

PERANCANGAN INSTALASI POMPA UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DI WILAYAH KOTA MALANG

Ikip Suliono NP¹, Sarbini², Sudarto³

Akademisi Teknik Industri Universitas Wisnuwardhana Malang

¹311demak@gmail.com, ²sarbiniwono@gmail.com, ³ssdarto06@yahoo.com

Abstrak: Semakin meningkatnya pembangunan, laju pertumbuhan penduduk dan kebutuhan air bersih di Kota Malang, perlu dilakukan pengkajian kembali kebutuhan air bersih pada saat sekarang dan yang akan datang agar keinginan masyarakat untuk mendapatkan pelayanan distribusi air bersih dapat terpenuhi. Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui kapasitas air bersih, sistem distribusi air bersih di Kota Malang sampai tahun 2025 dan menentukan spesifikasi pompa yang sesuai. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif melalui pengambilan data secara langsung dan tidak langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) kapasitas air yang dibutuhkan masyarakat Kota Malang sampai tahun 2025 yaitu 2.360 l/s, sedangkan kapasitas produksi saat ini 2.263 l/s, sehingga kapasitas tambahan yang diperlukan sebesar 97 l/s. (2) Pada jam puncak belum semua daerah dapat terlayani dengan tekanan 0,5 bar sehingga masih memerlukan perbaikan tekanan melalui pemasangan inline pump, sampai tahun 2025 perlu penambahan 3 (tiga) unit inline pump untuk wilayah Kecamatan Klojen, Kecamatan Sukun dan Kecamatan Kedungkandang. (3) spesifikasi pompa kapasitas debit efektif 86 m³/s, debit efektif tiap pompa 3 m³/s, head 15.998,18 m, jenis pompa submersible.

Kata kunci: perancangan instalasi pompa, kebutuhan air bersih

Abstract: *The increasing development, population growth rate and clean water needs in Malang City, it is necessary to re-examine clean water needs now and in the future so that the people's desire to obtain clean water distribution services can be fulfilled. The purpose of this article is to determine the capacity of clean water, clean water distribution systems in the city of Malang until 2025 and determine the appropriate pump specifications. This research method uses a qualitative and quantitative approach through direct and indirect data retrieval. The results showed that (1) the capacity of water needed by the people of Malang City until 2025 is 2,360 l/s, while the current production capacity is 2,263 l/s, so the additional capacity needed is 97 l/s. (2) All regions can not be served with a pressure of 0.5 bar at peak hours so it still needs pressure repairs through the installation of inline pump, until 2025 it is necessary to add three units of inline pump for the Klojen Subdistrict, Sukun District and Kedungkandang District. (3) pompa specification for effective discharge capacity of 86 m³ / s, effective discharge for each pump 3 m³ / s, head 15,998.18 m, type of submersible pump.*

Key words: *pump installation design, clean water needs*

PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan dan laju pertumbuhan penduduk di Kota Malang memberikan dampak pada kebutuhan air bersih. PDAM sebagai perusahaan daerah mempunyai tanggungjawab besar terhadap pemenuhan akan kebutuhan air bersih. Dalam pemenuhan tersebut memerlukan beberapa tahapan mulai dari perencanaan, desain, cara pengumpulan,

pemurnian, transmisi dan distribusi yang baik. PDAM Kota Malang terus melakukan perbaikan-perbaikan sistem jaringan distribusi untuk mengelola dan mensuply kebutuhan air bersih untuk wilayah Kota Malang.

Air bersih adalah air tawar yang sudah siap dikonsumsi oleh masyarakat luas, dan tidak mempunyai dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Sebagai ke-

butuhan vital bagi masyarakat, air bersih harus selalu tersedia guna mempertahankan kelangsungan hidupnya. Untuk memenuhi kebutuhan air pelanggan PDAM Kota Malang menggunakan sumber air yang terdiri dari sumber air asli berupa mata air dan sumur dalam. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan air bersih pada pelanggan, maka perlu diadakan pengkajian/ perhitungan kembali kebutuhan air bersih untuk Kota Malang pada saat sekarang dan yang akan datang agar keinginan masyarakat untuk mendapatkan pelayanan distribusi air bersih dapat terpenuhi.

Selain itu dengan semakin berkembangnya wilayah kota Malang, maka perlu adanya studi evaluasi jaringan perpipaan, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keproporsionalan dan pemerataan kualitas dan tekanan air yang ada di perpipaan, sehingga tekanan kuantitas air yang diterima para pelanggan dapat merata.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui kapasitas air bersih yang dapat disalurkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat Kota Malang sampai tahun 2025; (2) Mengetahui sistem distribusi air bersih di Kota Malang sampai tahun 2025 dan (3) Menentukan spesifikasi pompa yang sesuai yang akan digunakan untuk keperluan penyediaan air bersih PDAM Kota Malang. Dengan harapan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menilai kelayakan suatu sistem distribusi untuk penyaluran air bersih.

Sistim Distibusi Air

Sistem Distribusi Air adalah sistem untuk pengumpulan, pengiriman, perawatan, penyimpanan dan pendistribusian air dari sumber ke konsumen, misalnya rumah, perusahaan komersial, industri, fasilitas irigasi dan badan publik untuk kegiatan yang berkaitan dengan air. (*Water*

Distribution Systems, Irrigation & Drainage System Engineering, 2014).

Umumnya, masalah pengelolaan air ditangani melalui intervensi manusia, yang secara alami mengarah pada prosedur *trial and error* yang tidak kompeten. Selain itu, dinamika sistem non linier dan operasi pemompaan berurutan yang terlibat dalam sistem distribusi air membuat kontrol manual menjadi rumit (Pawan Kumar Rai, 2016).

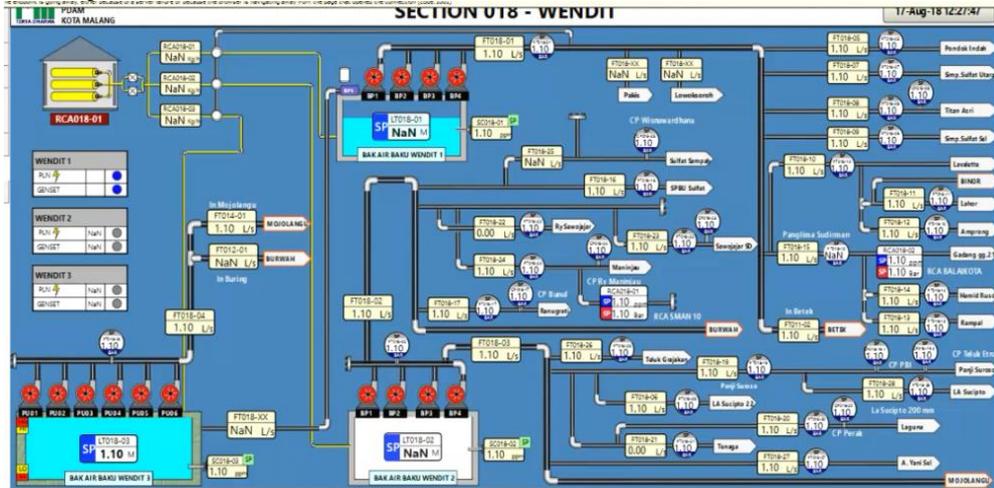
Sebagai sarana penyedia air, sistem distribusi air (*water distribution system / WDS*) merupakan salah satu infrastruktur kompleks yang paling penting. Stabilitas dan keandalan sangat penting untuk aktifitas perkotaan. WDS dapat dicirikan oleh jaringan beberapa *node* (misalnya waduk dan persimpangan) dan saling terkait oleh hubungan fisik misalnya pipa (Shuang Qing Cs, 2014).

Pompa yang dipakai untuk menyadap air baku dari sumber serta mengalirkannya ke instalasi penjernihan disebut pompa penyadap (*intake*). Adapun pompa yang diperlukan untuk mengalirkan air bersih dari penjernihan ke tendon distribusi disebut pompa penyalur. Kapasitas pompa ini dapat ditaksir sebagai berikut :

- Jumlah air yang disadap = (konsumsi harian maksimum) x (1,1 – 1,15). Faktor perkalian sebesar 1,1 – 1,15 tersebut diatas diambil untuk mengimbangi kebocoran pipa atau pemakaian air kerja dipusat penjernihan.
- Pompa penyadap dan pompa penyalur biasanya bekerja tanpa fluktuasi aliran yang cukup berarti. Pada umumnya pompa-pompa ini bekerja dengan beban penuh. Sedangkan pompa yang dipakai untuk menyalurkan air bersih dari tandon distribusi ke konsumen disebut pompa distribusi. Pengendalian menggunakan SCADA atau Supervisory Control and Data Acquisition yaitu sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses, Melalui

dashboard SCADA, tim distribusi bisa mengetahui aliran suplai air ke pelanggan. Melalui layar *pressure map*, manajer terkait bisa memantau

suplai air ke pelanggan apakah suplai tinggi (*over*), normal atau suplai kurang.



Gambar 1 Aplikasi SCADA
Sumber : PDAM Kota Malang, 2018

Pompa yang dipakai untuk menyalurkan air bersih dari tandon distribusi ke konsumen disebut pompa distribusi. Untuk menentukan besarnya pompa yang diperlukan, harus diperhatikan 2 hal sebagai berikut :

- Kapasitas total pompa harus dapat memenuhi kebutuhan maksimum (kebutuhan pada titik puncak) dari konsumen.
- Pompa harus dapat bekerja secara efisien pada kebutuhan yang bertambah dari waktu ke waktu.

Untuk memenuhi ke dua kriteria diatas pada umumnya diperlukan lebih dari 1 pompa. Pada instalasi konvensional yang standar, biasanya dipakai 2 buah pompa, 1 besar dan 1 kecil. Namun dalam banyak hal akan lebih baik jika dipergunakan beberapa pompa dengan kapasitas yang sama (tabel 2.3). Jika jumlah air yang didistribusikan sangat besar, akan lebih menguntungkan jika dipakai beberapa pompa yang sama kapasitasnya dengan pengatur putaran untuk melayani konsumsi yang berfluktuasi tiap jam.

METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus - Desember 2017 di PDAM Kota Malang. Pengambilan data dengan cara bertanya langsung pada karyawan kemudian mengambil data-data sesuai yang diperlukan yaitu kondisi pemenuhan air bersih, kapasitas produksi, kapasitas distribusi, sumber air baku, intake, unit produksi, sistem distribusi. Selain itu, data-data pelengkap diambil di kantor Badan Pusat Statistik berupa data tentang jumlah penduduk, dan rencana tata ruang wilayah Kota Malang sampai tahun 2028.

Pengumpulan data dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui kuesioner, wawancara terhadap informan maupun responden, dalam pendekatan ini bukan banyaknya responden yang menjadi ukuran melainkan kualitas sumber informasi (Leksono, 2013).

Analisis data yang digunakan pada penelitian adalah (a) analisis perkiraan jumlah penduduk dengan menggunakan metode Aritmetika, dimana nantinya digunakan untuk mengetahui perkiraan total debit air. (b) pemilihan spesifikasi pompa berdasarkan fungsi dan cara kerja

pompa yang digunakan untuk pengembangan penyediaan air bersih sampai tahun 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan perkiraan kebutuhan air bersih untuk seluruh pelanggan dan hasil perhitungan pompa berdasarkan data yang diperoleh dari data primer dan data sekunder.

Perkiraan Jumlah Penduduk Pada Tahun 2025 Yang Akan Datang

Kebijakan tentang kependudukan merupakan faktor yang penting dalam proses perencanaan rencana rata ruang wilayah, karena semua kebijaksanaan yang lain harus bermuara pada peningkatan kesejahteraan penduduk Kota Malang. Distribusi penduduk kota Malang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Distribusi Penduduk Tahun 2013-2017

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk				
		2013	2014	2015	2016	2017
1	Kedungkandang	181834	183927	186068	188175	190247
2	Sukun	187074	188545	190053	191513	192951
3	Klojen	105060	104590	104127	103637	103129
4	Blimbing	175988	176845	177729	178564	179368
5	Lowokwaru	190847	192066	193321	194521	195692
	JUMLAH	840803	845973	851298	856410	861414

Sumber : BPS Kota Malang

Dalam membuat perkiraan jumlah penduduk sampai tahun 2025 dengan menggunakan metode Aritmetika,

selanjutnya akan digunakan sebagai dasar memperkirakan kebutuhan air bersih penduduk pada masa yang akan datang.

$$I = \frac{P_0 - P_t}{t}$$

$$I = \frac{861414 - 840803}{5}$$

I = 4122

Sehingga Persamaan menjadi :

$P_n = 861414 + 4122 n$

Dimana :

Untuk tahun 2013, n= 1

Untuk tahun 2014, n= 2

Untuk tahun 2025, n= 13,

maka diperoleh :

$P_{13} = 861414 + 4122(13)$

$P_{13} = 894.392$ jiwa

Dari hasil perhitungan di atas, bahwa perkiraan jumlah penduduk Kota

Malang pada tahun 2025 disajikan pada tabel 2 berikut:

Tabel 2 Perkiraan Jumlah Penduduk Kota Malang 2018-2025

Tahun	Jumlah Penduduk
2018	865.536
2019	869.658
2020	873.781
2021	877.903
2022	882.025
2023	886.147
2024	890.269

2025	894.392
------	---------

Sumber : Data diolah

Perkiraan Jumlah Pelanggan pada Tahun 2025

Dalam memperkirakan jumlah pelanggan, digunakan data-data jumlah pelanggan sebelumnya. Adapun data-data

jumlah pelanggan PDAM Kota Malang yang menjadi data proyeksi adalah dari tahun 2013 - 2017. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Jumlah pelanggan PDAM Kota Malang 2013 - 2017

No	Tahun	Jumlah Pelanggan
1	2013	126.382
2	2014	135.276
3	2015	146.795
4	2016	153.283
5	2017	156.719

Data Teknis PDAM Kota Malang.

Metode yang digunakan dalam memperkirakan jumlah pelanggan adalah menggunakan Metode Aritmetika

$$I = \frac{P_o - P_t}{t}$$

$$I = \frac{156.719 - 126.382}{5}$$

$$I = 6,067$$

Sehingga Persamaan menjadi :

$$P_n = 126.382 + 6.067 n$$

Dimana :

Untuk tahun 2013, n= 1

Untuk tahun 2014, n= 2

Untuk tahun 2025, n= 13,

maka diperoleh :

$$P_{13} = 126.382 + 6.067(13)$$

$$P_{13} = 205.257 \text{ jiwa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, bahwa Kota Malang disajikan pada tabel 4 perkiraan jumlah pelanggan PDAM berikut:

Tabel 4 Perkiraan jumlah pelanggan PDAM Kota Malang 2018-2025

Tahun	Jumlah Pelangan
2018	162.788
2019	168.855
2020	174.922
2021	180.989
2022	187.056
2023	193.123
2024	199.190
2025	205.257

Sumber : Data diolah

Perkiraan Jumlah Pelanggan Per Kecamatan Pada Tahun 2025

Perkiraan air bersih untuk masyarakat Kota Malang khusus pelanggan sampai tahun 2025 dapat diketahui dengan berdasarkan proyeksi jumlah pelanggan. Adapun jumlah pelanggan

PDAM Kota Malang berdasarkan wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Klojen, Kecamatan Blimbing, Kecamatan Sukun, Kecamatan Lowokwaru dan Kecamatan Kedungkandang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5 Jumlah pelanggan PDAM Kota Malang Berdasarkan Wilayah Kecamatan Tahun 2013 - 2017

No.	Kecamatan	Jumlah Pelangan				
		2013	2014	2015	2016	2017
1	Klojen	12.638	13.528	14.680	15.328	5.672
2	Sukun	13.902	14.880	16.147	16.861	17.239
3	Blimbing	13.902	14.880	16.147	16.861	17.239
4	Lowokwaru	15.166	16.233	17.615	18.394	18.806
5	Kedungkandang	70.774	75.755	82.205	85.838	87.763

Data Teknis PDAM Kota Malang.

Metode yang digunakan dalam memperkirakan jumlah pelanggan Kecamatan Klojen berdasarkan wilayah adalah menggunakan Metode Aritmetika

$$I = \frac{P_0 - P_t}{t}$$

$$I = \frac{15.672 - 12.638}{5}$$

$$I = 607$$

Sehingga Persamaan menjadi :

$$P_n = 15.672 + 607 n$$

Dimana :

Untuk tahun 2013, n= 1

Untuk tahun 2014, n= 2

Untuk tahun 2025, n= 13,

maka diperoleh :

$$P_{13} = 15.672 + 607 (13)$$

$$P_{13} = 20.526 \text{ jiwa}$$

Dari hasil perhitungan di atas, bahwa perkiraan jumlah pelanggan PDAM Kota Malang berdasarkan wilayah kecamatan disajikan pada tabel 6 berikut:

Tabel 6 Perkiraan jumlah pelanggan PDAM Kota Malang Berdasarkan Wilayah Kecamatan 2018-2025

No.	Kecamatan	Jumlah Pelangan							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Klojen	16.279	16.885	17.492	18.099	18.706	19.312	19.919	20.526
2	Sukun	17.218	17.886	18.553	19.221	19.888	20.555	21.223	21.890
3	Blimbing	17.218	17.886	18.553	19.221	19.888	20.555	21.223	21.890
4	Lowokwaru	18.785	19.514	20.242	20.970	21.698	22.426	23.154	23.882
5	Kedungkandang	87.742	91.140	94.537	97.935	101.333	104.731	108.128	111.526

Sumber : Data Diolah

Dari hasil perkiraan jumlah pelanggan, diperoleh bahwa jumlah keseluruhan dari pelanggan PDAM Kota Malang berdasarkan wilayah kecamatan sampai tahun 2025 yaitu sekitar 199.714 pelanggan. Adapun rincian dari perkiraan

kebutuhan air bersih masyarakat Kota Malang adalah sebagai berikut:

Perkiraan kebutuhan air bersih untuk seluruh Pelanggan

Dari hasil perkiraan jumlah pelanggan, diperoleh bahwa jumlah keseluruhan dari pelanggan PDAM Kota Malang sampai tahun 2025 yaitu sebesar 205.257. Pemakaian air untuk SR=120 liter/orang/hari

Kapasitas air bersih yang dibutuhkan

Faktor Keamanan

Kapasitas air bersih yang dibutuhkan 2025

Kapasitas air bersih saat ini (2017)

Jadi penambahan debit air

Dengan membandingkan kapasitas air bersih yang di produksi oleh PDAM Kota Malang dengan kebutuhan air bersih sampai tahun 2025, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyediaan air bersih PDAM belum dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sampai tahun 2025, dimana masih terdapat kekurangan air sebesar 97 l/s.

Tekanan Air Pada Pemakaian Jam Puncak

Perusahaan menetapkan standar untuk tekanan pada pelayanan pelanggan sebesar 0,5 bar dan diharapkan dengan

Jadi dari jumlah pelanggan tahun 2025 = $(205.257 \times 6 \text{ orang}) \times 120 \text{ liter/orang/hari} = 147.785.040 \text{ liter / hari}$. Kebutuhan Fasilitas Umum 15% dari kebutuhan domestik = 22.167.756 liter / hari. Kebutuhan air bersih = 169.952.796 liter / hari atau = 1.967 l/s

Berdasarkan data diatas maka :

$$Q = 1.967 \text{ l/s}$$

$$Q = 1.967 \times 20\% = 393 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{total}} = 2.360 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{total}} = 2.263 \text{ l/s}$$

$$Q = 97 \text{ l/s}$$

standar tekanan tersebut ketinggian air bisa mencapai lantai 2 rumah pelanggan.

Tekanan pada pelayanan pelanggan yang kurang dari 0,5 bar dipasang inline pump untuk meningkatkan layanan penyediaan air di lokasi yang elevasinya tinggi yang tidak dapat dilayani oleh sistem gravitasi. Inline pump saat ini yang sudah dipasang di tahun 2017 oleh PDAM Kota Malang adalah di Jabalnur Kelurahan Tlogowaru Kecamatan Buring dikarenakan tekanan air pada lokasi tersebut masih kurang dari 0,5 bar terutama pada jam-jam puncak pemakaian air.

Tabel 7 Tekanan Aliran PDAM

No.	Kecamatan	Rata-rata Tekanan pada jam puncak	Tingkat Tekanan	Daerah yang tekanan air mengecil	Inline Pump
1.	Klojen	0,3	Cukup	2 Kelurahan tekanan air mengecil	Belum ada
2.	Sukun	0,3	Cukup	2 Kelurahan tekanan air mengecil	Belum ada
3.	Blimbing	0,3	Cukup	1 Kelurahan tekanan air mengecil	Belum ada
4.	Lowokwaru	0,3	Cukup	Tekanan cukup	Belum ada
5.	Kedungkandang	0,2	Kurang	5 Kelurahan tekanan air mengecil	Sudah ada

Sumber : Data diolah

Terdapat beberapa daerah yang pada saat jam puncak alirannya mengecil. Jam puncak terjadi pada pukul 06:00 sampai dengan pukul 07:00. Daerah daerah tersebut antara lain: Jl. Mawar (TL 2.2A) Kecamatan Blimbing, Jl. Mundu (TI2.-1D) Kecamatan Klojen, Jl. Rajawali

(Betek 5B) Kecamatan Sukun, Jl. Panglima Sudirman (W1.A) Kecamatan Klojen, Jl. Tebo Utara (Supiturang 1B) Kecamatan Sukun, Jl. Kalimosodo (W2H) Kecamatan Kedungkandang.

Pengaturan tekanan baik berdasarkan waktu maupun berdasarkan wilayah

menunjukkan bahwa zona yang memiliki pelayanan dengan tekanan cukup adalah sebanyak 93%. Pada jam puncak pada beberapa daerah masih belum dapat melayani dengan tekanan 0,5 bar sehingga masih memerlukan perbaikan tekanan melalui pemasangan inline pump.

Sampai dengan tahun 2025, perlu penambahan 3 (tiga) unit inline pump. Untuk wilayah yang meliputi Kecamatan Klojen dan Kecamatan Sukun karena ada lebih dari 1 kelurahan yang mengalami penurunan tekanan air khususnya pada jam puncak pemakaian dibutuhkan masing-masing 1 (unit) inline pump.

Kapasitas Pompa

Berdasarkan debit air yang harus disalurkan yaitu sebesar 97 l/s atau 8.380.800 liter/hari maka jumlah pompa yang digunakan adalah lebih dari 3 buah pompa utama dan lebih dari 1 pompa cadangan (Tahara,Sularso,2000).

- Debit efektif dalam jam pengoperasian pompa:

$$\begin{aligned} Q_e &= 8.380.800 / 27 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 310.400 \text{ m}^3 / \text{jam} \\ &= 86 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

- Debit efektif tiap pompa yang akan digunakan

Bahwa debit pompa dapat diketahui dengan cara membagi debit yang dibutuhkan (debit efektif) dengan jumlah pompa yang akan dipakai (Tahara,Sularso,2000)

$$Q_{ep} = \frac{\text{Debit efektif}}{\text{Jumlah Pompa}}$$

$$Q_{ep} = \frac{86}{27}$$

$$Q_{ep} = 3 \text{ m}^3 / \text{s}$$

- Debit teoritis pompa

$$Q_{th} = \frac{Q_{ep}}{\eta_v}$$

Dimana :

$$Q_{ep} = \text{Debit efektif pompa} = 3 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\eta_v = \text{Efisiensi volumetric (0,90-0,98) (sumber: Sularso, 2000)}$$

$$= \text{diambil } 0,91$$

$$\begin{aligned} Q_{th} &= \frac{3}{0,91} \\ &= 3,3 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

Head Total Pompa

Head total pompa dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$H = h_a + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Untuk wilayah dengan prediksi jumlah penambahan penduduk terbesar berada pada wilayah Kecamatan Kedungkandang, juga memerlukan penambahan inline pump sebanyak 1 (satu) unit sebagai penambahan inline pump yang sudah terpasang di daerah Jabalnur Kelurahan Tlogowaru.

Perhitungan Pompa

Untuk mengetahui suatu perhitungan yang baik bagi pompa, maka harus diketahui kapasitas pompa, head total pompa, daya pompa.

Dimana :

V_d = Kecepatan aliran rata-rata pada pipa (m/s)

h_a = Perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan disisi hisap (m)

h_l = berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

g = percepatan gravitasi = $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$

- Kecepatan aliran dalam pipa

- Kecepatan air pada pipa hisap

$$V_s = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_s^2}$$

Dimana :

Q_{ep} = Kapasitas efektif pompa = $3 \text{ m}^3 / \text{s}$

D_s = Diameter pipa hisap = $0,25 \text{ m}$ (sumber : PDAM Kota Malang)

Jadi :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{4(3)}{3,14(0,25)^2} \\ &= 61,1 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- Kecepatan air pada pipa tekan

$$V_d = \frac{4Q_{ep}}{\pi D_d^2}$$

Dimana :

Q_{ep} = Kapasitas efektif pompa = $3 \text{ m}^3 / \text{s}$

D_d = Diameter pipa tekan = $0,30 \text{ m}$ (sumber:PDAM Kota Malang)

Jadi :

$$\begin{aligned} V_d &= \frac{4(3)}{3,14(0,30)^2} \\ &= 42,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Karakteristik aliran dalam pipa

Untuk pipa hisap

$$Re = \frac{V_d D_d}{\nu}$$

Dimana :

D_s = Diameter pipa hisap = $0,25 \text{ m}$ (sumber : PDAM Kota Malang)

V_s = Kecepatan aliran pada pipa hisap = $61,1 \text{ m/s}$

ν = viskositas kinematis air pada temperatur $20^\circ = 1,005 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

$$\begin{aligned} Re &= \frac{(61,1)(0,25)}{1,005 \times 10^{-6}} \\ &= 151,990 \times 10^5 \end{aligned}$$

Karena $Re > 4000$, maka aliran bersifat turbulen

Untuk pipa tekan

$$Re = \frac{V_d D_d}{\nu}$$

Dimana :

D_d = Diameter pipa tekan = $0,30 \text{ m}$ (sumber: PDAM Kota Malang)

V_d = Kecepatan aliran pada pipa tekan = $42,5 \text{ m/s}$

ν = viskositas kinematis air pada temperatur 20°

$$= 1,005 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} Re &= \frac{(42,5)(0,30)}{1,005 \times 10^{-6}} \\ &= 126,866 \times 10^5 \end{aligned}$$

Karena $Re > 4000$, maka aliran bersifat turbulen

- Kerugian dalam pipa
Kerugian dalam pipa hisap

$$h_{fs} = \lambda \frac{L_s V_s^2}{D_s \cdot 2g}$$

Dimana :

D_s = Diameter pipa hisap = 0,25 m (sumber: PDAM Kota Malang)

L_s = Panjang pipa hisap = 12 m (sumber : data teknis PDAM Kota Malang)

λ = koefisien kerugian gesek

v = kecepatan air pada pipa hisap = 61,1 m/s

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{D} \\ \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{0,25} \\ &= 0,022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{fs} &= 0,22 \frac{12 (61,1)^2}{0,25 \times 2 \times 9,81} \\ &= 0,22 (149,48) \\ &= 32,89 \text{ m} \end{aligned}$$

Kerugian dalam pipa tekan

$$h_{fd} = \lambda \frac{L_d V_d^2}{D_d \cdot 2g}$$

Dimana :

D_d = Diameter pipa tekan = 0,30 m (sumber : PDAM Kota Malang)

L_d = Panjang pipa tekan = 7750 m (sumber : data teknis PDAM Kota Malang)

λ = koefisien kerugian gesek

v = kecepatan air pada pipa tekan = 42,5 m/s

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s²

Jadi :

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{D} \\ \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{0,30} \end{aligned}$$

$$= 0,0216$$

$$h_{fd} = 0,0216 \frac{7750(42,5)^2}{0,30 \times 2 \times 9,81}$$

$$h_{fd} = 51.370,412 \text{ m}$$

- Kerugian akibat kontraksi pada pipa hisap

Kerugian yang dialami pipa hisap ketika mengalami kontraksi (bagian yang menyempit) dari diameter (d_1) 0,25 m ke (d_2) 0,214 m akibat penggunaan pompa dengan diameter hisap 0,214 m, maka :

$$h_{Ls} = K_L \frac{(V_1 - v)^2}{2g}$$

Dimana :

$$V_1 = \frac{4(7,22)}{3,14(0,214)^2} = 196,4 \text{ m/s}$$

$$K_L = 0,18$$

Maka :

$$H_{Ls} = 0,18 \frac{(83,449 - 61,1)^2}{2(9,81)} = 4,56$$

Kerugian akibat kontraksi pada pipa tekan

Kerugian yang dialami pipa tekan ketika mengalami ekspansi (bagian yang melebar) dari diameter (d_1) 0,109 m ke (d_2) 0,30 m akibat penggunaan pompa dengan diameter tekan 0,30 m, maka :

$$h_{Ld} = K_L \frac{(V_1 - v)^2}{2g}$$

Dimana :

$$v_1 = \frac{4(3)}{3,14(0,109)^2} = 321,66 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{4(3)}{3,14(0,30)^2} = 42,46 \text{ m/s}$$

$$K_L = 1$$

Maka :

$$h_{Ld} = K_L \frac{(V_1 - v)^2}{2g}$$

$$H_{Ld} = 1 \frac{(321,66 - 42,46)^2}{2(9,81)} = 3.973,12$$

Jadi, kerugian total adalah :

$$h_l = h_{fa} + h_{fd} + h_{Ls} + h_{Ld}$$

$$h_l = 1,167,805 + 51.370,412 + 4,56 + 3.973,12 = 312.081 \text{ m}$$

Perhitungan Head Total Pompa

$$H = h_a + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana :

$$V_d = 42,5 \text{ m/s}$$

$$h_a = -3 \text{ m}$$

$$h_l = 312.081 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$H = -3 + 312.081 + \frac{(42,5)^2}{2(9,81)}$$

$$= 15.998,18 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka diketahui bahwa dengan bertambahnya jumlah pelanggan PDAM Kota Malang maka otomatis bertambah pula kebutuhan air bersih yang akan dilayani PDAM Kota Malang. Berdasarkan hasil perhitungan didapat jumlah pelanggan yaitu 202.257 jiwa untuk tahun 2025.

Pengaturan tekanan baik berdasarkan waktu maupun berdasarkan wilayah menunjukkan bahwa zona yang memiliki pelayanan dengan tekanan cukup adalah sebanyak 93%. Sampai dengan tahun 2025, perlu penambahan 3 (tiga) unit inline pump. Untuk wilayah yang meliputi Kecamatan Klojen dan Kecamatan Sukun karena ada lebih dari 1 kelurahan yang mengalami penurunan tekanan air khususnya pada jam puncak pemakaian dibutuhkan masing-masing 1 (unit) inline pump.

Untuk wilayah dengan prediksi jumlah penambahan penduduk terbesar berada pada wilayah Kecamatan Kedungkandang, juga memerlukan penambahan inline pump sebanyak 1 (satu) unit sebagai penambahan inline pump yang sudah terpasang di daerah Jabalnur Kelurahan Tlogowaru.

Kapasitas air bersih yang dibutuhkan pada tahun 2025 yaitu sebesar 2.360 l/s dan kapasitas air bersih saat ini (2017) yaitu 2.263 l/s. Jika dibandingkan kapasitas air bersih sampai tahun 2025 maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyediaan air bersih PDAM Kota Malang belum dapat memenuhi kebutu-

han pelanggan sampai tahun 2025, dimana masih terdapat kekurangan air sebesar 97 l/s.

Dan berdasarkan alasan inilah perlu adanya penambahan 1 (satu) unit pompa dengan spesifikasi kapasitas debit efektif 86 m³/s, debit efektif tiap pompa 3 m³/s, head 15.998,18 m, jenis pompa submersible. Alasan pemilihan tersebut karena biaya perawatan yang rendah (Service), tidak bising karena berada dalam sumur, pompa memiliki pendingin alami, karena posisinya terendam dalam air.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis perancangan pompa guna pemenuhan kebutuhan air bersih PDAM Kota Malang, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas air yang dibutuhkan masyarakat Kota Malang pada tahun 2025 masih kurang sebesar 97 l/s
- Pada jam puncak beberapa daerah masih belum dapat melayani dengan tekanan 0,5 bar sehingga masih memerlukan perbaikan tekanan melalui pemasangan inline pump sebanyak tiga unit inline pump sampai tahun 2025
- Pemilihan pompa ditekankan pada jenis yang biaya perawatan atau service rendah dan tidak bising

DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, Nur A., Lubis, Z., 2014, Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Lamongan, Jurnal Teknika Vol 6, No.2 Dharma, I.G.B. Sila, Norken, I.N., Pilodaa Kota Gorontalo, Jurnal Sipil Statik Vol. 1, No. 12
- Lufira Rahmah Dara, dkk, Optimalisasi dan Simulasi Sistem Pengediaan jaringan Air Bersih di Kecamatan Kademangan Kabupaten Blitar, Jurnal Pengairan UB.ac.id Vo. 3 No. 1, 2012 ISSN : 2477-6068
- Pawan Kumar Rai, Water distribution system , Journal of Water Supply : Research and Technology Aqua 2016
- Saputra, I.G.N.O, Suryawan, A.A.A, Suarda, M, 2016, Penyediaan Air Bersih Dengan Mengimplemen-tasikan Katup Tekan Pompa Hy-dram Model Bola Di Dusun Pangkung, Jurnal Udayana Mengabdi, Vol. 15, No. 2
- Shuang Qing, Zhang M, Yuan Y (2014) Performance and Reliability Analysys of Water Distribution System Under Cascading Failures and the Identification of Crucial Pipes. PloS ONE 9(2); / e88445.
Doi;10.1371/journal.pone.0088445.
- Leksono, Sonny. 2013. Penelitian Ilmu Ekonomi Kualitatif Dari Metodologi ke Metode. Raja Grafindo Persada PT. Jakarta
- Syahputra B, 2018, Penentuan Faktor Jam Puncak dan Harian Maksimum Terhadap Pola Pema-kaian Air Domestik Di Keca-matan Kalasan, Sleman, Yogya-karta. *Jurnal.unissula.ac.id/in-dex.php/jlsa/article/download/27/203*
- <http://www.deapump.com/kelebihan-pompa-submersible-satelit-dibanding-jet-pump/>
- <https://artikel-teknologi.com/electrical-submersible-pump-pompa-pada-pengeboran-minyak-bumi/>
- https://id.wikipedia.org/wiki/Persamaan_aktor_gesekan_Darcy