynold	Aliran
P4	0.1008	1.25	0.000001003	125623.1306	Turbulen
P5	0.0756	0.76	0.000001003	57284.14756	Turbulen
P6	0.0756	0.44	0.000001003	33164.50648	Turbulen
P7	0.0378	4.03	0.000001003	151878.3649	Turbulen
P9	0.0504	1.31	0.000001003	65826.52044	Turbulen
P10	0.0756	2.55	0.000001003	192203.3898	Turbulen
P11	0.0756	1.41	0.000001003	106277.1685	Turbulen
P12	0.0506	1.55	0.000001003	78195.41376	Turbulen
P17	0.0756	1.26	0.000001003	94971.08674	Turbulen
P18	0.1008	2.04	0.000001003	205016.9492	Turbulen
P19	0.0756	0.5	0.000001003	37686.93918	Turbulen
P20	0.0756	1.32	0.000001003	99493.51944	Turbulen
P21	0.1008	0.77	0.000001003	77383.84845	Turbulen
P22	0.0756	0.98	0.000001003	73866.4008	Turbulen
P-31	0.0756	0.96	0.000001003	72358.92323	Turbulen
P-33	0.0504	4.42	0.000001003	222101.6949	Turbulen
P-34	0.0756	1.45	0.000001003	109292.1236	Turbulen
P-35	0.0506	2.24	0.000001003	113004.985	Turbulen
P-36	0.0505	1	0.000001003	50348.95314	Turbulen
P-37	0.0756	0.85	0.000001003	64067.79661	Turbulen
P-38	0.0756	0.72	0.000001003	54269.19242	Turbulen
P-41	0.0506	1.16	0.000001003	58520.43868	Turbulen
P-42	0.0508	1.61	0.000001003	81543.36989	Turbulen
P-43	0.0756	2.37	0.000001003	178636.0917	Turbulen

sumber : perhitungan

4.5.3.2 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Fluida yang mengalir di dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan karena adanya kekentalan kinematik. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung juga pada jenis pipa. Sedangkan dalam perhitungan ini pipa P20 akan dijadikan contoh perhitungan *Major Losses* :

$$Q = 1,15 \text{ l/dt} = 0.00115 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$L = 1503 \text{ m}$$

$$C_{hw} = 150 \text{ (Hazen-william untuk pipa PVC)}$$

$$D = 0,0756 \text{ m}$$

$$r = \frac{10.67 L}{C_{hw}^{1.85} D^{4.87}}$$

$$r = \frac{10.67 \cdot 1503}{150^{1.85} \cdot 0,00756^{4.87}}$$

$$r = 437713.864$$

sehingga :

$$hf = r \cdot Q^{1.85}$$

$$= 437713.864 \cdot 0,00115^{1.85}$$

$$= 1,598 \text{ m}$$

Untuk perhitungan kehilangan tinggi tekan mayor pada pipa pada keadaan eksisting dan perencanaan dapat di lihat pada tabel 4.22 sampai 4.25 berikut :



Tabel 4.22 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada Tiap Pipa Jam 00.00 (Eksisting)

Label	Scaled Length (m)	Diameter (m)	Material	Hazen-Williams C	Flow (m ³ /s)	r	hf (m)
P4	283.57	0.1008	PVC	150	0.01386	20333.07591	7.421
P5	319.98	0.0756	PVC	150	0.00066	93135.93528	0.122
P6	433.62	0.0756	PVC	150	0.00039	126212.9016	0.062
P7	378.32	0.0756	PVC	150	0.02771	110116.8418	144.788
P9	300.83	0.0756	PVC	150	0.00234	87561.98328	1.190
P10	1,367.64	0.1004	PVC	150	0.03114	99982.54864	163.141
P11	1,224.81	0.0756	PVC	150	0.00123	356502.9842	1.474
P12	518.01	0.063	PVC	150	0.00061	366391.3888	0.414
P17	317.12	0.0756	PVC	150	0.0081	92303.48083	12.471
P18	817.84	0.1008	PVC	150	0.01894	58642.32042	38.139
P19	1,326.63	0.0756	PVC	150	0.00043	386139.5269	0.228
P20	1,503.82	0.0756	PVC	150	0.00115	437713.864	1.598
P21	1,229.30	0.1008	PVC	150	0.0012	88145.60854	0.348
P22	431.1	0.0756	PVC	150	0.00085	125479.4103	0.262
P-31	446.44	0.0504	PVC	150	0.00108	936099.4221	3.042
P-33	80.43	0.0756	PVC	150	0.02879	23410.5984	33.038
P-34	1,057.62	0.063	PVC	150	0.00127	748060.5793	3.281
P-35	1,126.16	0.0504	PVC	150	0.00088	2361342.454	5.254
P-36	715.09	0.0378	PVC	150	0.00039	6086550.501	3.005
P-37	629.23	0.0756	PVC	150	0.00074	183148.711	0.296
P-38	421.92	0.0756	PVC	150	0.00063	122807.4061	0.147
P-41	366.03	0.0506	PVC	150	0.00305	752834.0524	16.698
P-42	342.4	0.0506	PVC	150	0.00416	704232.9305	27.736
P-43	2369.7	0.0756	PVC	150	0.01084	689743.8147	159.769

sumber : perhitungan

Tabel 4.23 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada Tiap Pipa Jam 07.00 (Eksisting)

Label	Scaled Length (m)	Diameter (m)	Material	Hazen-Williams C	Flow (m ³ /s)	r	hf (m)
P4	283.57	0.1008	PVC	150	0.01243	20333.07591	6.067
P5	319.98	0.0756	PVC	150	0.0034	93135.93528	2.526
P6	433.62	0.0756	PVC	150	0.00199	126212.9016	1.271
P7	378.32	0.0756	PVC	150	0.02771	110116.8418	144.788
P9	300.83	0.0756	PVC	150	0.00224	87561.98328	1.097
P10	1,367.64	0.10	PVC	150	0.03102	99982.54864	161.980
P11	1,224.81	0.08	PVC	150	0.00635	356502.9842	30.704
P12	518.01	0.063	PVC	150	0.00312	366391.3888	8.475
P17	317.12	0.0756	PVC	150	0.00789	92303.48083	11.880
P18	817.84	0.1008	PVC	150	0.01871	58642.32042	37.286
P19	1,326.63	0.08	PVC	150	0.00223	386139.5269	4.799
P20	1,503.82	0.08	PVC	150	0.00591	437713.864	33.009
P21	1,229.30	0.10	PVC	150	0.00618	88145.60854	7.220
P22	431.1	0.0756	PVC	150	0.00438	125479.4103	5.436
P-31	446.44	0.0504	PVC	150	0.00107	936099.4221	2.990
P-33	80.43	0.0756	PVC	150	0.02878	23410.5984	33.016
P-34	1,057.62	0.06	PVC	150	0.00652	748060.5793	67.654
P-35	1,126.16	0.05	PVC	150	0.00451	2361342.454	107.991
P-36	715.09	0.0378	PVC	150	0.00201	6086550.501	62.414
P-37	629.23	0.0756	PVC	150	0.0038	183148.711	6.101
P-38	421.92	0.0756	PVC	150	0.00324	122807.4061	3.046
P-41	366.03	0.0506	PVC	150	0.00291	752834.0524	15.307
P-42	342.4	0.0506	PVC	150	0.00405	704232.9305	26.394
P-43	2369.7	0.0756	PVC	150	0.01082	689743.8147	159.224

sumber : perhitungan

Tabel 4.24 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada Tiap Pipa Jam 00.00 (Perencanaan)

Label	Scaled Length (m)	Diameter (m)	Material	Hazen-Williams C	Flow (m ³ /s)	r	hf (m)
P4	283.57	0.1008	Galvanized iron	120	0.01114	30724.62607	7.486
P5	319.98	0.0756	PVC	150	0.00066	93135.93528	0.122
P6	433.62	0.0756	PVC	150	0.00039	126212.9016	0.062
P7	378.32	0.0378	PVC	150	0.00452	3220103.463	147.869
P9	300.83	0.0504	PVC	150	0.00263	630783.0597	10.636
P10	1,367.64	0.08	Galvanized iron	120	0.01147	601519.5743	154.683
P11	1,224.81	0.08	Galvanized iron	120	0.00123	538699.6503	2.227
P12	518.01	0.0506	Galvanized iron	120	0.00061	1609919.797	1.818
P17	317.12	0.0756	PVC	150	0.00576	92303.48083	6.637
P18	817.84	0.1008	Galvanized iron	120	0.01639	88612.43497	44.103
P19	1,326.63	0.08	PVC	150	0.00043	386139.5269	0.228
P20	1,503.82	0.08	PVC	150	0.00115	437713.864	1.598
P21	1,229.30	0.10	PVC	150	0.0012	88145.60854	0.348
P22	431.1	0.0756	PVC	150	0.00085	125479.4103	0.262
P-31	446.44	0.0756	PVC	150	0.00431	129944.3932	5.464
P-33	80.43	0.0504	Galvanized iron	120	0.00884	254835.8186	40.476
P-34	1,057.62	0.08	Galvanized iron	120	0.00127	465165.6373	2.040
P-35	1,126.16	0.05	Cast Iron	130	0.00088	3018257.568	6.715
P-36	715.09	0.0505	Cast Iron	130	0.00039	1935088.852	0.955
P-37	629.23	0.0756	PVC	150	0.00074	183148.711	0.296
P-38	421.92	0.0756	PVC	150	0.00063	122807.4061	0.147
P-41	366.03	0.0506	Galvanized iron	120	0.00244	1137582.177	16.698
P-42	342.4	0.0508	Galvanized iron	120	0.00333	1043894.457	27.238
P-43	2369.7	0.0756	PVC	150	0.01063	689743.8147	154.090

sumber : perhitungan

Tabel 4.25 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada Tiap Pipa Jam 07.00 (Perencanaan)

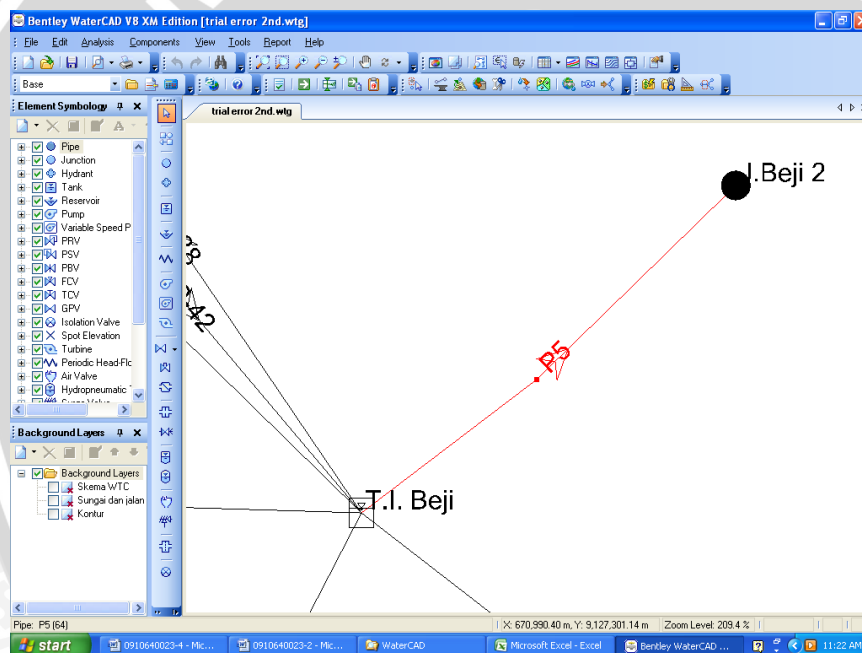
Label	Scaled Length (m)	Diameter (m)	Material	Hazen-Williams C	Flow (m ³ /s)	r	hf (m)
P4	283.57	0.1008	Galvanized iron	120	0.00999	30724.62607	6.119
P5	319.98	0.0756	PVC	150	0.0034	93135.93528	2.526
P6	433.62	0.0756	PVC	150	0.00199	126212.9016	1.271
P7	378.32	0.0378	PVC	150	0.00452	3220103.463	147.869
P9	300.83	0.0504	PVC	150	0.00261	630783.0597	10.487
P10	1,367.64	0.08	Galvanized iron	120	0.01143	601519.5743	153.686
P11	1,224.81	0.08	Galvanized iron	120	0.00635	538699.6503	46.396
P12	518.01	0.0506	Galvanized iron	120	0.00312	1609919.797	37.238
P17	317.12	0.0756	PVC	150	0.00568	92303.48083	6.468
P18	817.84	0.1008	Galvanized iron	120	0.0163	88612.43497	43.656
P19	1,326.63	0.08	PVC	150	0.00223	386139.5269	4.799
P20	1,503.82	0.08	PVC	150	0.00591	437713.864	33.009
P21	1,229.30	0.10	PVC	150	0.00618	88145.60854	7.220
P22	431.1	0.0756	PVC	150	0.00438	125479.4103	5.436
P-31	446.44	0.0756	PVC	150	0.0043	129944.3932	5.441
P-33	80.43	0.0504	Galvanized iron	120	0.00882	254835.8186	40.307
P-34	1,057.62	0.08	Galvanized iron	120	0.00652	465165.6373	42.069
P-35	1,126.16	0.05	Cast Iron	130	0.00451	3018257.568	138.033
P-36	715.09	0.0505	Cast Iron	130	0.00201	1935088.852	19.843
P-37	629.23	0.0756	PVC	150	0.0038	183148.711	6.101
P-38	421.92	0.0756	PVC	150	0.00324	122807.4061	3.046
P-41	366.03	0.0506	Galvanized iron	120	0.00233	1137582.177	15.332
P-42	342.4	0.0508	Galvanized iron	120	0.00324	1043894.457	25.892
P-43	2369.7	0.0756	PVC	150	0.01062	689743.8147	153.822

sumber : perhitungan

4.5.3.3 Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Faktor lain yang juga ikut menambah besarnya kehilangan tinggi tekan pada suatu aliran adalah kehilangan tinggi tekan minor. Kehilangan tinggi tekan minor ini disebabkan oleh adanya perubahan mendadak ataupun berangsur-angsur dari ukuran penampang pipa yang menyebabkan turbulensi, belokan-belokan, adanya katub dan berbagai jenis sambungan. Besaran nilai koefisien k sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik penyempitan, pelebaran, belokan, katub dan sambungan dari pipa. Dalam kasus ini berbeda dengan perhitungan *major Losses* karena di dalam perhitungannya menggunakan (v) yang berbeda tiap jamnya sehingga nilai dari *minor losses* bisa berbeda tiap jamnya. dan pada pipa P5 jam 00.00 yang akan dijadikan contoh perhitungan *minor losses*:

Gambar 4.11 Gambar Kondisi Pipa P5 Jam 00.00



Sumber : *WaterCAD*

Didalam P5 ada masukan berupa *bell mouth* dari tandon ke dalam pipa belokan tiba-tiba 15° dan keluaran sehingga K total sebesar:

bell mouth : $K = 0.05$

Belokan tiba-tiba 15° : $K = 0.05$

Keluaran : $K = 1 +$

$$K_{\text{total}} = 1.100$$

$$v \text{ (pukul 00.00)} = 0,16 \text{ m/s}$$

Sehingga kehilangan tinggi tekan minor sebesar :

$$h_{Lm} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{Lm} = 1.1 \frac{0,16^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$H_{lm} = 0.00144 \text{ m}$$

Dan perhitungan *minor losses* pada pipa yang lain pada jam 00.00 dan puncak dapat dilihat pada tabel 4.26 dan 4.29 berikut:



Tabel 4.26 Keadan Pipa pada Jam 00.00 (Eksisting)

Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	K	Minor Losses	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol v (0.3-4m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P4	283.57	S. Sarmi	T.I. Beji	100.8	PVC	150	1.1	0.169743119	13.86	1.74	Ya	26.343
P5	319.98	T.I. Beji	J.Beji 2	75.6	PVC	150	1.1	0.001261468	0.66	0.15	Tidak	0.376
P6	433.62	T.I. Beji	J.Beji 1	75.6	PVC	150	1.15	0.000474771	0.39	0.09	Tidak	0.139
P7	378.32	S.Kendil	J-1	75.6	PVC	150	0.15	0.291046636	27.71	6.17	Tidak	377.937
P9	300.83	S. Teyeng	J-2	75.6	PVC	150	0.05	0.000689093	2.34	0.52	Ya	3.882
P10	1,367.64	J-2	T.I. Tlekung	100.4	PVC	150	1.75	1.377603211	31.14	3.93	Ya	118.49
P11	1,224.81	T.I. Tlekung	J.Gangsiranputuk	75.6	PVC	150	1.15	0.004272936	1.23	0.27	Tidak	1.187
P12	518.01	J.Gangsiranputuk	J.Tlekung 3.4	63	PVC	150	1.3	0.002391947	0.61	0.19	Tidak	0.777
P17	317.12	S. Kaliwetan	J-5	75.6	PVC	150	0.05	0.008256881	8.1	1.8	Ya	38.696
P18	817.84	J-5	T.I. Dadaprejo	100.8	PVC	150	1.4	0.400798165	18.94	2.37	Ya	46.401
P19	1,326.63	T.I. Dadaprejo	J. Dadaptulis Utara	75.6	PVC	150	1.3	0.000662589	0.43	0.1	Tidak	0.171
P20	1,503.82	T.I. Dadaprejo	J.Areng Areng	75.6	PVC	150	1.2	0.004134557	1.15	0.26	Tidak	1.039
P21	1,229.30	T.I. Dadaprejo	J.Dadaptulis Dalam	100.8	PVC	150	1.05	0.001204128	1.2	0.15	Tidak	0.278
P22	431.1	J.Dadaptulis Dalam	J.Karangmloko	75.6	PVC	150	1.15	0.002115953	0.85	0.19	Tidak	0.6
P-31	446.44	S. Parang Gedek	J-1	50.4	PVC	150	0.3	0.004458716	1.08	0.54	Ya	6.676
P-33	80.43	J-1	J-2	75.6	PVC	150	0.3	0.62825841	28.79	6.41	Tidak	412.641
P-34	1,057.62	T.I. Tlekung	J-TG	63	PVC	150	0.65	0.005569062	1.27	0.41	Tidak	3.025
P-35	1,126.16	J-TG	J.Gangsiranledok	50.4	PVC	150	1.4	0.013814475	0.88	0.44	Ya	4.54
P-36	715.09	J-TG	J.Tlekung1.2	37.8	PVC	150	1.65	0.010301988	0.39	0.35	Ya	4.122
P-37	629.23	T.I. Beji	J.Beji 3	75.6	PVC	150	1.2	0.001565749	0.74	0.16	Tidak	0.46
P-38	421.92	T.I. Beji	J.Beji 4	75.6	PVC	150	1.25	0.001248726	0.63	0.14	Tidak	0.344
P-41	366.03	S. Jambe 1.2	T.I. Beji	50.6	PVC	150	1.15	0.133645005	3.05	1.51	Ya	44.996
P-42	342.4	S. Ngantak	T.I. Beji	50.6	PVC	150	1.1	0.240233945	4.16	2.07	Ya	80.228
P-43	2369.7	S.Urip	J-5	75.6	PVC	150	0.45	0.134321101	10.84	2.42	Ya	66.368

sumber : perhitungan

Tabel 4.27 Keadan Pipa pada Jam 07.00 (Eksisting)

Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	K	Minor Losses	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol v (0.3-4m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P4	283.57	S. Sarmi	T.I. Beji	100.8	PVC	150	1.1	0.136440367	12.43	1.56	Ya	21.512
P5	319.98	T.I. Beji	J.Beji 2	75.6	PVC	150	1.1	0.032383282	3.4	0.76	Ya	7.84
P6	433.62	T.I. Beji	J.Beji 1	75.6	PVC	150	1.15	0.011347604	1.99	0.44	Ya	2.906
P7	378.32	S.Kendil	J-1	75.6	PVC	150	0.15	0.291046636	27.71	6.17	tidak	377.788
P9	300.83	S. Teyeng	J-2	75.6	PVC	150	0.05	0.000637105	2.24	0.5	Ya	3.574
P10	1367.64	J-2	T.I. Tlekung	100.4	PVC	150	1.75	1.370601427	31.02	3.92	Ya	117.652
P11	1224.81	T.I. Tlekung	J.Gangsiiranputuk	75.6	PVC	150	1.15	0.116529817	6.35	1.41	Ya	24.72
P12	518.01	J.Gangsiiranputuk	J.Tlekung 3.4	63	PVC	150	1.3	0.066258919	3.12	1	Ya	16.188
P17	317.12	S. Kaliwetan	J-5	75.6	PVC	150	0.05	0.007893986	7.89	1.76	Ya	36.865
P18	817.84	J-5	T.I. Dadaprejo	100.8	PVC	150	1.4	0.390715596	18.71	2.34	Ya	45.358
P19	1326.63	T.I. Dadaprejo	J. Dadaptulis Utara	75.6	PVC	150	1.3	0.01656473	2.23	0.5	ya	3.552
P20	1503.82	T.I. Dadaprejo	J.Areng Areng	75.6	PVC	150	1.2	0.106568807	5.91	1.32	Ya	21.637
P21	1229.3	T.I. Dadaprejo	J.Dadaptulis Dalam	100.8	PVC	150	1.05	0.031730122	6.18	0.77	Ya	5.79
P22	431.1	J.Dadaptulis Dalam	J.Karangmloko	75.6	PVC	150	1.15	0.056292559	4.38	0.98	Ya	12.509
P-31	446.44	S. Parang Gedek	J-1	50.4	PVC	150	0.3	0.004458716	1.07	0.54	Ya	6.549
P-33	80.43	J-1	J-2	75.6	PVC	150	0.3	0.62825841	28.78	6.41	tidak	412.191
P-34	1057.62	T.I. Tlekung	J-TG	63	PVC	150	0.65	0.144712793	6.52	2.09	Ya	62.986
P-35	1126.16	J-TG	J.Gangsiiranledok	50.4	PVC	150	1.4	0.364456677	4.51	2.26	Ya	94.547
P-36	715.09	J-TG	J.Tlekung1.2	37.8	PVC	150	1.65	0.269457951	2.01	1.79	Ya	85.858
P-37	629.23	T.I. Beji	J.Beji 3	75.6	PVC	150	1.2	0.044189602	3.8	0.85	Ya	9.587
P-38	421.92	T.I. Beji	J.Beji 4	75.6	PVC	150	1.25	0.033027523	3.24	0.72	Ya	7.179
P-41	366.03	S. Jambe 1.2	T.I. Beji	50.6	PVC	150	1.15	0.121541284	2.91	1.44	Ya	41.253
P-42	342.4	S. Ngantak	T.I. Beji	50.6	PVC	150	1.1	0.226509174	4.05	2.01	Ya	76.227
P-43	2369.7	S.Urip	J-5	75.6	PVC	150	0.45	0.133213303	10.82	2.41	ya	66.123

sumber : perhitungan

Tabel 4.28 Keadan Pipa pada Jam 00.00 (Perencanaan)

Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	K	Minor Losses	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol v (0.3-4m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P4	283.57	S. Sarmi	T.I. Beji	100.8	Galvanized iron	120	1.1	0.10988787	11.14	1.4	Ya	26.343
P5	319.98	T.I. Beji	J.Beji 2	75.6	PVC	150	1.1	0.001261468	0.66	0.15	Tidak	0.376
P6	433.62	T.I. Beji	J.Beji 1	75.6	PVC	150	1.15	0.000474771	0.39	0.09	Tidak	0.139
P7	378.32	S.Kendil	J-1	37.8	PVC	150	0.15	0.124165902	4.52	4.03	Ya	384.304
P9	300.83	S. Teyeng	J-2	50.4	PVC	150	0.05	0.004440367	2.63	1.32	Ya	34.794
P10	1,367.64	J-2	T.I. Tlekung	75.6	Galvanized iron	120	1.75	0.584546381	11.47	2.56	Ya	111.691
P11	1,224.81	T.I. Tlekung	J.Gangsiranputuk	75.6	Galvanized iron	120	1.15	0.004272936	1.23	0.27	Tidak	1.792
P12	518.01	J.Gangsiranputuk	J.Tlekung 3.4	50.6	Galvanized iron	120	1.3	0.005963303	0.61	0.3	Ya	3.405
P17	317.12	S. Kaliwetan	J-5	75.6	PVC	150	0.05	0.004175331	5.76	1.28	Ya	20.576
P18	817.84	J-5	T.I. Dadaprejo	100.8	Galvanized iron	120	1.4	0.299872579	16.39	2.05	Ya	53.427
P19	1,326.63	T.I. Dadaprejo	J. Dadaptulis Utara	75.6	PVC	150	1.3	0.000662589	0.43	0.1	Tidak	0.171
P20	1,503.82	T.I. Dadaprejo	J.Areng Areng	75.6	PVC	150	1.2	0.004134557	1.15	0.26	Tidak	1.039
P21	1,229.30	T.I. Dadaprejo	J.Dadaptulis Dalam	100.8	PVC	150	1.05	0.001204128	1.2	0.15	Tidak	0.278
P22	431.1	J.Dadaptulis Dalam	J.Karangmloko	75.6	PVC	150	1.15	0.002115953	0.85	0.19	Tidak	0.6
P-31	446.44	S. Parang Gedek	J-1	75.6	PVC	150	0.3	0.014091743	4.31	0.96	Ya	12.071
P-33	80.43	J-1	J-2	50.4	Galvanized iron	120	0.3	0.300074924	8.84	4.43	Ya	498.315
P-34	1,057.62	T.I. Tlekung	J-TG	75.6	Galvanized iron	120	0.65	0.00259735	1.27	0.28	Tidak	1.881
P-35	1,126.16	J-TG	J.Gangsiranledok	50.6	Cast Iron	130	1.4	0.013814475	0.88	0.44	Ya	5.801
P-36	715.09	J-TG	J.Tlekung1.2	50.5	Cast Iron	130	1.65	0.003035933	0.39	0.19	Ya	1.31
P-37	629.23	T.I. Beji	J.Beji 3	75.6	PVC	150	1.2	0.001565749	0.74	0.16	Tidak	0.46
P-38	421.92	T.I. Beji	J.Beji 4	75.6	PVC	150	1.25	0.001248726	0.63	0.14	Tidak	0.344
P-41	366.03	S. Jambe 1.2	T.I. Beji	50.6	Galvanized iron	120	1.15	0.085816259	2.44	1.21	Ya	44.996
P-42	342.4	S. Ngantak	T.I. Beji	50.8	Galvanized iron	120	1.1	0.154493374	3.33	1.66	Ya	80.228
P-43	2369.7	S.Urip	J-5	75.6	PVC	150	0.45	0.128827982	10.63	2.37	Ya	63.943

sumber : perhitungan

Tabel 4.29 Keadan Pipa pada Jam 07.00 (Perencanaan)

Label	Scaled Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	K	Minor Losses	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Kontrol v (0.3-4m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P4	283.57	S. Sarmi	T.I. Beji	100.8	Galvanized iron	120	1.1	0.087601937	9.99	1.25	Ya	21.512
P5	319.98	T.I. Beji	J.Beji 2	75.6	PVC	150	1.1	0.032383282	3.4	0.76	Ya	7.84
P6	433.62	T.I. Beji	J.Beji 1	75.6	PVC	150	1.15	0.011347604	1.99	0.44	Ya	2.906
P7	378.32	S.Kendil	J-1	37.8	PVC	150	0.15	0.124165902	4.52	4.03	Ya	384.206
P9	300.83	S. Teyeng	J-2	50.4	PVC	150	0.05	0.004373344	2.61	1.31	Ya	34.2
P10	1367.64	J-2	T.I. Tlekung	75.6	Galvanized iron	120	1.75	0.579988532	11.43	2.55	Ya	110.949
P11	1224.81	T.I. Tlekung	J.Gangsiranputuk	75.6	Galvanized iron	120	1.15	0.116529817	6.35	1.41	Ya	37.321
P12	518.01	J.Gangsiranputuk	J.Tlekung 3.4	50.6	Galvanized iron	120	1.3	0.159187054	3.12	1.55	Ya	70.92
P17	317.12	S. Kaliwetan	J-5	75.6	PVC	150	0.05	0.004045872	5.68	1.26	Ya	20.03
P18	817.84	J-5	T.I. Dadaprejo	100.8	Galvanized iron	120	1.4	0.296954128	16.3	2.04	Ya	52.887
P19	1326.63	T.I. Dadaprejo	J. Dadaptulis Utara	75.6	PVC	150	1.3	0.01656473	2.23	0.5	ya	3.552
P20	1503.82	T.I. Dadaprejo	J.Areng Areng	75.6	PVC	150	1.2	0.106568807	5.91	1.32	Ya	21.637
P21	1229.3	T.I. Dadaprejo	J.Dadaptulis Dalam	100.8	PVC	150	1.05	0.031730122	6.18	0.77	Ya	5.79
P22	431.1	J.Dadaptulis Dalam	J.Karangmloko	75.6	PVC	150	1.15	0.056292559	4.38	0.98	Ya	12.509
P-31	446.44	S. Parang Gedek	J-1	75.6	PVC	150	0.3	0.014091743	4.3	0.96	Ya	11.988
P-33	80.43	J-1	J-2	50.4	Galvanized iron	120	0.3	0.298721713	8.82	4.42	Ya	496.557
P-34	1057.62	T.I. Tlekung	J-TG	75.6	Galvanized iron	120	0.65	0.069654689	6.52	1.45	Ya	39.158
P-35	1126.16	J-TG	J.Gangsiranledok	50.6	Cast Iron	130	1.4	0.358034659	4.51	2.24	Ya	120.789
P-36	715.09	J-TG	J.Tlekung1.2	50.5	Cast Iron	130	1.65	0.084097859	2.01	1	Ya	27.295
P-37	629.23	T.I. Beji	J.Beji 3	75.6	PVC	150	1.2	0.044189602	3.8	0.85	Ya	9.587
P-38	421.92	T.I. Beji	J.Beji 4	75.6	PVC	150	1.25	0.033027523	3.24	0.72	Ya	7.179
P-41	366.03	S. Jambe 1.2	T.I. Beji	50.6	Galvanized iron	120	1.15	0.07887054	2.33	1.16	Ya	41.253
P-42	342.4	S. Ngantak	T.I. Beji	50.8	Galvanized iron	120	1.1	0.145326707	3.24	1.61	Ya	76.227
P-43	2369.7	S.Urip	J-5	75.6	PVC	150	0.45	0.128827982	10.62	2.37	ya	63.87

sumber : perhitungan

Tabel 4.30 Kondisi Junction Jam 00.00 (Eksisiting)

Label	Material	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol Pressure
J-1	PVC	1245	0	1,257.02	1.2	Ya
J-2	PVC	1210	0	1,223.83	1.3	Ya
J.Tlekung 3.4	PVC	916	0.61	1,059.92	13.9	tidak
J.Gangsiranputuk	PVC	917	0.63	1,060.33	13.8	tidak
J.Gangsiranledok	PVC	807	0.88	1,053.47	23.8	tidak
J-5	PVC	722	0	722.73	0.1	Ya
J. Dadaptulis Utara	PVC	615	0.43	684.55	6.7	Ya
J.Areng Areng	PVC	610	1.15	683.22	7.1	Ya
J.Dadaptulis Dalam	PVC	618	0.35	684.44	6.4	Ya
J.Karangmloko	PVC	607	0.85	684.18	7.5	Ya
J.Beji 1	PVC	762	0.39	793.47	3	Ya
J.Beji 2	PVC	755	0.66	793.41	3.7	Ya
J-TG	PVC	899	0	1,058.58	15.4	tidak
J.Tlekung1.2	PVC	845	0.39	1,055.63	20.3	tidak
J.Beji 3	PVC	771	0.74	793.24	2.1	Ya
J.Beji 4	PVC	790	0.63	793.38	0.3	Ya

[(PVC)0.1-8 atm];[(Galvanized Iron)0.1-16 atm];[(Cast Iron)0.1-24.3 atm]

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.31 Kondisi Junction Jam 07.00 (Eksisiting)

Label	Material	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol Pressure
J-1	PVC	1245	0	1,257.08	1.2	Ya
J-2	PVC	1210	0	1,223.92	1.3	Ya
J.Tlekung 3.4	PVC	916	3.12	1,024.36	10.5	tidak
J.Gangsiranputuk	PVC	917	3.23	1,032.74	11.2	tidak
J.Gangsiranledok	PVC	807	4.51	889.93	8	ya
J-5	PVC	722	0	723.31	0.1	Ya
J. Dadaptulis Utara	PVC	615	2.23	681.5	6.4	Ya
J.Areng Areng	PVC	610	5.91	653.68	4.2	Ya
J.Dadaptulis Dalam	PVC	618	1.8	679.1	5.9	Ya
J.Karangmloko	PVC	607	4.38	673.7	6.4	Ya
J.Beji 1	PVC	762	1.99	793.64	3.1	Ya
J.Beji 2	PVC	755	3.4	792.39	3.6	Ya
J-TG	PVC	899	0	996.4	9.4	tidak
J.Tlekung1.2	PVC	845	2.01	935.01	8.7	tidak
J.Beji 3	PVC	771	3.8	788.87	1.7	Ya
J.Beji 4	PVC	790	3.24	791.87	0.2	Ya

[(PVC)0.1-8 atm];[(Galvanized Iron)0.1-16 atm];[(Cast Iron)0.1-24.3 atm]

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.32 Kondisi Junction Jam 00.00 (Perencanaan)

Label	Material	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol Pressure
J-1	PVC	1245	0	1,254.61	0.9	Ya
J-2	Galvanized iron	1210	0	1,214.53	0.4	Ya
J.Tlekung 3.4	Galvanized iron	916	0.61	1,057.82	13.7	Ya
J.Gangsiranputuk	Galvanized iron	917	0.63	1,059.58	13.8	ya
J.Gangsiranledok	Cast Iron	807	0.88	1,053.26	23.8	Ya
J-5	Galvanized iron	722	0	728.47	0.6	Ya
J. Dadaptulis Utara	PVC	615	0.43	684.55	6.7	Ya
J.Areng Areng	PVC	610	1.15	683.22	7.1	Ya
J.Dadaptulis Dalam	PVC	618	0.35	684.44	6.4	Ya
J.Karangmloko	PVC	607	0.85	684.18	7.5	Ya
J.Beji 1	PVC	762	0.39	793.47	3	Ya
J.Beji 2	PVC	755	0.66	793.41	3.7	Ya
J-TG	Galvanized iron	899	0	1,059.79	15.5	Ya
J.Tlekung1.2	Cast Iron	845	0.39	1,058.85	20.7	Ya
J.Beji 3	PVC	771	0.74	793.24	2.1	Ya
J.Beji 4	PVC	790	0.63	793.38	0.3	Ya

[(PVC)0.1-8 atm];[(Galvanized Iron)0.1-16 atm];[(Cast Iron)0.1-24.3 atm]

Sumber : *WaterCAD*

Tabel 4.33 Kondisi Junction Jam 07.00 (Perencanaan)

Label	Material	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (atm)	Kontrol Pressure
J-1	PVC	1245	0	1254.65	0.9	Ya
J-2	Galvanized iron	1210	0	1214.71	0.5	Ya
J.Tlekung 3.4	Galvanized iron	916	3.12	980.52	6.2	Ya
J.Gangsiranputuk	Galvanized iron	917	3.23	1017.26	9.7	ya
J.Gangsiranledok	Cast Iron	807	4.51	885.53	7.6	ya
J-5	Galvanized iron	722	0	728.65	0.6	Ya
J. Dadaptulis Utara	PVC	615	2.23	680.68	6.3	Ya
J.Areng Areng	PVC	610	5.91	652.86	4.1	Ya
J.Dadaptulis Dalam	PVC	618	1.8	678.28	5.8	Ya
J.Karangmloko	PVC	607	4.38	672.89	6.4	Ya
J.Beji 1	PVC	762	1.99	793.64	3.1	Ya
J.Beji 2	PVC	755	3.4	792.39	3.6	Ya
J-TG	Galvanized iron	899	0	1021.56	11.8	Ya
J.Tlekung1.2	Cast Iron	845	2.01	1002.04	15.2	Ya
J.Beji 3	PVC	771	3.8	788.87	1.7	Ya
J.Beji 4	PVC	790	3.24	791.87	0.2	Ya

[(PVC)0.1-8 atm];[(Galvanized Iron)0.1-16 atm];[(Cast Iron)0.1-24.3 atm]

Sumber : *WaterCAD*

4.6 Optimasi dengan Metode Program Dinamik Deterministik Model Alokasi

Optimasi pada umumnya berfungsi untuk memanfaatkan air sehemat mungkin sesuai dengan kebutuhan yang ada dan menghasilkan nilai maksimum. Optimasi sendiri ada dua jenis, yaitu optimasi untuk pengalokasian air dan optimasi pola operasinya. Optimasi untuk alokasi sendiri mempunyai fungsi sebagai alternatif darurat disaat suatu ketersediaan air yang lebih kecil daripada kebutuhan air dan diwaktu tersebut belum ditemukan alternatif lain seperti penambahan sumber ketersediaan air. Ketika suatu ketersediaan lebih kecil dari kebutuhan maka dilakukan optimasi alokasi dan beserta optimasi pola operasinya untuk langkah penanganan awal. Untuk optimasi sebenarnya dapat dilakukan kapan saja atau berdasarkan kondisi neraca air pada setiap tahun dan pada tahun ke-n, dimana kondisi neraca air mengalami defisit atau kekurangan air.

4.6.1 Dinamik Detereministik Model Alokasi (Diskrit)

Secara umum model ini mengalokasikan sejumlah S sumber daya (*resources*) ke N sasaran (*target*). Setiap sasaran N_i mendapatkan alokasi sumber daya sebanyak D_i . Setiap lokasi D_i akan mengakibatkan suatu *return* R_i . Tujuan (*objective*) adalah mengoptimasikan *return* keseluruhan R .

Dalam model alokasi ini, problem dibagi menjadi N tahap (*stage*). Pada setiap tahap, dialokasikan sumber daya sebanyak D_i kepada sasaran N_i . *State-Variable*-nya adalah banyaknya sumber daya S baik sebelum maupun sesudah suatu tahap. Jadi *state variable input* (S_i) adalah banyaknya sumber daya S sesuai tahap ke- i , dan *state variable output* (S_{i+1}) adalah banyaknya sumber daya Sesuai tahap ke- i . Variabel keputusan (*Decicion Variable*) adalah alokasi D_i ke N_i . Jadi dapat disimpulkan bahwa *Stage Transformation* adalah:

$$S_{i+1} = S_i + D_i$$

Kendala jumlah sumber daya S dinyatakan sebagai

$$S = \sum_{i=1}^n D_i$$

Disamping kendala jumlah sumber daya, terdapat kendala lain yang bergantung pada kondisi yang ada. Optimasi fungsi tujuan (*Objective Function*), dapat berupa memaksimalkan atau meminimumkan.

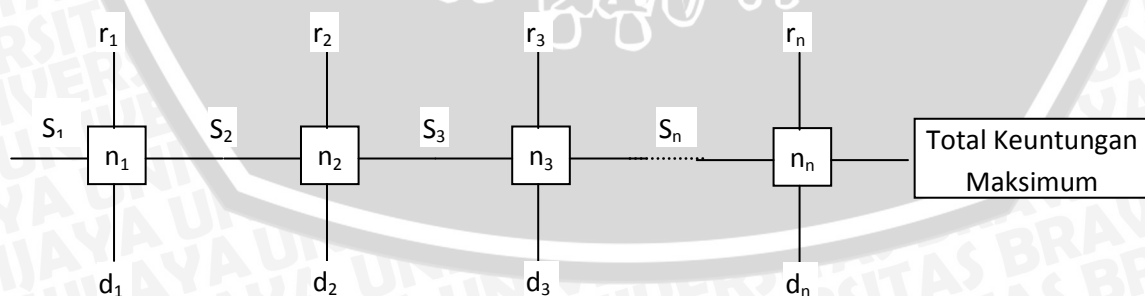
4.6.2 Dasar Perhitungan Program Dinamik

Dalam penerapan program dinamik untuk alokasi distribusi air bersih, maka diperlukan dasar perhitungan yang digunakan. Berdasarkan perhitungan sebelumnya maka didapatkan beberapa data yang yang diperlukan :

1. Optimasi dinamik dalam penelitian ini yang dipakai untuk acuan ada 2 yaitu ketika suatu keadaan dimana kebutuhan air lebih besar daripada ketersediaan air dan pada awal (untuk analisa ekonomi) dan akhir tahun proyeksi
2. Daerah yang akan dikaji adalah Desa Tlekung, Beji dan Kelurahan dadaprejo. Dimana masing-masing daerah terdapat 4 daerah layanan dimana nantinya akan menjadi acuan dalam penentuan tahap (*Stage*)
3. Debit yang tersedia merupakan debit kebutuhan yang dipakai dalam satu tahun kalender (sesuai dengan proyeksi kebutuhan air)
4. Untuk batasan debit digunakan debit total sebagai kebutuhan utama yang dibatasi oleh debit minimum (debit suplai air) dan debit maksimum (debit jam puncak).
5. Untuk manfaat debit adalah debit yang ada dikalikan oleh harga air (Rp 500.00 / m^3) dimana batasanya ketika debit yang dipakai lebih dari debit maksimum maka keuntunganya dianggap sama dengan debit maksimum.
6. *State Variable* merupakan debit tersedia dengan interval 0,1 lt/dt.

4.6.3 Optimasi Alokasi Air

Sistem tahapan yang dipakai dalam studi ini menggunakan metode *forward recursive*, yaitu dimulai dimulai dari tahap awal bergerak menuju tahapan akhir. Tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.12 Diagram tahapan program dinamik deterministik model alokasi

Keterangan :

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$ = *Stage* (tahap) yaitu setiap daerah layanan

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ = *State variable* yaitu debit total kebutuhan air yang dipakai dalam satu tahun proyeksi sebagai debit *inflow* dan *outflow*.

$r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ = *Stage return* yaitu keuntungan debit yang dipakai.

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = *decision variable* yaitu debit alokasi maksimum untuk setiap daerah layanan

cara yang dipakai dalam program dinamik ini adalah *forward recursive* yaitu seperti berikut :

1. Tahap (*stage*) yang dipakai berdasarkan jumlah daerah layanan dan besaran alokasi tiap daerah.
2. Membuat tabel *recursive* yang memuat unsur sebagai berikut :
 - a. Pada batas kiri kolom pada tabel *recursive* adalah Debit *inflow* (debit yang tersedia) dikurangi debit yang dialokasikan dengan batas debit maksimum tiap tahap
 - b. Pada batas kanan kolom pada tabel *recursive* adalah Debit *inflow* (debit yang tersedia) dikurangi debit yang dialokasikan dengan batas debit minimum tiap tahap
 - c. Keuntungan dari besaran debit yang akan dialokasikan yaitu berdasarkan penggunaan debit dikalikan dengan harga jual dan jumlah penduduk
 - d. Keuntungan debit dari tahap (*stage*) sebelumnya akan menjadi nilai tambah untuk keuntungan debit pada tahap (*stage*) berikutnya untuk menghasilkan nilai maksimal yang diperlukan
 - e. Nilai alokasi air dan keuntungan debit dari masing-masing tahap (*stage*) merupakan *return*
3. Nilai *return* pada tahap (*stage*) sebelumnya akan ditransformasikan ke tahap berikutnya.
4. Dari nilai *return* akan didapat nilai maksimal yang akan menjadi *decision variable* pada setiap tahap (*stage*) yang akan menjadi akumulasi total nilai maksimal yang didapat setelah seluruh tahap (*stage*) selesai
5. Pada tahap (*stage*) selanjutnya cara yang dipakai sama seperti yg dijelaskan diatas.

4.6.3.1 Optimasi di Desa Beji Tahun 2017

Berdasarkan neraca air yang terlampir dapat dilihat pada tahun 2013-2023 kondisi air pada tahun 2017 mengalami kekurangan air, maka diperlukanlah optimasi untuk menjaga agar air tetap tersedia untuk pelanggan.

Keterangan :

Lokasi : Desa Beji

Sumber Mata Air : S Ngantak, Sarmi dan Jambe 1,2

Harga Air Rp 500,00 /m³ = Rp 0.50 /lt

Jumlah Penduduk (2017) = 4550

Kebutuhan Total Air = 8,9 lt/dt

Suplai Air (kebutuhan min) = 7,1 lt/dt

Kebutuhan Maksimum = 13,9 lt/dt

Tabel 4.34 Sebaran pelanggan dan kebutuhan air Desa Beji Tahun 2017 berdasarkan prosentase sebaran pelanggan tahun 2013

	Jumlah pelanggan	Prosentase	min	keb total	jam puncak
	Jiwa	%	lt/dt		
Beji 1	732.6	16.1%	1.1	1.4	2.2
Beji 2	1242.2	27.3%	1.9	2.4	3.8
Beji 3	1387.8	30.5%	2.2	2.7	4.2
Beji 4	1187.6	26.1%	1.9	2.3	3.6
Jumlah	4550.2	100.0%	7.1	8.9	13.9

Sumber : perhitungan

Untuk keuntungan debit di setiap daerah layanan didapat dari debit air yang dipakai (dengan batasan debit minimum dan maksimum dari daerah tersebut) dikalikan dengan jumlah pelanggan dan harga jual air, contoh seperti berikut :

Keuntungan debit di daerah Beji 1

Debit yang dipakai = 0,1 lt

Harga air bersih = Rp 500,00 /m³ = Rp 0,5 /lt

Pelanggan (Beji 1) = 732,6

Keuntungan debit = 0,1 x 0,5 x 732,6 = Rp 36,6 /dt

Untuk perhitungan keuntungan debit di daerah lain dapat dilihat pada tabel 4.35-4.38 berikut :

Beji 1			
0.1	33.1	2.7	661.6
0.2	66.2	2.8	661.6
0.3	99.2	2.9	661.6
0.4	132.3	3.0	661.6
0.5	165.4	3.1	661.6
0.6	198.5	3.2	661.6
0.7	231.6	3.3	661.6
0.8	264.6	3.4	661.6
0.9	297.7	3.5	661.6
1.0	330.8	3.6	661.6
1.1	363.9	3.7	661.6
1.2	397.0	3.8	661.6
1.3	430.0	3.9	661.6
1.4	463.1	4.0	661.6
1.5	496.2	4.1	661.6
1.6	529.3	4.2	661.6
1.7	562.4	4.3	661.6
1.8	595.4	4.4	661.6
1.9	628.5	4.5	661.6
2.0	661.6	4.6	661.6
2.1	661.6	4.7	661.6
2.2	661.6	4.8	661.6
2.3	661.6	4.9	661.6
2.4	661.6	5.0	661.6
2.5	661.6	5.1	661.6
2.6	661.6	5.2	661.6

Beji 2			
0.1	56.1	2.7	1514.5
0.2	112.2	2.8	1570.6
0.3	168.3	2.9	1626.7
0.4	224.4	3.0	1682.8
0.5	280.5	3.1	1738.9
0.6	336.6	3.2	1795.0
0.7	392.6	3.3	1851.1
0.8	448.7	3.4	1907.2
0.9	504.8	3.5	1907.2
1.0	560.9	3.6	1907.2
1.1	617.0	3.7	1907.2
1.2	673.1	3.8	1907.2
1.3	729.2	3.9	1907.2
1.4	785.3	4.0	1907.2
1.5	841.4	4.1	1907.2
1.6	897.5	4.2	1907.2
1.7	953.6	4.3	1907.2
1.8	1009.7	4.4	1907.2
1.9	1065.8	4.5	1907.2
2.0	1121.9	4.6	1907.2
2.1	1177.9	4.7	1907.2
2.2	1234.0	4.8	1907.2
2.3	1290.1	4.9	1907.2
2.4	1346.2	5.0	1907.2
2.5	1402.3	5.1	1907.2
2.6	1458.4	5.2	1907.2

Beji 3			
0.1	62.7	2.7	1692.0
0.2	125.3	2.8	1754.7
0.3	188.0	2.9	1817.4
0.4	250.7	3.0	1880.0
0.5	313.3	3.1	1942.7
0.6	376.0	3.2	2005.4
0.7	438.7	3.3	2068.0
0.8	501.3	3.4	2130.7
0.9	564.0	3.5	2193.4
1.0	626.7	3.6	2256.0
1.1	689.3	3.7	2318.7
1.2	752.0	3.8	2381.4
1.3	814.7	3.9	2381.4
1.4	877.3	4.0	2381.4
1.5	940.0	4.1	2381.4
1.6	1002.7	4.2	2381.4
1.7	1065.4	4.3	2381.4
1.8	1128.0	4.4	2381.4
1.9	1190.7	4.5	2381.4
2.0	1253.4	4.6	2381.4
2.1	1316.0	4.7	2381.4
2.2	1378.7	4.8	2381.4
2.3	1441.4	4.9	2381.4
2.4	1504.0	5.0	2381.4
2.5	1566.7	5.1	2381.4
2.6	1629.4	5.2	2381.4

Beji 4			
0.1	53.6	2.7	1447.9
0.2	107.3	2.8	1501.6
0.3	160.9	2.9	1555.2
0.4	214.5	3.0	1608.8
0.5	268.1	3.1	1662.4
0.6	321.8	3.2	1716.1
0.7	375.4	3.3	1769.7
0.8	429.0	3.4	1769.7
0.9	482.6	3.5	1769.7
1.0	536.3	3.6	1769.7
1.1	589.9	3.7	1769.7
1.2	643.5	3.8	1769.7
1.3	697.2	3.9	1769.7
1.4	750.8	4.0	1769.7
1.5	804.4	4.1	1769.7
1.6	858.0	4.2	1769.7
1.7	911.7	4.3	1769.7
1.8	965.3	4.4	1769.7
1.9	1018.9	4.5	1769.7
2.0	1072.5	4.6	1769.7
2.1	1126.2	4.7	1769.7
2.2	1179.8	4.8	1769.7
2.3	1233.4	4.9	1769.7
2.4	1287.1	5.0	1769.7
2.5	1340.7	5.1	1769.7
2.6	1394.3	5.2	1769.7

Penyelesaian tabel *recursive* :

1. Untuk tahap (*stage*) dibagi menjadi 4, yaitu Beji 1, Beji 2, Beji 3 dan beji 4
2. Pada tahap 1 (Beji 1) dengan debit tersedia 8,9 lt/dt.
3. Untuk batas kiri pada tabel *recursive* Debit *inflow* (debit yang tersedia) dikurangi debit yang dialokasikan dengan batas debit maksimum pada tahap 1

$$= 8,9 - 2,2 = 6,7$$
4. Untuk batas kanan pada tabel *recursive* Debit *inflow* (debit yang tersedia) dikurangi debit yang dialokasikan dengan batas debit minimum pada tahap 1

$$= 8,9 - 1,1 = 7,8$$
5. Untuk interval *state variable* dipakai 0,1 lt/dt
6. Untuk penyelesaian tahap 1 (*stage*)

Debit tersedia (<i>inflow</i>)	= 8,9 lt/dt
Debit sisa (<i>outflow</i>)	= 6,7 lt/dt
Debit yang dialokasikan	= 8,9 - 6,7 = 2,2 lt/dt
Keuntungan yang didapat	= Rp 805,8 /dt.(tabel keuntung debit 4.44)

Dan begitu seterusnya sampai debit sisa (*outflow*) 7,8

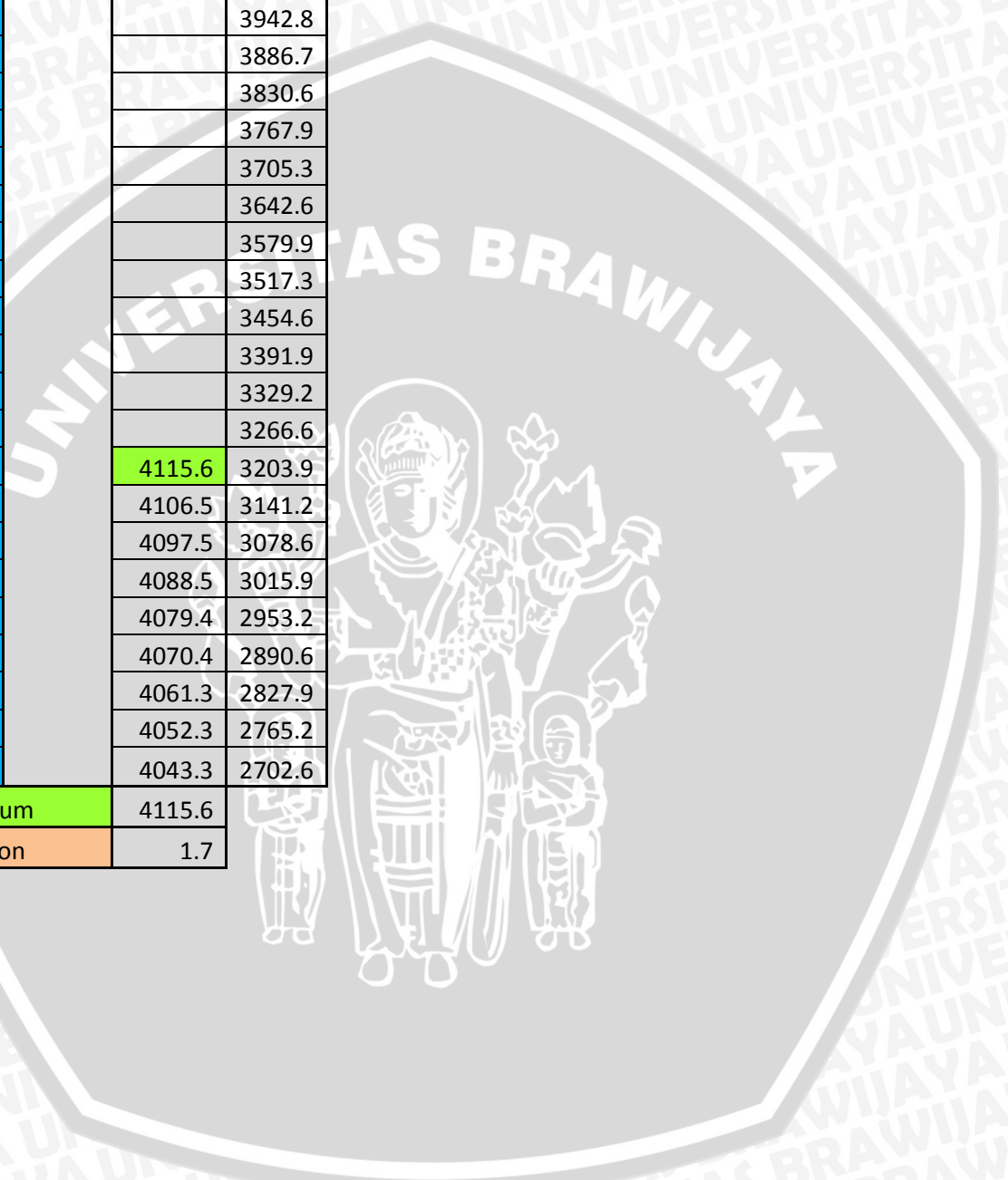
7. Dari keseluruhan debit sisa (*outflow*) dan debit yang dialokasikan diperoleh nilai keuntungan dan keuntungan maksimum dari tahap 1 (Beji 1)
8. Setelah itu nilai debit sisa (*outflow*) dan keuntungan debit ditransformasikan ke tahap 2 (Beji 2)
9. Pada tahap 2 untuk perhitungan batas kiri dan kanan sama seperti diatas yaitu debit yang tersedia - keutuhan maksimum (batas kiri) dan minimum (batas kanan)
10. Penyelesaian tahap 2 :

Debit tersedia (<i>inflow</i>)	= 6,7 lt/dt
Debit sisa (<i>outflow</i>)	= 2,9 lt/dt
Debit yang dialokasikan	= 6,7 - 2,9 = 3,8 lt/dt
Keuntungan yang didapat	= 805,8 + 2360,2 = Rp 3166,0 /dt
11. Demikian dan seterusnya hingga debit sisa 5,9 lt/dt
12. Dari masing-masing tahap ditentukan nilai maksimum sebagai *decision variable*.

Hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.39 – 4.42 :

Alokasi ke daerah 4 (Beji 4)

Tersedia	Sisa	0.0
0.1		4167.1
0.2		4111.1
0.3		4055.0
0.4		3998.9
0.5		3942.8
0.6		3886.7
0.7		3830.6
0.8		3767.9
0.9		3705.3
1.0		3642.6
1.1		3579.9
1.2		3517.3
1.3		3454.6
1.4		3391.9
1.5		3329.2
1.6		3266.6
1.7	4115.6	3203.9
1.8	4106.5	3141.2
1.9	4097.5	3078.6
2.0	4088.5	3015.9
2.1	4079.4	2953.2
2.2	4070.4	2890.6
2.3	4061.3	2827.9
2.4	4052.3	2765.2
2.5	4043.3	2702.6
Maximum		4115.6
Decicion		1.7



Dari tabel 4.39 - 4.42 maka dapat disimpulkan hasil dari optimasi seperti berikut :

- Jalur Optimal = $8,9 - 7,8 - 5,9 - 1,9 - 0,0$
- Maka alokasi yang didapat untuk tiap tahap atau daerah adalah :

Beji 1	= 1,1 lt/dt
Beji 2	= 1,9 lt/dt
Beji 3	= 4,0 lt/dt
Beji 4	= 1,9 lt/dt
- Keuntungan maksimum = Rp 5.486,8 /dt

Dikarenakan ada faktor yang menyebabkan nilai maksimal diatas tidak seperti nilai pada keadaan nyata maka diperlukan suatu faktor pengali yang bisa membuat nilai diatas menjadi seperti nilai pada keadaan yang sebenarnya maka digunakanlah perhitungan seperti ini :

Total debit normal yg dipakai = 8,9 lt/dt

Keuntungan yang didapat dalam 1 hari = $8,9 \times 60 \times 60 \times 24 \times \text{Rp } 0,5 = \text{Rp } 385.672,37$

Keuntungan yang didapat pada program dinamik dengan pemakaian debit normal = $\text{Rp } 5.486,8 / \text{dt} = 5.486,8 / \text{dt} \times 60 \times 60 \times 24 = \text{Rp } 460.019.520,00$

Faktor pengali = $\text{Keuntungan Optimasi} / \text{Keuntungan nyata}$
 $= 460.019.520 / 385.672,37$
 $= 1.192,77$

Nilai keuntungan optimasi yang sebenarnya adalah :

= $\text{nilai optimasi} / \text{faktor pengali} \times 60 \times 60 \times 24$
 $= 5.486,8 / 1.192,77 \times 60 \times 60 \times 24$
 $= \text{Rp } 397.444.84 / \text{hr}$

Maka dari hasil diatas dapat dibandingkan antar kebutuhan air eksisting dan setelah dilakukan optimasi sebagai berikut :

- Kebutuhan air eksisting adalah $8,97280 \text{ lt/dt} = 771.344,7315 \text{ lt/hr} = 771,344 \text{ m}^3/\text{hr}$ maka dengan hasil itu didapatkan keuntungan dalam 1 hari = $\text{Rp } 500,00 \times 771,344 = \text{Rp } 385.672,37$
- Sedangkan kebutuhan air setelah optimasi dapat ditekan sebesar $8,8 \text{ lt/dt} = 760.320 \text{ lt/hr} = 760,320 \text{ dn}$ menghasilkan keuntungan dalam 1 hari = $\text{Rp } 392.418,48$

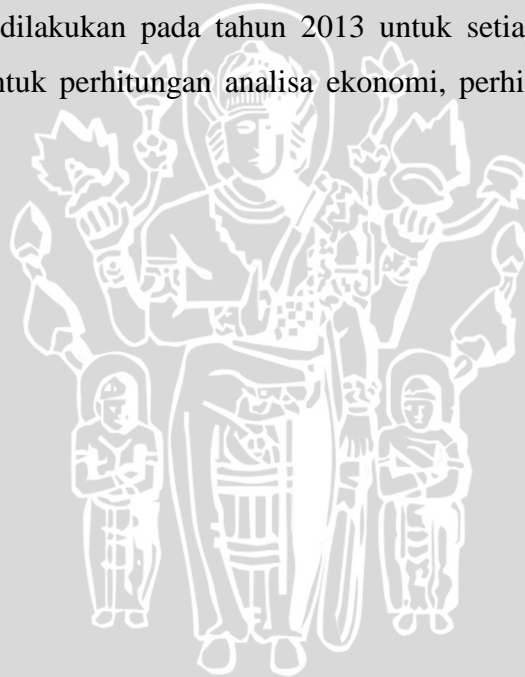
Tabel 4.43 Manfaat Air Bersih Desa Beji Tahun 2017

Manfaat Air Bersih 2017			
	Eksisting	Optimasi	
	lt/dt	lt/dt	
Beji	8.92760	8.80000	
Jumlah	8.927601059	8.8	(lt/dt)
	771344.7315	760320	(lt/hr)
	771.3447315	760.32	m3/hr
Manfaat Air Bersih	385,672.37	392,418.48	Rp/hr

Sumber : perhitungan

- Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam hasil optimasi selain pemakaian debit yang lebih hemat didapatkan juga keuntungan yang sedikit lebih besar daripada kondisi eksisting

Selanjutnya optimasi akan dilakukan pada tahun 2013 untuk setiap daerah yang mana hasilnya akan digunakan untuk perhitungan analisa ekonomi, perhitungannya dijelaskan pada lampiran studi ini.



4.7 Analisa ekonomi

4.7.1 Analisa Investasi

Pelaksanaan proyek – proyek pemerintahan secara esensi memiliki karakteristik maupun tujuan yang berbeda dengan proyek swasta. Kita biasa mendengar proyek swasta selalu diukur berdasarkan nilai keuntungan yang dijanjikan, sedangkan proyek pemerintahan criteria kelayakannya tidak senantiasa harus diukur menurut keuntungan yang didapat.

Dalam pengembangan proyek air bersih dapat dibedakan atas manfaat langsung (*direct benefit*) dan manfaat tidak langsung (*indirect benefit*). *Direct benefit* adalah manfaat yang didapat setelah proyek selesai, sedangkan *indirect benefit* adalah manfaat yang akan dinikmati secara berangsur-angsur dalam jangka waktu yang lama (Sunaryo dan Sjarief, 2001).

Dalam studi ini yang diperhitungkan dalam analisa ekonomi adalah manfaat yang termasuk dalam kategori *direct* dan *intangibile benefit*, yaitu manfaat langsung yang dapat dinikmati pelanggan dan dapat dinilai dengan uang.

Perhitungan manfaat-biaya (*benefit-cost*) terhadap biaya konstruksi ini terdiri dari hasil manfaat yang diperoleh dari pemakai air oleh pelanggan sebagai komponen manfaat (*benefit*) dan biaya konstruksi jaringan distribusi, operasi dan pemeliharaan sebagai component biaya (*cost*).

Perhitungan *benefit-cost* terhadap biaya konstruksi dalam studi ini dilakukan terhadap biaya konstruksi yang telah dialokasikan pada Dokumen Penggunaan Anggaran Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu mulai tahun 2007-2009 untuk mengetahui nilai keuntungan dari biaya konstruksinya. Untuk perhitungan analisa ekonomi teknik pada studi ini, semua nilai manfaat dan biaya diproyeksikan pada tahun 2013. Berikut analisa dari evaluasi anggaran biaya yang telah dialokasikan pada jaringan distribusi air Kecamatan Junrejo :

- Dari data diperoleh jumlah biaya untuk konstruksi (*cost*) adalah :

Tabel 4.44 Jumlah Biaya Kontruksi Jaringan Distribusi Air Kecamatan Junrejo

No	Tahun Anggaran	Sumber Dana	Jumlah Anggaran (Rp)
1	2007	APBN dan APBD	534,631,000.00
2	2008	APBN dan APBD	236,282,000.00
3	2009	APBN dan APBD	156,392,000.00

Sumber : DPBM, 2013

Pembangun jaringan distribusi ini sebenarnya sudah ada sejak tahun 1997, namun data untuk biaya konstruksi awal kesulitan untuk didapat karena berasal dari dana swadaya masyarakat dan belum ada kepengurusan. Dan pada tahun 2007 barulah pemerintah khususnya dinas pengairan melakukan perombakan total mulai dari broncaptearing sumber air, tandon penguras, tandon utama, pipa, sambungan pipa dan pelengkap lainnya. Pada tahun pertama dibangun jalur utama sehingga langsung bisa dipakai, sedangkan pada tahun berikutnya untuk melengkapi jaringan yang sudah ada.

- Untuk nilai biaya berasal dari 2 keadaan yaitu pada saat pengeluaran dana pembangunan jaringan dan OP, semua data telah tersedia sehingga dari pengeluaran dana pembangunan akan diproyeksikan ke tahun 2013

Contoh perhitungan proyeksi nilai pada tahun 2013 untuk nilai pada tahun 2007

$$P = \text{Rp } 534,631,000.00$$

$$i = 15\%$$

$$n = 6 \text{ tahun}$$

$$F = P \times (1+i)^n$$

$$= 534,631,000.00 \times (1+15\%)^6$$

$$= \text{Rp } 1,236,633,990.19$$

- Untuk manfaat air bersih dan Operasi dan pemeliharaan sudah dimulai sejak 2008 (1 tahun dari pembangunan)
- Sehingga untuk tahun 2013 didapat nilai manfaat dan nilai biaya sebesar :
 - Nilai Manfaat = Rp 1,554,629,419.23
 - Nilai biaya = Rp 2,451,587,074.61
- Rencana umur bangunan = 25 Tahun
- Suku bunga yang berlaku = 15%

Perhitungan analisa ekonomi dilakukan dengan tiga kondisi perhitungan biaya dan manfaat air bersih yaitu :

1. Menggunakan besaran nilai manfaat dan nilai operasional dan pemeliharaan (O&P) eksisting untuk mengetahui nilai B/C eksisting
2. Setelah ditemukan B/C eksisting, dilihat nilainya dan jika nilai $B/C \leq 1$ maka yang akan dirubah adalah pemasukan atau harga jual produk, namun jika $B/C \geq 1$ maka yang dirubah adalah pengeluaran yang berupa O&P. hal ini guna mencari nilai harga jual air dan nilai operasional dan pemeliharaan (O&P) yang ideal sampai memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$
3. Pemakaian hasil dari optimasi di tahun 2013 (lampiran) yang mana dijadikan sebagai nilai manfaat air bersih sehingga akan ditemukan nilai operasional dan pemeliharaan (O&P) ideal yang memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$.

→ Untuk kondisi pertama nilai manfaat dan nilai operasional dan pemeliharaan (O&P) eksisting yaitu sebagai berikut :

Nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) :

Insentif pengurus	= Rp 4,000,000.00
Pajak SIPMA	= Rp 210,000.00
Transport	= Rp 50,000.00
Pemeliharaan	= <u>Rp 3,500,000.00</u> ₊
Total	= Rp 7,760,000.00 x 12 bulan = Rp93,120,000.00

sehingga pada tahun ke-1 didapat data seperti dibawah ini :

Manfaat air bersih = Rp 404,494,419.23

Biaya Total = Rp 279,360,000.00

cash flow = Rp 125,134,419.23

PV = $FV \times (1+i)^{-n}$
 = $125,134,419.23 \times (1+15\%)^{-1}$

$$= \text{Rp } 108,812,538.46$$

$$\begin{aligned} \text{PV Pemasukan} &= \text{FV} \times (1+i)^{-n} \\ &= 404,494,419.23 \times (1+15\%)^{-1} \\ &= \text{Rp } 351,734,277.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PV Pengeluaran} &= \text{FV} \times (1+i)^{-n} \\ &= 279,360,000.00 \times (1+15\%)^{-1} \\ &= \text{Rp } 242,921,739.13 \end{aligned}$$

Sehingga nilai total untuk proyeksi 25 tahun perencanaan sebesar :

$$\text{PV Pemasukan} = \text{Rp } 4,280,527,407.35$$

$$\text{PV Pengeluaran} = \text{Rp } 4,183,124,941.19$$

$$\begin{aligned} \text{NPV} &= \text{PV Pemasukan} - \text{PV Pengeluaran} \\ &= 4,061,779,346.64 - 4,183,124,941.19 \\ &= \text{Rp } -121,345,594.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BCR} &= \text{PV Pemasukan} / \text{PV Pengeluaran} \\ &= 4,280,527,407.35 / 4,183,124,941.19 \\ &= 0,97099 \end{aligned}$$

Dan IRR sebesar 15%

→ dari hasil pada kondisi pertama maka diperlukan kondisi kedua untuk mencari nilai BCR =1, gunanya mencari BCR =1 adalah untuk mencari nilai jual air dan operasional dan pemeliharaan (O&P) yang ideal maka dari itu diperlukan cara coba-coba sampai memiliki batas keuntungan atau B/C ≈ 1 yaitu sebagai berikut :

Dengan cara coba-coba didapat harga jual air Rp. 550,00 dari yang sebelumnya hanya Rp 500,00 dan nilai operasional dan pemeliharaan (O&P) sebesar :

$$\text{Insentif pengurus} = \text{Rp } 4,500,000.00$$

Pajak SIPMA	= Rp 210,000.00
Transport	= Rp 100,000.00
Pemeliharaan	= <u>Rp 3,500,000.00</u>
Total	= Rp 8,310,000.00 x 12 bulan = Rp99,720,000.00

Jumlah diatas untuk O&P tiap HIPPAM sehingga total O&P keseluruhan HIPPAM adalah Rp 366,480,000.00. sehingga pada tahun ke-1 didapat data seperti dibawah ini :

Manfaat air bersih	= Rp 444,943,861.16
Biaya Total	= Rp 299,160,000.00
cash flow	= Rp 145,783,861.16
PV	= $FV \times (1+i)^{-n}$
	= $145,783,861.16 \times (1+15\%)^{-1}$
	= Rp 126,768,574.92
PV Pemasukan	= $FV \times (1+i)^{-n}$
	= $444,943,861.16 \times (1+15\%)^{-1}$
	= Rp 386,907,705.35
PV Pengeluaran	= $FV \times (1+i)^{-n}$
	= $299,160,000.00 \times (1+15\%)^{-1}$
	= Rp 260,139,130.43

Sehingga nilai total untuk proyeksi 25 tahun perencanaan sebesar :

PV Pemasukan	= Rp 4,312,494,339.38
PV Pengeluaran	= Rp 4,305,849,918.85
NPV	= PV Pemasukan – PV Pengeluaran
	= 4,312,494,339.38 - 4,305,849,918.85
	= Rp 6,644,420.53
BCR	= PV Pemasukan / PV Pengeluaran
	= 4,312,494,339.38 / 4,305,849,918.85
	= 1,00154 \approx 1

Dan IRR sebesar 15%

→ Untuk kondisi ketiga yaitu hasil optimasi yang dijadikan sebagai manfaat air bersih untuk menghitung harga air yang idela untuk mencapai nilai B/C = 1 :

- Pada saat eksisting total debit yang digunakan adalah $25,6528 \text{ lt/dt} = 2.217.407,777 \text{ lt/hr} = 2.216,407 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Pada saat optimasi total debit yang dipakai $23,0875 \text{ lt/dt} = 1.994.766,999 \text{ lt/hr} = 1.994,766 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Pada saat eksisting didapat pemasukan sebesar $= 2.216,407 \times 364 \times \text{Rp}500,00 = \text{Rp} 404.494.419,23/\text{th}$
- Pada saat optimasi didapat pemasukan sebesar $= 1.994,766 \times 364 \times \text{Rp}500,00 = \text{Rp} 364.044.977,31/\text{th}$
- Setelah dihitung pada kondisi kedua diatas dimana untuk mencari $B/C = 1$ didapatkan harga air minimal sebesar $\text{Rp} 550,00$ dan dengan itu didapat pemasukan sebesar $= 2.216,407 \times 364 \times \text{Rp}550,00 = \text{Rp} 444.943.861,16/\text{th}$. Harga diatas dijadikan sebagai batasan pemasukkan untuk memperoleh nilai $B/C = 1$ sehingga harga air yang dipakai pada saat dilakukan optimasi sebesar =

Debit yg dipakai $\times 364 \times$ harga air = pemasukkan yg didapat dalam 1 tahun

$$1.994,766 \times 364 \times \text{harga air} = \text{Rp} 444.943.861,16$$

$$728.089,954 \times \text{harga air} = \text{Rp} 444.943.861,16$$

$$\text{Harga air} = \text{Rp} 444.943.861,16 / 728.089,954$$

$$\text{Harga air} = \text{Rp} 611,111$$

Sehingga harga air yang harus dipatok pada saat optimasi adalah $\text{Rp} 611,111$ atau $\text{Rp} 650,00$

Tabel 4.45 Penentuan Harga Air Saat Optimasi

Manfaat Air Bersih 2013			
	Eksisting	Optimasi	
	lt/dt	lt/dt	
Tlekung	8.32336	7.49102	
Dadaprejo	9.26679	8.34011	
Beji	8.06272	7.25645	
Jumlah	25.65286778	23.08758101	(lt/dt)
	2216407.777	1994766.999	(lt/hr)
	2216.407777	1994.766999	m3/hr
Manfaat Air Bersih	404,494,419.23	364,044,977.31	Rp/th
Harga Air	550.00	611.11	Rp
B/C=1	444,943,861.16	444,943,861.00	Rp/th

Sumber : perhitungan

Untuk data perhitungan kondisi pertama dan kedua dapat dilihat pada tabel 4.46 dan 4.47.



Tabel 4.46 Analisa Ekonomi saat O&P Eksisting

Tahun ke-	Manfaat Air Bersih	Biaya			Total Biaya	Cash Flow	PV	PV Pemasukan	PV Pengeluaran
		Investasi Awal	Akhir 2013	Operasi dan Pemeliharaan					
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
2007		534,631,000.00	1,236,633,990.19						
2008	150,445,000.00	236,282,000.00	475,247,498.98	10,700,000.00					
2009	177,880,000.00	156,392,000.00	273,530,585.45	15,500,000.00					
2010	210,500,000.00			88,300,000.00					
2011	260,540,000.00			101,250,000.00					
2012	350,770,000.00			120,445,000.00					
2013	404,494,419.23			129,980,000.00					
0	1,554,629,419.23		1,985,412,074.61	466,175,000.00	2,451,587,074.61	-896,957,655.38	-896,957,655.38	1,554,629,419.23	2,451,587,074.61
1	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	108,812,538.46	351,734,277.59	242,921,739.13
2	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	94,619,598.66	305,855,893.56	211,236,294.90
3	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	82,277,911.88	265,961,646.57	183,683,734.69
4	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	71,546,010.33	231,270,997.02	159,724,986.69
5	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	62,213,922.03	201,105,214.80	138,891,292.77
6	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	54,099,062.63	174,874,099.83	120,775,037.19
7	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	47,042,663.16	152,064,434.63	105,021,771.47
8	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	40,906,663.62	132,229,943.16	91,323,279.54
9	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	35,571,011.84	114,982,559.27	79,411,547.43
10	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	30,931,314.64	99,984,834.15	69,053,519.50
11	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	26,896,795.34	86,943,334.04	60,046,538.70
12	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	23,388,517.69	75,602,899.17	52,214,381.48
13	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	20,337,841.47	65,741,651.45	45,403,809.98
14	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	17,685,079.54	57,166,653.43	39,481,573.90
15	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	15,378,330.03	49,710,133.42	34,331,803.39
16	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	13,372,460.90	43,226,202.97	29,853,742.08
17	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	11,628,226.87	37,588,002.59	25,959,775.72
18	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	10,111,501.62	32,685,219.64	22,573,718.02
19	404,494,419.23			279,360,000.00	279,360,000.00	125,134,419.23	8,792,610.11	28,421,930.12	19,629,320.01
sumber : perhitungan							PV	4,061,779,346.64	4,183,124,941.19
							NPV	-121,345,594.55	
							B/C	0.97099164	
							IRR	15%	

Keterangan :

- [1] = Tahun ke-
 [2] = Pemasukan dari manfaat Air bersih
 [3] = Biaya Kontruksi
 [4] = $[3] * (1+i)^n$
 [5] = Biaya Operasi dan Pemeliharaan

- [6] = [4] + [5]
 [7] = [2] - [6]
 [8] = $-PV(15\% [1],[7])$
 [9] = $-PV(15\% [1],[2])$
 [10] = $-PV(15\% [1],[6])$

- PV = Jumlah [9]
 PV = Jumlah [10]
 NPV = PV[9] - PV[10]
 BCR = PV [9] / PV[10]
 IRR = IRR[7]

Tabel 4.47 Analisa Ekonomi pencarian harga air dan OP Ideal

Tahun ke-	Manfaat Air Bersih	Biaya			Total Biaya	Cash Flow	PV	PV Pemasukan	PV Pengeluaran
		Investasi Awal	Akhir 2013	Operasi dan Pemeliharaan					
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
2007		534,631,000.00	1,236,633,990.19						
2008	150,445,000.00	236,282,000.00	475,247,498.98	10,700,000.00					
2009	177,880,000.00	156,392,000.00	273,530,585.45	15,500,000.00					
2010	210,500,000.00			88,300,000.00					
2011	260,540,000.00			101,250,000.00					
2012	350,770,000.00			120,445,000.00					
2013	404,494,419.23			129,980,000.00					
0	1,554,629,419.23		1,985,412,074.61	466,175,000.00	2,451,587,074.61	1,088,454,419.23	1,088,454,419.23	1,554,629,419.23	2,451,587,074.61
1	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	126,768,574.92	386,907,705.35	260,139,130.43
2	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	110,233,543.41	336,441,482.92	226,207,939.51
3	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	95,855,255.14	292,557,811.23	196,702,556.09
4	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	83,352,395.77	254,398,096.72	171,045,700.95
5	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	72,480,344.15	221,215,736.28	148,735,392.13
6	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	63,026,386.22	192,361,509.81	129,335,123.59
7	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	54,805,553.23	167,270,878.09	112,465,324.86
8	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	47,657,002.81	145,452,937.47	97,795,934.66
9	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	41,440,872.01	126,480,815.19	85,039,943.19
10	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	36,035,540.88	109,983,317.56	73,947,776.68
11	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	31,335,252.94	95,637,667.44	64,302,414.51
12	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	27,248,046.03	83,163,189.08	55,915,143.05
13	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	23,693,953.07	72,315,816.59	48,621,863.52
14	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	20,603,437.45	62,883,318.78	42,279,881.32
15	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	17,916,032.57	54,681,146.76	36,765,114.19
16	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	15,579,158.75	47,548,823.27	31,969,664.52
17	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	13,547,094.57	41,346,802.84	27,799,708.28
18	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	11,780,082.23	35,953,741.60	24,173,659.37
19	444,943,861.16			299,160,000.00	299,160,000.00	145,783,861.16	10,243,549.77	31,264,123.13	21,020,573.37

sumber : perhitungan

PV	4,312,494,339.38	4,305,849,918.85
NPV	6,644,420.53	
B/C	1.001543115	
IRR	15%	

Keterangan :

[1] = Tahun ke-

[2] = Pemasukan dari manfaat Air bersih

[3] = Biaya Kontruksi

[4] = $[3] \cdot (1+i)^n$

[5] = Biaya Operasi dan Pemeliharaan

[6] = [4] + [5]

[7] = [2] - [6]

[8] = $-PV(15\% [1],[7])$ [9] = $-PV(15\% [1],[2])$ [10] = $-PV(15\% [1],[6])$

PV = Jumlah [9]

PV = Jumlah [10]

NPV = PV[9] - PV[10]

BCR = PV [9] / PV[10]

IRR = IRR[7]