

BAB 4

Perhitungan Dan Analisa

4.1 Umum

Sedikit yang dibahas pada sub bab ini tentang Desa Bumiaji, Kota Batu. Desa ini sendiri dibagi menjadi 3 dusun, yaitu Dusun Banran, Dusun Binangun, dan Dusun Beru. Jumlah keseluruhan dari penduduk Desa Bumiaji adalah 7004 jiwa pada tahun 2012. Pemakai air terbagi menjadi 2, pertama yang mayoritas pelanggan HIPPAM dan pelanggan PDAM. 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 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Dalam melakukan perencanaan pemanfaatan air ke depan dibutuhkan untuk mengetahui jumlah penduduk dan kebutuhan air rata-rata setiap hari di masa depan. Maka dilakukanlah proyeksi jumlah penduduk, dalam kajian ini proyeksi atau perkiraan jumlah penduduk dilakukan sampai 10 tahun ke depan. Untuk memperkirakan proyeksi jumlah penduduk dapat dilakukan dengan 3 metode, yaitu :

Tabel 4.1 Perkembangan Penduduk Desa Bumiaji

Tahun	Jumlah Penduduk
2001	5894
2002	5887
2003	5900
2004	5915
2005	6016
2006	5921
2007	5932
2008	6104
2009	6648
2010	6474
2011	6926
2012	7004

Sumber : BPS Kota Batu Kecamatan Bumiaji Desa Bumiaji

4.2.1 Proyeksi Penduduk Dengan Metode Aritmatik

Perkembangan jumlah penduduk berdasarkan metode aritmatik dirumuskan 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

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

$$r = \frac{1}{1} \left[\frac{7004}{6926} - 1 \right]$$

$$= 0,011261912$$

Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,01809 sehingga :

P_n = Proyeksi penduduk tahun 2013

P_o = Jumlah penduduk tahun 2012

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = 1 tahun

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

$P_n = 7004 (1 + 0,01809.1)$
 $= 7131$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Dengan Metode Aritmatik Desa Bumiaji

Tahun	Jumlah penduduk	Prosentase Pertumbuhan	Tahun	Prosentase Jml Penduduk
2002	5887		2013	7131
2003	5900	0.002208255	2014	7257
2004	5915	0.002542373	2015	7384
2005	6016	0.017	2016	7511
2006	5921	-0.015718417	2017	7638
2007	5932	0.001857794	2018	7764
2008	6104	0.02899528	2019	7891
2009	6648	0.089121887	2020	8018
2010	6474	-0.026173285	2021	8144
2011	6926	0.069817732	2022	8271
2012	7004	0.011261912	2023	8398
	Rata-rata	0.018091353	Jml	85407

Sumber : Perhitungan

4.2.2. Proyeksi Penduduk Dengan Metode Geometrik

Metode ini adalah metode rumus bunga berganda. Dalm metode ini pertumbuhan rata-rata penduduk berkisar pada presentase r yang konstan setiap tahun. Perhitungan dengan metode ini dirumuskan 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 :

$$r = \left[\frac{P_n}{P_0} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$r = \left[\frac{7004}{6926} \right]^{\frac{1}{1}} - 1$$

$$= 0,011261912$$

Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,01809 sehingga :

P_n = Proyeksi penduduk tahun 2013

P_0 = Jumlah penduduk tahun 2012

r = Laju pertumbuhan penduduk

n = 1 tahun

$P_n = P_0 + (1 + r)^n$

$P_n = 7004 + (1+0,01809)^1$
 $= 7005$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Dengan Metode Geometrik Desa Bumiaji

Tahun	Jumlah penduduk	Prosentase Pertumbuhan	Tahun	Prosentase Jml Penduduk
2002	5887		2013	7005
2003	5900	0.002208255	2014	7005
2004	5915	0.002542373	2015	7005
2005	6016	0.017	2016	7005
2006	5921	-0.015718417	2017	7005
2007	5932	0.001857794	2018	7005
2008	6104	0.02899528	2019	7005
2009	6648	0.089121887	2020	7005
2010	6474	-0.026173285	2021	7005
2011	6926	0.069817732	2022	7005
2012	7004	0.011261912	2023	7005
	Rata-rata	0.018091353	Jml	77055

Sumber : Perhitungan

4.2.3 Proyeksi Penduduk Dengan Metode Eksponensial

Perkembangan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dirumuskan sebagai berikut :

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

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

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)

e = bilangan eksponensial = 2,718282

sehingga nilai r dapat dihitung sebagai berikut :

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

$$r = \frac{1}{1} \text{Ln} \left[\frac{7004}{6926} \right]$$

$$= 0,011198$$

Dengan menghitung laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2002 sampai 2012 maka didapat nilai laju rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 0,017373 sehingga :

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

$$P_n = 51262 \cdot 2,718282^{(0,017373 \cdot 1)}$$

$$P_n = 7127$$

Dan perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.4 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Dengan Metode Eksponensial Desa Bumiaji

Tahun	Jumlah penduduk	Prosentase Pertumbuhan	Tahun	Prosentase Jml Penduduk
2002	5887		2013	7127
2003	5900	0.002205821	2014	7252
2004	5915	0.002539147	2015	7379
2005	6016	0.016857117	2016	7508
2006	5921	-0.015843261	2017	7640
2007	5932	0.001856071	2018	7774
2008	6104	0.02858287	2019	7910
2009	6648	0.085371764	2020	8048
2010	6474	-0.026521902	2021	8189
2011	6926	0.06748829	2022	8333
2012	7004	0.011198968	2023	8479
	Rata-rata	0.017373488	Jml	85638

Sumber : Perhitungan

Berikut rekapan proyeksi pertumbuhan penduduk tahun 2013 – 2022, menunjukkan masing-masing metode menghasilkan proyeksi jumlah penduduk yang berbeda

4.2.4 Koefisien Korelasi

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 koefisien korelasi yaitu :

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

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika variabel variabel X tinggi, maka variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk mempermudah melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel sebagai berikut (Sarwono: 2006) :

- 0 = Tidak ada korelasi antara dua variabel
- >0 - 0,25 = Korelasi sangat lemah

- $>0,25 - 0,5 =$ Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75 =$ Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99 =$ Korelasi sangat kuat
- $1 =$ Korelasi sempurna

Tabel 4.5 Koef. Korelasi

	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
X	7004	7004	7004
Y	85407	77055	85638
XY	5.98E+08	539695003	599806893.2
X ²	49056016	49056016	49056016
Y ²	7.29E+09	5937512261	7333826480
n	11	11	11
r	0.93709	0.73485412	0.94224485

Sumber : Perhitungan

Kesimpulan dari koefisien korelasi diatas menunjukkan metode yang nilai koefisiennya mendekati 1 adalah metode eksponensial yang bernilai 0,94224485, sehingga dalam metode perhitungan laju proyeksi penduduk yang dipakai adalah metode Eksponensial

Tabel 4.6 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Metode Eksponensial

Tahun	Eksponensial
2013	7127
2014	7252
2015	7379
2016	7508
2017	7640
2018	7774
2019	7910
2020	8048
2021	8189
2022	8333
2023	8479

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 2 sumber mata air di Desa Bumiaji Kecamatan Bumiaji. Dalam perhitungannya untuk perencanaan jaringan air bersih menggunakan debit andalan 80%

Tabel 4.7 Data Sumber Mata Air dan Debit Andalan

Nama Sumber	Air Minum (lt/dt)	Debit Andalan (lt/dt)	Debit Pengambilan lt/jam	Debit Pengambilan lt/hari
Sumber Gemulo	3.5	2.8	10080	241920
Sumber Precet	3.5	2.8	10080	241920
	JML	5.6	20160	483840

Sumber: perhitungan

Dimana sumber-sumber diatas terbagi menjadi 3 bagian besar yang masing masing dipakai oleh Dusun Banaran, Dusun Binangun, dan Dusun Beru. Dusun Banaran dan Dusun Beru menggunakan debit dari Sumber Gemulo dengan total pengambilan sebesar 241.920 lt/hari, serta Dusun Binangun menggunakan debit tambahan dari Sumber Precet dengan debit pengambilan sebesar 241.920 lt/hari.

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 kbutuhan 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.

4.3.3 Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Contoh Analisa perhitungan kebuthan air bersih untuk Desa Bumiaji tahun 2013:

1. Pelayanan jumlah jiwa per rumah sebesar 5 jiwa per sambungan.

2. Faktor pemakaian, Kebutuhan harian maksimum sebesar 1.2 dan Kebutuhan jam puncak sebesar 1.56.
3. Kehilangan air sebesar 20% dari total ketersediaan.
4. Sambungan rumah, jumlah kebutuhan debit liter per hari per orang sebesar 90 lt/hari/orang.
5. Kebutuhan domestik dan non domestik sebesar 25% dari kebutuhan total.
6. Jumlah penduduk dari hasil perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk Desa Bumiaji tahun 2013 sebesar 7127 jiwa.
7. Prosentase Penduduk terlayani dalam prosentase semakin bertambah seiring perkembangan jumlah penduduk
8. Jumlah penduduk terlayani = Jumlah penduduk x Prosentase penduduk terlayani
 Jumlah penduduk terlayani = $7127 \times 70\%$
 Jumlah penduduk terlayani = 4989 jiwa
9. Kebutuhan Air Domestik = Jumlah penduduk terlayani x sambungan rumah
 Kebutuhan Air Domestik = 4989×90
 Kebutuhan Air Domestik = 449.985,1 lt/hari
10. Kebutuhan Air non Domestik = Keb. Air domestik x Keb. Domestik dan non domestik
 Kebutuhan Air non Domestik = $4989 \times 0,25$
 Kebutuhan Air non Domestik = 112.246,3 lt/hari
11. Kehilangan Air Akibat kebocoran = Faktor kehilangan air x (Keb. Air Domestik + Keb. Air non Domestik)
 Kehilangan Air Akibat kebocoran = $0,2 \times (448.985,1 + 112.246,3)$
 Kehilangan Air Akibat kebocoran = 112.246,3 lt/hari
12. Keb. Suplai Air = 80% x Keb. Air total
 Keb. Suplai Air = $80\% \times 561231,3$
 Keb. Suplai Air = 448.977,6 lt/hari = 5,197 lt/dt
 *note (80% dari 100% dikurangi dengan kehilangan air 20%)
13. Keb. Harian Maksimum = Keb. Suplai Air x Keb. Harian maksimum (faktor)
 Keb. Harian Maksimum = $5,19658 \times 1,2$
 Keb. Harian Maksimum = 6,2359 lt/dt
14. Keb. Jam Puncak = Keb. Air total x Keb. Jam Puncak (faktor)
 Keb. Jam Puncak = $561231,6 \times 1,56$
 Keb. Jam Puncak = 875.520,576 lt/hari = 10,13334 lt/detik

15. Keb. Air Total = Keb. Air + keb. Non Domestik

Keb. Air Total = 448985,1 + 112246,3

Keb. Air Total = 561.231,6 lt/hari = 6,50 lt/detik

Berikut perhitungan kebutuhan air Desa Bumaji sampai tahun 2023 :



Tabel 4.8 Kebutuhan air Desa Bumiaji tahun 2013 - 2023

Parameter	Satuan	Tahun										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1 Pelayanan	jiwa/ sambungan	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2 Faktor Pemakaian												
Keb. Harian Maximum		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Keb. Jam Puncak		1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
3 Kehilangan Air		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
4 Sambungan Rumah	lt/org/hari	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
5 Keb. Domestik dan non domestik	%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
6 Jml Penduduk	jiwa	7,127	7,252	7,379	7,508	7,640	7,774	7,910	8,048	8,189	8,333	8,479
7 Prosentase Penduduk Terlayani	%	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
8 Jumlah Penduduk Terlayani	jiwa	4,989	5,439	5,903	6,006	6,494	6,607	6,723	6,841	7,370	7,500	7,631
9 Keb. Air Domestik	lt/hari	448,985.1	489,486.1	531,268.7	540,579.4	584,431.5	594,673.8	605,095.7	615,700.1	663,342.8	674,968.1	686,797.1
10 Keb. Air non domestik	lt/hari	112,246.3	122,371.5	132,817.2	135,144.8	146,107.9	148,668.5	151,273.9	153,925.0	165,835.7	168,742.0	171,699.3
11 Kehilangan air akibat kebocoran	lt/hari	112,246.3	122,371.5	132,817.2	135,144.8	146,107.9	148,668.5	151,273.9	153,925.0	165,835.7	168,742.0	171,699.3
12 Keb. Suplai Air	lt/dt	5.197	5.665	6.149	6.257	6.764	6.883	7.003	7.126	7.678	7.812	7.949
13 Keb. Harian Maximum	lt/dt	6.236	6.798	7.379	7.508	8.117	8.259	8.404	8.551	9.213	9.375	9.539
14 Keb. Jam Puncak	lt/dt	10.133	11.047	11.990	12.201	13.190	13.421	13.657	13.896	14.971	15.234	15.501
15 Keb. Air total	lt/hari	561,231.3	611,857.6	664,085.9	675,724.2	730,539.4	743,342.3	756,369.6	769,625.2	829,178.6	843,710.1	858,496.4
Keb. Air total	lt/dt	6.50	7.08	7.69	7.82	8.46	8.60	8.75	8.91	9.60	9.77	9.94

Keterangan :

1. Pelayanan	=	Rata-rata jumlah penghuni per rumah	8. Jumlah Penduduk Terlayani	=	[6] x [7]
2. Faktor Pemakaian	=	Koefisien kebutuhan harian maksimum	9. Keb. Air Domestik	=	[8] x [4]
Keb. Harian Maximum	=	Koefisien kebutuhan jam puncak	10. Keb. Air non Domestik	=	[9] x [5]
Keb. Jam Puncak	=	Rata-rata kehilangan air	11. Kehilangan Air Akibat Kebocoran	=	[3] x {[9] + [10]}
3. Kehilangan air	=	Jumlah pemakaian air/ orang/ hari	12. Keb. Suplai Air	=	80% + { [15]/86400 }
4. Sambungan Rumah	=	Prosentase kebutuhan	13. Keb. Harian Maksimum	=	[12] x [2, Keb. Harian Maksimum]
5. Keb. Domestik dan non Domestik	=	Data hasil proyeksi	14. Keb. Jam Puncak	=	[15] x [2, keb. Jam Puncak]/ 8640
6. Jumlah Penduduk	=	Prosentase pelayanan	15. Keb. Air Total	=	[9] x [10]
7. Prosentase Penduduk Terlayani	=				

Sumber : Perhitungan

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

- Jumlah keseluruhan konsumen di Desa bumiaji = \pm 4989 jiwa (tahun 2013)
- Dusun Banaran
 - Jumlah Orang = 2160 jiwa
 - Prosentase = $(2160 / 4989) \times 100\% = 43 \%$
 - Kebutuhan air di Banaran = 43% x Kebutuhan Total Air bumiaji
 - = 43% x 6,5
 - = 2,81 lt/dt

Beikut perhitungan kebutuhan air pada setiap dusun

Tabel 4.9 Kebutuhan Air Pada Tiap Dusun

	Pelanggan (jiwa)	%	Kebutuhan air (lt/dt)
Banaran	2160	0.43	2.81
Binangun	862	0.17	1.12
Beru	1967	0.39	2.56
	4989	1	

Sumber : perhitungan

4.3.4 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 Desa bumiaji.

Keterangan :

[1] Jam = 01.00 – 24.00

[2] Inflow = debit ketersediaan air Desa Bumiaji

[3] Load Factor

[4] Outflow = debit kebutuhan air Desa bumiaji x Load Factor

[5] Selisih = [2] – [4]

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

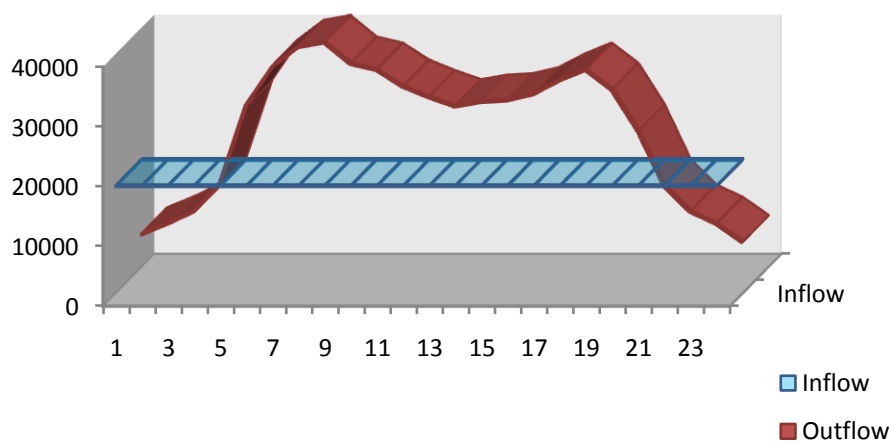
-01.00 = selisih pada jam 01.00 yaitu 28860,89 lt. Sehingga kondisi tandon pada jam 01.00 = 28860,89 lt

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

Tabel 4.10 Neraca Air Desa Bumiaji tahun 2013

Satuan Jam	Inflow	Load	Outflow	Selisih	Tandon
		Faktor			
	lt/jam		lt/jam	lt/jam	lt
24.00-01.00	20160	0.3	7648.22	12511.78	12511.78
01.00-02.00	20160	0.37	9432.80	10727.20	23238.98
02.00-03.00	20160	0.45	11472.33	8687.67	31926.65
03.00-04.00	20160	0.64	16316.20	3843.80	35770.44
04.00-05.00	20160	1.15	29318.18	-9158.18	26612.27
05.00-06.00	20160	1.4	35691.69	-15531.69	11080.58
06.00-07.00	20160	1.53	39005.92	-18845.92	-7765.34
07.00-08.00	20160	1.56	39770.74	-19610.74	-27376.09
08.00-09.00	20160	1.42	36201.57	-16041.57	-43417.66
09.00-10.00	20160	1.38	35181.81	-15021.81	-58439.47
10.00-11.00	20160	1.27	32377.46	-12217.46	-70656.93
11.00-12.00	20160	1.2	30592.88	-10432.88	-81089.81
12.00-13.00	20160	1.14	29063.23	-8903.23	-89993.05
13.00-14.00	20160	1.17	29828.06	-9668.06	-99661.11
14.00-15.00	20160	1.18	30083.00	-9923.00	-109584.10
15.00-16.00	20160	1.22	31102.76	-10942.76	-120526.86
16.00-17.00	20160	1.31	33397.23	-13237.23	-133764.09
17.00-18.00	20160	1.38	35181.81	-15021.81	-148785.90
18.00-19.00	20160	1.25	31867.58	-11707.58	-160493.48
19.00-20.00	20160	0.98	24984.18	-4824.18	-165317.67
20.00-21.00	20160	0.62	15806.32	4353.68	-160963.99
21.00-22.00	20160	0.45	11472.33	8687.67	-152276.32
22.00-23.00	20160	0.37	9432.80	10727.20	-141549.12
23.00-24.00	20160	0.25	6373.52	13786.48	-127762.64

Sumber : perhitungan

Gambar 4.1 Neraca Air Desa Bumiaji Tahun 2014
Sumber:Perhitungan

Dikarenakan jumlah kebutuhan air yang terus meningkat dan tidak dibarengi dengan meningkatnya ketersediaan debit air sumber saat ini, sehingga tiap tahun mengalami defisit air yang mengakibatkan air tidak dapat didistribusikan dengan lancar. Ketersediaan debit air saat ini disuplai dari 2 sumber mata air, yaitu Sumber Mata Air Gemulo dan Sumber Mata Air Precet. Dari 2 sumber tersebut memiliki debit ketersediaan 5,6 lt/dt (Tabel 4.7), tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada tahun 2014 sehingga membutuhkan penambahan debit untuk menutupi jumlah kebutuhan air pada tahun tersebut hingga tahun selanjutnya. Besarnya penambahan debit tergantung pada proyeksi kebutuhan air tiap tahun, yang semakin besar jumlah kebutuhan airnya.

Keterangan :

Contoh tahun 2013

- Debit ketersediaan = 5,6 lt/dt
- Kebutuhan Air Total = 6,5 lt/dt

$$\begin{aligned} \text{Jumlah debit yang harus ditambah} &= \text{Debit ketersediaan} - \text{Kebutuhan Air Total} \\ &= 5,6 - 6,5 \\ &= -0,9 \text{ lt/dt} \end{aligned}$$

Sehingga tahun 2013 membutuhkan penambahan debit sebesar 0,9 lt/dt

Tabel 4.11 Penambahan Debit Tiap Tahun

Tahun	Jumlah debit (lt/dt)
2013	0.90
2014	1.48
2015	2.09
2016	2.22
2017	2.86
2018	3.00
2019	3.15
2020	3.31
2021	4.00
2022	4.17
2023	4.34
Jumlah	31.50

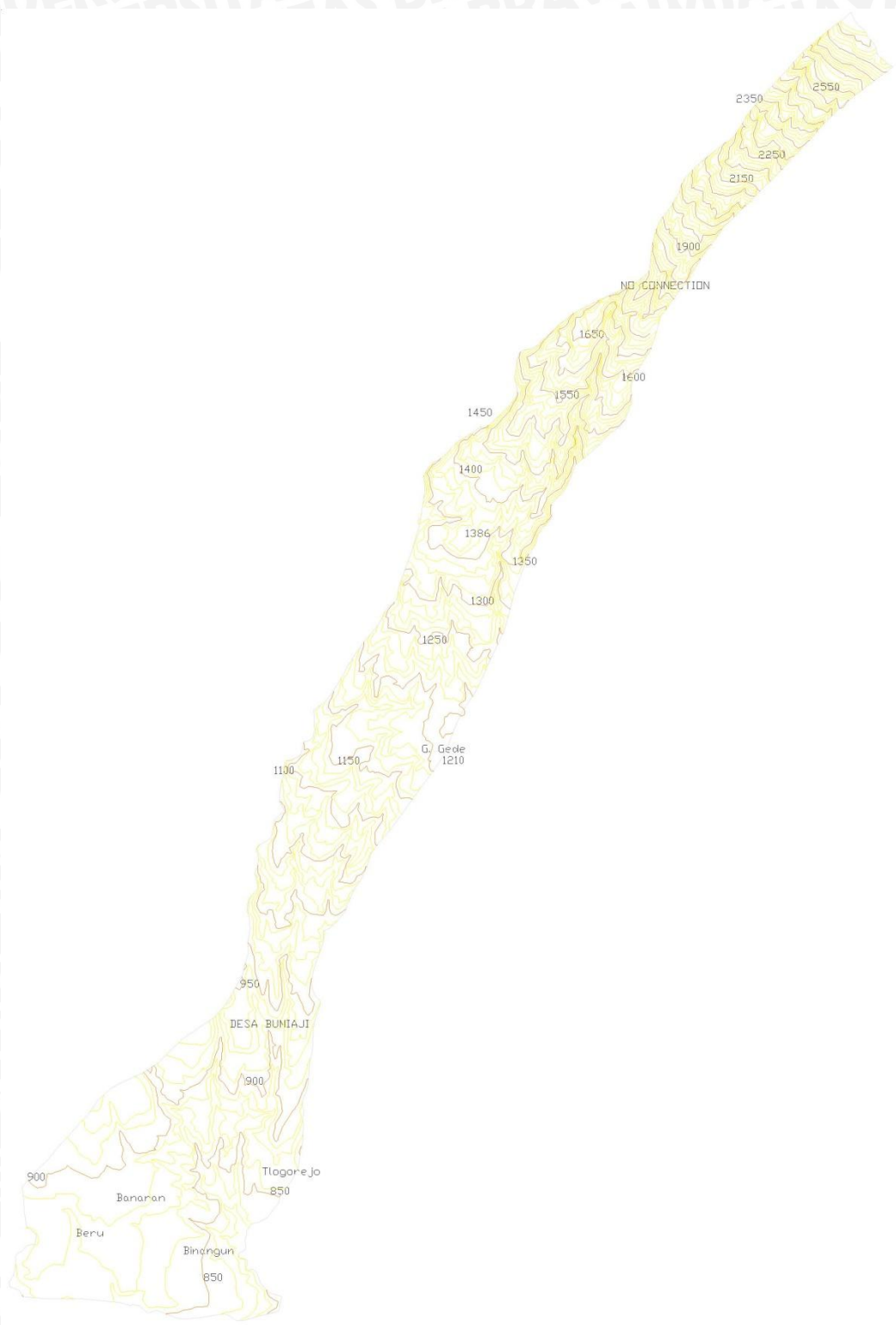
Sumber : Perhitungan

4.4 Pemodelan, Analisa dan Simulasi Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Program *EPANET V2.0*

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 korrdinat 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 skema dibuat tersebut berdasarkan dari survey sebelumnya. Kemudian membuat skema di *EPANET* berdasarkan skema dari *AutoCAD*, mengisi koordinat axis serta panjang ke dalam point-point di *EPANET*.





Gambar 4.2 Peta Kontur Desa Bumiaji Kecamatan Bumiaji

Sumber :AutoCAD 2009



4.4.1 Pemodelan komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih menggunakan EPANET V2.0

Setelah skema telah dibuat maka langkah selanjutnya adalah pemodelan ke dalam EPANET V2.0. Dalam Epanet, 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 symbol 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 did 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.

- 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 0,5-8 dim

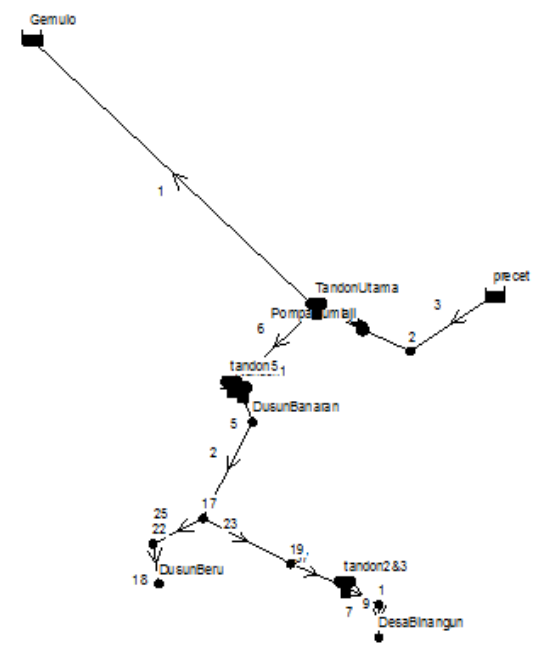
- Tandon (*tank*)
Untuk memodelkan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk ($p \times l \times t$) dan elevasi dasar tandon, elevasi minimum, initial dan maximum elevasi air yang ada pada tandon
- Mata air (*reservoir*)
Pada program *Watercad*, *reservoir* digunakan sebagai pemodelan dari 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.

Berikut penggambaran skema jaringan air bersih .



skema bumiaji

Day 1, 12:00 AM



EPANET 2

Page 1

Gambar 4.4 Peta Skema Jaringan Air Bersih Desa Bumiaji

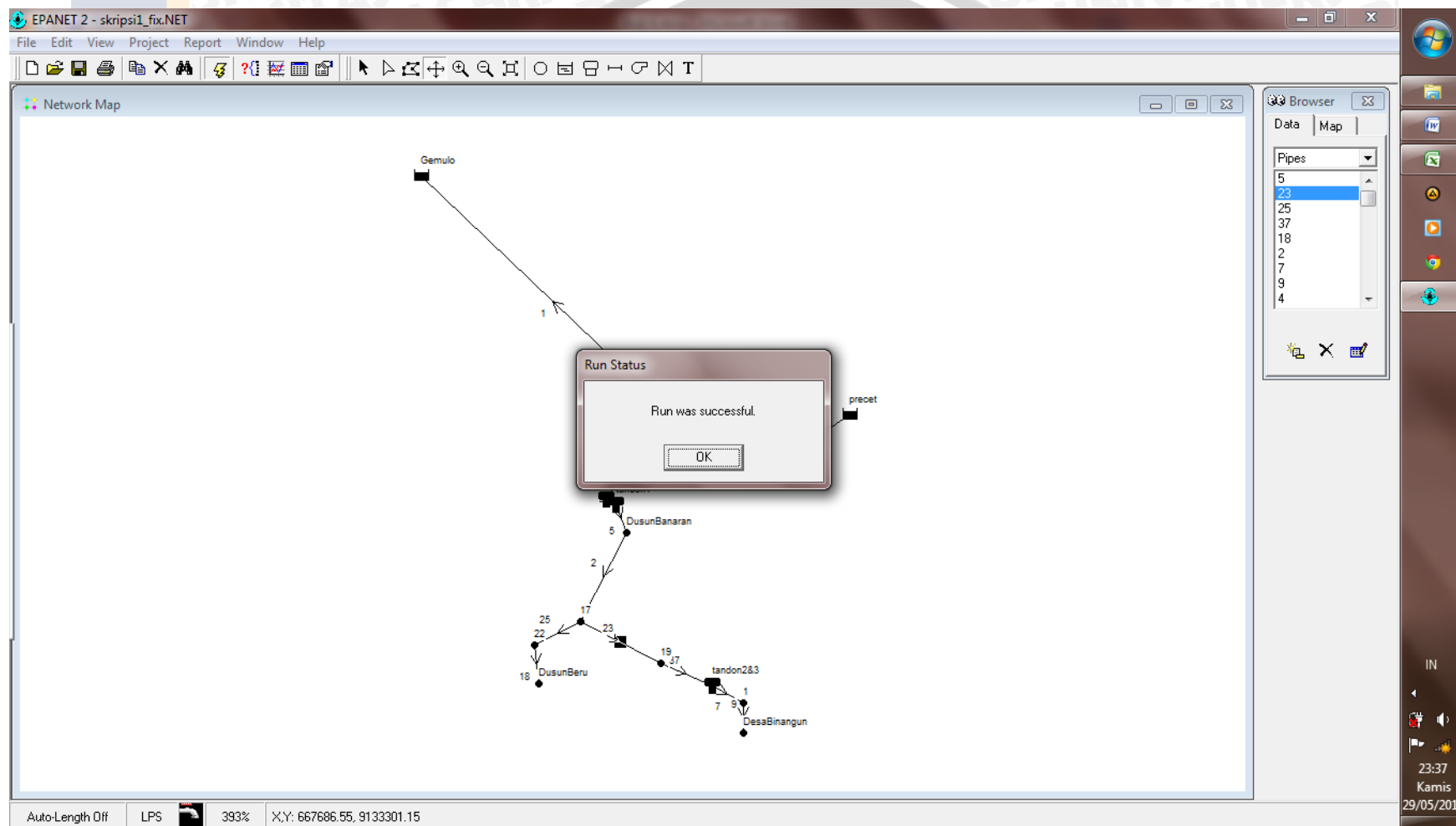
Sumber : Epanet v2.0

4.4.2 Simulasi Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Menggunakan *Epanet V2.0*

Simulasi jaringan perpipaan pada penelitian ini menggunakan *Epanet V2.0*. 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, dan pemakaian air (*demand pattern*) sesuai dengan nilai kebutuhan air tiap jamnya (*load factor*). Pada gambar 4.5 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 4.5 Hasil Running Skema Jaringan

Sumber : Epanet V2.0

4.4.3 Analisa Hidrolika dalam Sistem Jaringan Pipa

4.4.3.1 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 Pipe 5 pukul 00.00 :

$$v = 0,55 \text{ m/s}$$

$$D = 0,0762 \text{ m}$$

$$\nu = 20^0 \text{ C} = 1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Re = \frac{0,55 \cdot 0,0762}{0,000001003}$$

$$Re = 41784,64606 \rightarrow \text{Aliran Turbulen}$$

Berikut perhitungan pada pipa yang lain

Tabel 4.12 Karakteristik Aliran Air Tiap Pipa 00.00

Pipe ID	Diameter m	Velocity m/s	ν m ³ /dt	Bilangan Reynold	Aliran
Pipe 5	0.0762	0.55	0.000001003	41784.64606	Turbulen
Pipe 23	0.0381	0.8	0.000001003	30388.83350	Turbulen
Pipe 25	0.0508	0.38	0.000001003	19246.26122	Turbulen
pipe 37	0.0381	0.8	0.000001003	30388.83350	Turbulen
pipe 18	0.0254	1.54	0.000001003	38999.00299	Turbulen
pipe 2	0.0508	0.83	0.000001003	42037.88634	Turbulen
pipe 7	0.0508	0.16	0.000001003	8103.68893	Turbulen
pipe 9	0.0254	0.65	0.000001003	16460.61815	Turbulen
pipe 4	0.1016	1.33	0.000001003	134723.82851	Turbulen
pipe 6	0.1016	0.65	0.000001003	65842.47258	Turbulen
pipe 1	0.0127	1.33	0.000001003	16840.47856	Turbulen
pipe 3	0.0127	1.22	0.000001003	15447.65703	Turbulen

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.13 Karakteristik Aliran Air Tiap Pipa 07.00

Pipe ID	Diameter m	Velocity m/s	v m ³ /dt	Bilangan Reynold	Aliran
Pipe 5	0.0762	1.68	0.000001003	127633.1007	Turbulen
Pipe 23	0.0381	0.68	0.000001003	25830.50847	Turbulen
Pipe 25	0.0508	2	0.000001003	101296.1117	Turbulen
pipe 37	0.0381	0.68	0.000001003	25830.50847	Turbulen
pipe 18	0.0254	8	0.000001003	202592.2233	Turbulen
pipe 2	0.0508	1.62	0.000001003	82049.85045	Turbulen
pipe 7	0.0508	0.85	0.000001003	43050.84746	Turbulen
pipe 9	0.0254	3.39	0.000001003	85848.45464	Turbulen
pipe 4	0.1016	1.04	0.000001003	105347.9561	Turbulen
pipe 6	0.1016	1.01	0.000001003	102309.0728	turbulen
pipe 1	0.0127	0.78	0.000001003	9876.370887	Turbulen
pipe 3	0.0127	0.22	0.000001003	2785.643071	Turbulen

Sumber : Perhitungan

4.4.3.2 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 pipe 5 akan dijadikan contoh perhitungan *Major Losses* :

$$Q = 2,53 \text{ l/dt} = 0,00253 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$L = 1030 \text{ m}$$

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

$$D = 0,0762 \text{ m}$$

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

$$r = \frac{10.67 \times 1030}{150^{1.85} 0,0762^{4.87}}$$

$$r = 288477,605$$

sehingga :

$$\begin{aligned} hf &= r \cdot Q^{1.85} \\ &= 288477,605 \cdot 0,00253^{1.85} \\ &= 4,528 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut perhitungan kehilangan tekan mayor pada pipa yang lain

Tabel 4.14 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada jam 00.00

Pipe ID	Lenght	Diameter	Material	Hazen-Williams	Velocity	r	hf
	m	m		c	m ³ /s		
Pipe 5	1030	0.0762	PVC	150	0.00253	288477.605	4.528
Pipe 23	2094	0.0381	PVC	150	0.00091	17150138.671	40.597
Pipe 25	250	0.0508	PVC	150	0.00078	504404.927	0.898
pipe 37	1079	0.0381	PVC	150	0.00091	8837153.594	20.919
pipe 18	145	0.0254	Galvanized Iron	150	0.00078	8555066.554	15.226
pipe 2	2072	0.0508	Galvanized Iron	150	0.00169	4180508.034	31.104
pipe 7	1784	0.0508	Galvanized Iron	120	0.00033	5438982.800	1.971
pipe 9	1025	0.0254	PVC	150	0.00033	60475470.467	21.919
pipe 4	43	0.1016	PVC	120	0.0108	4483.067	1.031
pipe 6	1000	0.1016	PVC	150	0.00988	68995.892	13.462
pipe 1	8995.5	0.0127	Galvanized Iron	120	0.0001	23452022440.429	933.642
pipe 3	501.9	0.0127	Galvanized Iron	120	0.00022	1308495365.777	224.003

Sumber : Perhitungan

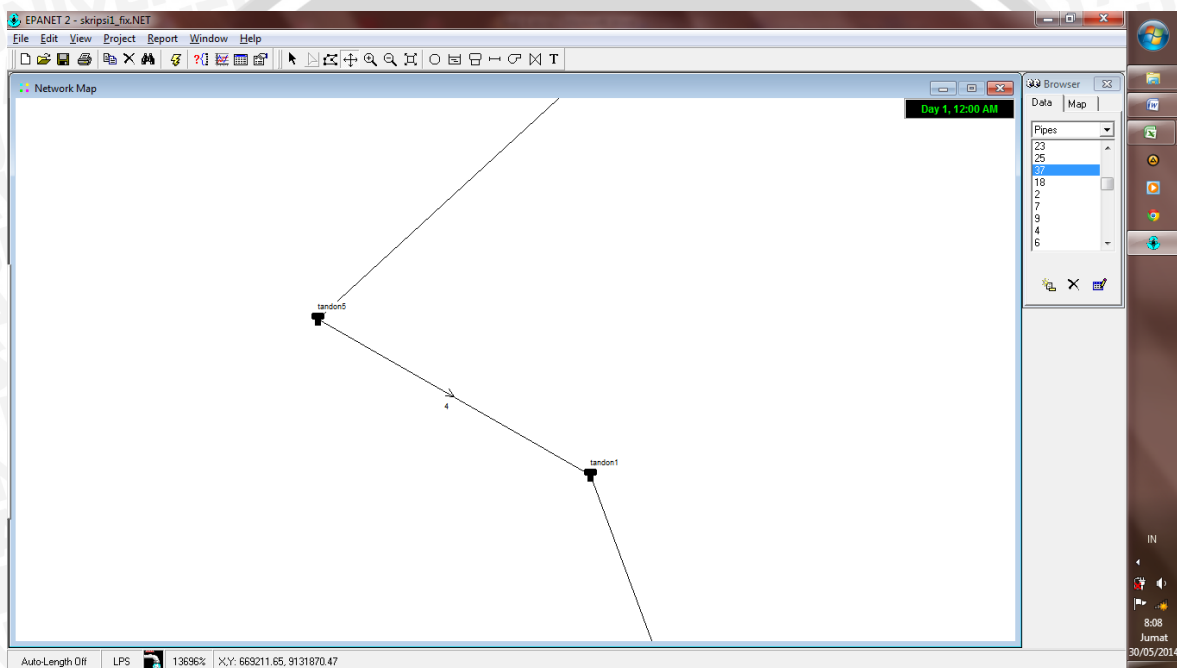
Tabel 4.15 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor pada jam 07.00

Pipe ID	Lenght	Diameter	Material	Hazen-Williams	Velocity	r	hf
	m	m		c	m ³ /s		
Pipe 5	1030	0.0762	PVC	150	0.00765	288477.605	35.066
Pipe 23	2094	0.0381	PVC	150	0.00077	17150138.671	29.804
Pipe 25	250	0.0508	PVC	150	0.00406	504404.927	18.991
pipe 37	1079	0.0381	PVC	150	0.00077	8837153.594	15.357
pipe 18	145	0.0254	Galvanized Iron	150	0.00406	8555066.554	322.104
pipe 2	2072	0.0508	Galvanized Iron	150	0.00328	4180508.034	106.071
pipe 7	1784	0.0508	Galvanized Iron	120	0.00172	5438982.800	41.807
pipe 9	1025	0.0254	PVC	150	0.00172	60475470.467	464.844
pipe 4	43	0.1016	PVC	120	0.00844	4483.067	0.654
pipe 6	1000	0.1016	PVC	150	0.0082	68995.892	9.536
pipe 1	8995.5	0.0127	Galvanized Iron	120	0.0001	23452022440.429	933.642
pipe 3	501.9	0.0127	Galvanized Iron	120	0.00003	1308495365.777	5.616

Sumber : Perhitungan

4.4.3.3 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.



Gambar 4.6 Gambar Kondisi pipa jam 00.00

Sumber : Epanet V2.0

Didalam pipe 4 ada masukan berupa *bell mouth* dari tandon ke dalam pipa, dan keluaran sehingga K total sebesar:

$$K \text{ total} = 1,05$$

$$v \text{ (pukul 00.00)} = 1,33 \text{ m/s}$$

Sehingga kehilangan tinggi tekan minor sebesar :

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

$$h_{Lm} = 1,05 \frac{1,33^2}{2 \cdot 9,81}$$

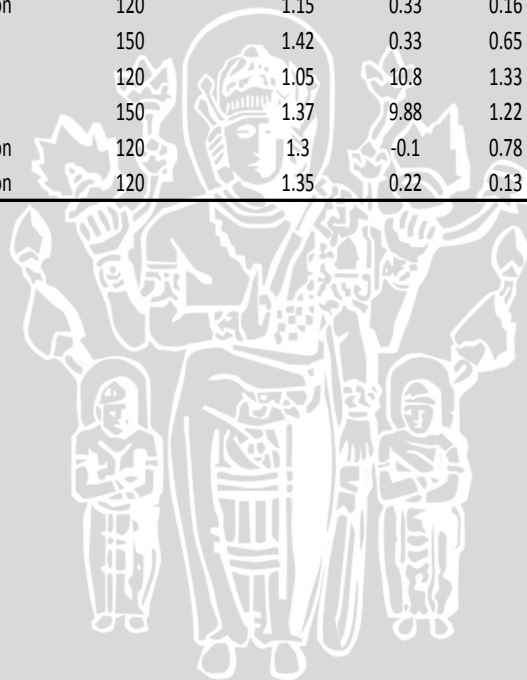
$$h_{Lm} = 0,0947 \text{ m}$$

Berikut perhitungan minor losses pada pipa yang lain.

Tabel 4.16 Keadaan Pipa dalam jam 00.00

Pipe ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm	Material	Roughness		Flow LPS	Velocity m/s	Unit headloss m/km	Friction factor	Minor Losses	Kontrol (0.3-4 m/s)
						Hazen-Williams (C)	K						
Pipe 5	tandon1	DusunBanaran	1030	76.2	PVC	150	1.2	2.53	0.55	6.51	0.022	0.0185	Ya
Pipe 23	Junc 17	Junc 19	2094	38.1	PVC	150	1.2	-0.91	0.8	19.04	0.022	0.0391	Ya
Pipe 25	Junc 22	Junc 17	250	50.8	PVC	150	1.2	0.78	0.38	3.85	0.026	0.0088	Ya
pipe 37	Junc 19	tandon 2&3	1079	38.1	PVC	150	1.05	-0.91	0.8	19.2	0.023	0.0343	Ya
pipe 18	Junc 22	DusunBeru	145	25.4	Galvanized Iron	150	1.42	0.78	1.54	112.32	0.024	0.1716	Ya
pipe 2	DusunBanaran	junc 17	2072	50.8	Galvanized Iron	150	1.42	1.69	0.83	14.86	0.021	0.0499	Ya
pipe 7	tandon2&3	Junc 1	1784	50.8	Galvanized Iron	120	1.15	0.33	0.16	0.72	0.027	0.0015	Ya
pipe 9	junc 1	DesaBinangun	1025	25.4	PVC	150	1.42	0.33	0.65	21.13	0.025	0.0306	Ya
pipe 4	tandon5	tandon1	43	101.6	PVC	120	1.05	10.8	1.33	46.51	0.052	0.0947	Ya
pipe 6	tandonUtama	tandon5	1000	101.6	PVC	150	1.37	9.88	1.22	14	0.019	0.1039	Ya
pipe 1	Resvr Gemulo	tandonUtama	8995.5	12.7	Galvanized Iron	120	1.3	-0.1	0.78	100.22	0.041	0.0403	Ya
pipe 3	Resvr Precet	Junc 2	501.9	12.7	Galvanized Iron	120	1.35	0.22	0.13	1.99	0.031	0.0012	Ya

Sumber : Perhitungan



Tabel 4.17 Keadaan Pipa dalam jam 07.00

Pipe ID	Start Node	End Node	Length	Diameter	Material	Roughness	Loss Coef.	Flow	Velocity	Unit headloss	Friction factor	Minor Losses	Kontrol
						Hazen-Williams (C)	K	LPS	m/s	m/km			(0.3-4 m/s)
Pipe 5	tandon1	DusunBanaran	1030	76.2	PVC	150	1.2	7.65	1.68	35.06	0.019	0.1726	ya
Pipe 23	Junc 17	Junc 19	2094	38.1	PVC	150	1.2	0.77	0.68	14.09	0.023	0.0283	ya
Pipe 25	Junc 22	Junc 17	250	50.8	PVC	150	1.2	4.06	2	83.67	0.021	0.2446	ya
pipe 37	Junc 19	tandon 2&3	1079	38.1	PVC	150	1.05	0.77	0.68	14.2	0.023	0.0247	ya
pipe 18	Junc 22	DusunBeru	145	25.4	Galvanized Iron	150	1.42	4.06	8	2435.13	0.019	4.6320	ya
pipe 2	DusunBanaran	junc 17	2072	50.8	Galvanized Iron	150	1.42	3.28	1.62	51.11	0.019	0.1899	ya
pipe 7	tandon2&3	Junc 1	1784	50.8	Galvanized Iron	120	1.15	1.72	0.85	15.37	0.021	0.0423	ya
pipe 9	junc 1	DesaBinangun	1025	25.4	PVC	150	1.42	1.72	3.39	449.04	0.02	0.8317	ya
pipe 4	tandon5	tandon1	43	101.6	PVC	120	1.05	8.44	1.04	28.94	0.053	0.0579	ya
pipe 6	tandonUtama	tandon5	1000	101.6	PVC	150	1.37	8.2	1.01	9.9	0.019	0.0712	ya
pipe 1	Resvr Gemulo	tandonUtama	8995.5	12.7	Galvanized Iron	120	1.3	-0.1	0.78	99.79	0.041	0.0403	ya
pipe 3	Resvr Precet	Junc 2	501.9	12.7	Galvanized Iron	120	1.35	0.03	0.22	9.66	0.049	0.0033	ya

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.18 Kondisi Junction jam 00.00

Node ID	Elevasi	Base demand	Demand	Head	Preasure
	m	LPS	LPS	m	m
Junc DusunBanaran	912.5	2.8	0.84	1843.39	930.89
Junc 17	887.5	0	0	1812.59	925.09
Junc 19	880	0	0	1772.71	892.71
Junc 22	885.5	0	0	1811.63	926.13
Junc DusunBeru	878	2.6	0.78	1795.34	917.34
Junc 1	870	0	0	1750.71	880.71
Junc DusunBinangun	869	1.1	0.33	1729.05	860.05
Resvr Gemulo	962.5	-	0.1	962.5	0
Resvr Precet	885	-	-0.02	885	0
Tank tandon1	923	-	8.27	1848	925
Tank tandon5	924	-	-0.92	1850	926
Tank tandon2&3	875	-	0.58	1752	877
Tank TandonUtama	930	-	-9.97	1864	934
Junc 2	883	-	0	884	1

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.19 Kondisi Junction jam 07.00

Node ID	Elevasi	Base demand	Demand	Head	Preasure
	m	LPS	LPS	m	m
Junc DusunBanaran	912.5	2.8	4.37	1812.88	900.38
Junc 17	887.5	0	0	1706.98	819.48
Junc 19	880	0	0	1736.49	856.49
Junc 22	885.5	0	0	1686.06	800.56
Junc DusunBeru	878	2.6	4.06	1332.97	454.97
Junc 1	870	0	0	1724.38	854.38
Junc DusunBinangun	869	1.1	1.72	1264.12	395.12
Resvr Gemulo	962.5	-	0.1	962.5	0
Resvr Precet	885	-	-0.03	885	0
Tank tandon1	923	-	0.79	1849	926
Tank tandon5	924	-	-0.24	1850.24	926.24
Tank tandon2&3	875	-	-2.49	1751.81	876.81
Tank TandonUtama	930	-	-8.27	1860.14	930.14
Junc 2	883	-	0	880.15	-2.85

Sumber : Perhitungan

4.5 Optimasi Dengan Metode Program Dinamik Deterministik Model Alokasi

4.5.1 Dinamik Model Alokasi

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 alokasi 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 (*Decision 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.

4.5.2 Dasar Perhitungan Program Dinamik

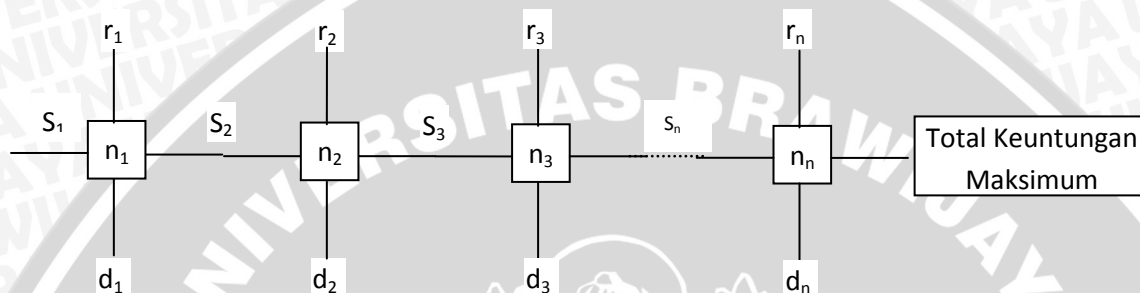
Dalam penerapan program dinamik untuk alokasi distribusi air bersih, maka diperlukan dasar perhitungan yang digunakan. Berdasarkan perhitungan sebelumnya maka didapatkan beberapa data yang diperlukan :

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 Bumiaji. Dimana masing-masing daerah terdapat 3 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 200.00 /m³) dimana batasnya ketika debit yang dipakai lebih dari debit maksimum maka keuntungannya dianggap sama dengan debit maksimum.
6. *State Variable* merupakan debit tersedia dengan interval 0,1 lt/dt.

4.5.3 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 4.7 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.

4.5.3.1 Optimasi di Desa Bumiaji

Berdasarkan neraca air yang terlampir dapat dilihat pada tahun 2013 kondisi air masih memenuhi namun seperti yang dijelaskan diatas bahwa optimasi dapat dilakukan kapan saja, maka dalam kasus ini di Desa Bumiaji optimasi dilakukan pada tahun proyeksi kebutuhan air 2013 dimana kondisi air masih terpenuhi.

Keterangan :

Lokasi : Desa Bumiaji

Sumber Mata Air : Sumber Gemulo dan Sumber Precet

Harga Air Rp 200,00 /m³ = Rp 0,2 /lt

Jumlah Penduduk Terlayani (2013) = 4989 (Tabel 4.8 point 8)

Kebutuhan Air Total = 6,5 lt/dt (Tabel 4.8 point 15)

Kebutuhan Suplai Air (Keb. Min) = 5,2 lt/dt (Tabel 4.8 point 12)

Kebutuhan Jam Puncak (Keb. Max) = 10,13 lt/dt (Tabel 4.8 point 14)

Tabel 4.20 Sebaran Pelanggan Dan Kebutuhan Air Desa Bumiaji Tahun 2013 Berdasarkan Prosentase Sebaran Pelanggan Tahun 2012

Daerah Layanan	Jumlah pelanggan	Prosentase	min	keb total	jam puncak
	Jiwa	%		lt/dt	
Banaran	2160	43.3%	2.25	2.81	4.39
Beru	1967	39.4%	2.05	2.56	4.00
Binangun	862	17.3%	0.90	1.12	1.75
Jumlah	4989	100%	5.20	6.50	10.13

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 Banaran

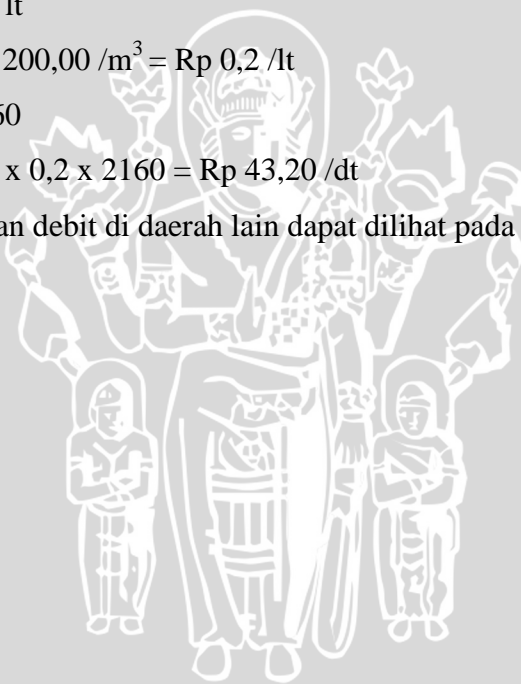
Debit yang dipakai = 0,1 lt

Harga air bersih = Rp 200,00 /m³ = Rp 0,2 /lt

Pelanggan (Banaran) = 2160

Keuntungan debit = 0,1 x 0,2 x 2160 = Rp 43,20 /dt

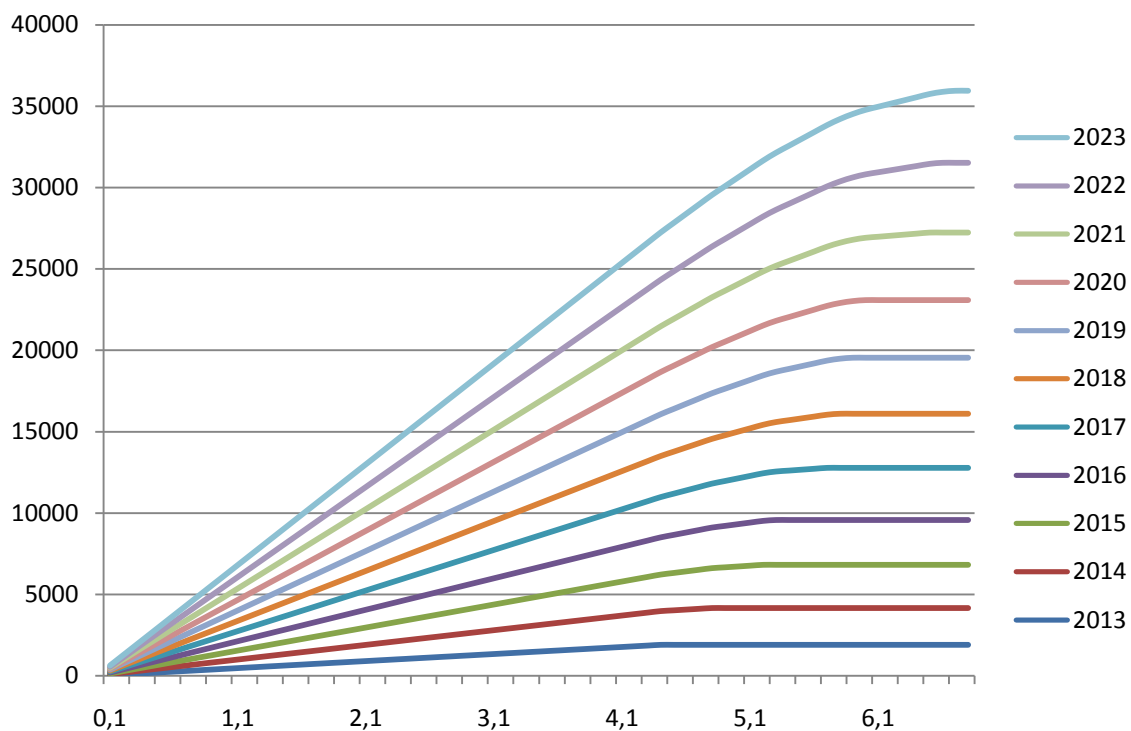
Untuk perhitungan keuntungan debit di daerah lain dapat dilihat pada tabel berikut :



Tabel 4.21 Keuntungan Fungsi Alokasi Dusun Banaran

Besaran Debit l/d/t	Tahun												
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
0.1	43.20	47.09	51.11	52.01	56.23	57.21	58.21	59.23	63.82	64.94	66.07		
0.2	86.39	94.18	102.22	104.01	112.45	114.42	114.42	118.47	129.87	127.64	132.15		
0.3	129.59	141.27	153.33	156.02	168.68	171.63	174.64	177.70	191.45	194.81	198.22		
0.4	188.37	204.44	208.03	224.90	224.90	228.84	232.86	236.94	255.27	259.74	264.30		
0.5	215.98	235.46	255.56	260.03	281.13	286.06	291.07	296.17	319.09	324.68	330.37		
0.6	259.17	282.55	306.67	312.04	337.35	343.27	349.28	355.40	382.91	389.62	396.44		
0.7	302.37	329.64	357.78	364.05	393.58	400.48	407.50	414.64	446.72	454.55	462.52		
0.8	345.56	376.73	408.89	416.06	449.81	457.69	465.71	473.87	510.54	519.49	528.59		
0.9	388.76	423.82	460.00	468.06	506.03	514.90	523.92	533.11	574.36	584.42	594.67		
1	431.95	470.91	511.11	520.07	562.26	572.11	582.14	592.34	638.18	649.36	660.74		
1.1	475.15	518.01	562.22	572.08	618.48	629.32	640.35	651.57	701.99	714.30	726.81		
1.2	518.34	565.10	613.33	624.08	674.71	686.53	698.57	710.81	765.81	779.23	792.89		
1.3	561.54	612.19	664.45	676.09	730.94	743.75	756.78	770.04	829.63	844.17	858.96		
1.4	604.73	659.28	715.56	728.10	787.16	800.96	814.99	829.28	893.45	909.10	925.04		
1.5	647.93	706.37	766.67	780.10	843.39	858.17	873.21	888.51	957.26	974.04	991.11		
1.6	691.12	753.46	817.78	832.11	899.61	915.38	931.42	947.74	1,021.08	1,038.98	1,057.18		
1.7	734.32	800.56	868.89	884.12	955.84	972.59	989.63	1,006.98	1,084.90	1,103.91	1,123.26		
1.8	777.51	847.65	920.00	936.13	1,012.06	1,029.80	1,047.85	1,066.21	1,148.72	1,168.85	1,189.33		
1.9	820.71	894.74	971.11	988.13	1,068.29	1,087.01	1,106.06	1,125.45	1,212.53	1,233.78	1,255.41		
2	863.90	941.83	1,022.22	1,040.14	1,124.52	1,144.22	1,164.28	1,184.68	1,276.35	1,298.72	1,321.48		
2.1	907.10	988.92	1,073.34	1,092.15	1,180.74	1,201.43	1,222.49	1,243.91	1,340.17	1,363.66	1,387.55		
2.2	950.29	1,036.01	1,124.45	1,144.15	1,236.97	1,258.65	1,280.70	1,303.15	1,403.99	1,428.59	1,453.63		
2.3	993.49	1,083.10	1,175.56	1,196.16	1,293.19	1,315.86	1,338.92	1,362.38	1,467.80	1,493.53	1,519.70		
2.4	1,036.68	1,130.20	1,226.67	1,248.17	1,349.42	1,373.07	1,397.13	1,421.62	1,531.62	1,558.46	1,585.78		
2.5	1,079.88	1,177.29	1,277.78	1,300.17	1,405.64	1,430.28	1,455.35	1,480.85	1,596.44	1,623.40	1,651.85		
2.6	1,123.07	1,224.38	1,328.89	1,352.18	1,461.87	1,487.49	1,513.56	1,540.08	1,659.26	1,688.33	1,717.92		
2.7	1,166.27	1,271.47	1,380.00	1,404.19	1,518.10	1,544.70	1,571.77	1,599.32	1,723.07	1,753.27	1,784.00		
2.8	1,209.46	1,318.56	1,431.11	1,456.19	1,574.32	1,601.91	1,629.99	1,658.55	1,786.89	1,818.21	1,850.07		
2.9	1,252.66	1,365.65	1,482.23	1,508.20	1,630.55	1,659.12	1,688.20	1,717.79	1,850.71	1,883.14	1,916.15		
3	1,295.85	1,412.74	1,533.34	1,560.21	1,686.77	1,716.34	1,746.41	1,777.02	1,914.53	1,948.08	1,982.22		
3.1	1,339.05	1,459.84	1,584.45	1,612.22	1,743.00	1,773.55	1,804.63	1,836.25	1,978.34	2,013.01	2,048.29		
3.2	1,382.24	1,506.93	1,635.56	1,664.22	1,799.23	1,830.76	1,862.84	1,895.49	2,042.16	2,077.95	2,114.37		
3.3	1,425.44	1,554.02	1,686.67	1,716.23	1,855.45	1,887.97	1,921.06	1,954.72	2,105.98	2,142.89	2,180.44		
3.4	1,468.63	1,601.11	1,737.78	1,768.24	1,911.68	1,945.18	1,979.27	2,013.96	2,169.80	2,207.82	2,246.52		
3.5	1,511.83	1,648.20	1,788.89	1,820.24	1,967.90	2,002.39	2,037.48	2,073.19	2,233.61	2,272.76	2,312.59		
3.6	1,555.02	1,695.29	1,840.00	1,872.25	2,024.13	2,059.60	2,095.70	2,132.42	2,297.43	2,337.69	2,378.66		
3.7	1,598.22	1,742.38	1,891.12	1,924.26	2,080.35	2,116.81	2,153.91	2,191.66	2,361.25	2,402.63	2,444.74		
3.8	1,641.41	1,789.48	1,942.23	1,976.26	2,136.58	2,174.02	2,212.12	2,250.89	2,425.07	2,467.57	2,510.81		
3.9	1,684.61	1,836.57	1,993.34	2,028.27	2,192.81	2,231.24	2,270.34	2,310.13	2,488.88	2,532.50	2,576.89		
4	1,727.80	1,883.66	2,044.45	2,080.28	2,249.03	2,288.45	2,328.55	2,369.36	2,552.70	2,597.44	2,642.96		
4.1	1,771.00	1,930.75	2,095.56	2,132.29	2,305.26	2,345.66	2,386.77	2,428.60	2,616.52	2,662.37	2,709.03		
4.2	1,814.19	1,977.84	2,146.67	2,184.29	2,361.48	2,402.87	2,444.98	2,487.83	2,680.34	2,727.31	2,775.11		
4.3	1,857.39	2,024.93	2,197.78	2,236.30	2,417.71	2,460.08	2,503.19	2,547.06	2,744.15	2,792.25	2,841.18		
4.4	1,900.58	2,072.03	2,248.89	2,288.31	2,473.94	2,517.29	2,561.41	2,606.30	2,807.97	2,857.18	2,907.26		
4.5	1,900.58	2,119.12	2,300.00	2,340.31	2,530.16	2,574.50	2,619.62	2,665.53	2,871.79	2,922.12	2,973.33		
4.6	1,900.58	2,166.21	2,351.12	2,392.32	2,586.39	2,631.71	2,677.84	2,724.77	2,935.61	2,987.05	3,039.40		
4.7	1,900.58	2,213.30	2,402.23	2,444.33	2,642.61	2,688.92	2,736.05	2,784.00	2,999.42	3,051.99	3,105.48		
4.8	1,900.58	2,260.39	2,453.34	2,496.33	2,698.84	2,746.14	2,794.26	2,843.23	3,063.24	3,116.93	3,171.55		
4.9	1,900.58	2,260.39	2,504.45	2,548.34	2,755.06	2,803.35	2,852.48	2,902.47	3,127.06	3,181.86	3,237.62		
5	1,900.58	2,260.39	2,555.56	2,600.35	2,811.29	2,860.56	2,910.69	2,961.70	3,190.88	3,246.80	3,303.70		
5.1	1,900.58	2,260.39	2,606.67	2,652.35	2,867.52	2,917.77	2,968.90	3,020.94	3,254.69	3,311.73	3,369.77		
5.2	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,704.36	2,923.74	2,974.98	3,027.12	3,080.17	3,318.51	3,376.67	3,435.85		
5.3	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	2,979.97	3,032.19	3,085.33	3,139.40	3,382.33	3,441.61	3,501.92		
5.4	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,036.19	3,089.40	3,143.55	3,198.64	3,446.15	3,506.54	3,567.99		
5.5	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,092.42	3,146.61	3,201.76	3,257.87	3,509.96	3,571.48	3,634.07		
5.6	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,148.64	3,203.83	3,259.97	3,317.11	3,573.78	3,636.41	3,700.14		
5.7	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,261.04	3,318.19	3,376.34	3,637.60	3,701.35	3,766.22		
5.8	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,376.40	3,435.57	3,701.42	3,766.29	3,832.29		
5.9	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,494.81	3,765.23	3,831.22	3,898.36		
6	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	3,829.05	3,896.16	3,964.44		
6.1	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	3,892.87	3,961.09	4,030.51		
6.2	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	3,956.69	4,026.03	4,096.59		
6.3	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,020.50	4,090.97	4,162.66		
6.4	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,084.32	4,155.90	4,228.73		
6.5	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,148.14	4,220.84	4,294.81		
6.6	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,148.14	4,285.77	4,360.88		
6.7	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,148.14	4,285.77	4,426.96		
6.8	1,900.58	2,260.39	2,657.78	2,756.37	3,204.87	3,318.25	3,434.61	3,554.04	4,148.14	4,285.77	4,426.96		

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.8 Grafik Keuntungan Fungsi Alokasi Dusun Banaran

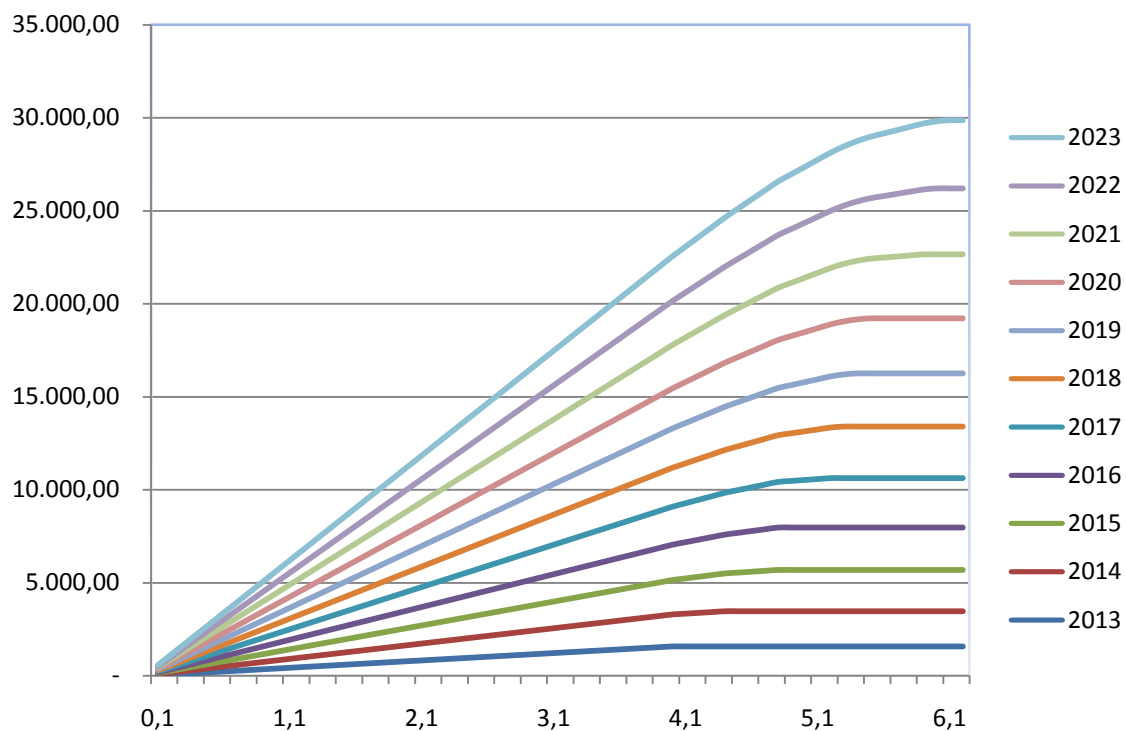
Sumber : Perhitungan



Tabel 4.22 Keuntungan Fungsi Alokasi Dusun Beru

Besaran Debit	Tabung												
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
0.1	39.34	42.89	46.55	47.37	51.21	52.11	53.02	53.95	58.12	59.14	60.18		
0.2	78.68	85.78	93.10	94.74	102.42	104.22	106.04	107.90	116.25	118.29	120.36		
0.3	118.03	128.67	139.66	142.10	153.63	156.32	159.06	161.85	174.37	177.43	180.54		
0.4	157.37	171.56	186.21	189.47	204.84	208.43	212.08	215.80	232.50	236.57	240.72		
0.5	196.71	214.45	232.76	236.84	256.05	260.54	265.11	269.75	290.62	295.72	300.90		
0.6	236.05	257.34	279.31	284.21	307.26	312.65	318.13	323.70	348.75	354.86	361.08		
0.7	275.39	300.24	325.86	331.57	358.47	364.75	371.15	377.65	406.87	414.00	421.26		
0.8	314.74	343.13	372.42	378.94	409.68	416.86	424.17	431.60	465.00	473.15	481.44		
0.9	354.08	386.02	418.97	426.31	460.89	468.97	477.19	485.55	523.12	532.29	541.62		
1	393.42	428.91	465.52	473.68	512.10	521.08	530.21	539.50	581.25	591.44	601.80		
1.1	432.76	471.80	512.07	521.05	563.31	573.19	583.23	593.45	639.37	650.58	661.98		
1.2	472.10	514.69	558.62	568.41	614.52	625.29	636.25	647.40	697.50	709.72	722.16		
1.3	511.45	557.58	605.18	615.78	665.73	677.40	689.27	701.35	755.62	768.87	782.34		
1.4	550.79	600.47	651.73	663.15	716.94	729.51	742.29	755.30	813.75	828.01	842.52		
1.5	590.13	643.36	698.28	710.52	768.16	781.62	795.32	809.25	871.87	887.15	902.70		
1.6	629.47	686.25	744.83	757.89	819.37	833.73	848.34	863.20	930.00	946.30	962.88		
1.7	668.81	729.14	791.38	805.25	870.58	885.83	901.36	917.15	988.12	1,005.44	1,023.06		
1.8	708.16	772.03	837.94	852.62	921.79	937.94	954.38	971.10	1,046.25	1,064.58	1,083.24		
1.9	747.50	814.93	884.49	899.99	973.00	990.05	1,007.40	1,025.05	1,104.37	1,123.73	1,143.42		
2	786.84	857.82	931.04	947.36	1,024.21	1,042.16	1,060.42	1,079.00	1,162.50	1,182.87	1,203.60		
2.1	826.18	900.71	977.59	994.72	1,075.42	1,094.26	1,113.44	1,132.96	1,220.62	1,242.01	1,263.78		
2.2	865.52	943.60	1,024.14	1,042.09	1,126.63	1,146.37	1,166.46	1,186.91	1,278.75	1,301.16	1,323.96		
2.3	904.87	986.49	1,070.70	1,089.46	1,177.84	1,198.48	1,219.48	1,240.86	1,336.87	1,360.30	1,384.14		
2.4	944.21	1,029.38	1,117.25	1,136.83	1,229.05	1,250.59	1,272.50	1,294.81	1,395.00	1,419.45	1,444.32		
2.5	983.55	1,072.27	1,163.80	1,184.20	1,280.26	1,302.70	1,325.53	1,348.76	1,453.12	1,478.59	1,504.50		
2.6	1,022.89	1,115.16	1,210.35	1,231.56	1,331.47	1,354.80	1,378.55	1,402.71	1,511.25	1,537.73	1,564.68		
2.7	1,062.23	1,158.05	1,256.90	1,278.93	1,382.68	1,406.91	1,431.57	1,456.66	1,569.37	1,596.88	1,624.86		
2.8	1,101.57	1,200.94	1,303.46	1,326.30	1,433.89	1,459.02	1,484.59	1,510.61	1,627.50	1,656.02	1,685.04		
2.9	1,140.92	1,243.83	1,350.01	1,373.67	1,485.10	1,511.13	1,537.61	1,564.56	1,685.62	1,715.16	1,745.22		
3	1,180.26	1,286.72	1,396.56	1,421.04	1,536.31	1,563.23	1,590.63	1,618.51	1,743.75	1,774.31	1,805.40		
3.1	1,219.60	1,329.62	1,443.11	1,468.40	1,587.52	1,615.34	1,643.65	1,672.46	1,801.87	1,833.45	1,865.58		
3.2	1,258.94	1,372.51	1,489.66	1,515.77	1,638.73	1,667.45	1,696.67	1,726.41	1,860.00	1,892.59	1,925.76		
3.3	1,298.28	1,415.40	1,536.22	1,563.14	1,689.94	1,719.56	1,749.69	1,780.36	1,918.12	1,951.74	1,985.94		
3.4	1,337.63	1,458.29	1,582.77	1,610.51	1,741.15	1,771.67	1,802.72	1,834.31	1,976.25	2,010.88	2,046.12		
3.5	1,376.97	1,501.18	1,629.32	1,657.87	1,792.36	1,823.77	1,855.74	1,888.26	2,034.37	2,070.02	2,106.30		
3.6	1,416.31	1,544.07	1,675.87	1,705.24	1,843.57	1,875.88	1,908.76	1,942.21	2,092.50	2,129.17	2,166.48		
3.7	1,455.65	1,586.96	1,722.42	1,752.61	1,894.78	1,927.99	1,961.78	1,996.16	2,150.62	2,188.31	2,226.66		
3.8	1,494.99	1,629.85	1,768.98	1,799.98	1,945.99	1,980.10	2,014.80	2,050.11	2,208.75	2,247.45	2,286.84		
3.9	1,534.34	1,672.74	1,815.53	1,847.35	1,997.20	2,032.21	2,067.82	2,104.06	2,266.87	2,306.60	2,347.02		
4	1,573.68	1,715.63	1,862.08	1,894.71	2,048.41	2,084.31	2,120.84	2,158.01	2,325.00	2,365.74	2,407.20		
4.1	1,573.68	1,758.52	1,908.63	1,942.08	2,099.62	2,136.42	2,173.86	2,211.96	2,383.12	2,424.89	2,467.38		
4.2	1,573.68	1,801.41	1,955.18	1,989.45	2,150.83	2,188.53	2,226.88	2,265.91	2,441.25	2,484.03	2,527.56		
4.3	1,573.68	1,844.31	2,001.74	2,036.82	2,202.05	2,240.64	2,279.90	2,319.86	2,499.37	2,543.17	2,587.74		
4.4	1,573.68	1,887.20	2,048.29	2,084.18	2,253.26	2,292.74	2,332.93	2,373.81	2,557.50	2,602.32	2,647.92		
4.5	1,573.68	1,887.20	2,094.84	2,131.55	2,304.47	2,344.85	2,385.95	2,427.76	2,615.62	2,661.46	2,708.10		
4.6	1,573.68	1,887.20	2,141.39	2,178.92	2,355.68	2,396.96	2,438.97	2,481.71	2,673.75	2,720.60	2,768.28		
4.7	1,573.68	1,887.20	2,187.94	2,226.29	2,406.89	2,449.07	2,491.99	2,535.66	2,731.87	2,779.75	2,828.46		
4.8	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,458.10	2,501.18	2,545.01	2,589.61	2,789.99	2,838.89	2,888.64		
4.9	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,509.31	2,553.28	2,598.03	2,643.56	2,848.12	2,898.03	2,948.82		
5	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,560.52	2,605.39	2,651.05	2,697.51	2,906.24	2,957.18	3,009.00		
5.1	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,611.73	2,657.50	2,704.07	2,751.46	2,964.37	3,016.32	3,069.18		
5.2	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,709.61	2,757.09	2,805.41	3,022.49	3,075.46	3,129.36		
5.3	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,810.11	2,859.36	3,080.62	3,134.61	3,189.54		
5.4	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,913.31	3,138.74	3,193.75	3,249.72		
5.5	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,196.87	3,252.90	3,309.90		
5.6	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,254.99	3,312.04	3,370.08		
5.7	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,313.12	3,371.18	3,430.26		
5.8	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,371.24	3,430.33	3,490.44		
5.9	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,429.37	3,489.47	3,550.62		
6	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,429.37	3,548.61	3,610.80		
6.1	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,429.37	3,548.61	3,670.98		
6.2	1,573.68	1,887.20	2,234.50	2,273.66	2,662.94	2,761.71	2,863.14	2,967.26	3,429.37	3,548.61	3,670.98		

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.9 Grafik Keuntungan Fungsi Alokasi Dusun Beru

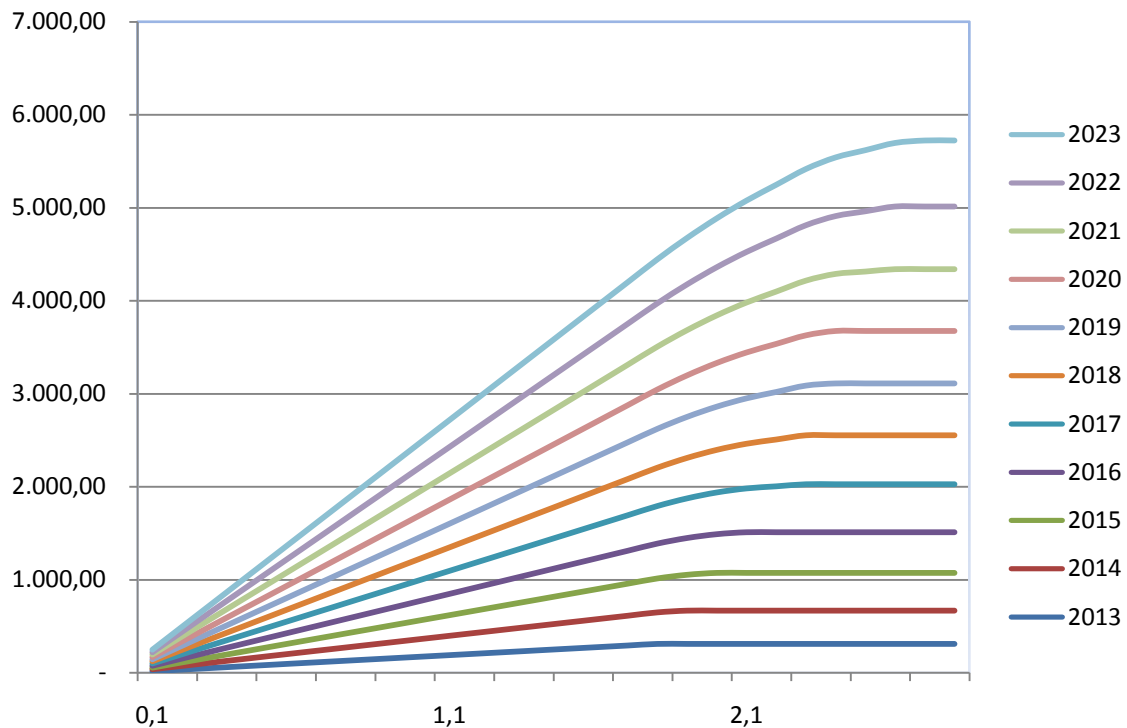
Sumber : Perhitungan



Tabel 4.23 Keuntungan Debit Dusun Binangun

Besaran Debit lt/dt	Tahun											
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
0.1	17.24	18.79	20.40	20.75	22.44	22.83	23.23	23.64	25.47	25.91	26.37	
0.2	34.47	37.58	40.79	41.51	44.88	45.66	46.46	47.28	50.93	51.83	52.74	
0.3	51.71	56.38	61.19	62.26	67.31	68.49	69.69	70.91	76.40	77.74	79.10	
0.4	68.95	75.17	81.59	83.02	89.75	91.32	92.92	94.55	101.87	103.65	105.47	
0.5	86.19	93.96	101.98	103.77	112.19	114.15	116.15	118.19	127.34	129.57	131.84	
0.6	103.42	112.75	122.38	124.52	134.63	136.98	139.39	141.83	152.80	155.48	158.21	
0.7	120.66	131.55	142.78	145.28	157.06	159.82	162.62	165.47	178.27	181.39	184.57	
0.8	137.90	150.34	163.17	166.03	179.50	182.65	185.85	189.10	203.74	207.31	210.94	
0.9	155.14	169.13	183.57	186.79	201.94	205.48	209.08	212.74	229.20	233.22	237.31	
1	172.37	187.92	203.96	207.54	224.38	228.31	232.31	236.38	254.67	259.13	263.68	
1.1	189.61	206.72	224.36	228.29	246.81	251.14	255.54	260.02	280.14	285.05	290.04	
1.2	206.85	225.51	244.76	249.05	269.25	273.97	278.77	283.66	305.61	310.96	316.41	
1.3	224.09	244.30	265.15	269.80	291.69	296.80	302.00	307.29	331.07	336.87	342.78	
1.4	241.32	263.09	285.55	290.56	314.13	319.63	325.23	330.93	356.54	362.79	369.15	
1.5	258.56	281.89	305.95	311.31	336.56	342.46	348.46	354.57	382.01	388.70	395.51	
1.6	275.80	300.68	326.34	332.06	359.00	365.29	371.69	378.21	407.47	414.61	421.88	
1.7	293.04	319.47	346.74	352.82	381.44	388.12	394.92	401.85	432.94	440.53	448.25	
1.8	310.27	338.26	367.14	373.57	403.88	410.95	418.16	425.48	458.41	466.44	474.62	
1.9	310.27	357.06	387.53	394.33	426.31	433.78	441.39	449.12	483.87	492.35	500.98	
2	310.27	357.06	407.93	415.08	448.75	456.61	464.62	472.76	509.34	518.27	527.35	
2.1	310.27	357.06	407.93	435.83	471.19	479.45	487.85	496.40	534.81	544.18	553.72	
2.2	310.27	357.06	407.93	435.83	493.63	502.28	511.08	520.04	560.28	570.10	580.09	
2.3	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	534.31	543.67	585.74	596.01	606.45	
2.4	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	557.54	567.31	611.21	621.92	632.82	
2.5	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	557.54	567.31	636.68	647.84	659.19	
2.6	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	557.54	567.31	662.14	673.75	685.56	
2.7	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	557.54	567.31	662.14	673.75	711.92	
2.8	310.27	357.06	407.93	435.83	516.06	525.11	557.54	567.31	662.14	673.75	711.92	

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.10 Grafik Keuntungan Fungsi Alokasi Dusun Binangun

Sumber : Perhitungan

Penyelesaian tabel *recursive* :

1. Untuk tahap (*stage*) dibagi menjadi 3, yaitu Banaran, Beru, dan Binangun.
2. Pada tahap 1 (Banaran) dengan debit tersedia 5,6 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
 $= 5,6 - 4,4 = 1,2$
4. Untuk batas kanan pada tabel *recursive* Debit *inflow* (debit yang tersedia) dikurangi debit yang dialokasikan dengan batas debit minimum pada tahap 1
 $= 5,6 - 2,2 = 3,4$

5. Untuk interval *state variable* dipakai 0,1 lt/dt

6. Untuk penyelesaian tahap 1 (*stage*)

Debit tersedia (*inflow*) = 5,6 lt/dt

Debit sisa (*outflow*) = 1,2 lt/dt

Debit yang dialokasikan = $5,6 - 1,2 = 4,4$ lt/dt

Keuntungan yang didapat = Rp 1.900,58 /dt. (tabel keuntungan debit 4.21)

Dan begitu seterusnya sampai debit sisa (*outflow*) 3,4

7. Dari keseluruhan debit sisa (*outflow*) dan debit yang dialokasikan diperoleh nilai keuntungan dan keuntungan maksimum dari tahap 1 (Banaran)
8. Setelah itu nilai debit sisa (*outflow*) dan keuntungan debit ditransformasikan ke tahap 2 (Beru)
9. Pada tahap kedua 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>)	= 2,1 lt/dt
Debit sisa (<i>outflow</i>)	= 0,1 lt/dt
Debit yang dialokasikan	= 2,1 – 0,1 = 2 lt/dt
Keuntungan yang didapat	= 786,84 + 1.511,83
	= Rp 2.298,67/dt
11. Demikian dan seterusnya hingga debit sisa 1,4 lt/dt
12. Dari masing-masing tahap ditentukan nilai maksimum sebagai *decision variable*.

Hasil optimasi dapat dilihat pada tabel berikut



Tabel 4.24 Abkasi 1 ke Dusun Banaran

Tersedia	Sisa	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4
5.6		1.900.58	1.857.39	1.814.19	1.771.00	1.727.80	1.684.61	1.641.41	1.598.22	1.555.02	1.511.83	1.468.63	1.425.44	1.382.24	1.339.05	1.295.85	1.252.66	1.209.46	1.166.27	1.123.07	1.079.88	1.036.68	993.49	950.29
Maximal		1.900.58	1.857.39	1.814.19	1.771.00	1.727.80	1.684.61	1.641.41	1.598.22	1.555.02	1.511.83	1.468.63	1.425.44	1.382.24	1.339.05	1.295.85	1.252.66	1.209.46	1.166.27	1.123.07	1.079.88	1.036.68	993.49	950.29
Decision	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.25 Abkasi 2 ke Dusun Ben

Tersedia	Sisa	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	D*
1.2																1.900.58
1.3																1.857.39
1.4																1.814.19
1.5																1.771.00
1.6																1.727.80
1.7																1.684.61
1.8																1.641.41
1.9																1.598.22
2																1.555.02
2.1	2.298.67															1.511.83
2.2	2.294.81	2.255.47														1.468.63
2.3	2.290.96	2.251.62	2.212.28													1.425.44
2.4	2.287.11	2.247.76	2.208.42	2.169.08												1.382.24
2.5	2.283.25	2.243.91	2.204.57	2.165.23	2.125.89											1.339.05
2.6	2.279.40	2.240.06	2.200.72	2.161.37	2.122.03	2.082.69										1.295.85
2.7	2.275.55	2.236.21	2.196.86	2.157.52	2.118.18	2.078.84	2.039.50									1.252.66
2.8	2.271.69	2.232.35	2.193.01	2.153.67	2.114.33	2.074.98	2.035.64	1.996.30								1.209.46
2.9	2.267.84	2.228.50	2.189.16	2.149.82	2.110.47	2.071.13	2.031.79	1.992.45	1.953.11							1.166.27
3	2.263.99	2.224.65	2.185.30	2.145.96	2.106.62	2.067.28	2.027.94	1.988.59	1.949.25	1.909.91						1.123.07
3.1	2.260.13	2.220.79	2.181.45	2.142.11	2.102.77	2.063.43	2.024.08	1.984.74	1.945.40	1.906.06	1.866.72					1.079.88
3.2	2.256.28	2.216.94	2.177.60	2.138.26	2.098.91	2.059.57	2.020.23	1.980.89	1.941.55	1.902.20	1.862.86	1.823.52				1.036.68
3.3	2.252.43	2.213.09	2.173.74	2.134.40	2.095.06	2.055.72	2.016.38	1.977.03	1.937.69	1.898.35	1.859.01	1.819.67	1.780.33			993.49
3.4	2.248.58	2.209.23	2.169.89	2.130.55	2.091.21	2.051.87	2.012.52	1.973.18	1.933.84	1.894.50	1.855.16	1.815.81	1.776.47	1.737.13		950.29
Maximal	2.298.67	2.255.47	2.212.28	2.169.08	2.125.89	2.082.69	2.039.50	1.996.30	1.953.11	1.909.91	1.866.72	1.823.52	1.780.33	1.737.13		
Decision	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2	3.3	3.4		

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.26 Abkasi 3 ke Dusun Binangan

Tersedia	Sisa	0	D*
0.1			2.298.67
0.2			2.255.47
0.3			2.212.28
0.4			2.169.08
0.5			2.125.89
0.6			2.082.69
0.7			2.039.50
0.8			1.996.30
0.9	2.108.24		1.953.11
1	2.082.28		1.909.91
1.1	2.066.33		1.866.72
1.2	2.050.37		1.823.52
1.3	2.004.41		1.780.33
1.4	1.978.45		1.737.13
Maximal	2.108.24		
Decision	0.9		

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.24 - 4.26 maka dapat disimpulkan hasil dari optimasi seperti berikut :

Tabel 4.27 Hasil Optimasi

Jalur Optimal	5.6	2.9	0.9	0
	Banaran	Beru	Binangun	
Alokasi Optimal lt/dt	2.7	2	0.9	5.6
Keuntungan Maksimum (Rp/lt/dt)	2,108.24			
Keuntungan Total (Rp)	182,152,146.64	lt/hari		
Keuntungan Total (Rp)	182,152.15	m3/hari		

Sumber : Perhitungan

- Jalur Optimal = 5,6 – 2,9 – 0,9 – 0
- Maka alokasi yang didapat untuk tiap tahap atau daerah adalah :

$$\text{Banaran} = 5,6 - 2,9 = 2,7 \text{ lt/dt}$$

$$\text{Beru} = 2,9 - 0,9 = 2 \text{ lt/dt}$$

$$\text{Binangun} = 0,9 - 0 = 0,9 \text{ lt/dt}$$

- Keuntungan maksimum = Rp 2.108,242 /lt/dt

Keuntungan yang didapat dalam 1 hari = 5,6 lt/dt x 60 x 60 x 24 x Rp 0,2/lt

$$= \text{Rp } 96.768,00 \text{ lt/hari}$$

$$= \text{Rp } 96,77 \text{ /hari}$$

Nilai keuntungan optimasi yang didapat sebesar = Keuntungan Max Optimasi x 60 x 60 x

$$24$$

$$= \text{Rp } 2.108,24 \text{ /lt/dt x } 60 \text{ x } 60 \text{ x } 24$$

$$= \text{Rp } 182.152.146,64 \text{ lt/hr}$$

$$= \text{Rp } 182.152,15 \text{ /hr}$$

4.6 Analisa ekonomi

4.6.1 Analisa Investasi

Pelaksanaan proyek – proyek pemerintahan secara sensi 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 *intangible 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 pemakain 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 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 Desa Bumiaji :

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

Tabel 4.28 Jumlah Biaya Kontruksi Jaringan Distribusi Air Desa Bumiaji

No	Tahun Anggaran	Sumber Dana	Jumlah Anggaran (Rp)
1	2007	APBN dan APBD	156.392.000,00

Sumber : DPBM, 2013

Pembangun jaringan distribusi ini sebenarnya sudah ada sejak tahun 1988, 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.

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

$$P = \text{Rp } 156.392.000,00$$

$$i = 15\%$$

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

$$\begin{aligned} F &= P \times (1+i)^n \\ &= 156.392.000,00 \times (1+15\%)^6 \\ &= \text{Rp } 361.744.199,26 \end{aligned}$$

- Untuk nilai manfaat air bersih dipakai nilai manfaat air bersih untuk tahun 2013 yaitu sebesar Rp 35.320.320,00. Sedangkan untuk manfaat air bersih tahun sebelum 2013 digunakan analisa ekonomi perkiraan nilai sekarang. Contoh perhitungan perkiraan nilai tahun 2013 untuk nilai tahun 2008 adalah sebagai berikut :

$$F = \text{Rp } 35.320.320,00$$

$$i = 15\%$$

$$n = 5 \text{ tahun}$$

$$\begin{aligned} P &= F / (1+i)^n \\ &= 35.320.320,00 / (1+15\%)^5 \\ &= \text{Rp } 25.867.000,00 \end{aligned}$$

- Sehingga untuk tahun 2013 didapat nilai manfaat dan nilai biaya sebesar :

$$\text{Nilai Manfaat} = \text{Rp } 183.022.720,00$$

$$\text{Nilai biaya} = \text{Rp } 361.744.199,26$$

- Rencana umur bangunan sesuai proyeksi = 11 Tahun
- Suku bunga yang berlaku = 15%

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

1. Menggunakan besaran nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) eksisting
2. Menggunakan besaran nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) coba-coba dengan besaran nilai (O&P) sampai memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$
3. Pemakaian hasil optimasi tahun 2013 (lampiran) sebagai manfaat air bersih dengan menggunakan O&P coba-coba dan dengan besaran nilai (O&P) coba-coba sampai memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$.

→ Untuk kondisi pertama yaitu Operasional dan Pemeliharaan (O&P) eksisting yaitu sebagai berikut :

Nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) :

Insentif pengurus	= Rp 1.625.000,00
Pajak SIPMA	= Rp 650.000,00
Transport	= Rp 250.000,00
Pemeliharaan	= <u>Rp 2.500.000,00</u>
Total	= Rp 5.025.000,00 x 12 bulan = Rp 60.300.000,00

Jumlah diatas untuk O&P HIPPAM Desa Bumiaji sebsar Rp 60.300.000,00. sehingga pada tahun ke-1 didapat data seperti dibawah ini :

Manfaat air bersih	= Rp 35.320.320,00
Total Biaya	= Rp 60,300,000.00
cash flow	= Rp -24.979.680,00
PV	= $FV \times (1+i)^{-n}$ $= -24.979.680,00 \times (1+15\%)^{-1}$ $= Rp 21.721.460,87$
PV Pemasukan	= $FV \times (1+i)^{-n}$ $= 35.320.320,00 \times (1+15\%)^{-1}$ $= Rp 30.713.321,74$
PV Pengeluaran	= $FV \times (1+i)^{-n}$ $= 60,300,000.00 \times (1+15\%)^{-1}$ $= Rp 52.434.782,61$

Sehingga nilai total untuk proyeksi 11 tahun perencanaan sebesar :

PV Pemasukan	= Rp 367.879.097,00
PV Pengeluaran	= Rp 1.008.872.724,00
NPV	= PV Pemasukan – PV Pengeluaran $= 367.879.097,00 - 1.008.872.724,00$ $= Rp -640.993.626,00$
BCR	= PV Pemasukan / PV Pengeluaran $= 367.879.097,00 / 1.008.872.724,00$ $= 0,3646$

Dan IRR sebesar 15%

→ Untuk kondisi kedua yaitu Operasional dan Pemeliharaan (O&P) dengan coba-coba sampai memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$ yaitu sebagai berikut :

Nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) :

Insentif pengurus	= Rp 1.625.000,00
Pajak SIPMA	= Rp 650.000,00
Transport	= Rp 250.000,00
Pemeliharaan	= <u>Rp 2.500.000,00</u>
Total	= Rp 5.025.000,00 x 12 bulan = Rp 60.300.000,00

Jumlah diatas untuk O&P HIPPAM Desa Bumiaji sebesar Rp 60.300.000,00, dan harga air sebesar Rp 919,05/m³. Sehingga pada tahun ke-1 didapat data seperti dibawah ini :

Manfaat air bersih	= Rp 162.305.004,56
Total Biaya	= Rp 60.300.000,00
cash flow	= Rp 102.005.005,00
PV	= $FV \times (1+i)^{-n}$ = 102.005.005,00 x (1+15%) ⁻¹ = Rp 88.700.004
PV Pemasukan	= $FV \times (1+i)^{-n}$ = 162.305.004,56 x (1+15%) ⁻¹ = Rp 141.134.787,00
PV Pengeluaran	= $FV \times (1+i)^{-n}$ = 60.300.000,00 x (1+15%) ⁻¹ = Rp 52.434.783,00

Sehingga nilai total untuk proyeksi 11 tahun perencanaan sebesar :

PV Pemasukan	= Rp 1.032.480.345,00
PV Pengeluaran	= Rp 1.008.872.724,00
NPV	= PV Pemasukan – PV Pengeluaran = 1.032.480.345,00- 1.008.872.724,00 = Rp 23.607.622,00
BCR	= PV Pemasukan / PV Pengeluaran = 1.032.480.345,00/ 1.008.872.724,00 = 1,0234 \approx 1

Dan IRR sebesar 15%

→ Untuk kondisi ketiga yaitu hasil optimasi sebagai manfaat air bersih dengan menggunakan O&P coba-coba dengan coba-coba besaran nilai (O&P) sampai memiliki batas keuntungan atau $B/C \approx 1$ yaitu sebagai berikut :

Hasil optimasi tahun 2013 sebagai manfaat air bersih :

Desa Bumiaji = Rp 146.039.748,97 /th

Nilai Operasional dan Pemeliharaan (O&P) :

Insentif pengurus = Rp 4.550.000,00

Pajak SIPMA = Rp 800.000,00

Tranasport = Rp 1.000.000,00

Pemeliharaan = Rp 2.500.000,00

Total = Rp 8.850.000,00 x 12 bulan = Rp 106.200.000,00

Jumlah diatas untuk O&P HIPPAM Desa Bumiaji sebsar Rp 106.200.000,00, dan harga air sebesar Rp 950,00. Sehingga pada tahun ke-1 didapat data seperti dibawah ini :

Manfaat air bersih = Rp 146.039.748,97

Total Biaya = Rp 106.200.000,00

cash flow = Rp 39.839.749,00

PV
 $= FV \times (1+i)^{-n}$
 $= 39.839.749,00 \times (1+15\%)^{-1}$
 = Rp 34.643.260,00

PV Pemasukan
 $= FV \times (1+i)^{-n}$
 $= 146.039.748,97 \times (1+15\%)^{-1}$
 = Rp 126.991.086,00

PV Pengeluaran
 $= FV \times (1+i)^{-n}$
 $= 106.200.000,00 \times (1+15\%)^{-1}$
 = Rp 92.347.826,00

Sehingga nilai total untuk proyeksi 11 tahun perencanaan sebesar :

PV Pemasukan = Rp 947.352.684,53

PV Pengeluaran = Rp 917.564.397,58

NPV
 $= PV \text{ Pemasukan} - PV \text{ Pengeluaran}$
 $= 947.352.684,53 - 917.564.397,58$
 = Rp 29.788.286,96

BCR
 $= PV \text{ Pemasukan} / PV \text{ Pengeluaran}$
 $= 947.352.684,53 / 917.564.397,58$
 = 1,0324 \approx 1

Dan IRR sebesar 15%

Berikut tabel perhitungan analisa ekonomi selanjutnya.



Tabel 4.29 Analisa Ekonomi saat O&P eksisting

Tahun	Manfaat		Biaya		Total Biaya	Cash Flow	PV	PV Pemasukan	PV Pengeluaran
	Air Bersih	Investasi Awal	Akhir 2013	Operasi dan Pemeliharaan					
	Rp	Rp	Rp	Rp					
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
2007		156,392.000	361,744,199.26						
2008	25,867,000.00			50,867,400					
2009	27,645,000.00			52,431,600					
2010	29,786,500.00			54,312,300					
2011	31,647,000.00			55,756,900					
2012	32,756,900.00			57,867,500					
2013	35,320,320.00			60,300,000					
0	183,022,720.00		361,744,199	331,535,700	693,279,899	510,257,179.26	510,257,179.26	183,022,720.00	693,279,899.26
1	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	21,721,460.87	30,713,321.74	52,434,782.61
2	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	18,888,226.84	26,707,236.29	45,595,463.14
3	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	16,424,545.08	23,223,683.73	39,648,228.82
4	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	14,282,213.11	20,194,507.60	34,476,720.71
5	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	12,419,315.75	17,560,441.39	29,979,757.14
6	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	10,799,405.00	15,269,949.03	26,069,354.03
7	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	9,390,786.96	13,278,216.55	22,669,003.51
8	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	8,165,901.70	11,546,275.26	19,712,176.96
9	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	7,100,784.09	10,040,239.36	17,141,023.45
10	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	6,174,594.86	8,730,642.92	14,905,237.78
11	35,320,320.00			60,300,000	60,300,000	-24,979,680.00	5,369,212.92	7,591,863.41	12,961,076.33
							PV	367,879,097	1,008,872,724
							NPV	-640,993,626	
							B/C	0.364643714	
							IRR	15%	

Sumber : Perhitungan

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]

Tabel 4.30 Analisa Ekonomi saat O&P coba-coba

Tahun	Manfaat		Biaya		Total Biaya	Cash Flow	PV	PV Pemasukan	PV Pengeluaran
	Air Bersih	Investasi Awal	Akhir 2013	Operasi dan Pemeliharaan					
	Rp	Rp	Rp	Rp					
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
2007		156,392,000	361,744,199						
2008	25,867,000			50,867,400					
2009	27,645,000			52,431,600					
2010	29,786,500			54,312,300					
2011	31,647,000			55,756,900					
2012	32,756,900			57,867,500					
2013	35,320,320			60,300,000					
0	183,022,720		361,744,199	331,535,700	693,279,899	510,257,179	510,257,179	183,022,720	693,279,899
1	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	88,700,004	141,134,787	52,434,783
2	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	77,130,438	122,725,901	45,595,463
3	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	67,069,946	106,718,175	39,648,229
4	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	58,321,692	92,798,413	34,476,721
5	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	50,714,515	80,694,272	29,979,757
6	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	44,099,578	70,168,932	26,069,354
7	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	38,347,459	61,016,463	22,669,004
8	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	33,345,617	53,057,794	19,712,177
9	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	28,996,189	46,137,212	17,141,023
10	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	25,214,077	40,119,315	14,905,238
11	162,305,004.56			60,300,000	60,300,000	102,005,005	21,925,284	34,886,361	12,961,076
							PV	1,032,480,345	1,008,872,724
							NPV	23,607,622	
							B/C	1.02340000	
							IRR	15%	

Sumber : Perhitungan

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]

Tabel 4.31 Analisa Ekonomi Berdasar Optimasi O&P coba-coba

Tahun	Manfaat				Biaya		Total Biaya	Cash Flow	PV	PV Pemasukan	PV Pengeluaran
	Air Bersih	Investasi Awal	Akhir 2013	Operasi dan Pemeliharaan							
	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp					
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]		
2007		156,392,000	361,744,199								
2008	25,867,000			50,867,400							
2009	27,645,000			52,431,600							
2010	29,786,500			54,312,300							
2011	31,647,000			55,756,900							
2012	32,756,900			57,867,500							
2013	35,320,320			60,300,000							
0	183,022,720		361,744,199	331,535,700	693,279,899	148,512,980	148,512,980	183,022,720	361,744,199		
1	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	34,643,260	126,991,086.06	92,347,826.09		
2	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	30,124,574	110,427,031.36	80,302,457.47		
3	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	26,195,282	96,023,505.53	69,828,223.88		
4	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	22,778,506	83,498,700.46	60,720,194.68		
5	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	19,807,396	72,607,565.62	52,800,169.29		
6	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	17,223,823	63,137,013.58	45,913,190.69		
7	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	14,977,237	54,901,750.94	39,924,513.64		
8	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	13,023,685	47,740,652.99	34,716,968.38		
9	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	11,324,943	41,513,611.30	30,188,668.16		
10	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	9,847,777	36,098,792.43	26,251,015.79		
11	146,039,748.97			106,200,000	106,200,000	39,839,749	8,563,284	31,390,254.29	22,826,970.25		
							PV	947,352,684.53	917,564,397.58		
							NPV		29,788,286.96		
							B/C		1.032464519		
							IRR		15%		

Sumber : Perhitungan

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]