

**Kajian Perencanaan Air Bersih  
(Study Kasus: Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Kab. Bondowoso)**

*Clean water planning study  
(Case Study: Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Kab. Bondowoso)*

**Deane Yuniarzah Antami<sup>1</sup>, Adhitya Surya Manggala<sup>2\*</sup>, Ilanka Cahya Dewi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : [deaneyuniarza23@gmail.com](mailto:deaneyuniarza23@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember\* Koresponden Author

Email : [m4ngg4la@gmail.com](mailto:m4ngg4la@gmail.com)

<sup>3</sup> Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : [ilankadewi@unmuhjember.ac.id](mailto:ilankadewi@unmuhjember.ac.id)

**Abstrak**

Air merupakan kebutuhan pokok dimana setiap makhluk hidup membutuhkan air bersih termasuk manusia. Akan tetapi masih banyak desa yang kesulitan menemukan sumber air bersih seperti di Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Kab. Bondowoso yang mana menurut warganya mereka mendapat air bersih dari air tanah dangkal berupa sumur pribadi sebagian warganya yang mana sewaktu waktu akan mengering jika digunakan terus menerus. Dengan penelitian ini diharapkan dapat membantu penyebaran air kepada warga secara merata. Diketahui setelah melakukan uji geolistrik di Dusun Krajan RT 3 dimana diperoleh data dengan nilai eror atau kesalahannya hingga 8%. ditemui nilai  $\rho$  ( $\rho$ ) atau tahanan jenis resistivitas batuananya 100 ohm yang merupakan lapisan tanah lanauan, pasir dan diduga terdapat air tanah di kedalaman 107 m di bawah tanah, pada kedalaman ini air tanah termasuk dalam kategori sumur dalam. Dapat dimanfaatkan dengan menggunakan metode pengeboran sumur dalam dan digunakan pompa berjenis jet pump. sistem jaringan air bersih direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih hingga tahun 2036 dan didapat 1477 jiwa, sehingga didapat kebutuhan air rencananya adalah 38,67 m<sup>3</sup> per-hari. untuk memeriksa optimalisasi pipa yang akan digunakan menggunakan epanet 2.2

**Kata Kunci:** masyarakat, Dusun Krajan, air tanah, sumur dalam.

**Abstract:**

*Water is a basic need where every living thing needs clean water including humans. However, there are still many villages that have difficulty finding clean water sources such as in Krajan Hamlet, Sumber Tengah Village, B District, Bondowoso Regency, where according to their residents they get clean water from shallow groundwater in the form of private wells of some of their residents which at any time will dry up if used continuously. With this research, it is hoped that it can help the distribution of water to residents evenly. It is known that after conducting a geoelectric test in Krajan hamlet RT 3 where data was obtained with error values or errors of up to 8%. encountered  $\rho$  ( $\rho$ ) value or resistance of the rock resistivity type of 100 ohms which is a silt soil layer, sand is suspected to have groundwater at a depth of 107 m underground, at this depth groundwater belongs to the category of deep wells. It can be utilized by using the deep well drilling method and a jet pump type pump is used. The clean water network system is planned to meet the needs of clean water until 2036 and 1477 people are obtained, so that the planned water needs are 38.67 m<sup>3</sup> per day. to check the optimization of pipes to be used using epanet 2.2.*

**Keyword:** resident, Krajan hamlet, groundwater, deep well

## A. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Berbagai upaya dilakukan manusia untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Salah satunya adalah di Dusun Krajan Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal Bondowoso dikarenakan tidak tersedianya jaringan air PDAM di desa tersebut, sehingga masyarakat di Dusun Krajan menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih, menurut seorang warga disana, masyarakat diantaranya ada yang menggali sumur untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari dan ada juga yang mengampung sumur tetangganya untuk kebutuhan air sehari-harinya. Dikarenakan tidak ditemukannya sumber mata air di sekitar Dusun Krajan maka. Sumber air yang digunakan untuk sistem distribusi ini berasal dari Sumur Bor atau dengan menggunakan air tanah. Untuk evaluasi terhadap sistem penyediaan air bersih yang ada sekarang ini, terutama yang perlu diperhatikan adalah sistem jaringan pipa distribusinya.

Di karenakan seluruh masyarakat Desa Sumber Tengah menggunakan air tanah untuk kebutuhan sehari-hari yang mana masyarakat menggali sendiri atau mengebor sehingga dapat di katakan air yang digunakan merupakan air tanah dangkal (freatik/preatis) maka saya melakukan riset ini untuk mengurangi penggunaan air tanah dangkal (freatik/preatis) yang mana dalam tugas akhir ini saya akan menggunakan air tanah dalam (artesis) sebagai sumbernya. Sehingga mampu meminimalisir keringnya air tanah dangkal yang banyak digunakan masyarakat di musim kemarau.

### B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana menghitung kebutuhan air bersih di Dusun Krajan Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Bondowoso?
2. Bagaimana menganalisa kesediaan air tanah yang dalam di Dusun Krajan Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Bondowoso?

3. Bagaimana merancang sistem penyediaan air bersih di Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binakal, Bondowoso ?

### C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah yang ditinjau adalah Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binkal, Kab. Bondowoso.
2. Menganalisa kebutuhan air bersih Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binkal, Kab. Bondowoso sampai 15 tahun ke depan.
3. Analisa kebutuhan air bersih meliputi kebutuhan domestik dan non domestik.
4. Sistem penyediaan air bersih sampai pada hidran umum.

### D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam mengatasi permasalahan penyediaan air bersih di Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binkal, Kab. Bondowoso.
2. Sebagai acuan bagi perencana tentang cara merencanakan sistem jaringan distribusi air bersih di Dusun Krajan, Desa Sumber Tengah, Kec. Binkal, Kab. Bondowoso.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

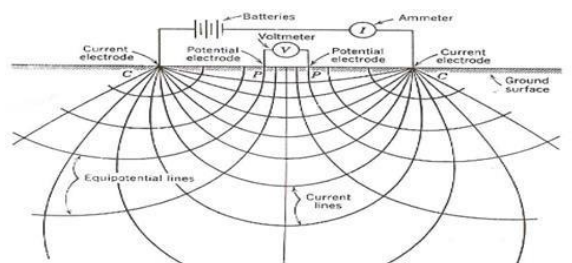
### A. Penyediaan Air Bersih

Air adalah senyawa yang penting bagi semua bentuk kehidupan di Bumi. Air menutupi hampir 71% permukaan Bumi, terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil<sup>3</sup>) tersedia di Bumi. Sebagian besar air terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak gunung), air juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, danau, uap air, dan air tanah. Air dalam objek-objek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air. Dari total keseluruhan sumber daya air yang ada di bumi, 97% dari air tersebut adalah air asin, dan hanya meyisakan 3% air tawar dan lebih dari 2 pertiga bagian nya berupa es di glasier dan es di kutub. Air yang dapat di gunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan

hidupnya merupakan air tawar mengalir yang berada di permukaan dan air tanah. Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia, oleh karena itu sudah selayaknya sumber daya tersebut harus dimanfaatkan dan dikendalikan semaksimal mungkin sehingga potensi yang terkandung di dalamnya berguna bagi kehidupan. Ketersediaan air bersih tidak hanya berpengaruh pada kebutuhan rumah tangga tetapi juga pada sektor sosial, & ekonomi. Seiring dengan perkembangan penduduk yang tinggi, terdapat beberapa daerah yang kesulitan mendapat air bersih. Sehingga diperlukan upaya untuk mendistribusikan air agar masyarakat lebih mudah memperoleh air bersih, salah satunya dengan menggunakan air tanah sebagai sumber air baku. Sumber air tanah sendiri di bedakan menjadi 2 yaitu air tanah dangkal (freatik/preatis) dan air tanah dalam (artesis). Sumber air baku dari sumur dalam dari sisi pengolahan, sumber air jenis ini tidak memerlukan pengolahan lebih lanjut. Jika ada indikasi dari sumur yang sudah beroperasi yang lokasinya relatif dekat mengandung Fe dan atau Mn maka diperlukan pengolahan aerasi dan filtrasi.

## B. Metode Pendugaan Air Tanah

Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang di gunakan untuk mengetahui perubahan tahanan lapisan batuan dibawah permukaantanah dengan mengalirkan arus DC (*direct current*) yang memiliki teggangan tinggi kedalam tanah.



**Gambar 1** Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas Dan Lapangan Elektrik Untuk Stratum Homogenous Permukaan Bawah Tanah  
 Sumber : Todd, D.K, 1995

Metode geolistrik akan lebih efektif jika digunakan dalam eksplorasi yang bersifat dangkal, dan jarang memberikan informasi lapisan kedalaman lebih dari 300 meter ataupun 457 meter. Salah satu konfigurasi yang digunakan dalam pengukuran geolistrik yaitu konfigurasi schlumberger. Konfigurasi ini bertujuan untuk mencatat intensitas medan listrik menggunakan pasangan elektroda pengukur yang berjarak rapat. Pada konfigurasi ini berlaku  $OM = ON = \ell$  (elektroda arus) dan  $OA = OB = L$  (elektroda potensial), sehingga tahanan jenis semunya adalah :

$$\rho_s = K_s \frac{\Delta s}{I}$$

$$K_s = \frac{\pi(L^2 - P^2)}{2P}$$

- $\rho_s$  : Tahanan jenis semu (ohm meter)
- $K_s$  : Faktor geometri yang terkandung dari kedudukan elektroda
- $I$  : Jarak dari penempatan dua elektroda potensial (m)
- $L$  : Jarak dari penempatan dua elektroda arus listrik (m)

Para konfigurasi schlumberger jarak elektroda potensial jarang diubah-ubah. Dari hasil pengukuran geolistrik Metode Schlumberger telah didapat beberapa data pengukuran tahanan jenis seperti di bawah ini:

**Tabel 1.** Hasil pengukuran tahanan jenis (Metode Schlumberger)

AB/ 2	MN/2				V				I				RHO (V/I) * k
	0.5	5.0	10	25	Tembakan 1	Tembakan 2	Tembakan 3	Rata-rata	Tembakkan 1	Tembakkan 2	Tembakkan 3	Rata-rata	
1.5	6.28				2.370	2.333		2.35	385	386		385.50	0.04
2.0	11.8				340.5	340.3		340.40	585	586		585.50	6.86
2.5	18.8				296.1	296		296.05	602	604		603.00	9.23
3.0	27.5				235.6	235.1		235.35	590	586		588.00	11.01
4.0	49.5				150.6	150.1	149.5	150.07	619	595	585	599.67	12.39
5.0	77.8				110.8	110.5	109.4	110.23	547	542	538	542.33	15.81
6.0	122.3				55.1	55.6		55.35	390	392		391.00	17.31
8.0	200.3				55.8	54.2		55.00	642	636		639.00	17.24
10.0	313.4				36.1	35.7	35.1	35.63	656	652	640	649.33	17.20
12.0	451.6				24.2	24.3		24.25	550	553		551.50	19.86
15.0	706.1	62.8			180.6	180.1	179.8	180.17	501	426	486	471.00	24.02
20.0	1255	177.8			65.9	68.2	55.9	63.33	383	352	352	362.33	31.08
25.0	1962	188.5			60.5	60.1	56.2	58.93	380	379	360	373.00	29.78
30.0	2826	274.9	125.7		76.1	77.7		76.90	380	386		383.00	25.24
40.0	5025	494.8	236.6		100.3	99.4	100.1	99.93	740	742	742	741.33	31.89
50.0	7853	777.5	377		67.6	67.6		67.60	713	712		712.50	35.77
60.0	11309	1123	549.8		45.9	44.8	44.7	45.13	640	636	633	636.33	39.00
75.0	17671	1759	867.9	314.1	56.1	56.2		56.15	463	463		463.00	38.09
100	31415	3133	1555	589	18.3	17.8	18.1	18.07	261	260	259	260.00	40.93
125		4900	2438	942.5	18.2	18.4		18.30	391	399		395.00	43.67
150		7060	3518	1374	6.7	6.4		6.55	215	215		215.00	41.86
200		12558	6267	2474	6.4	6	6.3	6.23	299	300	300	299.67	51.46

(Sumber: data laboratorium,2020)

Setelah didapatkan hasil seperti tabel di atas barulah bisa dilakukan proses pengolahan data dengan menggunakan IPI2win. IPI2win merupakan sebuah program yang digunakan untuk menduga potensi air tanah dengan lebih mudah dan untuk mendapatkan angka kesalahan terkecil. Dengan program ini hanya perlu memasukkan nilai tahanan semu dari perhitungan sebelumnya, dan kemudian akan didapati besarnya nilai ketahanan jenis yang sebenarnya dan jumlah lapisan batuan. Saluran distribusi berfungsi untuk mengalirkan air dari reservoir ke pelanggan. Jaringan distribusi menggunakan pipa dengan aliran yang bertekanan, dimana disepanjang pipanya dihubungkan dengan jaringan pipa konsumen. Jenis sambungan pipa konsumen dapat berupa sambungan rumah (SR), sambungan hidran umum (HU), ataupun sambungan untuk pelanggan usaha komersial. Jalur pipa distribusi biasanya ditanam.

### C. Sistem Penyediaan Air Bersih

Tujuan utama dari sistem penyedia air bersih adalah sistem jaringan air yang mampu menyalurkan/ mensuplai air bersih kepada konsumen dalam jumlah yang cukup.

#### a) Sistem transmisi

Sistem transmisi air baku adalah sistem pengaliran air dari sumber air ke lokasi pengolahan air atau ke titik awal jaringan distribusi. Bangunan-bangunan yang terdapat dalam sistem transmisi meliputi :

1. Bak Pelepas Tekan (BPT)
2. Free intake
3. Bronkaptering

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi adalah :

1. Tipe pengaliran jaringan pipa transmisi
2. Menentukan tempat bak pelepas tekan
3. Menghitung panjang dan diameter pipa
4. Jalur pipa.

Sistem transmisi air terbagi menjadi 3 macam yaitu :

- Sistem gravitasi
- System pompa
- Sistem gabungan

#### b) Sistem distribusi

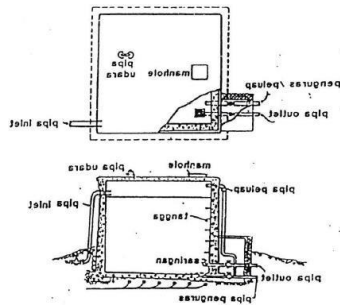
Saluran distribusi berfungsi untuk mengalirkan air dari reservoir ke pelanggan. Jaringan distribusi menggunakan pipa dengan aliran yang bertekanan, dimana disepanjang pipanya dihubungkan dengan jaringan pipa konsumen. Jenis sambungan pipa konsumen dapat berupa sambungan rumah (SR), sambungan hidran umum (HU), ataupun

sambungan untuk pelanggan usaha komersial. Jalur pipa distribusi biasanya ditanam.

- Reservoir

Reservoir merupakan bangunan penampung air minum sebelum dilakukan pendistribusian ke pelanggan/masyarakat, yang dapat ditempatkan di bawah tanah atau di atas tanah dalam bentuk menara/tower. Fungsi utama reservoir adalah untuk menyeimbangkan debit produksi serta debit konsumsi. Saat jumlah produksi air bersih lebih besar dari jumlah konsumsi air maka air tersebut dapat ditampung sementara di dalam reservoir. Ada dua jenis reservoir yaitu reservoir permukaan (ground reservoir) dan reservoir menara (elevated reservoir). Reservoir permukaan atau ground reservoir adalah jenis reservoir yang sebagian atau seluruh permukaannya berada di bawah tanah. Reservoir menara atau elevated reservoir adalah seluruh permukaannya yang seluruh bagian penampungannya berada lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Berdasarkan dari bahan konstruksinya maka reservoir permukaan dapat dibedakan menjadi 4, yaitu :

- Reservoir tangki baja
- Reservoir pasangan bata
- Reservoir fiber
- Reservoir beton cor



**Gambar 2** reservoir permukaan  
 Sumber : pu. modul reservoir (perencanaan pipa transmisi)

- Jaringan Pipa

Pipa adalah benda yang digunakan sebagai saluran tertutup yang biasanya berbentuk lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan air dengan tampang aliran penuh. Sistem jaringan pipa merupakan sistem jaringan pipa yang terjadi dari jaringan pipa transmisi dan jaringan pipa distribusi. Dalam jaringan pipa

distribusi ini dibagi menjadi beberapa jenis , yaitu :

1. pipa primer atau pipa induk, pipa ini berfungsi untuk membawa air dari instalasi pengolahan atau reservoir distribusi menuju daerah pelayanan. Biasanya diameter pipa ini relatif besar.
2. Pipa sekunder, merupakan pipa yang disambungkan langsung dengan pipa primer. Dan mempunyai diameter yang sama atau lebih kecil.
3. Pipa tersier, berfungsi untuk melayani pipa service karena pemasangan langsung pipa service pada pipa primer akan sangat tidak menguntungkan karena dapat mengganggu aliran air didalam pipa dan lalulintas di daerah pemasangan. Pipa tersier dapat disambungkan langsung pada pipa tersier atau sekunder.
4. Pipa service merupakan pipa yang dihubungkan langsung pada pipa tersier maupun pipa sekunder, yang nantinya akan dihubungkan langsung pada saluran rumah atau konsumen. Diameter pipa ini relatif kecil.

- Pompa

Pompa adalah alat yang digunakan untuk mengangkat air dari daerah yang lebih rendah ke daerah yang lebih tinggi. Pompa juga digunakan untuk mengangkat air tanah ke permukaan tanah. Pompa yang biasa digunakan untuk mengangkat air sumur dalam dinamakan *jet pump* dan *semi jet pump*. Perbedaan diantara keduanya terletak pada tabung yang terdapat pada *jet pump* yang berguna untuk meningkatkan kekuatan pada daya hisap dan daya pancar pompa, sedangkan pada *semi jet pump* tidak terdapat tabung. Secara umum, diluar instalasi pipa, pada mesin pompa terdapat 3 bagian besar, yaitu :

1. Motor listrik atau biasa disebut dinamo : memiliki fungsi sebagai penggerak pompa, dimana motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Antara motor listrik dan pompa air dihubungkan oleh satu shaft.
2. Pompa air dan tabung akumulator : pompa air ini memiliki bagian yang disebut *impeller* yang juga berputar sedemikian rupa hingga air terhisap dari sumbernya melalui pipa masuk (*suction*), pada *jet pump* akan



melewati tabung akumulator yang bekerja dengan cara menyimpan sisa air pada saat tekanan pompa tinggi dan mengeluarkannya pada saat tekananya turun, sedangkan pada pompa jenis *semi jetpump* air akan langsung keluar melalui pipakeluar (*discharge*).

3. Aksesoris yang biasanya terpasang adalah *pressure switch* atau biasa disebut dengan "otomatis" dan *motor thermal protector* yang biasanya terpasang pada bagian dalam dinamo :
  - *Pressure switch* digunakan untuk memberikan perintah kapan mesin pompa harus bekerja dan berhenti.
  - *motor thermal protector* berfungsi sebagai pelindung motor listrik untuk menghindari kerusakan lilitan kawat motor listrik karena panas berlebih. Biasanya menggunakan bimetal yang bekerja berdasarkan panas dari lilitan tersebut. Bila dirasa panas berlebih maka *thermal protector* akan memutuskan arus pada motor.

#### D. Kebutuhan air bersih

Kebutuhan air spesifik perkapita bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain budaya atau kebiasaan, tingkat ekonomi, tingkat pendidikan, kesadaran lingkungan, ketersediaan air, harga air, dan musim/cuaca. Kebutuhan air total adalah total kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air. (Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan, 1990).

**Tabel 2.** 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 Qr
8	Pelayanan HU	100 orang/unit
9	Pelayanan SR	10 orang/unit
10	Jam Operasi	12 orang/unit
11	Alarm Maksimum HU	3000 l/hari
12	Aliran Minimum SR	900 l/hari

Sumber : Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

#### a. Analisa Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Jumlah kebutuhan air dari tahun ke tahun pada umumnya akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang akan dilayani. Oleh sebab itu dalam perhitungan kebutuhan air bersih membutuhkan beberapahal yang perlu diperhatikan yaitu faktor-faktor sebagai berikut :

1. Jangka waktu perencanaan
  2. Perkiraan jumlah penduduk dalam jangka waktu perencanaan
  3. Tingkat pertumbuhan penduduk per tahun
- Jumlah air yang diproduksi juga tidak harus selalu sama dengan jumlah air yang dibutuhkan, selain jumlah air yang sebenarnya dibutuhkan, jumlah air yang diproduksi juga dipengaruhi oleh :

- Sumber air lain yang ada
- Kemampuan masyarakat untuk membeli air, atau dengan kata lain kondisi perekonomian masyarakat.

Kedua faktor tersebut akan mempengaruhi persentase jumlah penduduk atau sarana yang direncanakan akan diberi pelayanan air bersih.

#### b. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih bagi para penduduk untuk kepentingan kehidupan sehari-hari. Lebih luas dari sekedar makanan dan minuman yang dikonsumsi melalui mulut, air bersih diperlukan untuk berbagai kepentingan yang saat ini merupakan kebutuhan pokok, seperti mandi, dan mencuci atau berbagai bentuk kebersihan lingkungan lainnya. (Pedoman Teknis Air Bersih IKK, 1990)

Analisa kebutuhan air domestik didasari dari hasil proyeksi jumlah penduduk yang akan terjadi pada masa mendatang, sehingga air yang direncanakan mampu mengaliri seluruh konsumen sesuai umur rencana. Analisa sektor domestik dalam kota ini dapat dibagi menjadi 5 kategori yaitu :

**Tabel 3.** Standar Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategorinya

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JWA)				
	> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) ( liter/orang/hari )	> 150	150 - 120	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Halaman (HU) ( liter/orang/hari )	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (liter/orang/hari)	600 - 900	600 - 900		600	
b. Niaga Besar (liter/orang/hari)	1000 - 5000	1000 - 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/orang/hari)	0.2 - 0.8	0.2 - 0.8		0.2 - 0.8	
d. Pariwisata (liter/orang/hari)	0.1 - 0.3	0.1 - 0.3		0.1 - 0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian	1.15 - 1.25 * harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 - 2.0 * hari maks	1.75 * hari maks	1.75 * hari maks
7. Jumlah Jwa Per SR ( Jwa )	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jwa Per HU ( Jwa )	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa Tekan Di penyediaan					
Distribusi ( Meter )	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi ( jam )	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir ( % Max Day Demand )	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Calapan Pelayaman ( % )	90	90	90	90	70

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996

**c) Kebutuhan Air Non-Domestik**

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang teridentifikasi ada atau yang akan ada berdasarkan rencana tata ruang. Sarana dan prasarana berupa kepentingan sosial/umum seperti untuk pendidikan, tempat ibadah, kesehatan, dan juga untuk keperluan komersil seperti untuk perhotelan, kantor, restoran dan lain-lain. Selain itu juga keperluan industri, pariwisata, pelabuhan, perhubungan dan lainlain. (Pedoman Teknis Air Bersih IKK Pedesaan, 1990).

**E. Jaringan pipa**

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan meliputi transmisi dan distribusi. Pipa yang digunakan memiliki berbagai macam jenis, misalnya bambu, pipa PVC, besi, galvanis, baja, beton dan sebagainya. Data-data yang digunakan sebagai pendukung dalam perhitungan dimensi pipa adalah :

- Panjang pipa yang diukur di lapangan
- Jumlah rencana SR dan HU di survey di lapangan
- Penentuan diameter awal/asumsi awal

**Tabel 4.** Beberapa jenis pipa kekurangan dan kelebihan

No	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1	Bambu	Murah, terdapat di pelosok	Cepat rusak, banyak bocor

No	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
2	PVC	Ringan, mudah diangkat dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
3	HDPE	Ringan, mudah diangkat dan dipasang, tidak bereaksi dengan air. Panjang mencapai 100 m tanpa sambungan kecil untuk diameter kecil	Tekanan rendah
4	Baja, Galvanized Iron	Tekanan tinggi	Berat, transportasi dan instalasi lebih mahal

Sumber : Radianta triadmadja 2008

Untuk menghitung kehilangan tenaga dalam pipa distribusi digunakan persamaan Hazen – Williams sebagai berikut :

$$V = 0,3545 C_{HW} D^{0,63} S^{0,54}$$

$$H_f = \frac{10.675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$D = \left[ \frac{10.675 \times Q^1}{C_{HW}^{852} \times H_f} \times L \right]^{0,205}$$

dengan :

V = Kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s)

C<sub>HW</sub> = Koefisien kekasaran Hazen – Williams (tergantung jenis pipa)

S = Gradien Hidrolik (S = Hf / L)

H<sub>f</sub> = Kehilangan tenaga (m)

Q = Debit (m<sup>3</sup> / s)

L = Panjang pipa (m)

**Tabel 5.** Nilai Koefisien Gesekan HazenWilliam (Chw)

No	Jenis Pipa	Nilai Koefisien Hazen-William (Chw)
1	semen asbes	140
2	Kuningan	135
3	batu bata	100
4	batu cor	130
5	beton/beton berlapis	
	- baja	140
	- kayu	120
	-cetak dengan adonan berputar	135
6	Tembaga	135
7	besi galvanis	120
8	Kaca	140
9	Timah	135
10	Plastic	150
11	baja :	
	-berlapis aspal cair	148
	-lapisanbaru	145
	-baja dikeling	110
12	Kayu	120

Sumber : Headstad, WaterCad User's Guide 2001

### a) Kehilangan Air

Untuk menghitung besarnya kehilangan air dalam sistem distribusi air dapat diasumsikan kehilangan air sebesar 20-30% dari jumlah kebutuhan air domestik. Besarnya kebutuhan air non domestik dalam perencanaan sistem air ini diasumsikan sebesar 25%. Sehingga kehilangan air

sistem ini adalah :

$$\begin{aligned}
 &= 25\% \times (\text{domestik} + \text{non domestik}) \\
 &= 0,25 \times ( \sum \text{kebutuhan air domestik} + \sum \text{kebutuhan air non domestik} ) \\
 &= \dots \text{ lt/hr}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Rata-rata:

Kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik + total kehilangan air

### F. Penggunaan EPANET 2.2 dalam sistem penyediaan air bersih

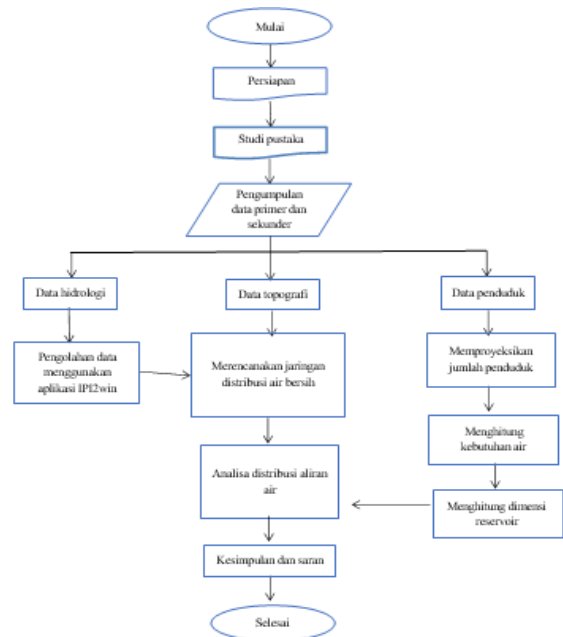
EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir didalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir.

Epanet didesain sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan air dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi. Dengan menggunakan epanet kita dapat lebih mudah mengetahui pergerakan air didalam pipa serta memvisualisasikan tekanan yang terjadi didalam pipa pada jam jam tertentu selain jam puncak.

### 3. METODELOGI

Pada penelitian ini memakai data sebagaiberikut :

1. Data elevasi
2. Titik koordinat jaringan
3. Data penduduk



Gambar 3. flowchart

Sumber : pengolahan data 2022

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Letak Lokasi Dusun

Dusun Krajan yang akan digunakan sebagai wilayah penyaluran air bersih berada di Desa Sumber Tengah, kec Binakal, kab Bondowoso dengan koordinat 07°52' 57" LS DAN 113°46'57" LB, berada di ketinggian 406 m di atas permukaan laut, memiliki luas wilayah sekitar 3.360 km<sup>2</sup>. desa ini dilewati oleh jalan wringin yang merupakan jalan penghubung antara Bondowoso dan situbondo. Desa ini memiliki sentra produk tape sebagai produk unggulan.

Lokasi sumber air yang akan digunakan berada di Dusun Krajan 3 dengan ketinggiannya yang berada di 381 m di atas permukaan laut. Daerah ini dikelilingi banyak lahan pertanian dan memiliki jalan beraspal dan tanah. Untuk sistem penyediaan airnya menggunakan air tanah dalam dikarenakan tidak tersedianya jaringan PDAM dan sumber mata air di wilayah tersebut. Sebagian besar wilayahnya terdiri dari daerah persawahan





**Gambar 4.** Lokasi Penelitian  
 Sumber: google earth 2022

### B. Data Hasil GEOLISTRIK (IPI2win)

Pengukuran dilakukan menggunakan konfigurasi schlumberger. Pengambilan data geolistrik dilakukan oleh laboratorium unmuh jember pada 18 november 2020. Dan di dapatkan hasil sebagai berikut :

Material	Harga resistivitas (Ohm.meter)
Tanah lempung, basah lembek	1,5 – 3,0
Lempung lanauan & tanah lanauan basah lembek	3 – 13
Tanah lanauan, pasiran	13 – 150
Batuan dasar berkekar terisi tanah lembab	150 – 300
Pasir kerikil terdapat lapisan lanau	± 300
Batuan dasar terisi tanah kering	300 – 2400
Batuan dasar tak lapuk	> 2400
<b>Batuan vulkanik dan metamorphic</b>	
Granite	$5 \times 10^5 - 10^6$
Basalt	$10^2 - 10^3$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$
<b>Batuan Sedimen</b>	
Batuan pasir	$8 - 4 \times 10^3$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$
<b>Tanah dan Air</b>	
Lempung	1 - 100
Alluvium	10 - 800
Air tanah (fresh)	10 - 100
Air laut	0,2

Error = 8.83%					Error = 8.83%				
N	p	h	d	Alt	N	p	h	d	Alt
1	2.38	0.625	0.625	-0.625	12	14.9	2.74	40.4	-40.43
2	1412	0.0762	0.701	-0.7012	13	11.3	7.24	47.7	-47.67
3	7.59	1.72	2.42	-2.421	14	20.4	11.3	59	-58.97
4	130	2.4	4.82	-4.821	15	53.4	11.8	70.8	-70.77
5	10.6	3.45	8.27	-8.271	16	56.4	9.2	80	-79.97
6	15.4	2.46	10.7	-10.73	17	36.8	7.37	87.3	-87.34
7	67.6	3.23	14	-13.96	18	100	19.2	107	-106.5
8	120	1.96	15.9	-15.92	19	364.3	18.4	125	-124.9
9	181	3.21	19.1	-19.13	20	99.9	19.8	145	-144.7
10	126	5.76	24.9	-24.89	21	33.8	16.9	162	-161.6
11	17.2	12.8	37.7	-37.69	22	32.2	25.3	187	-186.9
12	14.9	2.74	40.4	-40.43	23	270			
13	11.3	7.24	47.7	-47.67					

**Gambar 5.** nilai resistivitas setiap kedalaman tanah dan nilai error (%)  
 (Sumber: Analisa data IPI2win,2020)

Dari hasil pengujian geolistrik di lapangan didapat hasil iptwin berupa data di atas dengan nilai eror atau kesalahannya  $8\% < 15\%$  (ok) .

Diketahui pada lapisan 18 memiliki nilai  $\rho$ (rho) atau tahanan jenis resistivitas batuanya 100 ohm, yang merupakan lapisan tanah lanauan pasiran diduga terdapat air tanah dan memiliki ketebalan (height) 19,2 m . Dengan kedalaman yang di dapat untuk lapisan air tanah yaitu, pada d (depth) kedalaman 107 m di bawah tanah yang termasuk air tanah dalam. Sedangkan Alt (altitude) adalah kedalaman dari titik VES.

### C. Pertumbuhan Penduduk

Metode yang akan saya gunakan untuk menganalisa jumlah penduduk di tahun yang akan datang adalah dengan Metode aritmatika. Metode ini hanya digunakan ketika hendak menghitung proyeksi penduduk dengan laju pertumbuhan penduduk yang rendah, yaitu dibawah 2%.

Perhitungan jumlah penduduk yang akan dilayani :

$$P_t = P_0 (1 + r \cdot n)$$

$P_t$  = jumlah penduduk pada saat \((n)\) tahun yang akan datang

$P_0$  = jumlah penduduk pada saat proyek direncanakan

$R$  = rata-rata persentase (%) pertumbuhan penduduk/tahun

$n$  = periode proyek yang direncanakan

Contoh perhitungan aritmatika pada tahun 2022: Diketahui pada tahun 2021 terdapat jumlah penduduk sebesar 1406 orang dan rata rata pertumbuhan penduduk pertahun sebesar 0.33% pertahun,

$$0.33\% : 100 = 0.0033$$

Maka :

$$P_t = 1406 \times (1 + 0,0033 \cdot 1)$$

$$= 1406 \times (1,0033 \cdot 1)$$

$$= 1411 \text{ orang}$$

**Tabel 6.** Proyeksi Jumlah Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk
1	2022	1411
2	2023	1415
3	2024	1420
4	2025	1425
5	2026	1429
6	2027	1434
7	2028	1439
8	2029	1444
9	2030	1448
10	2031	1453
11	2032	1458
12	2033	1463
13	2034	1468

No	Tahun	Jumlah Penduduk
14	2035	1473
15	2036	1477

Sumber: Pengolahan data 2022

Setelah 15 tahun yaitu pada tahun 2036 didapatkan jumlah penduduk yang akan dilayani kurang lebih akan berjumlah 1477 orang. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa akan terjadi kenaikan 3-5 jiwa setiap tahunnya. Data diatas akan digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan air di Dusun Krajan, dengan menggunakan jumlah penduduk pada tahun 2036. Setelah di ketahui kebutuhan air perharinya maka akan digunakan untuk menentukan dimensi reservoir / tandon yang

akan digunakan untuk menampung kebutuhan air per hari.

#### D. Merencanakan dimensi pipa

Air tanah terletak pada Dusun Krajan, RT 3 daerah disekitar lokasi air tanah dikelilingi oleh lahan pertanian berbentuk lereng yang tidak curam, lokasi pengambilan air dengan reservoir berjarak 69 m dengan tinggi Menara 7,5 meter. reservoir ini akan digunakan untuk mengaliri 1411 jiwa dan direncanakan dapat mengaliri hingga 1477 jiwa dengan umur rencana perencanaan 15 tahun, yaitu hingga tahun 2036. Berikut rencana dimensi pipa yang sudah di dapatkan :

**Tabel 7.** Rencana Demensi Pipa

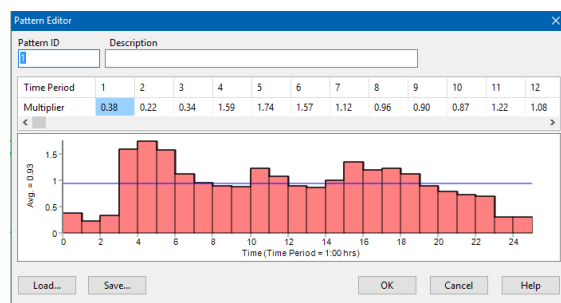
No	Node	Panjang				Diameter Pipa		Qr (lt/dt)	HGL (m)	Sisa Tekan (m)	V (m/dt)
		Ke		Pipa (meter)	(mm)	(inch)					
		Dari Titik	Elevasi				Titik				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Intake	381	R	392.5	69	90	3	2.03	381	-11.64	0.37
2	R	392.5	Q	384	75.3	20	½	0.04	392	8.32	0.15
3	R	384	A	374	166	110	4	0.79	392	18.48	0.10
4	A	374	B	359	457	60	2	0.76	391	32.37	0.31
5	B	359	C	361	44.6	25	¾	0.05	391	30.32	0.12
6	C	361	D	378	334	60	2	0.40	391	13.12	0.16
7	A	378	1	375	12.3	90	3	1.20	392	17.47	0.22
8	1	375	2	361	336	90	3	1.20	392	31.20	0.22
9	2	361	3	364	81.8	60	2	0.08	391	27.37	0.03
10	2	364	4	378	486	60	2	1.06	390	12.02	0.43
11	4	378	5	379	38.3	60	2	0.75	390	10.93	0.31
12	5	379	6	380	66.7	60	2	0.24	390	9.91	0.10
13	5	380	7	362	515	32	1	0.56	375	13.07	0.80
total panjang pipa (m)						2682					

Sumber: Hasil Pengolahan 2022

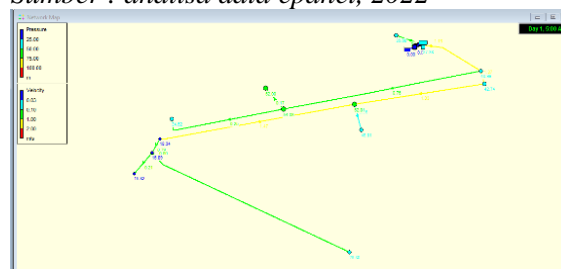
Sisa tekan minimal untuk daerah pedesaan adalah 8 – 60 meter sedangkan kecepatan (v) adalah 0,3 – 2,3 m/s . Elevasi lokasi air tanah berada di 381 m dpl sedangkan lokasi reservoir berada di 384 m dpl dan dibutuhkan penambahan tinggi reservoir dengan menggunakan bangunan menara air setinggi 7,5 m untuk dapat memenuhi syarat sisa tekan pada node Q dengan ketinggian elevasi 384 m dpl dengan jarak 75,3 meter dari lokasi tandon. total panjang pipa yang dibutuhkan adalah 2.682 meter.

### E. Analisa Epanet

Analisa distribusi aliran air dengan menggunakan software epanet 2.2 yang bertujuan untuk memeriksa aliran air dalam pipadan memastikan perhitungan yang sudah dilakukan sudah benar. Berikut hasil analisis kecepatan dan tekanan aliran pipa Dusun Krajan:



**Gambar 6.** Analisis Fluktuasi Pemakaian Air  
 Sumber : analisa data epanet, 2022



**Gambar 7.** Analisa Jaringan Epanet  
 Sumber : analisa data epanet, 2022

Didapati penggunaan tertinggi pada jam 5-6 pagi, pada jam tersebut masyarakat bersiap untuk pergi ke sawah, berangkat kerja dan berangkat sekolah sebagian anak-anak dari smp hingga sma bersekolah di pusat kota Bondowoso dikarenakan di kawasan sekitar hanya terdapat sekolah tk hingga sd saja karena itu mereka

bersiap sejak subuh. Pengaliran air memanfaatkan gaya gravitasi menggunakan menara air setinggi 7,5 m pada reservoir sehingga memiliki tekanan yang cukup untuk mengalirkan air hingga di node Q yang memiliki ketinggian 384 m dpl. Pompa akan bekerja pada jam 21 sampai 3 pagi, dapat dilihat pada gravik 4.1 berdasar grafik pompa akan menyala di jam-jam yang berada di bawah garis.

**Tabel 8.** Paramater Jaringan Pipa

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc A	374	0.83	0.75	420.63	46.63
Junc C	361	0.05	0.05	418.85	57.85
Junc 4	378	1.12	1.01	412.92	34.92
Junc 5	379	0.79	0.71	412.76	33.76
Junc D	378	0.42	0.38	418.72	40.72
Junc 6	380	0.26	0.23	412.73	32.73
Junc 7	362	0.27	0.24	410.05	48.05
Junc 1	375	1.26	1.13	420.54	45.54
Junc Q	384	0.04	0.04	421.23	37.23
Junc 2	361	1.26	1.13	419.14	58.14
Junc 3	364	0.09	0.08	419.14	55.14
Junc B	359	0.80	0.72	418.88	59.88

(a)

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/100m	Friction Factor	Quality	Status
Pipe 5-6	66.7	57.7	150	0.23	0.12	0.41	0.028	0.00	Open
Pipe 4-5	38.3	57.7	150	1.19	0.45	4.11	0.023	0.00	Open
Pipe 5-7	515	30	150	0.24	0.34	5.25	0.026	0.00	Open
Pipe 1-2	336	85.9	150	3.41	0.59	4.17	0.020	0.00	Open
Pipe A-1	12.3	85.9	150	4.55	0.78	7.09	0.019	0.00	Open
Pipe T-A	166	109.9	150	6.43	0.68	4.07	0.019	0.00	Open
Pipe 2-3	81.8	57.7	150	0.08	0.03	0.03	0.034	0.00	Open
Pipe 2-4	486	57.7	150	2.20	0.84	12.81	0.021	0.00	Open
Pipe T-Q	75.3	20.5	150	0.04	0.11	0.98	0.033	0.00	Open
Pipe A-B	457	57.7	150	1.14	0.44	3.82	0.023	0.00	Open
Pipe B-C	44.6	24.2	150	0.05	0.10	0.66	0.033	0.00	Open
Pipe B-D	334	57.7	150	0.38	0.14	0.49	0.027	0.00	Open

(b)

Sumber : analisa data epanet, 2022

Berdasarkan kriteria pipa transmisi dan distribusi menurut KepMen PU no.18 tahun 2007, parameter node memiliki tekanan lebih dari 10 m dan kurang dari 75 m. dimana pada hasil Analisa epanet yang dilakukan didapat tekanan terendahnya adalah 32,73 m dan tertingginya 59.88 m. sedangkan pada parameter link yang memiliki velocity yang sesuai dengan syarat minimum yaitu kecepatan aliran dalam pipa diantara 0,3 – 0,6 m/det serta mengambil dari perbandingan syarat kecepatan maksimum pipa PVC 0,3-2,5 m/s hasil analisis perhitungan jaringan pipa diatas didapat kecepatan maksimumnya adalah 0.84 m/s.

### F. Merencanakan Menara air

Untuk mengalirkan air dengan efisien darisegi biaya di perlukan adanya reservoir yang akan menampung air sebelum di distribusikan reservoir juga dapat digunakan untuk

meningkatkan tinggi muka air sehingga mampu menjangkau daerah yang memiliki elevasi lebih tinggi dengan cara meningkatkan tekanan air yang akan di distribusikan pada konsumen. Dengan adanya reservoir atau tandon maka pompa dapat beristirahat, dan hanya bekerja selama beberapa jam di jam tertentu saja. Untuk menaikkan air tanah ke atas tandon digunakan pompa Shimizu submersible SS-418K BIT dengan daya listrik 750 watt 2.100 liter/jam. Dan untuk menentukan dimensi reservoir direncanakan sebagai berikut:

Kapasitas reservoir : 38,60 m<sup>3</sup>

Panjang = 3 m

Lebar = 3 m

Tinggi = 4,5 m

Volume = 3 x 3 x 4,5  
= 40,5 m<sup>3</sup> > 38.60 m<sup>3</sup> ok

Bak air berpenampang persegi panjang, berada pada ketinggian 7,5 meter dari permukaan tanah. Ukuran bak tersebut adalah 12mx3mx4,5m (tinggi bak 4,5m), bak tersebut diberi tutup beton bertulang. Mutu beton K225, baja U32.

## 5. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Dari hasil analisis tentang kajian efektifitas air bersih Dusun Krajan Desa Sumber Tengah, Kec.Binakal, Kab. Bondowoso di atas, didapat kesimpulan berupa :

1. Dimana diperoleh kebutuhan air bersih sebesar 38,60 m<sup>3</sup> per hari dengan umur rencana 15 tahun, dengan menggunakan metode aritmatika untuk menghitung proyeksi penduduknya dan didapat kenaikan sebesar 0,33 % per tahunnya.
2. Ketersediaan air tanah diketahui setelah melakukan uji geoistrik di Dusun Krajan RT3 dimana diperoleh data dengan nilai eror atau kesalahannya hingga 8%. Memiliki nilai  $\rho$  ( $\rho$ ) atau tahanan jenis resistivitas batuanya 100 ohm yang merupakan lapisan tanah lanauan, pasiran diduga terdapat air tanah dan memiliki ketebalan ( $height$ ) 19,2 m. Dengan kedalaman yang didapat untuk lapisan air tanah yaitu, pada  $d$  ( $depth$ ) kedalaman 107 m di bawah tanah, pada kedalaman ini air tanah termasuk dalam kategori sumur

dalam. Menggunakan metode pengeboran sumur dalam dan digunakan pompa berjenis jet pump.

3. Ukuran tandon atau reservoir yang digunakan dapat menampung 40,5m<sup>3</sup> dengan tinggi 4,5m dan lebar 3m, menggunakan Menara air setinggi 7,5m
4. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis menggunakan epanet 2.2 didapat panjang pipa yang di rencanakan adalah 2.682 meter. Dengan titik aliran pipa terpanjangnya adalah titik 5 ke 7 sepanjang 515 meter menggunakan pipa berdimensi 32 mm, danyang terpendek adalah titik A ke 1 sepanjang 12.3 meter menggunakan pipa berdimensi 90 mm.

## B. Saran

Berdasar hasil dan pembahasan dapat diampaikan saran-saran sebagai berikut :

1. Berdasar hasil penelitian yang sudah didapat alangkah lebih baik jika terdapat sumber air lain yang mengalir Dusun tersebut. Misalnya pada wilayah RT 1 yangletaknya lebih tinggi dari lokasi air tanah saat ini, jika dimasa depan aksesnya lebih mudah mungkin dapat dijadikan pertimbangan untuk dilakukannya tesgeolistrik di daerah tersebut.
2. Air yang nantinya akan di gunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat diharap dapat melawati uji kelayakan terlebih dahulu untuk di periksa kelayakannya sebagai air konsumsi agar lebih menjamin kenyamanan dan keamanan konsumen.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Kalensun, H., dkk.. (2016). Perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, 4(2).
- Mokoginta, F., dkk.. (2014). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Desa Lobong, Desa Muntoi, Dan Desa Inuai Kecamatan Passi Barat Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4).
- Tambingon, D. P., Hendratta, L. A., & Sumarauw, J. S. (2016). Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih Di

Desa Pakuure Tinanian. *Jurnal SipilStatik*, 4(9).

Wigati, R., Maddeppungeng, A., & Krisnanto, L. (2015). Studi Analisis Kebutuhan Air Bersih Pedesaan Sistem Gravitasi Menggunakan Software Epanet 2.0. *Konstruksia*, 6(2).

Broto, S., & Afifah, R. S. (2008). Pengolahan data geolistrik dengan metode schlumberger. *Teknik*, 29(2), 120-128.

Tampubolon, K., Alinur, A., Elazhari, E., Ermawy, A., & Manurung, R. S. (2021). Penyuluhan Tentang Mengenal Mesin Pompa Air dan Cara Perawatannya di Serikat Tolong Menolong Nurul Iman (STMNI) Kelurahan Timbang Deli Kecamatan Medan Amplas. *J-LAS (Journal Liaison Academia and Society)*, 1(2), 1-8.

Andriyani, P., & Afandi, N. A. (2016). Anasila Distribusi Air Bersih Sumur Bor. air, I. (. (2018, mei 21). *berapa sih kebutuhan air bersih perorang perhari?* Dipetik oktober 1, 2021, dari [bizonawater.id](https://bizonawater.id): <https://bizonawater.id/berapa-sih-kebutuhan-air-bersih-perorang-perhari/#:~:text=Sebagai%20ilustrasi%2C masyarakat%20Amerika%20Serikat,air%20bersih%20untuk%20komunitas%2Cperkiraan>

Makawimbang, A. F., Tanudjaja, L., & M. Wuisan, E. (2017). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Desa Soyowan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara, 32.

Tartuwa, S. (2022). Optimasi Sistem Jaringan Air Minum Menggunakan Program Epanet.

Basya, F. (2022). Kajian Sistem Jaringan Air Bersih Menggunakan Software Epanet, 63.