

PENGARUH PENINGKATAN DEBIT KEBUTUHAN TERHADAP SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KECAMATAN BANGKINANG KOTA KABUPATEN KAMPAR

Desi Yasri

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru
Jalan Dirgantara No.4 Arengka Raya Pekanbaru

E-mail: dcy.r79@gmail.com

Abstrak

PDAM Tirta Kampar selaku perusahaan daerah penyedia air bersih dituntut mampu memenuhi kebutuhan air bersih bagi pelanggan dan permintaan sambungan baru yang terus meningkat namun juga disesuaikan dengan ketersediaan sumber air baku. Data kependudukan Kecamatan Bangkinang saat ini diolah dengan menghitung tingkat pertumbuhan dan perkiraan jumlah penduduk proyeksi 10 tahun yang akan datang dengan menggunakan keempat metode yaitu Aritmetika, Eksponensial, Least-square dan Geometri. Hasil dari keempat metode ini diambil nilai yang memiliki simpangan baku terkecil. Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung perkiraan kebutuhan air bersih masyarakat berdasarkan proyeksi dari jumlah penduduk dan fasilitas-fasilitas pendukungnya. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Bangkinang Kota di tahun 2026 yang dijadikan dasar analisa kebutuhan air bersih adalah 51.243 Jiwa. Hal ini didasari pada perhitungan metode Aritmatik dengan standar deviasi terkecil, yaitu sebesar 119, 96. Kebutuhan air bersih harian maksimum pada tahun proyeksi adalah 0,139 m³/dtk dan jam puncak sebesar 0,195 m³/dtk. Sistem penyediaan air bersih meliputi: *Ground Reservoir* dengan dimensi P x L x T : 16,87 m x 16,87 m x 8,74 m dan Hidran Umum kapasitas setiap 150 jiwa mampu memenuhi kebutuhan 0,57 liter/ detik.

kata kunci: penyediaan air bersih, debit, reservoir

PENDAHULUAN

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri, dan lain-lain. Prioritas kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik, industri, pelayanan umum (Moegijantoro, 1996). PDAM Tirta Kampar selaku perusahaan daerah penyedia air bersih hingga tahun 2016 telah memiliki 2.916 pelanggan dari 40.639 jiwa penduduk di kecamatan Bangkinang. Namun cakupan pelayanan masih jauh dibawah harapan pelanggan karena disebabkan kerusakan pompa intake sehingga produksi air bersih menjadi terbatas yaitu 25.76% dari yang seharusnya.

Jumlah Penduduk Pemakai Air Bersih
Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk memprediksi kebutuhan air pada masa yang akan datang. Dalam hal ini jumlah penduduk dipandang sebagai kumpulan manusia dan perhitungannya disusun menurut berbagai statistik tertentu. Hal ini biasanya didasarkan pada faktor-faktor vital dalam kependudukan seperti kelahiran, kematian dan migrasi. Faktor-faktor tersebut

mengakibatkan pertumbuhan, pengurangan atau tetapnya jumlah penduduk.

Pertambahan penduduk dapat dianalisa dengan menggunakan tiga metode di bawah ini. Analisis proyeksi perkembangan jumlah penduduk dihitung berdasarkan pola/trend kecenderungan perkembangan penduduk sebelumnya. Perhitungan dari ketiga rumus tersebut dipilih jumlah penduduk pada tahun rencana yang lebih besar sebagai penduduk rencana (Sibula et. al, 2013), antara lain:

1. Metode Aritmatik

Metode ini sesuai untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu naik secara konstan, dan dalam kurun waktu yang pendek. Rumus yang digunakan :

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

2. Metode Geometrik

Proyeksi dengan metoda ini mengasumsikan bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda dari pertambahan

penduduk awal. Metode ini memperhatikan suatu saat terjadi perkembangan menurun dan kemudian mantap, disebabkan kepadatan penduduk mendekati maksimum. Rumus yang digunakan :

$$P_n = P_o \cdot (1 + r)^n \dots\dots\dots(2)$$

3. Metode Eksponensial

Metode perhitungan pertumbuhan penduduk ini adalah bersifat langsung dan terus menerus akibat adanya kelahiran dan kematian. Rumus yang digunakan:

$$P_n = P_o \cdot e^{n \cdot r} \dots\dots\dots(3)$$

4. Metode Least Square

Metode ini umumnya digunakan pada daerah yang tingkat pertambahan penduduknya cukup tinggi. Dalam metode ini fungsi persamaannya adalah:

$$P_n = a + (b \cdot n) \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun rencana

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

n = selisih tahun terhadap tahun dasar

a = variabel independen, dimana:

$$a = \frac{(N)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(N)(\sum x^2) - (\sum X)^2}$$

b = koefisien arah regresi linear, dimana:

$$b = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{(N)(\sum x^2) - (\sum X)^2}$$

r = tingkat perkembangan penduduk

e = bilangan ekponensial = 2,718282.

Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air

Ketersediaan air yang berkelanjutan digunakan untuk pemanfaatan berbagai kebutuhan air. Kebutuhan air dalam hal ini dimaksudkan untuk kebutuhan manusia sehari-hari yang meliputi kebutuhan domestik dan non domestik.

- Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air bersih masyarakat sehari-hari seperti: memasak, mencuci, mandi, menyiram tanaman, pengangkutan air buangan (toilet dan buangan dapur).
- Kebutuhan air non domestik atau non rumah tangga adalah kebutuhan air untuk sosial/umum dan untuk keperluan komersial. Keperluan sosial/umum seperti: fasilitas pendidikan, tempat ibadah, perkantoran, dll. Keperluan komersial seperti: Terminal, pelabuhan, kawasan pariwisata dan lain-lain. Besar kebutuhan air non domestik diperkirakan sebesar 20% - 25% dari kebutuhan air domestik (Kodoatie & Syarif, 2005). Sementara Ditjen Cipta Karya (2000), memperkirakan besarnya kebutuhan air non domestik sebesar 20% - 30% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 1. Standar Kebutuhan Air

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	□ 1.000.000	500.000 – 1.000.000	100.000 – 500.000	20.000 – 100.000	□ 20.000
	METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) liter/orang/hari	190	170	150	130	100
2. Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) liter/orang/hari	30	30	30	30	30
3. Konsumsi Unit Non Domestik liter/orang/hari	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4. Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5. Faktor Harian Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6. Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7. Jumlah Jiwa Per SR	5	5	6	6	10
8. Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100-200	200
9. Sisa Tekan Dijaringan distribusi	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir	20	20	20	20	20
12. SR:HU	80:20	80:20	80:20	70:20	70:20
13. Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	90

Sumber: Ditjen Cipta Karya DPU

Tabel 2. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)

Sektor	Nilai Kebutuhan	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Mesjid	3.000	Liter/Unit/Hari
Musholla	2.000	Liter/Unit/Hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1.200	Liter/hari
Hotel	90	Liter/hari
Kawasan Industri	10	Liter/hari

Sumber: Ditjen Cipta Karya DPU

Sistem Distribusi Air Bersih

Kriteria perencanaan yang digunakan untuk mendesain sistem jaringan transmisi dan distribusinya berdasarkan pada kriteria – kriteria yang sudah ditetapkan pada Ditjen Cipta Karya yaitu sbb :

- Kecepatan air dalam pipa yang diijinkan 0,3 – 2,5 m/dt
- Tinggi tekanan yang harus disediakan sampai titik terjauh minimum sebesar 10 meter

a. Reservoir

Reservoir merupakan tangki yang berfungsi sebagai penyimpan air, pemerataan aliran dan tekanan akibat pemakaian di dalam daerah distribusi serta sumber pelayanan dalam daerah distribusi. Ukuran reservoir ditentukan berdasarkan banyaknya kebutuhan hari maksimum. Penentuan dimensi disesuaikan dengan acuan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (Lesmana et al, 2013), yaitu:

1. Perbandingan panjang, lebar dan tinggi bila berbentuk segi empat yaitu 1:1:1/2, 2,1/3,3,1/3,3,2.
2. tinggi muka air minum adalah 30 cm.
3. tinggi jaga adalah 30 cm.
4. tinggi air maksimum adalah 3,5 m.
5. tinggi reservoir adalah 4 - 5 m.

b. Sistem Perpipaan Distribusi

Beberapa pola sistem jaringan distribusi menyampaikan air ke masyarakat konsumen diantaranya:

1. Sistem cabang , merupakan sistem sirip cabang pohon
2. Sistem loop/ grid. tidak ada ujungnya. Air mengalir lebih dari satu arah.

Tekanan air dalam sistem jaringan distribusi dipengaruhi oleh kecepatan aliran, diameter pipa, perbedaan ketinggian pipa, jenis dan umur pipa dan panjang pipa. Penurunan tekanan dapat terjadi akibat terjadi gesekan antara aliran air dengan dinding pipa, jangkauan pelayanan, kebocoran pipa dan konsumen menggunakan mesin hisap/ pompa.

c. Kehilangan air

Masalah kehilangan air (unaccounted for water) masih merupakan salah satu masalah yang sangat besar bagi pengelola air minum di Indonesia. tingkat kebocoran jaringan pipa sulit diukur secara teliti. Perusahaan air minum (pdam) pada umumnya menggunakan selisih antara produksi dan penjualan untuk melukiskan efektivitas pelayanan air minum dan efisiensi upaya penurunan kehilangan air.

Menurut DPU Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih (1987), Kehilangan air dapat terjadi akibat faktor-faktor seperti di bawah ini :

1. Faktor teknis yang dapat menyebabkan kehilangan air adalah adanya lubang atau celah pada pipa sambungan, pipa pada jaringan distribusi pecah, meter air yang dipasang pada pipa konsumen kurang baik, pemasangan perpipaan di rumah kurang baik.

2. Faktor non teknis yang dapat menyebabkan kehilangan air adalah kesalahan membaca meter air dan pencatatan hasil pembacaan meter air, kesalahan/pembuatan rekening air, angka yang ditunjukkan oleh meter air berkurang akibat adanya aliran udara dari rumah konsumen ke pipa distribusi meter air tersebut.

Penentuan kebocoran/kehilangan air dilakukan dengan asumsi yaitu sebesar 20% (Sutrisno dan Suciastuti, 1987) dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \times r_a$$

d. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Fluktuasi pemakaian air terdiri atas dua bentuk, yaitu:

1. Pemakaian jam puncak (peak hour), merupakan pemakaian maksimum dalam satu hari pemakaian.
2. Pemakaian hari maksimum (maximum day), merupakan kejadian dalam hari-hari tertentu pada setiap minggu, bulan dan tahun dimana pemakaian.

Berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total. Dan untuk kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan survey dan pengumpulan data berupa jumlah penduduk dan fasilitas-fasilitas umum pendukung yang ada pada saat ini. Hasil data diolah dengan menghitung perkiraan jumlah penduduk Kecamatan Bangkinang dengan menggunakan keempat metode yaitu Aritmetika, eksponensial, Last-square dan Geometri. Hasil dari keempat metode ini diambil nilai yang memiliki simpangan baku terkecil. Perhitungan dilanjutkan dengan menghitung perkiraan kebutuhan air bersih masyarakat berdasarkan proyeksi dari jumlah penduduk dan fasilitas-fasilitas pendukungnya. Menganalisis solusi – solusi yang dapat dilakukan dalam memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Kecamatan Bangkinang sampai 10 tahun ke depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penduduk

Dari data statistik diketahui data jumlah penduduk kecamatan Bangkinang dari tahun 2011 hingga 2016 seperti terlampir pada tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Penduduk Kecamatan Bangkinang Periode 2011-2016

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
2011	35.949
2012	37.026
2013	37.965
2014	38.879
2015	39.773
2016	40.639

Sumber : BPS Kabupaten Kampar

Pertumbuhan penduduk

Dari data tabel 3. di atas dapat dihitung pertumbuhan penduduk, yaitu:

- Metode Aritmatik

$$r = \frac{P_n - P_o}{n \times P_o} = \frac{40.639 - 35.949}{5 \times 35.949} = 0.02609$$

- Metode Geometrik

$$r = \sqrt[n]{\left(\frac{P_n}{P_o}\right)} - 1 = \sqrt[5]{\left(\frac{40639}{35949}\right)} - 1 = 0.02483$$

- Metode Eksponensial

$$r = \frac{\ln \frac{P_n}{P_o}}{n} = \frac{\ln \frac{40639}{35949}}{5} = 0.02452$$

- Metode Least Square

$$a = \frac{(N)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(N)(\sum x^2) - (\sum X)^2} = 31.844 \text{ Jiwa}$$

$$b = \frac{(\sum X^2)(\sum Y) - (\sum X)(\sum XY)}{(N)(\sum x^2) - (\sum X)^2} = 1759$$

Dengan memasukkan koefisien diatas ke dalam masing-masing persamaan sehingga didapat ramalan jumlah penduduk hingga 10 tahun mendatang seperti terlampir pada tabel 4. berikut.

Tabel 4. Proyeksi pertumbuhan penduduk Kecamatan Bangkinang 10 tahun mendatang

Tahun	Pertumbuhan Penduduk (jiwa)			
	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial	Least Square
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2017	41700	41649	41649	42398
2018	42760	42683	42683	61747
2019	43821	43742	43742	45916

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2020	44881	44828	44828	47675
2021	45941	45941	45941	49434
2022	47002	47082	47082	51193
2023	48062	48251	48251	52952
2024	49122	49449	49449	54711
2025	50183	50677	50677	56470
2026	51243	51935	51935	58229

Pemilihan metode

Sebagai pedoman proyeksi penduduk pada tahun 2015 maka pemilihan proyeksi yang dianggap mewakili jumlah penduduk diperlukan. Perhitungan dengan menggunakan kesalahan

kwadrat mean (root mean squared error) dimana setiap metode dicari angka terkecil yang dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (Po - Pn)^2}{n}}$$

Dimana :

SD = Standart Deviasi

Po = Data riil penduduk

Pn = Perkiraan penduduk terhadap data riil pada tahun lampau

n = Jumlah Data

Tabel 5. Perhitungan penyimpangan data masing-masing metode terhadap data asli

Tahun	Po	Pa	(Po-Pa)2	Pb	(Po-Pb)2	Pc	(Po-Pc)2	Pd	(Po-Pd)2
2012	37026	36887	19321	36887	19321	36842	33856	33603	11716903
2013	37965	37825	19600	37850	13225	37757	43264	52952	2.25E+08
2014	38879	38763	13456	38837	1764	38694	34225	37121	3090557
2015	39773	39701	5184	39851	6084	39655	13924	38880	797447.3
2016	40639	40639	0	40891	63504	40639	0	40639	0
Jumlah			57561		103898		125269		2.4E+08

dimana:

Pa= proyeksi penduduk metode Aritmatik

Pb= proyeksi penduduk metode Geometrik

Pa= proyeksi penduduk metode Eksponensial

Pa= proyeksi penduduk metode Least Square

dari data tabel 5. di atas diperoleh standar deviasi dari masing-masing metode yaitu:

SD(a)= 119.96

SD(b)= 161.17

SD(c)= 176.97

SD(d)= 7749.44

Sehingga proyeksi jumlah penduduk untuk 10 tahun yang akan datang diambil dari hasil perhitungan metode Aritmatik, nilai yang mendekati nilai data, yaitu 51.243 jiwa

Kebutuhan Air Bersih

Analisa Kebutuhan Air Domestik

Proyeksi kebutuhan air rumah tangga didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk dan standar pemakaian air bersih dalam liter/orang/hari. Menurut ditjen cipta karya, standar kebutuhan air untuk setiap orang dengan jumlah penduduk

antara 20.000 – 100.000 jiwa adalah 130 liter/orang/hari.

Maka kebutuhan air bersih penduduk adalah :

Qd = jumlah penduduk x q (liter/orang/hari)

= 51.243 x 130 liter/orang/hari

= 6.661.590 liter/ hari

= 0,077 m3/ dtk

Analisa Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik diasumsikan sebesar 30% dari kebutuhan air domestik, sehingga kebutuhan air non domestik sebesar:

Qn = Qd x 20%

= 0,077 x 20%

= 0,0154 m3/ dtk

Analisa Kehilangan Air

Kehilangan air diasumsikan sebesar 20% dari total kebutuhan air domestik dan non domestik, yaitu sebesar:

Qa = (Qd+Qn) x 20%

= (0,077 + 0,0154) x 20%

= 0,0185 m3/ dtk

Jadi kebutuhan total untuk pengolahan air bersih kecamatan adalah Bangkinang hingga tahun 2026 adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_d + Q_n + Q_a \\
 &= 0,077 + 0,0154 + 0,0185 \\
 &= 0,111 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Analisis Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak didapat dari Persamaan berikut, (Pedoman/petunjuk Teknik dan Manual Bag. 6: Air Minum Perkotaan, NSPM Kimpraswil, 2002)

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1,25 Q_t \\
 &= 1,25 \times 0,111 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 0,139 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1,75 Q_t \\
 &= 1,75 \times 0,111 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 0,195 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Ground Reservoir (Bak Penampung Air Bersih)

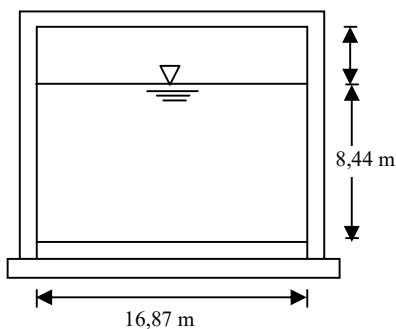
Untuk menampung air hasil pengolahan sebelum didistribusikan direncanakan menggunakan *ground reservoir*. Kapasitas berguna reservoir diambil sebesar 20% dari total kebutuhan harian maksimum, yaitu 0,139 m³/dtk dengan Perbandingan panjang, lebar dan tinggi 1:1:1/2. Jadi didapat dimensi bak :

$$V = 20\% \times 0,139 \times 24 \times 3600 = 2.401,92 \text{ m}^3$$

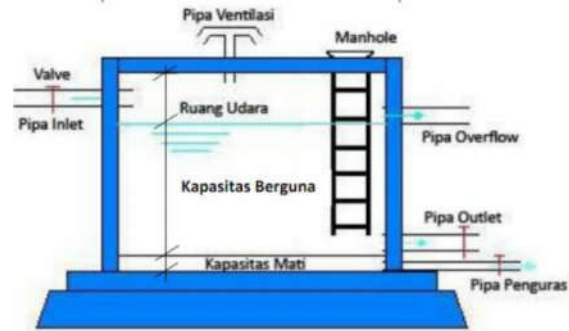
$$\text{Panjang} = 16,87 \text{ m},$$

$$\text{Lebar} = 16,87 \text{ m},$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi} &= (16,87 \times 0,5) \text{ m} + 30 \text{ cm (tinggi jagaan)} \\
 &= 8,74 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 1. Desain Dimensi *Reservoir*



Sumber: Yassin, 2013

Gambar 2. Contoh Bagian- Bagian *Reservoir*

Analisa dan Desain Hidrolis Hidran Umum

Standar yang digunakan dalam perencanaan hidran umum yang akan dibangun adalah menggunakan standar sesuai kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya dalam Pedoman Perencanaan Air Bersih ditetapkan bahwa untuk kategori kota dengan jumlah penduduk rata-rata 20.000 – 100.000 jiwa maka jumlah jiwa yang dilayani untuk satu hidran umum (HU) adalah 100 - 200 jiwa. Untuk IPA Kecamatan Bangkinang Kota digunakan 150 jiwa persatu HU. Jumlah HU daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah HU} &= 51.243 \text{ Jiwa} / 150 \text{ Jiwa}/1 \text{ HU} \\
 &\approx 342 \text{ HU}
 \end{aligned}$$

Dan kebutuhan air setiap HU bisa dihitung berdasarkan jumlah HU dan kebutuhan air bersih pada saat jam puncak, yakni dalam rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{HU} &= \frac{\text{Kebutuhan air jam puncak}}{\text{Jumlah HU}} \\
 &= \frac{0,195 \text{ m}^3/\text{dtk}}{342} \\
 &= 0,00057 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 0,57 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, setiap hidran direncanakan dapat melayani 150 jiwa dengan kebutuhan rata-rata air di tiap hidran sebesar 0,57 liter/detik.

KESIMPULAN

1. Proyeksi Jumlah Penduduk Kecamatan Bangkinang Kota di tahun 2026 yang dijadikan dasar analisa kebutuhan air bersih adalah 51.243 Jiwa. Hal ini didasari pada perhitungan metode Aritmatik dengan standar deviasi terkecil, yaitu sebesar 119, 96.

2. Sistem penyediaan air bersih meliputi: *Ground Reservoir* dengan dimensi P x L x T : 16,87 m x 16,87 m x 8,74 m dan Hidran Umum kapasitas setiap 150 jiwa mampu memenuhi kebutuhan 0,57 liter/ detik.

SARAN

1. Hasil perencanaan ini dapat dimanfaatkan sebagai masukan ke pihak PDAM unit Kecamatan Bangkinang Kota dalam pembangunan sistem produksi air bersih yang baru menggantikan sistem produksi yang ada saat ini.
2. Hasil perencanaan ini juga dapat sebagai gambaran untuk mencari sumber air bersih alternatif jika sekiranya sumber air bersih pada saat ini tidak memenuhi kebutuhan masyarakat yang akan datang

DAFTAR ACUAN

- Dirjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih. 1987. *Buku Utama Sistem Jaringan Pipa*, Jakarta.
- Ditjen Cipta Karya, 2000. *Kriteria Perencanaan Air Bersih*. Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum.Kodoatie, R. J. Sjarief, R. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- Lesmana, S. B. Saragih, R. 2013. Analisis Sistem Penyediaan Air Bersih Di Pdam Tirta Silau Piasa, Kisaran Barat, Asahan, Sumatera Utara, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Medan*.
- Moegijantoro. 1996. Air Untuk Kehidupan Manusia. *Majalah Air Minum, edisi No. 85 / th. XXV Oktober 2001*.
- Sibula, B. Mananoma, T. Tanudjaja, L. Binilang, A. 2013. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Rinondoran Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.11, Oktober 2013 (745-757)*.
- Sutrisno C. T. Suciastuti, E. 1987. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, PT Bina Aksara, Jakarta, hal 16-19.