

**Analisis Kehilangan Tekanan Pipa Suplesi Air Baku,  
Studi Kasus di Kecamatan Anggrek, Gorontalo Utara*****Head Loss Analysis of Raw Water Supplement Pipes,  
Case Study in Anggrek Subdistrict, North Gorontalo*****Adi Prawito<sup>1</sup>, Moh Abduh<sup>2\*</sup>**<sup>1,2</sup>Program Profesi Insinyur - Fakultas Teknik - Universitas Muhammadiyah Malang, Indonesia

email: abduh@umm.ac.id\*

\*Corresponding author

**Abstract**

Raw water is water sourced from surface water, groundwater basins, or rainwater that meets specific quality requirements to be used as the raw material for drinking water. Water demand in each region varies and is influenced by social conditions and population size: the larger the population of a city, the greater its water demand. This study aims to analyze the required pipe dimensions and head losses based on the characteristics of the study area. The planning process consists of three main stages: calculating water demand, designing the pipeline network, including determining pipe dimensions and materials, and analyzing energy losses within the pipes. Discharge and head loss were calculated using two approaches: manual analysis based on the Hazen-Williams equation and software simulation with Pipe Flow Expert. Based on the analysis results, the water demand in the study area reaches 26.699 liters/second, with a recommendation to use 10-inch HDPE pipes. The head loss due to pipe friction ( $hf$ ) is 12.464 meters according to the manual method and 13.184 meters based on the simulation, indicating consistency between the two methods.

**Keywords:** Discharge; Head Loss; Model; Hazen-Williams**Abstrak**

Air baku merupakan air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, atau air hujan yang memenuhi persyaratan mutu tertentu untuk digunakan sebagai bahan baku air minum. Kebutuhan air pada setiap daerah berbeda-beda karena dipengaruhi oleh kondisi sosial dan jumlah penduduk, semakin besar populasi suatu kota, semakin besar pula kebutuhan airnya. Studi ini bertujuan menganalisis kebutuhan dimensi pipa dan kehilangan tekanan berdasarkan karakteristik wilayah studi. Perencanaan dilakukan melalui tiga tahapan utama: perhitungan kebutuhan air, perencanaan jaringan pipa yang mencakup penentuan dimensi serta material pipa, dan analisis kehilangan energi pada pipa. Perhitungan debit dan kehilangan tinggi tekanan dilakukan dengan dua metode, yaitu analisis manual berdasarkan persamaan Hazen-William dan simulasi perangkat lunak Pipe Flow Expert. Berdasarkan hasil analisis, kebutuhan air pada wilayah studi mencapai 26,699 liter/detik, dengan rekomendasi penggunaan pipa HDPE berdiameter 10-inch. Kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan pipa ( $hf$ ) sebesar 12,464 meter berdasarkan metode manual dan 13,184 meter menggunakan simulasi, hasil tersebut menunjukkan konsistensi antara kedua metode tersebut.

**Kata kunci:** Debit; Kehilangan Tekanan; Model; Hazen-Williams**PENDAHULUAN**

Air baku merupakan air yang berasal dari air permukaan, cekungan air tanah, dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai sumber penyediaan air minum. Kebutuhan air di setiap daerah dipengaruhi oleh kondisi sosial, pertumbuhan penduduk,

dan aktivitas ekonomi masyarakat. Semakin besar jumlah penduduk suatu wilayah, maka permintaan akan air bersih atau air minum akan semakin meningkat. Fenomena ini juga terlihat pada banyak daerah berkembang, dengan pertumbuhan demografi dan aktivitas pemanfaatan ruang memicu peningkatan

Please cite this article as:

Prawito, A., & Abduh, M. (2025). Analisis Kehilangan Tekanan Pipa Suplesi Air Baku, Studi Kasus di Kecamatan Anggrek, Gorontalo Utara. *Media Teknik Sipil*, 20(2), 68-75.<https://doi.org/10.22219/jmts.v20i2.14615>

kebutuhan air baku secara signifikan (Harijanto et al., 2017).

Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik, 2019), wilayah Kabupaten Gorontalo Utara terdiri dari 11 kecamatan yang memiliki luas total 1.777,02 km<sup>2</sup> merupakan wilayah strategis yang dijadikan sebagai kawasan industri sehingga diprediksi akan mengalami pertumbuhan penduduk yang sangat pesat. Selain itu Kabupaten Gorontalo Utara memiliki banyak fasilitas umum dan fasilitas-fasilitas lainnya yang terus meningkat dan mengalami perkembangan dari tahun ke tahun, sehingga kebutuhan air baku menjadi sangat tinggi. Untuk itu diperlukan pembangunan fasilitas penyediaan air baku berkelanjutan sehingga permasalahan akan pemenuhan kebutuhan air baku dapat teratasi.

Upaya penyediaan air baku seringkali menghadapi tantangan ketersediaan sumber air, terutama di daerah yang bergantung pada aliran permukaan. Salah satu solusi efektif adalah pemanfaatan embung sebagai penampung air permukaan maupun air hujan, yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku pada musim kemarau atau ketika kebutuhan meningkat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa embung memiliki potensi besar sebagai penyedia air baku maupun irigasi apabila direncanakan berdasarkan analisis kebutuhan air yang tepat (Hidayat et al., 2019; Saves et al., 2020; Zevri, 2021)

Wilayah studi dalam penelitian ini adalah Kecamatan Anggrek, salah satu kecamatan di Kabupaten Gorontalo Utara yang terdiri atas 15 desa. Wilayah ini memiliki potensi aliran permukaan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku melalui pembangunan embung. Pemanfaatan embung memerlukan perencanaan sistem distribusi yang tepat, termasuk penentuan dimensi pipa dan analisis kehilangan energi aliran. Kehilangan energi dalam sistem perpipaan menjadi faktor penting dalam menentukan efisiensi distribusi air baku, karena dimensi pipa yang tidak tepat dapat meningkatkan kerugian *head* dan menurunkan kinerja sistem (Hashemi et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi pipa yang optimal serta menganalisis kehilangan energi pada sistem distribusi air baku di Kecamatan Anggrek. Perhitungan dilakukan berdasarkan karakteristik hidrologi wilayah, kebutuhan air

baku, serta parameter hidraulik perpipaan sehingga dihasilkan perencanaan yang efisien, efektif, dan sesuai dengan kondisi wilayah studi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah: (1) pengumpulan data dan informasi; (2) penentuan kategori wilayah berdasarkan jumlah penduduk; (3) analisis kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun ke depan; (4) analisis dimensi pipa dan penentuan material yang akan digunakan; (5) analisis kehilangan tekanan akibat gesekan, perubahan penampang dan juga kehilangan di aksesoris pipa; dan (6) analisis kehilangan energi berdasarkan simulasi *pipe flow expert*.

## Data dan Kebutuhan Air Baku

Data yang digunakan dalam studi ini antara lain adalah: (1) peta topografi dan peta jaringan; dan (2) data BPS di Kecamatan Anggrek Tahun 2019. Analisis kebutuhan air dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memperkirakan kebutuhan air di lokasi studi yaitu Kecamatan Anggrek yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat atau industri.

Untuk mengetahui seberapa besar potensi ketersediaan air dalam memenuhi kebutuhan air hingga jangka waktu 10 tahun kedepan, maka dalam perencanaan proyeksi besarnya kebutuhan air dengan mengambil tahun dasar perencanaan (*basic year*). Kriteria tingkat kebutuhan air pada masyarakat dapat digolongkan sebagai berikut: (1) kebutuhan air rata-rata, adalah penjumlahan kebutuhan total (domestik dan non domestik) ditambah kehilangan air; (2) kebutuhan air harian maksimum terbesar rata-rata dalam satu minggu; dan (3) kebutuhan air jam puncak, pemakaian air tertinggi jam-jam tertentu selama satu hari.

Dalam menganalisis kebutuhan air hingga tahun proyeksi, dasar perencanaan menggunakan acuan sesuai dengan ketentuan dan petunjuk dalam Pedoman / Petunjuk Teknik dan Manual (Bagian 6, tentang Air Minum Perkotaan).

**Analisis Hidrolik Pipa Transmisi dengan Metode Manual**

Sebelum dilakukan analisa hidrolik dalam jaringan pipa transmisi, perlu dilakukan beberapa analisa pendahuluan, yang terdiri dari analisa debit aliran, kehilangan energi akibat gesekan, kehilangan energi akibat perubahan penampang, dan kehilangan energi di aksesoris pipa.

*Debit Aliran*

Tekanan aliran air di dalam pipa dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$Q = AV \tag{1}$$

$Q$  adalah tekanan aliran air ( $m^3/dt$ ),  $A$  adalah luas penampang pipa ( $m^2$ ), dan  $V$  adalah kecepatan aliran di dalam pipa ( $m/dt$ ). Analisis hidrolik yang dilakukan berpedoman pada Kriteria Perencanaan yang disyaratkan seperti terurai pada Tabel 1.

*Kehilangan Energi Akibat Gesekan*

Akibat gesekan antara air dengan dinding pipa bagian dalam, sebagian dari energi air berubah menjadi energi panas yang akan

keluar dan diserap udara luar. Oleh karena itu, perubahan energi panas ini sering disebut dengan kehilangan energi. Kehilangan energi dihitung menggunakan persamaan Hazen Williams (2) dan persamaan kehilangan energi (3).

$$V = 0.849 C R^{0.63} S^{0.54} \tag{2}$$

$$hf = \frac{10,666 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.85}} (L) \tag{3}$$

Dengan  $V$  adalah kecepatan aliran air ( $m/dt$ ),  $C$  adalah koefisien gesekan (Hazen Williams),  $R$  adalah jari-jari hidrolik dalam meter ( $D/4$  untuk berpenampang lingkaran),  $S$  adalah Gradien hidrolik ( $S = hf/L$ ),  $hf$  adalah kehilangan energi ( $m$ ),  $Q$  adalah laju aliran ( $m^3/s$ ),  $L$  adalah panjang pipa ( $m$ ), dan  $D$  adalah diameter pipa ( $m$ )

Koefisien gesekan Hazen Williams ini antara lain tergantung dari jenis pipa (kekasaran pipa), diameter pipa, dan umur pipa. Secara lengkap, kriteria perencanaan pipa transmisi diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Perencanaan Pipa Transmisi

| No | Uraian  | Notasi                  | Kriteria  |
|----|---|-------------------------|---|
| 1  | Debit perencanaan   | $Q_{maks}$              | Kebutuhan air harian maks.<br>$Q_{maks} = F_{maks} \times Q_{rerata}$   |
| 2  | Faktor hari maksimum  | $F_{maks}$              | 1.10 – 1.25   |
| 3  | Jenis saluran   |                         | Pipa  |
| 4  | Kec. aliran dalam pipa<br>a) Kec. minimum<br>b) Kec. maksimum<br>Pipa PVC<br>Pipa HDPE<br>Pipa GI | $V_{min}$<br>$V_{maks}$ | 0.3 m/dtk<br>3.0 m/dtk<br>4.0 m/dtk<br>6.0 m/dtk  |
| 5  | Tekanan air dalam pipa<br>a) Tekanan min.<br>b) Tekanan maks.<br>Pipa PVC<br>Pipa HDPE<br>Pipa GI | $H_{min}$<br>$H_{maks}$ | 10 m H <sub>2</sub> O (± 1 bar)<br>80 m H <sub>2</sub> O (± 8 bar)<br>80 - 120 m H <sub>2</sub> O (±8-12bar)<br>100 m H <sub>2</sub> O (± 10 bar) |
| 6  | Kecepatan saluran terbuka<br>a) Kecepatan minimum<br>b) Kecepatan maksimum                        | $V_{min}$<br>$V_{maks}$ | 0.5 m/dtk<br>1.5 m/dtk  |
| 7  | Kemiringan saluran terbuka  | $S$                     | (0.5 – 1.0) 0/00  |
| 8  | Tinggi bebas saluran terbuka  | $H_w$                   | 15 cm (minimum)   |
| 9  | Kemiringan tebing terhadap dasar saluran  |                         | 45° untuk trapesium   |

Sumber: Hasil analisis berdasarkan Pedoman dan Petunjuk Teknik dan Manual (Bagian 6. Air Minum Perkotaan)

Tabel 2. Tabel *Hazen-Williams*

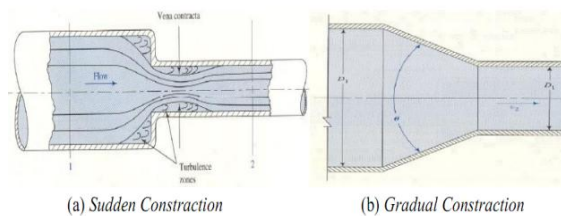
| No | Jenis (Material) Pipa               | Nilai C |
|----|-------------------------------------|---------|
| 1  | Asbes Cement                        | 120     |
| 2  | Poly Vinyl Chloride (PVC)           | 120-140 |
| 3  | High Density Poly Ethylene (HDPE)   | 130     |
| 4  | Medium Density Poly Ethylene (MDPE) | 130     |
| 5  | Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)       | 110     |
| 6  | Besi Tuang, Cast Iron (CIP)         | 110     |
| 7  | Galvanized Iron Pipe (GIP)          | 110     |
| 8  | Steel Pipe (Pipa Baja)              | 110     |

*Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang*

Kehilangan energi di pemasukan terlihat pada Gambar 1 dan dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$h_L = k \frac{V^2}{2g} \tag{4}$$

Dengan  $h_L$  adalah kehilangan energi (m),  $k$  adalah koefisien kehilangan energi,  $V$  adalah kecepatan aliran air (m/dt), dan  $g$  adalah percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>).



Gambar 1. Jenis penyempitan sambungan

*Kehilangan Energi di Aksesoris Pipa*

Analisa pertama dilakukan terhadap kehilangan energi pada belokan horisontal ( $h_{bh}$ ) dan pada belokan vertikal ( $h_{bv}$ ). Perilaku aliran pada belokan menyebabkan terjadinya turbulensi (Abduh et al., 2020b, 2020c). Turbulensi tersebut terjadi akibat perubahan arah baik secara perlahan-lahan maupun tiba-tiba (Abduh et al., 2020a). Karena turbulensi aliran akibat perubahan arah tersebut mengakibatkan perlambatan aliran sehingga terjadi kehilangan tekanan (Ummaira et al., 2021). Pendekatan nilai kehilangan tekanan yang terjadi pada belokan horisontal dan vertikal, masing-masing dapat dihitung dengan persamaan (5) atau (6).

$$h_{bh} = h_{bv} = f_{b1} f_{b2} \frac{V^2}{2g} \tag{5}$$

$$h_{bh} = h_{bv} = \frac{f_{b1} f_{b2}}{2gA^2} Q^2 \tag{6}$$

Dengan  $f_{b1}$  adalah koefisien kehilangan energi 90°,  $f_{b2}$  adalah faktor koreksi (sudut antara pipa dalam derajat),  $Q$  adalah debit aliran (m<sup>3</sup>/dt),  $A$  adalah luas penampang pipa (m<sup>2</sup>), dan  $D$  adalah diameter pipa (m).

Analisa kedua dilakukan untuk menghitung kehilangan energi di kran ( $h_{iv}$ ) dan kehilangan energi di kisi-kisi penyaring ( $\Delta H_t$ ), yang masing-masing ditentukan dengan persamaan (7) dan (8).

$$h_{iv} = f_{iv} \left( \frac{V^2}{2g} \right) \left( \frac{f}{2g} \right) \left( \frac{\theta}{A} \right)^2 \tag{7}$$

$$\Delta H_t = c \left( \frac{V^2}{2g} \right) \tag{8}$$

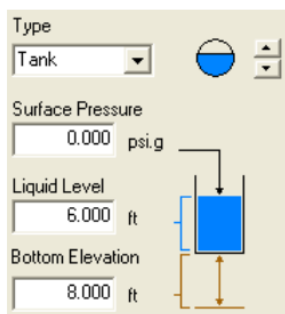
$$c = \beta \left( \frac{s}{B} \right)^{4/3} \sin \delta$$

Dengan  $f_{iv}$  adalah koefisien  $h_L$  di kran ( $t/D$ ),  $f$  adalah tebal minimum (sudut antara pipa dalam derajat),  $H_t$  adalah kehilangan tinggi energi (m),  $V$  adalah kecepatan melalui kisi-kisi (m/dt),  $g$  adalah percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>),  $c$  adalah koefisien berdasarkan nilai  $\beta$  dan  $\delta$ ,  $\beta$  adalah faktor bentuk (2,4 untuk segi empat, dan 1,8 untuk jeruji bulat),  $\delta$  adalah sudut kemiringan dari bidang horisontal,  $s$  adalah tebal jeruji (m), dan  $b$  adalah jarak bersih antar jeruji (m).

**Analisis Hidrolik Pipa Transmisi dengan Metode Simulasi**

Dalam studi ini, *Software Pipe Flow Expert* digunakan untuk melakukan simulasi analisa hidrolik pipa transmisi. Analisa hidrolika untuk perhitungan debit aliran dan kehilangan energi juga menggunakan *software* ini.

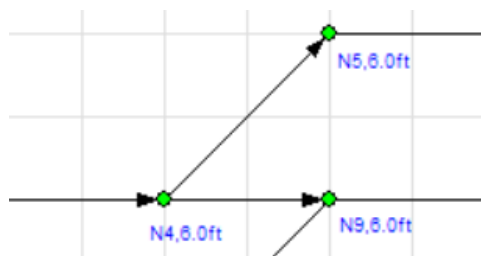
Langkah awal adalah penetapan tandon yang digunakan sebagai penampung fluida yang akan dialirkan pada jaringan pipa. Tandon memiliki berbagai jenis yang dapat digunakan tetapi hanya berlaku sebagai visual dalam sistem. Tandon yang dipilih tidak berpengaruh pada saat perhitungan. Visual input data yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Tandon Dalam *Software Pipe Flow Expert*

Elevasi dasar, ketinggian muka air dan tekanan air digunakan untuk menghitung tekanan dalam titik-titik yang masuk ke dalam jaringan pipa.

Pada Gambar 4 ditunjukkan titik gabung dalam sistem dengan dua atau lebih pipa bergabung. Titik gabung berfungsi untuk menghubungkan pipa-pipa dan berguna untuk menentukan ketinggian posisi pipa bergabung. Setiap titik bergabung diidentifikasi dengan N1, N2, N3, dan lain-lain.



Gambar 3. Simbol Titik Gabung Dalam *Software Pipe Flow Expert*

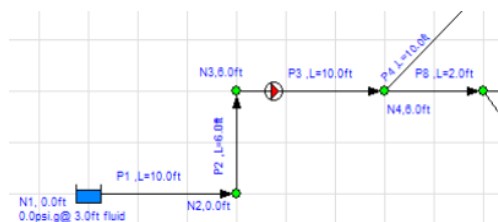
Tekanan ujung adalah simpul dengan hanya satu sambungan pipa, seperti ditunjukkan pada Gambar 5 berikut. Tekanan di ujung pipa dan ketinggian ujung pipa dapat ditentukan.



Gambar 4. Simbol Tekanan Ujung Dalam *Software Pipe Flow Expert*

Pipa adalah koneksi antara dua titik. Pipa terhubung ke tangki, titik gabung/titik tekanan ujung dan instrumen jaringan lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Setiap pipa diidentifikasi sebagai P1, P2, P3, dan lain-lain. Diameter internal, kekasaran internal, panjang pipa dan ketinggian di awal dan akhir pipa semua akan mempengaruhi laju aliran

dalam pipa dan tekanan yang dihasilkan. Daftar secara lengkap diuraikan seperti pada Gambar 7.



Gambar 5. Pipa Dalam *Software Pipe Flow Expert*

| Internal Dia. | Total Thick. | Outside Dia. | Weight | Internal Ra. | Surface Area |
|---------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|
| 0.75"         | 0.200        | 0.950        | 0.245  | 0.0025       | 10.0022      |
| 1.00"         | 0.284        | 1.284        | 0.545  | 0.0025       | 14.1322      |
| 1.25"         | 0.431        | 1.681        | 0.875  | 0.0025       | 19.2318      |
| 1.50"         | 0.542        | 2.042        | 1.282  | 0.0025       | 25.2811      |
| 1.75"         | 0.624        | 2.374        | 1.760  | 0.0025       | 32.2866      |
| 2.00"         | 0.713        | 2.713        | 2.305  | 0.0025       | 40.2522      |
| 2.25"         | 0.806        | 3.056        | 2.915  | 0.0025       | 49.1759      |
| 2.50"         | 0.902        | 3.402        | 3.585  | 0.0025       | 59.0578      |
| 2.75"         | 1.001        | 3.751        | 4.315  | 0.0025       | 69.8872      |
| 3.00"         | 1.102        | 4.102        | 5.100  | 0.0025       | 81.6632      |
| 3.25"         | 1.205        | 4.455        | 5.935  | 0.0025       | 94.3847      |
| 3.50"         | 1.310        | 4.810        | 6.825  | 0.0025       | 108.0507     |
| 3.75"         | 1.417        | 5.167        | 7.765  | 0.0025       | 122.6612     |
| 4.00"         | 1.526        | 5.526        | 8.750  | 0.0025       | 138.2172     |
| 4.25"         | 1.637        | 5.897        | 9.785  | 0.0025       | 154.7197     |
| 4.50"         | 1.750        | 6.270        | 10.875 | 0.0025       | 172.1687     |
| 4.75"         | 1.865        | 6.655        | 12.015 | 0.0025       | 190.5642     |
| 5.00"         | 1.982        | 7.042        | 13.200 | 0.0025       | 209.9062     |

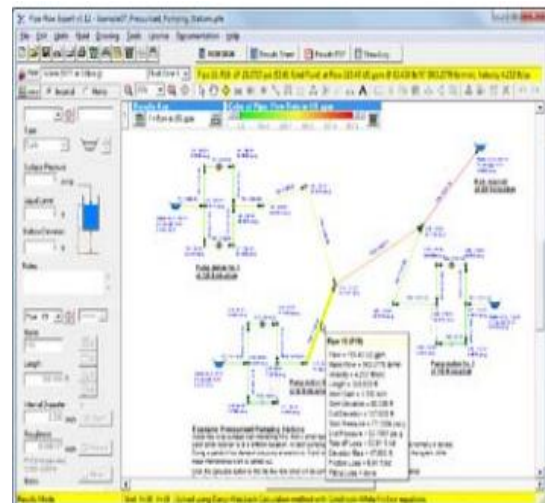
Gambar 6. Rekapitulasi Pipa Dalam *Software Pipe Flow Expert*

Diameter pipa internal akan ditetapkan dari ukuran pipa yang dipilih. Kekasaran internal pipa akan ditetapkan dari bahan pipa yang dipilih. Diameter pipa internal dan kekasaran internal pipa juga bisa diubah. Ketinggian pada awal pipa ditentukan dari ketinggian node pada awal pipa. Ketinggian di ujung pipa ditentukan dari ketinggian simpul di ujung pipa. Mengubah ketinggian simpul akan mengubah ketinggian awal atau akhir dari semua pipa yang terhubung ke titik.

Sebagian besar sistem akan mencakup beberapa katup atau fitting. Suatu katup atau fitting yang terpasang pada pipa akan mempengaruhi aliran atau kehilangan tekanan dalam pipa. Untuk memodelkan situasi ini, katup dan fitting harus dikaitkan dengan pipa yang sesuai, seperti yang dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 7. Katup dan Aksesoris Dalam Software Pipe Flow Expert



Gambar 8. Hasil Kalkulasi Dalam Software Pipe Flow Expert

Database yang berisi koefisien gesekan untuk banyak jenis dan ukuran katup dan fitting disertakan pada *software pipe flow expert*. Jika pemasangan tertentu tidak tercantum dalam *database*, pengguna dapat buat pas baru untuk dikaitkan dengan pipa atau disimpan di *database* untuk digunakan di masa depan. *Fitting* yang dipilih akan dikaitkan dengan pipa dan dimasukkan dalam perhitungan kehilangan aliran/tekanan.

Hasil yang dihitung dapat dilihat pada gambar. Tekanan pada setiap titik gabung (simpul) seperti yang ditampilkan pada Gambar 9. Laju aliran, kecepatan atau penurunan tekanan total di setiap pipa dapat ditampilkan pada gambar. Pipa dan simpul pada gambar hasil ditampilkan menggunakan gradien warna untuk menyorot pipa atau node berdasarkan nilai hasil untuk kategori perhitungan yang dipilih. Kategori perhitungan untuk tampilan gradien warna bisa dipilih dari: laju aliran, laju aliran massa, kecepatan, tekanan total kehilangan, kehilangan gesekan, kehilangan perlengkapan, angka Reynolds, diameter dalam pipa, panjang pipa, tekanan simpul, HGL dan elevasi simpul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku untuk daerah studi berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Air Baku

| No                     | Uraian                | Jumlah Penduduk | Satuan | Kebutuhan | Satuan                | Total (l/dtk) |
|------------------------|-----------------------|-----------------|--------|-----------|-----------------------|---------------|
| 1                      | 2                     | 3               | 4      | 5         | 6                     | 7=3x5         |
| <b>DAERAH LAYANAN</b>  |                       |                 |        |           |                       |               |
| 1                      | Desa Penerima Manfaat | 21,706          | Jiwa   | 60,00     | l/org/hr              | 15.074        |
| 2                      | Komplek Militer       | 1,775           | Jiwa   | 60,00     | l/org/hr              | 1.233         |
| 3                      | Fasilitas Umum        |                 |        |           |                       |               |
|                        | a. Polsek Anggrek     | 21              | Jiwa   | 10,00     | l/pegawai/hr          | 0.002         |
|                        | b. Sekolah            | 3,960           | Jiwa   | 5,00      | l/murid/hr            | 0.229         |
|                        | c. Sarana Kesehatan   | 50              | Unit   | 1,200,00  | l/hr                  | 0.694         |
|                        | d. Tempat Ibadah      | 52              | Unit   | 1,00      | m <sup>3</sup> /hr    | 0.602         |
|                        | e. Pasar              | 4               | M3     | 12,00     | m <sup>3</sup> /ha/hr | 0.556         |
|                        | f. Rusunawa           | 270             | Jiwa   | 60,00     | l/org/hr              | 0.188         |
| 4                      | Kawasan Industri      |                 |        |           |                       |               |
|                        | a. Pelabuhan          | 1               | Unit   | 10,00     | l/dtk                 | 10.000        |
|                        | b. Industri           | 147             | Jiwa   | 10,00     | l/pegawai/hr          | 0.017         |
| <b>SUDAH TERLAYANI</b> |                       |                 |        |           |                       |               |
| 1                      | Dari PDT dan PAMSIMAS | 1,449           | Jiwa   | 60,00     | l/org/hr              | 1.006         |
| 2                      | Dari IPA yang ada     | 1,261           | Jiwa   | 60,00     | l/org/hr              | 0.876         |
| <b>TOTAL KEBUTUHAN</b> |                       |                 |        |           |                       | 26.712        |

Sumber: Hasil Perhitungan (Pandungan Pengembangan Air Minum)

Analisis Hidrolik Pipa Transmisi dengan Metode Manual

Penampang pipa

Penentuan diameter pipa dilakukan dengan memperhitungkan volume air baku yang akan di alirkan dan luas penampang rencana pipa transmisi.

Sistem penyediaan air baku direncanakan untuk bisa mengalirkan debit air sebesar 26,712 l/dt ≈ 27 l/dt. Mengacu pada kecepatan

rata-rata minimum aliran dalam pipa transmisi maka ditetapkan kecepatan aliran rencana sebesar 0,80 m/dt maka dapat ditentukan diameter pipa yang dibutuhkan. Perhitungan kebutuhan pipa disediakan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Diameter Pipa

| Kriteria       | Nilai/Hasil                             |
|----------------|---|
| V              | 0,80 m/dt                               |
| Debit maksimum | 26,712 l/dt $\approx$ 27 l/dt           |
| Luas Pipa      | 0,206 m $\approx$ 250 mm                |
| Pipa           | Pipa HDPE $\varnothing$ 10" atau 300 mm |

#### Debit Aliran

Perhitungan debit aliran yang mampu ditampung disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Debit Aliran yang Ditampung

| Kriteria                        | Nilai/Hasil                |
|---------------------------------|----------------------------|
| Panjang Saluran                 | 6629 m                     |
| Diameter Pipa (D)               | 10" = 0.25 m               |
| Luas (A)                        | 0,0491 m <sup>2</sup>      |
| Keliling Basah (P)              | 0,7857 m                   |
| Jari-jari Hidrolis (R) = A/P    | 0.0625 m                   |
| Koef. Kekasaran (C)             | 130                        |
| Kemiringan (S)                  | 0,00184                    |
| Kecepatan Aliran (V)            | 0,642 m/dtk                |
| $V = 0.849 C R^{0.63} S^{0.54}$ |                            |
| Debit (Q) = A V                 | 0,0315 m <sup>3</sup> /dtk |

Debit yang dapat dialirkan dalam pipa sebesar 0,0315 m<sup>3</sup>/dt sudah mencukupi kebutuhan air baku sebesar 0,027 m<sup>3</sup>/dt.

#### Kehilangan Energi

Perhitungan kehilangan energi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Total Kehilangan Energi

| Kriteria   | Nilai/Hasil        |
|--|--------------------|
| Kehilangan energi akibat gesekan ( <i>mayor loss</i> ), $hf$     | 12,346 m           |
| Kehilangan energi di aksesoris pipa ( <i>minor loss</i> ), $h_L$ | $h_{L1} = 0,087$ m |
| Jumlah Sambungan: Elbow 450 (10 buah) dan Elbow 900 (2 buah)     | $h_{L2} = 0,031$ m |
| Total Kehilangan Energi (Mayor dan Minor Loss)                   | 12,464 m           |

#### Analisis Hidrolik Pipa Transmisi dengan Metode Simulasi

Analisis hidrolik untuk perhitungan debit aliran dan kehilangan energi dilakukan dengan *software pipe flow expert*. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Skema Pipa Transmisi

Pada prinsipnya kehilangan tekanan terjadi karena adanya gesekan yang terjadi antara partikel air dan dinding pipa serta pada sudut belokan (Nurnawaty & Sumardi, 2020), baik analisis secara manual maupun menggunakan simulasi perangkat lunak. Berdasarkan hasil simulasi *Pipe Flow Expert* terhadap kapasitas debit maupun kehilangan tekanan adalah seperti yang diuraikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Debit dan *Head Loss* Embung ke IPA

| Kriteria             | Nilai/Hasil                |
|----------------------|----------------------------|
| Kecepatan Aliran (V) | 0,781 m/dtk                |
| Debit (Q)            | 0,038 m <sup>3</sup> /dtk  |
| $hf$                 | 13,156 m                   |
| $h_L$                | 0,028 m                    |
| HL                   | 13,184 m                   |
| Debit (Q) = A V      | 0,0315 m <sup>3</sup> /dtk |

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan menggunakan pipa HDPE berdiameter 10-inch, kapasitas yang dihasilkan berdasarkan analisis manual dengan kecepatan aliran (V) 0.642 m/dtk adalah 0.0315 m<sup>3</sup>/dtk. Sedangkan menggunakan simulasi *pipe flow expert* diperoleh debit sebesar 0.038 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil tersebut sudah sangat memenuhi kebutuhan air bersih yang akan disalurkan untuk

memenuhi kebutuhan air bersih di Kecamatan Anggrek Kabupaten Gorontalo Utara sebesar  $0.027 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan selanjutnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil analisis terhadap kebutuhan air baku untuk pelayanan di wilayah studi adalah sebesar  $26,712 \text{ l/dtk}$ .
2. Pipa transmisi yang digunakan adalah pipa HDPE  $\varnothing 10''$  atau 250 mm.
3. Debit aliran yang dapat dialirkan dalam pipa transmisi sebesar  $0,0315 \text{ m}^3/\text{dtk}$  atau  $31,5 \text{ l/dtk}$  pada perhitungan manual dan  $0,038 \text{ m}^3/\text{dtk}$  pada perhitungan menggunakan *software pipe flow expert*, sudah mencukupi kebutuhan air baku sebesar  $0,027 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .
4. Kehilangan energi atau tinggi tekan pada pipa transmisi adalah sebesar 12,464 m pada perhitungan manual dan 13,184 m pada perhitungan menggunakan *software pipe flow expert*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M., Suhardjono, S., Sumiadi, S. & Dermawan, V. (2020a). The coefficient of head loss at the pipe bend  $90^\circ$  with the sliced bend. *Journal of Water and Land Development*, 1–9. <https://doi.org/10.24425/jwld.2020.134083>
- Abduh, M., Suhardjono, Sumiadi & Dermawan, V. (2020b). Simplified Equations and Ansys Simulation of Head Loss on Nonlinear (Sliced) Bend for Piping Network. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(5), 052002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/5/052002>
- Abduh, M., Suhardjono, Sumiadi & Dermawan, V. (2020c). The behaviour of fluid flow in a 90-degree (sliced) nonlinear bend. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 437(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/437/1/012001>
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Kecamatan Anggrek Dalam Angka 2019*. <https://gorontaloutarakab.bps.go.id/id/publication/2019/09/26/48929a21c4826d18f35bed6d/kecamatan-anggrek-dalam-angka-2019.html>
- Harijanto, D., Indriyani, D. & Aji, B. W. (2017). *Rencana Distribusi dan Operasi Air Bersih dari Embung Kalisat Untuk Masyarakat Desa Kalisat Kecamatan Rembang Kabupaten Pasuruan sumber air permukaan, cekungan air ta- untuk air minum maupun Mandi Cuci Kakus (MCK)*. *Kebutuhan air baku untuk berbagai kep.* 15, 31–44.
- Hashemi, S., Fillion, Y., Speight, V. & Long, A. (2020). Effect of Pipe Size and Location on Water-Main Head Loss in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001222](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001222)
- Hidayat, T., Tugiono, S. & Purwadi, O. T. (2019). Perencanaan Embung Konservasi di Laboratorium Lapnagan Terpadu Fakultas Teknik Universitas Lampung. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 7(3), 417–426. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v7i3.1216>
- Nurnawaty & Sumardi. (2020). ANALISIS PERUBAHAN TINGGI TEKANAN AKIBAT SUDUT BELOKAN  $90^\circ$  DAN  $45^\circ$  DENGAN MENGGUNAKAN FLUID FRICTION APPARATUS. *Jurnal Teknik Hidro*, 13(1), 28–37.
- Saves, F., Hudhiyantoro & Sugianto, A. (2020). PERENCANAAN EMBUNG BERDASARKAN KEBUTUHAN AIR BAKU DESA PASARENAN KABUPATEN SAMPANG TAHUN 2027. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.30822/eternitas.v1i1.544>
- Ummaira, A., Syahputra, I. & Ridha, M. (2021). Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 7(2), 87–93.
- Zevri, A. (2021). ANALISIS KEBUTUHAN KAPASITAS TAMPUNGAN EMBUNG DANAU ASAM KABUPATEN DI KOTAWARINGIN BARAT. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 17(2), 83–94. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i2.719>



