# PENGEMBANGAN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN KARANGPLOSO KABUPATEN MALANG

**Eristanto Ananta[1], Lies Kurniawati W[2], dan Nenny Roostrianawaty[3]**

*[1]Program Studi Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang*
*Email: 142101.eristantoananta@gmail.com*

## ABSTRACT

*Clean water distribution in Karangploso Sub-district, Malang Regency, has not fully reached all residents; only about 42% of the population is currently served by the local water utility (PDAM), leaving Donowarih, Tawangargo, Bocek, and Ngenep villages unserved. This study aims to plan the development of a clean water distribution system by utilising the Cinde spring as the raw water source. Population projection was carried out using the arithmetic, geometric, and least square methods, with the geometric method selected based on the smallest standard deviation (4,762.44). Water demand analysis followed the Ministry of Public Works standard, while the transmission and distribution pipe networks were modelled using WaterCAD V8i. The results show that the total clean water demand in Karangploso Sub-district up to the year 2029 reaches 151.46 litres/second, and the available discharge of the Cinde spring (156 litres/second) is still sufficient to meet this demand. The planned reservoir capacity is 1,712.06 m3 with dimensions of 21 m x 20 m x 4 m, the transmission pipe is 11,475 m long with a diameter of 642.2 mm, and the distribution pipe is 58,771 m long with a diameter of 285 mm. Flow velocities and residual pressures at all network nodes meet the requirements of Minister of Public Works Regulation No. 18/PRT/M/2012.*

*Keywords: clean water distribution, population projection, water demand, WaterCAD, Karangploso*

## ABSTRAK

Pendistribusian air bersih di Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, hingga saat ini belum sepenuhnya melayani seluruh penduduk, yaitu baru sekitar 42% penduduk yang terlayani oleh PDAM setempat, sehingga Desa Donowarih, Tawangargo, Bocek, dan Ngenep belum mendapatkan distribusi air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pengembangan sistem distribusi air bersih dengan memanfaatkan Sumber Mata Air Cinde sebagai sumber air baku. Proyeksi jumlah penduduk dihitung menggunakan tiga metode, yaitu aritmatik, geometrik, dan least square, dengan metode geometrik dipilih berdasarkan nilai standar deviasi terkecil (4.762,44). Analisis kebutuhan air bersih mengacu pada standar Kementerian Pekerjaan Umum, sedangkan perencanaan jaringan pipa transmisi dan distribusi dianalisis menggunakan program bantu WaterCAD V8i. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029 sebesar 151,46 liter/detik, sementara debit ketersediaan Sumber Cinde sebesar 156 liter/detik masih mencukupi kebutuhan tersebut. Kapasitas tandon (reservoir) yang direncanakan sebesar 1.712,06 m3 dengan dimensi 21 m x 20 m x 4 m, panjang pipa transmisi 11.475 m berdiameter 642,2 mm, dan panjang pipa distribusi 58.771 m berdiameter 285 mm. Kecepatan aliran dan sisa tekanan pada seluruh titik simpul jaringan telah memenuhi ketentuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2012.

*Kata kunci: distribusi air bersih, proyeksi penduduk, kebutuhan air, WaterCAD, Karangploso*

## 1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia secara berkelanjutan. Penyediaan air bersih di Indonesia, khususnya di Kabupaten Malang, masih belum merata. Kecamatan Karangploso merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Malang yang ketersediaan air bersihnya masih minim dan belum terdistribusi dengan baik. Jumlah penduduk Kecamatan Karangploso pada tahun 2019 tercatat sebanyak 87.636 jiwa, sedangkan jumlah pelanggan yang terlayani PDAM setempat baru berkisar 8.539 sambungan rumah atau sekitar 42% dari total penduduk. Jaringan distribusi eksisting baru mencakup lima dari sembilan desa, sehingga Desa Donowarih, Tawangargo, Bocek, dan Ngenep belum mendapatkan distribusi air bersih dan sebagian penduduknya masih mengandalkan air sumur yang mengering saat musim kemarau.

Sumber Mata Air Cinde yang berada di kawasan Perhutani Kota Batu dan dimiliki oleh Kabupaten Malang berpotensi dikembangkan sebagai sumber air baku tambahan bagi PDAM Kecamatan Karangploso. Dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, PDAM dituntut mengembangkan jaringan distribusi air bersih secara berkelanjutan agar pelayanan dapat sebanding dengan pertumbuhan penduduk.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi: (1) berapa total kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029; (2) berapa kapasitas tandon yang dibutuhkan; (3) bagaimana pengembangan sistem distribusi pada wilayah yang belum terlayani; dan (4) berapa diameter pipa rencana yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pelayanan PDAM Kecamatan Karangploso melalui pemanfaatan sumber air yang tersedia, dengan batasan analisis meliputi proyeksi

penduduk dan kebutuhan air domestik-nondomestik sampai tahun 2029, tanpa membahas struktur bangunan tandon maupun kualitas air baku.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Kebutuhan dan ketersediaan air bersih

Kebutuhan air adalah jumlah air yang digunakan secara wajar untuk keperluan domestik dan nondomestik (Kodoatie, 2005). Kebutuhan domestik dihitung berdasarkan jumlah sambungan rumah dan pemakaian air per kapita, sedangkan kebutuhan nondomestik dihitung sebagai persentase dari kebutuhan domestik untuk fasilitas seperti perkantoran, pendidikan, dan peribadatan (Linsley, 1996). Kebutuhan air juga dipengaruhi oleh fluktuasi pemakaian, meliputi kebutuhan harian rata-rata, kebutuhan hari maksimum (koefisien 1,15), dan kebutuhan jam puncak.

### Metode proyeksi penduduk

Proyeksi jumlah penduduk merupakan dasar analisis kebutuhan air di masa mendatang. Tiga metode yang umum digunakan adalah metode aritmatik (Pn = Po(1+r.n)), metode geometrik (Pn = Po(1+r)^n), dan metode least square (Pn = a + bX). Pemilihan metode terbaik dilakukan berdasarkan nilai koefisien korelasi atau standar deviasi terkecil terhadap data historis (Pariartha, 2009).

### Hidraulika perpipaan dan persamaan Hazen-Williams

Analisis kehilangan tinggi tekan (headloss) sepanjang pipa transmisi dan distribusi menggunakan persamaan Hazen-Williams, yang melibatkan parameter debit aliran, panjang pipa, koefisien kekasaran pipa (C), dan diameter pipa (Triatmodjo, 1996). Nilai koefisien C untuk pipa PVC pada penelitian ini digunakan sebesar 150.

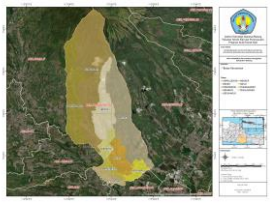
### Program bantu WaterCAD V8i

WaterCAD V8i digunakan untuk mensimulasikan jaringan perpipaan air bersih pada kondisi permanen (steady state) maupun periode simulasi terhadap fluktuasi kebutuhan air. Program ini memungkinkan analisis tekanan, kecepatan aliran, dan kapasitas jaringan pada setiap titik simpul (junction) dan pipa (link) secara simultan.

## 3. METODE PENELITIAN

### Pendekatan dan lokasi studi

Penelitian ini menggunakan pendekatan evaluatif untuk melihat bagaimana pengembangan jaringan distribusi PDAM dapat melayani kebutuhan air bersih di Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, yang terdiri dari 9 desa dengan luas wilayah 5.957,898 Ha.



Gambar 1. Peta Administrasi Lokasi Studi

*Sumber: Peta Administrasi Kabupaten Malang*

### Pengumpulan data

Data dikumpulkan melalui tiga cara, yaitu pengumpulan data dari instansi terkait, studi literatur, dan pengamatan lapangan, yang selanjutnya dikelompokkan menjadi data primer (kondisi sosial masyarakat dan kondisi lapangan) dan data sekunder (data kependudukan, sistem distribusi eksisting, sumber air baku, serta peta administrasi dan topografi) yang diperoleh dari BPS Kabupaten Malang dan PDAM Kecamatan Karangploso.

### Tahapan analisis

Tahapan penelitian meliputi studi pustaka, pengumpulan data sekunder, analisis proyeksi penduduk dan kebutuhan air, simulasi jaringan eksisting menggunakan WaterCAD V8i, serta modifikasi jaringan apabila hasil simulasi belum memenuhi kriteria pelayanan. Jenis pipa yang direncanakan adalah pipa PVC (Poly Vinyl Chlorida) dengan pertimbangan bobot ringan, tahan korosi, dan harga yang relatif murah.

## 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### Proyeksi jumlah penduduk

Jumlah penduduk Kecamatan Karangploso tahun 2015-2019 diperoleh dari BPS Kabupaten Malang sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

| Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) |
|---|---|
| 2015 | 81.986 |
| 2016 | 83.404 |
| 2017 | 84.822 |
| 2018 | 86.235 |
| 2019 | 87.636 |

Tabel 1. Jumlah Penduduk Kecamatan Karangploso 2015-2019

*Sumber: BPS Kabupaten Malang*

Proyeksi penduduk dihitung menggunakan metode aritmatik, geometrik, dan least square. Hasil perhitungan standar deviasi menunjukkan nilai 4.762,44 untuk metode geometrik dan 71.941,32 untuk metode least square, sehingga metode geometrik dipilih karena memiliki standar deviasi terkecil. Berdasarkan metode terpilih, jumlah penduduk Kecamatan Karangploso

diproyeksikan meningkat dari 89.084 jiwa pada tahun 2020 menjadi 103.241 jiwa pada tahun 2029.

## Analisis kebutuhan air bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih mengacu pada standar Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dengan asumsi satu sambungan rumah melayani 4 jiwa, pemakaian air 130 liter/orang/hari, kebutuhan nondomestik 25% dari kebutuhan domestik, dan kehilangan air 20%. Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air pada tahun tinjauan disajikan pada Tabel 2.

| Uraian | 2020 | 2023 | 2026 | 2029 |
|---|---|---|---|---|
| Penduduk (jiwa) | 89.084 | 93.573 | 98.288 | 103.241 |
| Keb. domestik (l/dt) | 87,12 | 91,52 | 96,13 | 100,97 |
| Keb. nondomestik (l/dt) | 21,78 | 22,88 | 24,03 | 25,24 |
| Keb. total (l/dt) | 130,69 | 137,27 | 144,19 | 151,46 |

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Air Bersih Kecamatan Karangploso

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

Total kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso diperkirakan meningkat dari 130,69 liter/detik pada tahun 2020 menjadi 151,46 liter/detik pada tahun 2029 seiring bertambahnya jumlah penduduk dan tingkat pelayanan.

## Analisa ketersediaan air

Debit ketersediaan eksisting Sumber Cinde sebesar 156 liter/detik, berlokasi pada koordinat -7,858134, 112,543634. Perbandingan antara debit ketersediaan dan debit kebutuhan (neraca air) disajikan pada Tabel 3.

| Tahun | Debit tersedia (l/dt) | Debit kebutuhan (l/dt) | Surplus (l/dt) |
|---|---|---|---|
| 2020 | 156 | 130,69 | 25,31 |
| 2023 | 156 | 137,27 | 18,73 |
| 2026 | 156 | 144,19 | 11,81 |
| 2029 | 156 | 151,46 | 4,54 |

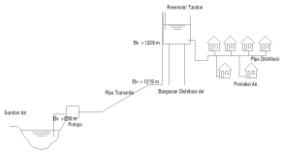
Tabel 3. Neraca Air Sumber Cinde

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

Debit eksisting Sumber Cinde masih mencukupi kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029, meskipun surplus semakin menipis dari 25,31 liter/detik pada tahun 2020 menjadi 4,54 liter/detik pada tahun 2029, sehingga pencarian sumber air baku baru perlu dipertimbangkan pada perencanaan jangka panjang berikutnya.

## Perencanaan sistem dan jaringan perpipaan

Penyaluran air bersih direncanakan dari Sumber Cinde menuju tandon (reservoir) dengan cara dipompa, kemudian dari tandon menuju rumah-rumah pelanggan secara gravitasi, sebagaimana skema pada Gambar 2.



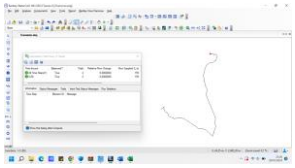
Gambar 2. Skema Transmisi dan Distribusi Air Bersih

*Sumber: Hasil Analisis, 2024*

## Analisis jaringan transmisi

Beda elevasi antara Sumber Cinde (850 mdpl) dan tandon (1.229 mdpl) sebesar 379 m dengan jarak pipa 11.475 m memerlukan sistem pemompaan. Berdasarkan debit rencana 151,46 liter/detik dan koefisien kekasaran pipa (C) 150, diperoleh diameter pipa transmisi rencana sebesar 625,8 mm, sehingga dipilih pipa PVC dengan diameter pasaran 710 mm (28 inci) berdiameter dalam 642,2 mm (SDR 17 PN 8). Analisis kapasitas pompa menghasilkan kebutuhan headloss total sebesar 380 m dengan debit pompa 155 liter/detik, menggunakan 1 unit pompa utama dan 1 unit pompa cadangan.

Hasil simulasi jaringan transmisi pada WaterCAD menunjukkan kecepatan aliran rata-rata dalam pipa sebesar 0,48 m/detik, yang telah memenuhi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2012 yang mensyaratkan kecepatan aliran maksimum 4,5 m/detik, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Analisis Tekanan pada Jaringan Transmisi

*Sumber: Hasil Analisis WaterCAD, 2024*

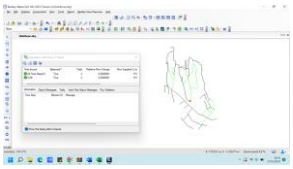
## Perencanaan tandon

Perencanaan kapasitas tandon dilakukan berdasarkan analisis fluktuasi pemakaian air per jam terhadap kapasitas produksi 561,6 m3/jam. Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan kapasitas kumulatif tertinggi sebesar 1.712,06 m3, sehingga tandon direncanakan berbentuk persegi panjang dengan dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 21 m x 20 m x 4 m (kapasitas 1.720 m3).

## Analisis jaringan distribusi

Distribusi air dari tandon menuju permukiman direncanakan secara gravitasi dengan 23 titik penyebaran (node) utama, sehingga masing-masing

node memiliki demand sebesar 0,64 liter/detik. Diameter pipa distribusi rencana adalah 285 mm (12 inci) dengan panjang total pipa 58.771 m.



Gambar 4. Hasil Analisis Jaringan Distribusi

*Sumber: Hasil Analisis WaterCAD, 2024*

Hasil simulasi menunjukkan kecepatan aliran tertinggi dalam pipa distribusi sebesar 1,87 m/detik, dan sisa tekanan pada titik simpul berkisar antara 5-66 bar. Nilai-nilai tersebut telah memenuhi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2012, yang mensyaratkan sisa tekanan pada junction maksimal 100 bar dan kecepatan aliran dalam pipa maksimal 4,5 m/detik, sehingga jaringan distribusi rencana dinyatakan layak untuk melayani kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih di Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Total kebutuhan air bersih Kecamatan Karangploso hingga tahun 2029 sebesar 151,46 liter/detik.

2. Kapasitas tandon yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih sebesar 1.712,06 m3, direncanakan dengan dimensi 21 m x 20 m x 4 m.

3. Pengembangan sistem distribusi dilakukan dengan menyalurkan air dari Sumber Cinde menuju tandon secara dipompa (pipa transmisi sepanjang 11.475 m), kemudian dari tandon menuju rumah warga secara gravitasi (pipa distribusi sepanjang 58.771 m).

4. Diameter pipa rencana yang digunakan adalah 642,2 mm untuk pipa transmisi dan 285 mm untuk pipa distribusi.

Disarankan agar PDAM Kecamatan Karangploso segera mencari sumber air baku baru mengingat surplus debit terhadap kebutuhan terus menurun setiap tahunnya, serta melakukan evaluasi kebutuhan air bersih secara berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

Asmadi, Dkk. 2011. Teknologi Pengolahan Air Minum. Gosyen Publishing: Yogyakarta.

Kodoatie, R. J., dan Sjarief, R. 2005. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Penerbit Andi: Yogyakarta.

Linsley, R. K., dan Franzini, J. B. 1996. Teknik Sumber Daya Air, Jilid I. Erlangga: Jakarta.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. 2012. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Kementerian PU: Jakarta.

Peraturan Menteri Kesehatan. 2010. Peraturan Pemerintah No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Triatmodjo, B. 1996. Hidraulika I. Beta Offset: Yogyakarta.

Syahrul. 2013. Analisis Rencana Kebutuhan Air Bersih di Desa Bakealu Kecamatan Wakorumba Selatan Kabupaten Muna. Program Studi D-III Teknik Sipil, Universitas Halu Oleo.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. Kecamatan Karangploso Dalam Angka.