

PERENCANAAN SISTEM PELAYANAN AIR BERSIH DI KELURAHAN BONKAWIR KABUPATEN RAJA AMPAT PROVINSI PAPUA BARAT

Novriyan Masombe
Fuad Halim , Alex Binilang
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
Email: riyanmasombe@gmail.com

ABSTRAK

Sistem pelayanan air bersih adalah suatu sistem suplai air bersih yang meliputi pengambilan air baku, unit pengolahan air bersih serta sistem distribusi air bersih ke daerah pelayanan, yang sangat dibutuhkan untuk dapat melayani masyarakat di Kelurahan Bonkawir Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat.

Belum adanya Sistem Pelayanan air bersih dari PDAM untuk Kelurahan Bonkawir dikarenakan Kelurahan Bonkawir terpisah jauh dari daerah ibu kota kabupaten. Perencanaan sistem pelayanan air bersih yang dilakukan PDAM untuk saat ini baru mencakup daerah Ibu Kota Kabupaten sedangkan daerah yang di luar ibu kota kabupaten belum dilakukan.

Dalam penelitian ini perencanaan sistem pelayanan air bersih yang dilakukan di kelurahan bonkawir dibuat untuk pelayanan dari tahun 2015 sampai tahun 2025. Berdasarkan pada hasil proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan analisa regresi eksponensial didapat jumlah penduduk pada tahun 2025 sebesar 4001 jiwa, kemudian dengan Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan dimana kebutuhan 30 liter/orang/hari selanjutnya dapat dihitung Kebutuhan air bersih dikelurahan bonkawir pada tahun 2025 yang mencapai 2,936 liter/detik. Sistem distribusi ke daerah layanan menggunakan sistem gravitasi dimana terdapat reservoir dengan ukuran 3,5m x 4m x 5,2m. Hasil perhitungan diameter pipa dari unit pengolahan ke reservoir adalah 6 inchi dan pipa distribusi bervariasi antara 3 inchi, 2 inchi dan 1 inchi, untuk mendesain dimensi pipa digunakan rumus Hazen-wiliam dan software EPANET 2.0.

Kata kunci : Air bersih, Perpipaan, Sistem Pelayanan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelurahan Bonkawir adalah suatu daerah yang berada di kabupaten Raja Ampat provinsi Papua Barat, daerah ini merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam pengembangan wilayah oleh pemerintah setempat dalam hal ini di fokuskan pada sektor pariwisata. Batas wilayah kelurahan Bonkawir sebagai berikut sebelah Barat berbatasan dengan pusat kota Raja Ampat, sebelah timur berbatasan dengan Waigo, sebelah utara berbatasan dengan kecamatan teluk Mayalibit, sebelah selatan berbatasan dengan Laut. Berdasarkan data Kelurahan Kelurahan bonkawir memiliki luas 21,248 km² , dan dari data kependudukan Tahun 2009 jumlah penduduk kelurahan Bonkawir mencapai 688 jiwa dan Tahun 2013 jumlah penduduk mencapai 935 jiwa dengan angka pertumbuhan sebesar 2.82% per tahun. Untuk keadaan saat ini Kelurahan Bonkawir belum memiliki sistem

jaringan air bersih dari PDAM, hal ini disebabkan karena perencanaan pemerintah setempat untuk sistem jaringan air bersih masih mencakup daerah ibu kota kabupaten, Hal ini terlihat berdasarkan daerah terlayani ada tiga kelurahan yang sudah terlayani sistem jaringan air bersih yaitu kelurahan waisai, kelurahan Sapordanco dan kelurahan Warmasen. sedangkan daerah yang belum terlayani sistem jaringan air bersih adalah kelurahan bonkawir, hal ini di sebabkan karena wilayah tersebut terpisah dari ibu kota kabupaten. Masyarakat kelurahan Bonkawir untuk keadaan saat ini dalam memenuhi kebutuhan air bersih mereka memanfaatkan air hujan untuk di konsumsi dan jika terjadi musim kemarau sebagian masyarakat kelurahan Bonkawir membeli dan mengambil air dari pusat kota yang jaraknya kurang lebih mencapai 3 km. Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat kelurahan bonkawir, perlu di adakan suatu perencanaan sistem pelayanan air bersih

Rumusan Masalah

Kelurahan Bonkawir untuk keadaan saat ini belum tersedia sistem pelayanan air bersih.

Pembatasan Masalah

- a) Sistem pelayanan air bersih sebatas hidran umum
- b) Analisis kebutuhan air bersih untuk 10 Tahun kedepan (2015 Sampai Tahun 2025)
- c) Analisis dan perencanaan sistem perpipaan menggunakan program epannet 2.0.
- d) Analisis detail struktur bangunan air tidak direncanakan.
- e) Analisis sistem pengolahan air bersih tidak direncanakan.

Tujuan Penulisan.

Merencanakan Sistem pelayanan air bersih di kelurahan Bonkawir berupa sistem jaringan air bersih

Manfaat Penulisan

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan informasi dan pertimbangan bagi Pemerintah atau mereka yang berkepentingan mengenai kebutuhan akan air bersih di Kelurahan Bonkawir, dan dapat berguna sebagai bahan pembelajaran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

LANDASAN TEORI

Sumber Air

Sumber-sumber air yang ada merupakan bagian yang berasal dari Siklus Hidrologi. Sumber – sumber air yang dapat di golongan sebagai berikut :

- 1) Air laut.
- 2) Air hujan (Air atmosfer, air meteorologi).
- 3) Air permukaan.
- 4) Air tanah.

Pengukuran Debit

- a) Pengukuran Langsung (*direct measurement*)
 - *Volumetric Method*
 - Dengan Menggunakan Bangunan pengukur
- b) Pengukuran Tidak Langsung (*Indirect Measurement*)
 - Pengapung (*float*)
 - *Current Meter*

Kebutuhan Air

Kebutuhan air dihitung berdasarkan Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan, dimana besarnya kebutuhan adalah 30 liter/orang/hari. Kebutuhan air di suatu daerah tergantung pada pertumbuhan penduduk dan faktor - faktor yang mempengaruhi pemakaian air bersih.

Jumlah Penduduk

Untuk merencanakan besarnya pemakaian air di suatu daerah Analisa regresi digunakan untuk menghitung pola/*trend* kecenderungan pertumbuhan penduduk di wilayah perencanaan

Model analisa regresi yang digunakan antara lain:

- 1. Analisa regresi linear
- 2. Analisa regresi logaritma
- 3. Analisa regresi eksponensial

Tabel 1. Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan

No	Uraian	Kriteria
1.	Hidran Umum (HU)	30 l/orang/hari
2.	Sambungan Rumah (SR)	90 l/orang/hari
3.	Lingkup Pelayanan	60 - 100 %
4.	Perbandingan HU:SR	20:80 – 50:50
5.	Kebutuhan Non-Domestik	5 %
6.	Kehilangan air akibat kebocoran	15 %
7.	Faktor puncak untuk harian maksimum	1,5 x Qr
8.	Pelayanan HU	100 orang / unit
9.	Pelayanan SR	10 orang / unit
10.	Jam operasi	12 jam/hari
11.	Aliran maksimum HU	3000 l/hari
12.	Aliran maksimum SR	900 l/hari
13.	Periode perencanaan	10 tahun

Sumber : Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan,1990

Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Non Domestik

1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi para penduduk untuk kepentingan kehidupan sehari-hari. Yang termasuk dalam kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga seperti mandi, minum, mencuci serta kebutuhan sehari-hari.

2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih untuk kepentingan sosial/umum seperti untuk rumah sakit, pendidikan, tempat ibadah

Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi

dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter.

Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum adalah kebutuhan air pada hari –hari tertentu dimana kebutuhan airnya maksimum. Untuk menghitung kebutuhan air harian maksimum dimana faktor pengali 1,15-1,25 dikalikan dengan kebutuhan air total. Sedangkan Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam suatu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak. Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali 1,65-2,00 dikali kebutuhan air total

Kebutuhan Air Total

Merupakan total dari kebutuhan air domestik, non domestik dan kehilangan air.

Unit – Unit Sistem Penyediaan Air Bersih Sistem Dsitribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen).

Sistem distribusi air diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sistem gravitasi (*gravity system*)
2. Sistem pemompaan (*pumping system*)
3. Sistem kombinasi (gravitasi dan pemompaan) atau *dual system*.

pola sistem penyediaan air bersih di bagi menjadi :

1. Sistem bercabang
2. Sistem loop

Jaringan Pipa

Jaringan pipa yang dimaksud dalam bagian ini adalah perpipaan transmisi dan distribusi.

Kehilangan Air

Kehilangan tenaga dapat dibedakan menjadi :

1. **Major losses.** Kehilangan tenaga primer (h_f) adalah kehilangan tenaga karena gesekan dengan dinding batas/pipa.

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} D^{4,8704}} \times L$$

Dimana :

- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- C_{HW} = Koefisien Hazen – Williams

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{det)}$$

2. **Minor losses.** Kehilangan tenaga sekunder (h_e) adalah kehilangan tenaga karena perubahan tampang lintang aliran.

$$h_e = k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Dimana :

- h_e = kehilangan energi sekunder (m)
- v = kecepatan aliran (m/det)
- g = percepatan gravitasi (m/det²)
- k = koefisien kehilangan energi sekunder

Reservoir

Reservoir merupakan bangunan penampungan air bersih sebelum dilakukan pendistribusian ke pelanggan atau masyarakat, yang dapat ditempatkan dibawah tanah atau di atas tanah dalam bentuk menara atau tower.

Bangunan Penangkap Air

Bangunan pengambil air baku untuk penyediaan air disebut dengan bangunan penangkap air atau intake. Kapasitas intake ini dibuat sesuai dengan debit yang di perlukan. Fungsi utama dari bangunan intake adalah menangkap air dari sumber air untuk diolah dalam instalasi pengolahan air bersih.

Tipe Intake Air baku dari Permukaan :

- a) River intake
- b) Direct intake
- c) Canal intake
- d) Reservoir intake (dam)

Tipe pengambilan pada sumber air sungai di bagi menjadi 5 kelompok yaitu :

1. Intake Bebas
2. Intake dengan bendung
3. Intake ponton
4. Intake jembatan
5. Infiltration Galeries

Hidran Umum

Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum

Unit Pengolahan

Berdasarkan persyaratan kualitatif dalam penyediaan air bersih, air sungai atau air baku harus diolah terlebih dahulu, agar dapat memenuhi mutu dan kualitas air bersih. Sistem pengolahan air sederhana (SIPAS) dan saringan

air rumah tangga (SARUT) merupakan beberapa unit pengolahan dari air baku menjadi air bersih

Desain Sistem Jaringan Air Bersih Software Epanet 2.0

Epanet merupakan program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. epanet menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Perencanaan sistem pelayanan air bersih dilakukan di kelurahan Bonkawir kabupaten Raja Ampat provinsi Papua Barat

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Geografis

Berdasarkan letak geografis kelurahan Bonkawir terletak dengan Batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah utara : Berbatasan dengan teluk mayalibit
- Sebelah selatan : Berbatasan dengan dengan Waigo
- Sebelah timur : Berbatasan dengan laut
- Sebelah barat : Berbatasan dengan ibu kota kab. Raja Ampat

Topografi

Berdasarkan letak topografi wilayah kelurahan Bonkawir terletak di daerah dataran, dengan bentuk permukaan 85% Dataran dan perbukitan 15%, di mana elevasi terendahnya adalah 10 m dari permukaan laut dan elevasi tertingginya adalah 240 m dari atas permukaan laut.

Kependudukan / Demografi

berdasarkan data dari kelurahan Bonkawir kabupaten raja dapat digunakan jumlah penduduk dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2014

Tabel 2. Data Penduduk Kelurana Bonkawir

No	Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	2009	688
2	2010	704
3	2011	817
4	2012	879
5	2013	935
6	2014	1267

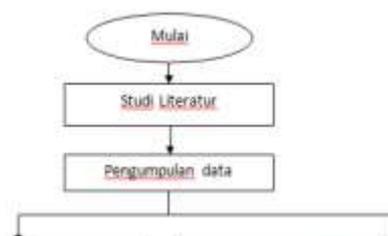
Kondisi Eksisting Jaringan Air Bersih

Kelurahan Bonkawir yang terdapat di Kabupaten Raja Ampat Belum Terjangkau oleh PDAM hal ini di sebabkan perencanaan sistem penyediaan air bersih dari PDAM baru mencakup daerah ibu kota, hal ini terlihat berdasarkan daerah terlanyi ada tiga kelurahan yang sudah telayani sistem jaringan air bersih yaitu kelurahan Waisai, kelurahan Sapordanco dan kelurahan Warmasen, sedangkan kelurahan Bonkawir berada di luar ibu kota kabupaten sehingga belum di jangkau, untuk memenuhi keperluan air bersih di kelurahan Bonkawir masyarakat mengandalkan air hujan, mengambil air minum dari pusat kota dengan jarak 7 (tujuh) km, memanfaatkan sumur bersama yang hanya terbatas dan hanya melayani sebagian warga masyarakat.

Survey Lokasi dan Pengambilan Data

1. Survey lokasi dan pengambilan data :
 - a. Data primer :
 - Observasi lapangan terhadap sumber air yang disalurkan pada lokasi penelitian.
 - Kondisi eksisting sistem penyediaan air bersih di kelurahan Bonkawir.
 - Wawancara terhadap masyarakat kelurahan Bonkawir.
 - b. Data sekunder
 - Data geografis
 - Data jumlah penduduk
 - Data debit sungai
 - Peta lokasi penelitian
 - Data sarana
 - Luas wilayah
2. Analisis data
 - a. Analisis pertumbuhan penduduk
 - b. Analisis kebutuhan air bersih
3. Perencanaan sistim penyediaan air bersih
4. Analisis hasil / pembahasan
5. Kesimpulan dan Saran

Bagan Alir



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisis Ketersediaan Air

Analisa proyeksi perkembangan jumlah penduduk dihitung berdasarkan pola/trend kecenderungan perkembangan penduduk sebelumnya. Hasil analisa regresi menunjukkan kesesuaian trend terbaik data pengamatan di wilayah studi terhadap tiga model trend dengan hasil perhitungan sbb :

Tabel 3. Rekapitulasi Analisa Regresi

No	Metode regresi	Y	r	r ²	Se
1	1. Analisa Regresi linear	104,29.x+516,67	0,9206	0,8474	92,5553
2	2. Analisa Regresi logaritmik	592,797+263,44.lnx	0,8237	0,6784	109,7046
3	3. Analisa Regresi Eksponensial	579,541.e ^{0,11364x}	0,9507	0,90392	92,3251

Berdasarkan hasil analisa diatas diketahui trend regresi terbaik dengan r² terbesar dan Se terkecil adalah analisa regresi eksponensial dengan $y = 579,541.e^{0,11364x}$, maka jumlah penduduk untuk proyeksi di Kelurahan Bonkawir dalam kurun 2015-2025 adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Bonkawir

Tahun	x	y	Proyeksi Jumlah Penduduk
2015	1	1294,012	1285
2016	2	1438,547	1439
2017	3	1611,881	1612
2018	4	1809,692	1806
2019	5	2022,968	2023
2020	6	2266,439	2267
2021	7	2539,213	2540

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Berdasarkan pada Standard Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan, maka tingkat kebutuhan air minum rata-rata rumah tangga adalah sebesar 30 l/orang/hari untuk hidran umum (hu)/kran umum(ku)

Tabel 5. Kebutuhan Air Domestik Kelurahan Bonkawir

Tahun	jumlah penduduk (jwa)	Kebutuhan Air Bersih (Liter/Orang/Hari)	Kebutuhan air Domestik (Qd) (Liter/hari)
th	jt	th	th*30/jwt
2015	1285	30	38.550
2016	1439	30	43.170
2017	1612	30	48.360
2018	1806	30	54.180
2019	2023	30	60.690
2020	2267	30	68.010
2021	2540	30	76.200
2022	2845	30	85.350
2023	3188	30	95.640
2024	3571	30	107.130
2025	4001	30	120.030

Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, sekolah, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, terminal, dan lain – lain. Berdasarkan standart Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan, angka persentanse yang di pakai adalah sebesar 5% untuk kebutuhan non-domestik.

Tabel 6. Kebutuhan Air Non Domestik Kelurahan Bonkawir

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non-Domestik (Qn) (Qd x 5%)	
	Liter/Hari	Liter/Detik	Liter/Hari	Liter/Detik
2015	38.550	0,446	1.927,5	0,022
2016	43.170	0,500	2.158,5	0,025
2017	48.360	0,560	2.418,0	0,028
2018	54.180	0,627	2.709,0	0,031
2019	60.690	0,702	3.034,5	0,035
2020	68.010	0,787	3.400,5	0,039
2021	76.200	0,882	3.810,0	0,044

Analisis Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa. Penentuan kebocoran/kehilangan air dilakukan Berdasarkan pada Standard Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan sebesar 15%.

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd) (liter/Detik)	Debit Kebutuhan Air Non-Domestik (Qn) (liter/Detik)	Kehilangan Air (Qs) (liter/Detik)	Kebutuhan Air Total (Qt = Qd + Qn + Qs) (liter/Detik)
2015	0,446	0,022	0,070	0,539
2016	0,500	0,025	0,079	0,603
2017	0,560	0,028	0,088	0,676
2018	0,627	0,031	0,099	0,757
2019	0,702	0,035	0,111	0,848
2020	0,787	0,039	0,124	0,950
2021	0,882	0,044	0,139	1,065
2022	0,988	0,049	0,156	1,193
2023	1,107	0,055	0,174	1,337
2024	1,240	0,062	0,195	1,497
2025	1,389	0,069	0,219	1,678

Dengan hasil analisis di dapat kebutuhan air total kelurahan Bonkawir pada tahun 2025 sebesar 1,678 liter/detik.

Tabel 7. Kehilangan Air

Tahun	Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd)		Debit Kebutuhan Air Non-Domestik (Qn) (Qd x 5%)		Kehilangan Air (Qs) (Qd + Qn) x 15%	
	Liter/Hari	Liter/Detik	Liter/Hari	Liter/Detik	Liter/Hari	Liter/Detik
2015	38.550,000	0,446	1.927,500	0,022	6.071,625	0,070
2016	43.170,000	0,500	2.158,500	0,025	6.799,275	0,079
2017	48.360,000	0,560	2.418,000	0,028	7.616,700	0,088
2018	54.180,000	0,627	2.709,000	0,031	8.533,350	0,099
2019	60.690,000	0,702	3.034,500	0,035	9.558,675	0,111
2020	68.010,000	0,787	3.400,500	0,039	10.711,575	0,124
2021	76.200,000	0,882	3.810,000	0,044	12.001,500	0,139
2022	85.350,000	0,988	4.267,500	0,049	13.442,625	0,156
2023	95.640,000	1,107	4.782,000	0,055	15.063,300	0,174
2024	107.130,000	1,240	5.356,500	0,062	16.872,975	0,195
2025	120.030,000	1,389	6.001,500	0,069	18.904,725	0,219

Analisis Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah total kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air.

Tabel 8. Kebutuhan Air Total

Analisa Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-2,00 dikali dengan kebutuhan air total.

Tabel 9. Kebutuhan Air Maksimum dan Jam Puncak

Tahun	Kebutuhan Air Total (Qt)	Debit Harian maksimum (Qm) (1) = 1,25 x (2)	Debit Jam Puncak (Qp) (4) = 1,75 x (2)
2015	0,539	0,673	0,943
2016	0,603	0,754	1,056
2017	0,676	0,845	1,183
2018	0,757	0,947	1,325
2019	0,848	1,060	1,484
2020	0,950	1,188	1,663
2021	1,065	1,331	1,864
2022	1,193	1,491	2,087
2023	1,337	1,671	2,339
2024	1,497	1,872	2,620
2025	1,678	2,097	2,936

Desain Sistem Pelayanan Air Bersih

Analisa sumber air

Dalam menganalisis ketersediaan air perlu di lakukan untuk dapat mengetahui sumber air yang ada mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih di kelurahan bonkawir

dalam perencanaan ini sumber air yang di ambil atau di dimanfaatkan sebagai air baku adalah dari sungai yaitu sungai Moko. Berikut

akan di tampilkan debit yang tersedia dari sungai Moko

Tabel 10. Debit Sungai Moko

Bulan	Debit Tersedia	
	m ³ /detik	Liter/detik
Januari	1,541	1541
Februari	1,370	1370
Maret	1,112	1112
April	0,923	923
Mei	0,872	872
Juni	0,846	846
Juli	0,615	615
Agustus	0,283	283
Setember	0,262	262
Oktober	0,224	224
November	0,856	856
Desember	1,445	1445

Dalam perencanaan ini menggunakan debit yang paling terendah yaitu bulan Oktober sebesar 224 liter/detik maka untuk kebutuhan puncak di tahun 2025 sebesar 2,936 liter/detik masih dapat terpenuhi, dengan demikian sumber air baku yang di manfaatkan dapat memenuhi kebutuhan yang diperlukan.

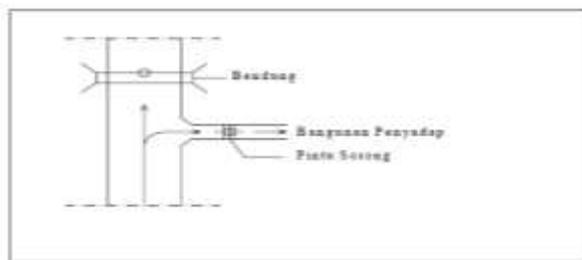
Sistem Planing

Sistem Planning Penyaluran Air dari Sumber Air ke Kelurahan Bonkawir terdiri dari :

1. Sistem Pengambilan Air
2. Bangunan penyaring (WTP)
3. Reservoir Distribusi
4. Pipa Distribusi
5. Hidran umum

Unit Pengambilan air baku

Dalam desain unit pengambilan berdasarkan kondisi sungai maka direncanakan pengambilan air dari sungai yaitu menggunakan Bendung dengan intake



Gambar 1. Bangunan Bendung Dengan Intake

Unit Pengolahan/Bangunan Penyaring

Sumber air baku bersumber dari sungai maka di butuhkan unit pengolahan air agar memenuhi syarat air bersih. Dalam skripsi ini instalasi pengolahan air tidak direncanakan,

namun sebagai gambaran, sistem pengolahan berupa Sistem pengolahan air sederhana (SIPAS) berupa saringan pasir lambat (SPL)

Unit Transmisi

Untuk dapat menyalurkan air dari unit pengolahan ke reservoir digunakan pipa HDPE dengan diameter 6 inch (152,4 mm), dihitung dengan persamaan Hazen-Williams.

Desain Reservoir Distribusi

Reservoir distribusi ini difungsikan untuk menampung air disaat pemakaian lebih sedikit dari suplai dan untuk menutupi kekurangan air disaat pemakaian lebih besar dari suplai

Dengan menggunakan data fluktuasi air bersih dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih maka di hitung :

Tabel 11. Perhitungan kapasitas berguna dari reservoir

Jam	Suplai Air (m ³ /jam)	Pemakaian Air (m ³ /jam)	Voloma Air Dalam Reservoir (m ³)
0:00			X
0:00 - 1:00	10,5696	3,1735	X + 7,3961
1:00 - 2:00	10,5696	3,9140	X + 14,0517
2:00 - 3:00	10,5696	4,7603	X + 19,8610
3:00 - 4:00	10,5696	6,7702	X + 23,6604
4:00 - 5:00	10,5696	12,1652	X + 22,0648
5:00 - 6:00	10,5696	14,8098	X + 17,8246
6:00 - 7:00	10,5696	16,1850	X + 12,2093
7:00 - 8:00	10,5696	16,5023	X + 6,2765
8:00 - 9:00	10,5696	14,9156	X + 1,9306
9:00 - 10:00	10,5696	14,5982	X + -2,0981
10:00 - 11:00	10,5696	13,4346	X + -4,9630
11:00 - 12:00	10,5696	12,6941	X + -7,0875
12:00 - 13:00	10,5696	12,0594	X + -8,5773
13:00 - 14:00	10,5696	12,3767	X + -10,3845
14:00 - 15:00	10,5696	12,4825	X + -12,2974
15:00 - 16:00	10,5696	12,9057	X + -14,6335
16:00 - 17:00	10,5696	13,8577	X + -17,9216
17:00 - 18:00	10,5696	14,5982	X + -21,9502
18:00 - 19:00	10,5696	13,2230	X + -24,6036
19:00 - 20:00	10,5696	10,3668	X + 24,4009
20:00 - 21:00	10,5696	6,5586	X + -20,3899
21:00 - 22:00	10,5696	4,7603	X + -14,5806
22:00 - 23:00	10,5696	3,9140	X + -7,9250
23:00 - 0:00	10,5696	2,6446	X + 0,0000
	253,6704	253,6704	X

Kebutuhan air total pada tahun 2025 = 2,936 liter/detik = 253,67 m³/hari

$$\text{Suplai air} = \frac{253,67 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} = 10,5696 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan kapasitas berguna :

- Volume minimal bak = $x - 24,6036$
- Volume bak kosong = $x - 24,6036$
- $x = 24,6036$
- Volume maksimum bak = $x + 25,8009$

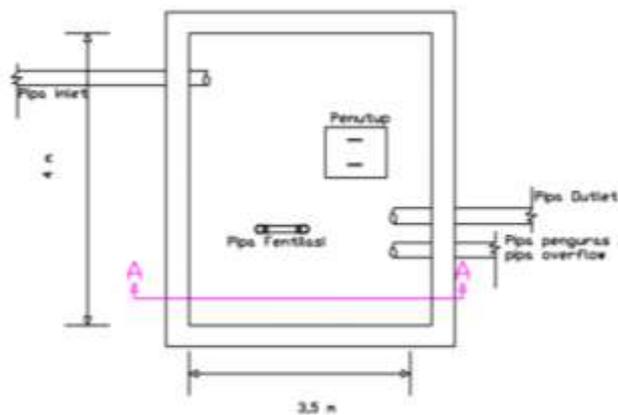
Kap. Berguna bak = $24,603 + 25,800 = 50,404 \text{ m}^3$

Dimensi kapasitas berguna bak yang direncanakan :

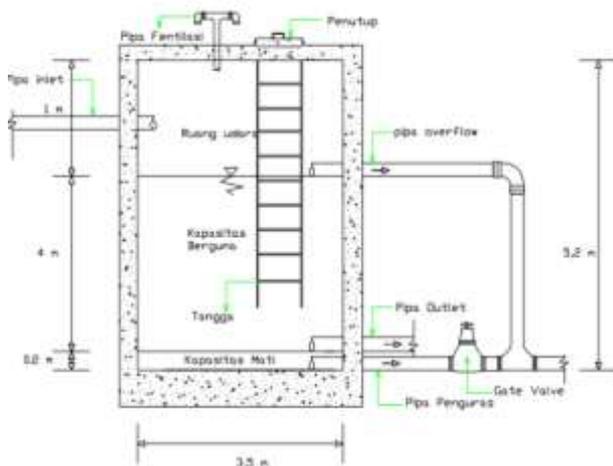
- Panjang = 3,5 m
- Lebar = 4 m
- Tinggi = 4 m
- Tinggi ruang udara = 1 m
- Tinggi kapasitas mati = 0,2 m

Dimensi kap.berguna bak = $P \times L \times T = 3,5 \times 4 \times 4 = 56 \text{ m}^3$

Jadi desain dimensi reservoir distribusi adalah $3,5 \times 4 \times (4+1+0,2)$ dengan volume $72,8 \text{ m}^3$



Gambar 2. Tampak Atas Reservoir



Gambar 4. Potongan A-A Reservoir

Hidran umum

Hidran umum direncanakan agar dapat memenuhi kebutuhan air dari seluruh penduduk. Hal yang terpenting dalam perencanaan hidran umum yaitu jumlah hidran umum dan tata letaknya, agar supaya efisien dan efektif.

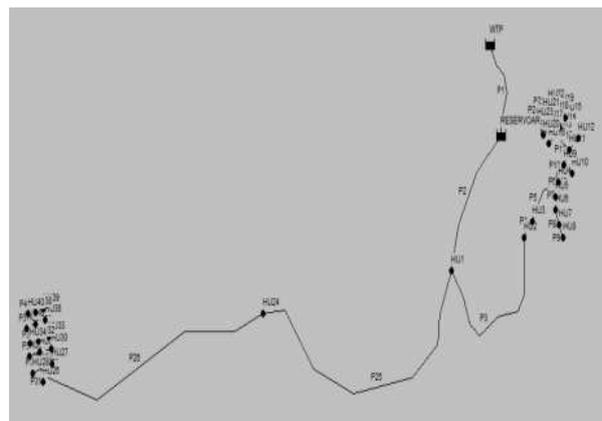
Dalam perencanaan ini, hidran umum direncanakan 100 jiwa/HU berdasarkan: Pedoman teknik air bersih IKK pedesaan, 1990

Tabel 12. Jumlah Hidran Umum/Kran Umum

Tahun	jumlah penduduk (jiwa)	100 Org/Hu/Ku	Totak hidran umum
[1]	[2]	[3] = [2]/100	[4]
2015	1285	12,84	13
2016	1439	14,39	15
2017	1612	16,12	17
2018	1806	18,06	19
2019	2023	20,23	21
2020	2267	22,66	23
2021	2540	25,39	26
2022	2845	28,45	29
2023	3188	31,87	32
2024	3571	35,71	36
2025	4001	40,01	40

Desain Sistem Jaringan Air Bersih

Berikut ini disajikan hasil modeling dari jaringan-jaringan yang direncanakan dengan menggunakan Epanet berupa parameter-parameter "link" (pipa) dan "node" pada saat kebutuhan di jam 00:00 dan jam 07:00 disajikan dalam skema jaringan dan tabel sebagai berikut :



Gambar 4. Skema Jaringan Air Bersih Kelurahan Bonkawir Menggunakan Software Epanet 2.0

Tabel 13. Node Parameter Kelurahan Bonkawir Jam 0:00

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc HU2	20	0.0734	78.71	58.71
Junc HU3	20	0.0734	78.66	58.66
Junc HU8	20	0.0734	77.87	57.87
Junc HU7	20	0.0734	77.90	57.90
Junc HU6	20	0.0734	78.02	58.02
Junc HU5	20	0.0734	78.15	58.15
Junc HU4	20	0.0734	78.58	58.58
Junc HU10	20	0.0734	78.53	58.53
Junc HU9	20	0.0734	78.56	58.56
Junc HU11	20	0.0734	78.54	58.54
Junc HU12	20	0.0734	78.50	58.50
Junc HU13	20	0.0734	78.52	58.52
Junc HU16	20	0.0734	78.50	58.50
Junc HU14	20	0.0734	78.43	58.43
Junc HU15	20	0.0734	78.41	58.41
Junc HU19	20	0.0734	78.38	58.38
Junc HU22	20	0.0734	78.48	58.48
Junc HU18	20	0.0734	78.40	58.40
Junc HU17	20	0.0734	78.51	58.51
Junc HU21	20	0.0734	78.50	58.50
Junc HU23	20	0.0734	78.48	58.48
Junc HU20	20	0.0734	78.48	58.48
Junc HU24	20	0.0734	78.91	58.91
Junc HU25	20	0.0734	78.46	58.46
Junc HU26	20	0.0734	78.43	58.43
Junc HU27	20	0.0734	78.43	58.43
Junc HU28	20	0.0734	78.43	58.43
Junc HU31	20	0.0734	78.42	58.42
Junc HU29	20	0.0734	78.44	58.44
Junc HU30	20	0.0734	78.42	58.42
Junc HU33	20	0.0734	78.36	58.36
Junc HU32	20	0.0734	78.40	58.40
Junc HU34	20	0.0734	78.37	58.37
Junc HU37	20	0.0734	78.35	58.35
Junc HU35	20	0.0734	78.37	58.37
Junc HU36	20	0.0734	78.34	58.34
Junc HU38	20	0.0734	78.34	58.34
Junc HU39	20	0.0734	78.36	58.36
Junc HU40	20	0.0734	78.34	58.34
Junc HU1	30	0.0734	79.41	49.41
Reserw RESERVOAR	80	#N/A	80.00	0.00
Reserw WTP	86	#N/A	86.00	0.00

Tabel 14. Link Parameter Kelurahan Bonkawir Jam 0:00

Link ID	Length m	Diameter mm	Height	Flow LPS	Velocity m/s	Link headloss m
Pipe P4	181	76.2	130	8.44	0.50	8.24
Pipe P5	387	76.2	130	8.44	0.50	8.22
Pipe P6	182	76.2	130	8.08	0.51	2.36
Pipe P7	87	76.2	130	8.07	0.51	1.38
Pipe P8	181	76.2	130	8.04	0.50	8.05
Pipe P9	182	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P10	181	76.2	130	8.34	0.47	8.12
Pipe P11	130	76.2	130	8.28	0.48	8.18
Pipe P12	181	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P13	130	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P14	393	76.2	130	8.24	0.49	8.07
Pipe P15	180	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P16	131	76.2	130	8.04	0.49	8.04
Pipe P17	180	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P18	178	76.2	130	8.18	0.50	8.00
Pipe P19	180	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P20	181	76.2	130	8.04	0.49	8.05
Pipe P21	180	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P22	180	76.2	130	8.07	0.50	8.06
Pipe P23	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P24	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18

Pipe P25	121	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P26	121	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P28	880	76.2	130	8.25	0.48	8.15
Pipe P27	129	76.2	130	8.25	0.48	8.09
Pipe P29	180	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P30	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P31	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P32	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P33	129	76.2	130	8.20	0.50	8.28
Pipe P34	183	76.2	130	8.13	0.49	8.17
Pipe P35	185	76.2	130	8.07	0.50	8.06
Pipe P34	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P25	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P38	336	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P37	342	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P39	148	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P38	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P40	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P41	131	76.2	130	8.02	0.51	8.18
Pipe P1	813	152.4	198	24.20	1.34	3.79
Pipe P2	738	152.4	198	0.80	0.18	0.80
Pipe P3	2638	152.4	198	0.49	0.11	0.26
Pipe P25	3118	152.4	198	0.37	0.08	0.16

Tabel 15. Node Parameter Kelurahan Bonkawir Jam 7:00

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc HU2	20	0.0734	52.58	32.58
Junc HU3	20	0.0734	51.59	31.59
Junc HU8	20	0.0734	34.87	14.87
Junc HU7	20	0.0734	35.46	15.46
Junc HU6	20	0.0734	37.98	17.98
Junc HU5	20	0.0734	40.82	20.82
Junc HU4	20	0.0734	49.93	29.93
Junc HU10	20	0.0734	48.93	28.93
Junc HU9	20	0.0734	49.43	29.43
Junc HU11	20	0.0734	49.02	29.02
Junc HU12	20	0.0734	48.20	28.20
Junc HU13	20	0.0734	48.54	28.54
Junc HU16	20	0.0734	48.14	28.14
Junc HU14	20	0.0734	46.73	26.73
Junc HU15	20	0.0734	46.32	26.32
Junc HU19	20	0.0734	45.73	25.73
Junc HU22	20	0.0734	47.76	27.76
Junc HU18	20	0.0734	46.19	26.19
Junc HU17	20	0.0734	46.43	26.43
Junc HU21	20	0.0734	46.23	26.23
Junc HU23	20	0.0734	47.76	27.76
Junc HU20	20	0.0734	47.73	27.73
Junc HU24	20	0.0734	56.83	36.83
Junc HU25	20	0.0734	47.29	27.29
Junc HU26	20	0.0734	46.66	26.66
Junc HU27	20	0.0734	46.79	26.79
Junc HU28	20	0.0734	46.79	26.79
Junc HU31	20	0.0734	46.55	26.55
Junc HU29	20	0.0734	47.06	27.06
Junc HU30	20	0.0734	46.95	26.95
Junc HU33	20	0.0734	45.28	25.28
Junc HU32	20	0.0734	46.07	26.07
Junc HU34	20	0.0734	45.52	25.52
Junc HU37	20	0.0734	44.57	24.57
Junc HU35	20	0.0734	45.48	25.48
Junc HU36	20	0.0734	44.91	24.91
Junc HU39	20	0.0734	44.81	24.81
Junc HU38	20	0.0734	45.31	25.31
Junc HU40	20	0.0734	44.81	24.81
Junc HU1	30	0.0734	67.61	37.61
Reserw RESERVOAR	80	#N/A	80.00	0.00
Reserw WTP	86	#N/A	86.00	0.00

Tabel 16. Link Parameter Desa Paputungan Jam 7:00

Link ID	Length (m)	Diameter (mm)	Roughness	Flow (LPS)	Velocity (m/s)	Unit Headloss (m/ft)
Pipe P4	150	76.2	130	2.46	0.53	5.11
Pipe P5	257	76.2	130	2.28	0.50	4.87
Pipe P6	102	25.4	130	0.46	0.30	50.81
Pipe P7	97	25.4	130	0.34	0.48	29.95
Pipe P8	102	25.4	130	0.21	0.45	12.85
Pipe P9	102	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P10	102	76.2	130	1.72	0.38	2.74
Pipe P11	102	76.2	130	1.88	0.31	2.10
Pipe P12	102	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P13	130	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P14	310	76.2	130	1.26	0.28	1.54
Pipe P15	185	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P16	131	25.4	130	0.23	0.45	13.85
Pipe P17	185	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P18	170	76.2	130	0.80	0.19	0.87
Pipe P19	180	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P20	161	25.4	130	0.23	0.45	13.85
Pipe P21	120	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P22	182	80.0	130	0.34	0.17	1.00
Pipe P23	121	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P24	121	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P25	3080	76.2	130	1.83	0.40	3.09
Pipe P27	125	76.2	130	1.37	0.30	1.81
Pipe P28	185	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P29	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P30	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P31	125	80.0	130	1.83	0.51	7.67
Pipe P32	163	50.0	130	0.69	0.34	3.82
Pipe P33	185	80.0	130	0.34	0.17	1.00
Pipe P34	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P35	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P36	286	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P37	142	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P38	148	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P39	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P40	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P41	131	25.4	130	0.11	0.23	3.84
Pipe P1	813	152.4	180	24.38	1.34	0.79
Pipe P2	778	76.2	130	4.88	1.00	16.86
Pipe P3	2036	76.2	130	2.52	0.55	3.57
Pipe P26	3118	76.2	130	1.95	0.43	3.40

Pembahasan

Pertumbuhan Penduduk

Berdasarkan data sekunder jumlah penduduk Kelurahan Bonkawir dari tahun 2009 sampai 2014, maka diproyeksikan data jumlah penduduk selama 10 tahun dari tahun 2015 sampai 2025 dengan menggunakan menggunakan tiga metode regresi yaitu metode regresi linier, regresi logaritma, dan regresi eksponensial, Namun yang dipakai untuk mencari perkiraan pertumbuhan untuk 10 tahun kedepan menggunakan metode regresi eksponensial, karena metode tersebut memiliki nilai determinasi (r^2) = 0,90392 dan standar error yang kecil, maka dapat di lihat perkembangan pertumbuhan penduduk di kelurahan Bonkawir sampai dengan 10 tahun kedepan yaitu 4001 jiwa pada tahun 2025.

Kebutuhan Air dan Kehilangan Air

Kebutuhan air yang dianalisis menggunakan kriteria/standar perencanaan air bersih pedesaan dapat di lihat pada tabel 1, untuk kebutuhan air domestik dapat dilihat pada tabel 5. di mana jumlah penduduk dikalikan dengan 30 l/orang/hari, maka pada tahun 2015 sampai pada tahun 2025 kebutuhan air domestiknya adalah 38550 liter/ hari pada tahun 2015 dan 120030 liter/hari pada tahun 2025. Sedangkan untuk kebutuhan air non domestik dapat dilihat pada tabel 6. dimana kebutuhan domestik dikalikan dengan angka presentase air bersih sebesar 5%, maka kebutuhan air non domestik pada tahun 2015 adalah 1927,5 liter/hari dan pada tahun 2025 adalah 6001,5 liter/hari.

Untuk kehilangan air dapat dilihat pada tabel 7. dimana debit kebutuhan domestik ditambah dengan debit kebutuhan non domestik lalu dikalikan dengan 15% maka didapat pada tahun 2015 terjadi kehilangan air sebanyak 0,07 liter/detik dan pada tahun 2025 terjadi kehilangan air sebanyak 0,219 liter/detik. Sehingga jumlah kebutuhan air total yaitu kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air dapat dilihat pada tabel 8. yaitu pada tahun 2015 adalah 0,539 liter/detik dan pada tahun 2025 adalah sebesar 1,678 liter/hari.

Ketersediaan Air bersih

Berdasarkan data sekunder dari Dinas Pekerjaan Umum kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat debit sungai Moko cukup bahkan lebih untuk di manfaatk sebagai sistem penyediaan air bersih 10 Tahun kedepan.

Sistem Pelayanan Air Bersih

Untuk menyalurkan air ke daerah pemukiman atau daerah layanan maka dapat di lakukan beberapa tahap diantaranya :

1. Sumber air yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan di kelurahan bonkawir adalah berasal dari sungai Moko yang berada pada elevasi +90m. Berdasarkan hal tersebut maka direncanakan Bendung dengan intake, Bangunan ini berbentuk saluran pembagi aliran dan biasanya di pakai untuk menyadap air dari sungai. Saluran ini dilengkapi dengan pintu sorong apabila di buka, maka air akan masuk ke saluran yang akan membawahkan air yang di sadap ke unit pengolahan air.
2. Bendung dengan intake akan menyadap air untuk dialirkan ke WTP (*Water Treatment Plan*) atau di sebut bangunan pengolahan air pada elevasi +86 m, pengolahan air yang di

rencanakan ialah instalasi pengolahan sederhana dengan menggunakan sistem saringan pasir lambat. Air kemudian disalurkan ke reservoir distribusi pada elevasi +80 di hitung dengan menggunakan rumus Hazen-Wiliams didapat ukuran pipa 6" dengan total panjang pipa 613 m.

3. Dimensi reservoir distribusi yang direncanakan agar dapat memenuhi kebutuhan dan suplai air ke masyarakat Kelurahan Bonkawir berdimensi 3,5m x 4m x 5,2m. Dari reservoir, air dialirkan melalui pipa distribusi induk ke daerah pelayanan yang di rencanakan dengan menggunakan program EPANET 2.0. Setelah di hitung dengan menggunakan program EPANET 2.0 didapat ukuran pipa bervariasi yaitu mulai dari pipa 3", 2" dan 1".
4. Hidran umum yang direncanakan berdasarkan standar/kriteria penyediaan air pedesaan yaitu 100 jiwa/hidran umum, maka untuk memenuhi kebutuhan 4001 jiwa penduduk kelurahan Bonkawir maka direncanakan hidran umum sebanyak 40 buah. Lokasi hidran umum direncanakan mengikuti sebaran penduduk.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kebutuhan Air bersih penduduk Kelurahan Bonkawir meningkat dari Tahun 2015 sebesar 0,539 liter/detik dan pada tahun 2025 adalah sebesar 1,678 liter/detik.
2. Sistem penyediaan air dari sungai Moko ke kelurahan Bonkawir, direncanakan sebagai berikut :
 - Sistem Pengambilan Air baku berupa bendung dengan intake terdapat saluran pengambilan menuju ke instalasi pengolahan air.
 - Dari WTP (*Water Treatment Plan*) air di alirkan dengan menggunakan pipa 6" ke reservoir distribusi yang berukuran 3,5m x 4m x 5,2m.
 - Dari reservoir, air dialirkan melalui pipa distribusi dengan ukuran pipa bervariasi mulai dari pipa 3", 2" dan 1" menuju daerah layanan dimana untuk pelayanan bagi masyarakat kelurahan Bonkawir dipasang sebanyak 40 buah hidran umum yang di tempatkan berdasarkan sebaran Penduduk.

Saran

Agar Sistem Penyediaan air bersih yang di rencanakan dapat berfungsi dengan baik maka di perlukan operasi dan pemeliharaan instalasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous.1997. *Drainase Perkotaan*.Jakarta:Gunadarma
- Anonimous.1997. *Rekayasa Lingkungan*.Jakarta:Gunadarma
- Tanudjaja,L. 2011, *Materi kuliah rekayasa lingkungan*, Manado, hal 32;57-60
- C.Totok Sutrisno. 1987. *Teknologi Penyediaan Air bersih*. Jakarta: Bina Aksara
- BPS(Badan Pusat Statistik). 2013. *Kecamatan Kota Waisai Dalam Angka*. Raja Ampat: Badan Pusat Statistik
- Tri Joko. 2010. *Unit Air Baku Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*.Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat jenderal Cipta Karya *Air Bersih, Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan*, Januari 1990
- Soemarto.1986.*Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan.1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-*

06 *Bangunan Utama* .Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
NSPM KIMPRASWIL.2002. *Pedoman/Petunjuk dan Manual Bagian:6 Air Minum Perkotaan*. Jakarta
Koran Anak.2009. *Buku Manual Program EPANET*.

<http://www.scribd.com/doc/15614107/Buku-Manual-Program-EPANET>. Diakses tanggal 19 May
2009.

Radiana Triatmadja, 2007, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, DRAFT, Yogyakarta

Goevani Posumah, 2015, *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Paputungan
Kecamatan Likupang Barat-Minahasa Utara*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas
Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado

A.Rauf Abd. Kadir,2013, *Pengembangan Sistem Pelayanan Air Bersih di Kelurahan Gurabunga Kota
Tidore Kepulauan*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam
Ratulangi, Manado

Marvil Frederik Sulong, 2013, *Desain Sistem Penyediaan Air Bersih di Kelurahan Tinoor*, Skripsi,
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado