

**PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH
DENGAN BANTUAN APLIKASI WATERCAD v8i
DI DESA PERMANU KECAMATAN PAKISAJI
KABUPATEN MALANG**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN
KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)



**MUHAMMAD RIZQI AKBAR
NIM. 135060400111040-64**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2020**

PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DENGAN BANTUAN APLIKASI WATERCAD v8i DI DESA PERMANU KECAMATAN PAKISAJI KABUPATEN MALANG

Muhammad Rizqi Akbar¹, Emma Yuliani², Very Dermawan²

¹Mahasiswa Program Sarjana Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Teknik Pengairan Universitas Brawijaya-Malang, Jawa Timur, Indonesia

Jalan MT. Haryono 167 Malang (65145) Indonesia

e-mail: muhrizak@gmail.com

ABSTRAK: Desa Permanu Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang merupakan pedesaan yang terletak di lereng Gunung Kawi. Sudah ada dua alternatif yang sudah dicoba masyarakat Desa Permanu untuk pemenuhan kebutuhan air bersih, namun masing-masing memiliki kekurangan, seperti membuat sumur galian yang rawan terkontaminasi limbah serta memakai jasa PDAM dengan tarif air yang dirasa masyarakat Desa Permanu masih kurang terjangkau. Tujuan dilakukan studi ini adalah untuk merencanakan jaringan perpipaan yang layak secara hidraulika. Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah peta wilayah dan data topografi untuk perencanaan jaringan pipa, data jumlah penduduk dari tahun 2009 - 2018 untuk memproyeksikan jumlah kebutuhan air, data debit sumber mata air dengan potensi debit ± 10 liter/detik untuk menganalisa kondisi hidraulik di dalam pipa, dan data harga satuan bahan bangunan serta analisa harga satuan pekerjaan untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB). Dalam studi ini, metode proyeksi yang digunakan adalah metode aritmatika dengan jumlah penduduk ditahun 2038 sebanyak 8.864 jiwa, dan kebutuhan air rata-rata ditahun 2038 adalah 8,14 liter/detik. Analisa hidraulik menggunakan aplikasi *WaterCAD v8i* menunjukkan kondisi hidraulik sebagai berikut, kecepatan aliran berkisar antara 0,504 – 1,326 m/dt, kemiringan garis hidrolis berkisar antara 1,603 – 14,562 m/km, dan tekanan berkisar antara 1,014 - 3,915 atm. RAB yang akan dibutuhkan adalah Rp 996.537.000,00.

Kata Kunci: *WaterCAD*, Jaringan Perpipaan, Air Bersih

ABSTRACT: *Permanu Village, Pakisaji District, Malang Regency is a village located on the slopes of Mount Kawi. There are already two alternatives that have been tried by the people of Permanu Village to meet their clean water demand. But it has disadvantages, such as making dug wells (prone to contamination by waste) and using local water company services (less affordable water rates). The purpose of this study is to plan a proper pipeline network that is hydraulically feasible. The data used in this plan are area maps and topographic data for pipeline network planning, population data from 2009 – 2018 to project the amount of water demand, spring data with a potential discharge of 10 liters/second to analyze hydraulic conditions in the pipeline, and unit price data of building materials as well as analysis of the unit price of work to calculate the Budget Plan. In this study, the projected population used arithmetic method with a population of 2038 is 8,864 people, and the average water demand in 2038 is 8.14 liters/second. Hydraulic analysis using the WaterCAD v8.i software shows the following hydraulic conditions, velocity is between 0.504 - 1.326 meters/second, headloss gradient is between 1.603 - 14.562 m/km, and pressure is between 1.014 - 3.915 atm. The budget plan in this study will need Rp 996,537,000.00*

Keywords: *WaterCAD, Piping Network, Clean Water*

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang tidak tergantikan, dimana kandungan air dalam tubuh manusia mencapai sekitar 60% - 70% dari berat tubuh. Saat tubuh kekurangan cairan, tubuh secara otomatis mengambil sumber air dalam komponen tubuh sendiri, salah satunya adalah darah. Efeknya darah menjadi kental, dan darah yang berfungsi sebagai alat transportasi oksigen dan zat-zat makanan akan langsung terganggu. Jadi, ketersediaan air bersih adalah hal utama untuk menjaga kelangsungan hidup manusia.

Namun, perubahan iklim yang salah satunya akibat perbuatan manusia sendiri membuat air semakin sulit untuk didapat, sehingga fokus dari pembangunan sistem distribusi air bersih adalah bagaimana membangun sistem yang terjangkau dan berkelanjutan.

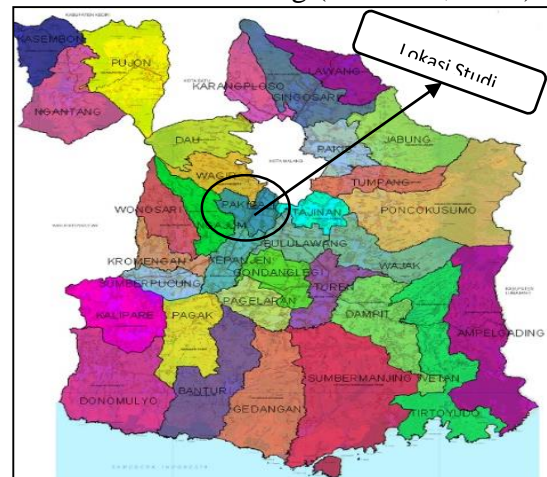
Desa Permanu Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang adalah lokasi yang akan menjadi target pembahasan studi ini. Sebuah desa yang terletak di lereng Gunung Kawi. Sudah ada dua alternatif yang coba dipakai oleh masyarakat Desa Permanu untuk pemenuhan kebutuhan air bersih, namun masing-masing memiliki kekurangan, seperti membuat sumur galian (rawan terkontaminasi limbah) dan memakai jasa PDAM (tarif air yang kurang terjangkau). Disisi lain, dalam 10 tahun terakhir, Desa Permanu terus mengalami pertumbuhan penduduk dari 4.802 jiwa penduduk pada tahun 2009 bertambah menjadi 5.771 pada tahun 2018 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang Tahun 2010-2019). Selain itu, terdapat sumber mata air di daerah tersebut dengan potensi debit air mencapai 10 liter/detik. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa Desa Permanu membutuhkan pengembangan sistem jaringan distribusi air bersih.

Tujuan dari penulis untuk melakukan studi ini adalah untuk merencanakan sebuah sistem pendistribusian air bersih dan mensimulasikan bagaimana kondisi

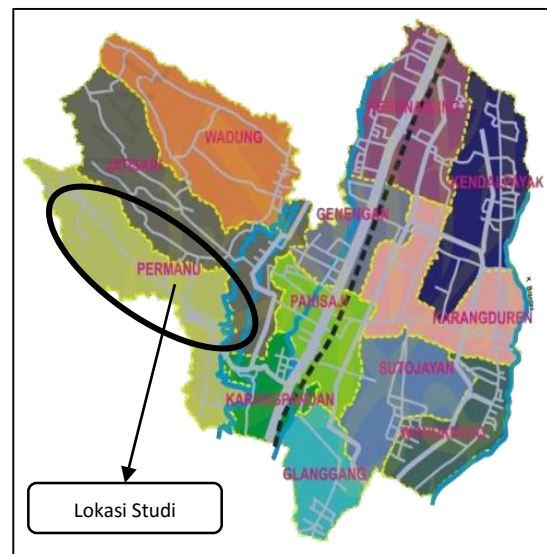
hidraulik pada saat pendistribusian air sedang berjalan.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi studi terletak di Desa Permanu, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang. Secara geografis, Kecamatan Pakisaji terletak antara $112^{\circ}34'57''$ – $112^{\circ}37'63''$ BT dan $8^{\circ}01'98''$ – $8^{\circ}04'97''$ LS, dengan luas wilayah mencapai sekitar 38,41 km². Sedangkan, Desa Permanu terdiri dari 4 (empat) wilayah Pedukuhan, yaitu: Dukuh Permanu, Dukuh Lowok, Dukuh Blau dan Dukuh Tunggul serta dilalui oleh 2 (dua) buah sungai, yaitu Kali Babar dan Kali Gesang (Akaibara, 2016).



Gambar 1. Peta Kabupaten Malang
Sumber: Anonim, 2016



Gambar 2. Peta Kecamatan Pakisaji
Sumber: Anonim, 2016

Agar mencapai tujuan yang sesuai, maka perlu dilakukan langkah-langkah pengerjaan yang sistematis dan terstruktur Adapun tahapan pengerjaan studi adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data yang dibagi menjadi dua yaitu data primer serta data sekunder, dimana kedua data jenis tersebut berguna dalam analisa sistem distribusi air bersih. Adapun berbagai data yang diperlukan antara lain:
 - a. Data Primer
 - Debit sumber mata air
 - Data topografi
 - b. Data Sekunder
 - Peta wilayah
 - Data penduduk sejak tahun 2009-2018
 - Standar Satuan Harga
2. Mengolah data penduduk, dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. Mencari selisih dari pertumbuhan penduduk setiap tahun dan rata-rata prosentase pertumbuhan penduduk setiap tahun dari data yang dimiliki
 - b. Memproyeksikan jumlah penduduk sampai tahun 2038 dengan 3 metode, yaitu Geometrik, Aritmatik, dan Eksponensial (BPS, 2010)
3. Uji kesesuaian hasil proyeksi dengan standar deviasi dan koefisien korelasi
4. Menghitung kebutuhan air bersih hingga tahun 2038
5. Merencanakan jaringan distribusi air bersih
 - a. Memakai metode *Hazen-Williams* untuk rumus kehilangan tinggi tekan
 - b. Memodelkan jaringan distribusi air bersih, titik simpul, pompa, jenis pipa dan ukuran pipa.
6. Melakukan simulasi sistem jaringan air bersih dengan menggunakan program *WaterCAD v8i*
7. Gambar teknis perencanaan jaringan air bersih, seperti layout perpipaan transmisi maupun distribusi, bangunan penangkap sumber air, tandon, serta gambar-gambar detail lain yang diperlukan

8. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

HASIL DAN PEMBAHASAN Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Permen PU) Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) No.18 Tahun 2007, untuk desa kecil (memiliki jumlah penduduk antara 3 – 10 ribu jiwa), proyeksi penduduk dilakukan dengan jangka waktu 15-20 tahun kedepan.

Proyeksi penduduk dalam studi ini dilakukan dengan jangka waktu 20 tahun kedepan, mulai tahun 2019 sampai dengan 2038.

Dari data jumlah penduduk yang bisa dilihat pada Tabel 1 di bawah ini, jumlah penduduk pertahun di Desa Permanu mengalami kenaikan maupun penurunan yang tidak terduga, disebabkan oleh angka kelahiran, kematian dan imigrasi yang bervariasi

Tabel 1. Jumlah Penduduk Desa Permanu

Tahun	Jumlah Penduduk
2009	4.802
2010	4.843
2011	4.850
2012	4.859
2013	5.273
2014	5.273
2015	5.465
2016	5.187
2017	5.185
2018	5.771

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Kemudian, dilakukanlah perhitungan laju pertumbuhan penduduk (r) dan didapatkan hasil sebesar 2,17%.

Dari nilai r yang diketahui, dengan berpacu dari data penduduk tahun 2018, dihitung kembali jumlah penduduk per tahun dari tahun 2009 hingga tahun 2017 menggunakan 3 metode, yaitu geometrik, aritmatika, dan eksponensial.

Setelah diperoleh hasilnya, kemudian dilakukan uji kesesuaian menggunakan uji

standar deviasi dan koefisien korelasi, dengan berpaku pada nilai standar deviasi terkecil serta nilai koefisien korelasi yang mendekati +1 untuk mendapatkan metode yang paling tepat dalam memproyeksikan jumlah penduduknya.

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan standar deviasi dan koefisien korelasi:

Tabel 2. Perhitungan Standar Deviasi

Geometrik	Aritmatika	Eksponensial
338,24	325,13	339,76

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 3. Perhitungan Koefisien Korelasi

Geometrik	Aritmatika	Eksponensial
0,845061	0,845100	0,845063

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan kedua uji tersebut, **metode aritmatika** dipilih karena pada tabel 2. memiliki nilai standar deviasi terkecil dan pada tabel 3. memiliki nilai koefisien korelasi yang mendekati angka +1. Setelah itu, dilakukanlah proyeksi penduduk 20 tahun kedepan memakai metode aritmatika, dan didapatkan jumlah penduduk tahun 2038 sebesar **8.864** jiwa.

Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Hasil proyeksi jumlah penduduk diatas akan digunakan sebagai pedoman untuk menghitung kebutuhan air bersih dalam studi ini. Berikut tabel rekapitulasi perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih pada tahun 2038.

Tabel 4. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih pada Tahun 2038

Uraian	Jumlah
Jumlah Penduduk Total	8.864 jiwa
Kebutuhan Air Domestik	6,16 liter/dt
Kebutuhan Air non Domestik	0,92 liter/dt
Total Kebutuhan Air	7,08 liter/dt
Kehilangan Air	1,06 liter/dt
Kebutuhan Air Bersih Rata-rata	8,14 liter/dt
Kebutuhan Harian Maksimum	9,36 liter/dt
Kebutuhan Air Jam Puncak	12,70 liter/dt

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

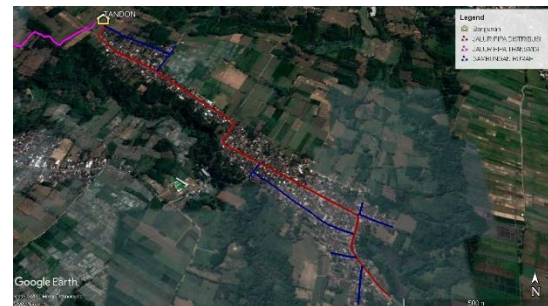
Perencanaan Jaringan Air Bersih

Perencanaan jaringan air bersih pada studi ini disesuaikan dengan kondisi daerah studi. Berikut rencana jaringan pipanya:



Gambar 3. Jaringan Pipa Transmisi

Sumber : Hasil Perencanaan, 2019



Gambar 4. Jaringan Pipa Distribusi

Sumber : Hasil Perencanaan, 2019

Pembuatan Model & Simulasi Jaringan Air Bersih dengan Software WaterCAD v8i

Pemodelan dan simulasi jaringan air bersih menggunakan *Software WaterCAD v8i* memiliki beberapa output, seperti mengetahui desain jaringan pipa, dimensi tandon, serta mengetahui kondisi hidraulik pada rencana jaringan air bersih.

Adapun diameter pipa serta debit yang dialirkan oleh sumber menyebabkan perbedaan kecepatan aliran di setiap pipa, sedangkan peningkatan atau penurunan nilai kemiringan garis hidrolis dan tekanan dipengaruhi oleh perbedaan elevasi dan besarnya nilai kecepatan.

Selain itu, terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi pada perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sesuai Peraturan Menteri PU No.18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM, yaitu:

- Kecepatan = 0,3 – 4,5 m/dt
- Kemiringan Garis Hidrolis = 0 – 15 m/km
- Tekanan = 1 – 8 atm

Pemodelan jaringan air bersih pada studi ini melalui dua tahapan, yaitu *Steady State* dan *Extended Period Simulation* (EPS).

Analisis *Steady State*

Analisis *Steady State* adalah analisis jaringan air bersih dengan menganggap bahwa *supply demand*, laju aliran dan nilai hidraulik tetap konstan di setiap waktu .

Analisis ini dapat dipergunakan untuk menentukan tekanan dan laju aliran saat kebutuhan air bersih minimum, rata-rata, harian maksimum, dan kebutuhan air pada jam puncak (Bentley Methods, 2007).

Berikut ini kesimpulan yang didapat dari hasil simulasi jaringan distribusi air bersih pada Desa Permanu menggunakan analisis *Steady State* pada tahun 2038:

Tabel 5. Kesimpulan hasil analisis *Steady State* pada pipa dan *junction* tahun 2038

Kecepatan Aliran pada Pipa	
1.	Terendah = 0,339 m/dt Tertinggi = 1,237 m/dt
Kemiringan Garis Hidrolis pada Pipa	
2.	Terendah = 1,289 m/km Tertinggi = 13,670 m/km
Tekanan pada titik simpul (<i>junction</i>)	
3.	Terendah = 1,028 atm Tertinggi = 4,921 atm

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Analisis *Extended Period Simulation* (EPS)

Analisis *Extended Period Simulation* merupakan suatu metode analisis jaringan air bersih dengan variasi waktu.

Analisis ini memungkinkan untuk memodelkan pengisian dan pengosongan tandon, juga dapat mengatur pembukaan dan penutupan katup, serta tekanan dan laju aliran yang berubah sesuai dengan *supply demand* yang terjadi (Bentley Methods, 2007).

Berikut ini kesimpulan yang didapat dari hasil simulasi jaringan distribusi air bersih pada Desa Permanu dengan

menggunakan analisis *Extended Period Simulation* (EPS) pada tahun 2038 di jam puncak penggunaan air (pukul 08.00):

Tabel 6. Kesimpulan hasil analisis *EPS* pada pipa dan *junction* tahun 2038 di jam puncak penggunaan air (pukul 08.00)

Kecepatan Aliran pada Pipa	
1.	Terendah = 0,504 m/dt Tertinggi = 1,326 m/dt
Kemiringan Garis Hidrolis pada Pipa	
2.	Terendah = 1,603 m/km Tertinggi = 14,562 m/km
Tekanan pada titik simpul (<i>junction</i>)	
3.	Terendah = 1,014 atm Tertinggi = 3,915 atm

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Rencana Anggaran Biaya

Dalam pelaksanaan sebuah konstruksi tentunya membutuhkan perencanaan dari segi keuangan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dihitung berdasarkan Standar Satuan Harga Kabupaten Malang Tahun Anggaran 2019 dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Cipta Karya Tahun 2019.

Secara garis besar, ada 4 komponen pekerjaan dalam studi ini, yaitu pekerjaan pendahuluan, pengadaan dan pemasangan pipa, pembuatan tandon, serta pembuatan broncaptering. Rekapitulasi RAB dalam studi ini akan ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Rencana Anggaran Biaya Total

No	Uraian	RAB
	Pekerjaan	
1	pendahuluan (uitzet dan papan nama)	Rp 1.500.000,00
2	Pengadaan dan Pemasangan Pipa	Rp 835.073.806,78
3	Pembuatan Tandon	Rp 64.086.669,07
4	Pembuatan Broncaptering 1,5 x 1,5 x 1,0 m	5.282.682,58
	Jumlah	Rp 905.943.158,43
	PPn 10%	Rp 90.594.315,84
	Jumlah + Pajak	Rp 996.537.474,28
	Dibulatkan	Rp 996.537.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Setelah dilakukannya uji kesesuaian metode proyeksi kebutuhan air bersih penduduk Desa Permanu memakai metode standar deviasi dan koefisien korelasi, disimpulkan bahwa metode aritmatika yang dipilih karena memiliki nilai standar deviasi terkecil dan nilai koefisien korelasi yang mendekati angka +1. Dari perhitungan proyeksi penduduk memakai metode aritmatika, didapatkan bahwa jumlah penduduk di Desa Permanu pada tahun 2038 adalah 8.864 jiwa.
2. Proyeksi kebutuhan air bersih rata-rata penduduk Desa Permanu pada tahun 2038 adalah 8,14 lt/dt.
3. Perencanaan jaringan distribusi air bersih yang dialirkan dari bangunan broncaptering menuju tandon dengan volume 11.000 m³ melalui pipa dengan diameter 6 inch sepanjang 1.668 meter dan diameter 4 inch sepanjang 298 meter. Distribusi dari tandon ke daerah layanan memakai pipa berdiameter 6 inch sepanjang 48 meter, diameter 4 inch sepanjang 1.091 meter, diameter 3 inch sepanjang 1.002 meter, diameter 2 inch sepanjang 537 meter, diameter 1½ inch sepanjang 102 meter, diameter 1¼ inch sepanjang 569 meter, dan diameter 1 inch sepanjang 91 meter.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk perencanaan sebesar Rp 996.537.000,00 terbilang sembilan ratus sembilan puluh enam juta lima ratus tiga puluh tujuh ribu rupiah.

Saran

Dengan adanya sumber air di Lereng Gunung Kawi yang masih melimpah ruah, PDAM Kabupaten Malang seharusnya dapat mengembangkan sistem jaringan distribusi air bersih di Desa Permanu dan desa-desa sekitarnya, serta tidak lupa dari pihak PDAM maupun masyarakat harus fokus di pemeliharaan dan pengoperasian juga, supaya ketika suatu saat terjadi kerusakan pada jaringan pipa tersebut, nantinya dapat segera diatasi untuk meminimalisir kerugian yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akaibara. (2016). *Profil Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang*. ngalam.co.<https://ngalam.co/2016/08/13/profil-kecamatan-pakisaji-kabupaten-malang/>.
- Anonim. (2016). *Peta Desa Permanu*. Website Resmi Desa Permanu, Kecamatan Pakisaji, Kabupaten Malang.<http://desapermanu.malang.kab.go.id/read/detail/940/peta-desa-permanu.html>.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. (2010-2019). *Kecamatan Pakisaji dalam Angka Tahun 2010-2019*. Malang: BPS
- Badan Pusat Statistik. (2010). *Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. Jakarta: BPS
- Bentley Methods. (2007). *User's Guide WaterCAD v8i for Windows*. WATERBURY CT. USA: Bentley Press.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2007). *Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: KemenPU