

Analisa Tahapan Kegiatan Mendesak Air Baku Sumber Pitu

Analysis of Urgent Activity Stages of Sumber Pitu Raw Water

Wiel Musyawiri Suryana¹, Kristian M. Warella¹, Anna Rosytha²

¹Balai Besar Wilayah Sungai Brantas, Jln. Raya Menganti No.312, Wiyung, Surabaya. Telp: (031) 7533171.

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Jln. Sutorejo No.59
Surabaya. Telp: (031) 3811966. Email : annarosytha@um-surabaya.ac.id

Abstrak

Kegiatan Mendesak Air Baku Sumber Pitu merupakan kegiatan perbaikan jaringan pipa transmisi air baku yang bersumber dari mata air Sumber Pitu, yang mana sumber mata air ini berada di Desa Duwet Krajan Kecamatan Tumpang, Kabupaten Malang. Kegiatan mendesak disebutkan oleh karena sudah seringnya terjadi kebocoran pipa transmisi air baku sehingga mendesak untuk segera dilaksanakan perbaikan pipa transmisi air baku agar masyarakat Kota Malang tidak terlalu lama dilayani kebutuhan air minumannya dari mata air Sumber Pitu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tahapan pelaksanaan, khususnya teknis perpipaan kegiatan mendesak perbaikan jaringan pipa transmisi sistem penyediaan air baku untuk Kota Malang, yang pengelolaannya dilakukan oleh PDAM Kota Malang. Oleh sebab itu, diperlukan pengumpulan data primer dan sekunder, yang berkaitan dengan khususnya dengan perpipaan dan aksesoriesnya, yaitu katup udara, melakukan pemeriksaan kualitas pipa GIP yang dipasang ke lapangan dan metoda pemasangan pipa yang dilakukan. Dua hal yang penting dalam pekerjaan perbaikan pipa air baku, adalah pekerjaan pipa GIP dan pemasangan katup udara serta penempatannya di jaringan, hal ini membantu pasokan air baku ke PDAM Kota Malang.

Kata Kunci: katup udara; kebocoran pipa; pipa transmisi air baku

Abstract

The Urgent Activity for Sumber Pitu Raw Water is an activity to repair the raw water transmission pipe network sourced from the Sumber Pitu spring, where the spring is located in Duwet Krajan Village, Tumpang District, Malang Regency. The urgent activity was mentioned because there have been frequent leakage of raw water transmission pipes, so it is urgent to immediately repair the raw water transmission pipes so that the people of Malang City are not served for too long for their drinking water needs from Sumber Pitu springs. The purpose of this study was to analyze the implementation stages, especially the technical piping of urgent activities for repairing the transmission pipeline network of the raw water supply system for Malang City, which is managed by PDAM Malang City. Therefore, it is necessary to collect primary and secondary data, which relates in particular to the piping and its accessories, namely air valves, to check the quality of the GIP pipes supplied to the field and the method of installing the pipes. Two things that are important in the raw water pipe repair work, are the GIP pipe work and the installation of air valves and their placement in the network, this helps the supply of raw water to PDAM Malang City.

Keywords: air valve; pipe leakage, raw water transmission pipe

PENDAHULUAN

Kegiatan Mendesak Air Baku Sumber Pitu merupakan kegiatan perbaikan jaringan pipa transmisi air baku yang bersumber dari mata air Sumber Pitu, yang mana sumber mata air ini berada di Desa Duwet Krajan Kecamatan Tumpang, Kabupaten Malang. Kegiatan mendesak disebutkan oleh karena sudah seringnya terjadi kebocoran pipa

transmisi air baku sehingga mendesak untuk segera dilaksanakan perbaikan pipa transmisi air baku agar masyarakat Kota Malang tidak terlalu lama dilayani kebutuhan air minumannya dari mata air Sumber Pitu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tahapan pelaksanaan, khususnya teknis perpipaan kegiatan mendesak perbaikan jaringan pipa transmisi sistem penyediaan air baku untuk Kota Malang, yang pengelolaannya dilakukan oleh

PDAM Kota Malang. PDAM Kota Malang mengoperasikan jaringan pipa transmisi air baku HDPE Ø 500 mm sepanjang 15 km dari Tandon Simpar berkapasitas 150 m³ ke Tandon di Buring Atas berkapasitas 1000 m³ sejak selesai dibangun tahun 2016. Didalam mengoperasikan jaringan pipa transmisi air baku Sumber Pitu, telah terjadi kebocoran pipa jaringan pipa transmisi secara beruntun pada tahun 2019 hingga bulan januari 2020, sehingga perlu dilakukan langkah-langkah mendesak untuk perbaikan jaringan pipa transmisi tersebut, oleh karena kebocoran pipa ini akan mengganggu pelayanan penyediaan air minum bagi masyarakat Kota Malang.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan, mulai bulan Maret hingga bulan Mei 2020. Sedangkan lokasi penelitian dilakukan pada jalur pipa transmisi air baku di Desa Pulung Dowo, Kecamatan Tumpang pada titik koordinat 8°0'57.13"LS dan 112°44'19.94"BT.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, yaitu laptop yang terdapat program Microsoft Excel, alat tulis, *Global Positioning System (GPS)*, *Ultrasonic Flow Meter* dan Manometer.

Prosedure Penelitian

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, adalah sistem jaringan pipa transmisi air baku Sumber Pitu, yang melayani kebutuhan air minum Kota Malang. Data yang diperlukan guna pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Data Primer:

1. Data pipa yang akan digunakan untuk perbaikan kebocoran pipa yang ada, yaitu pipa *Galvanize Iron Pipe (GIP)*.
2. Tekanan pada setiap manometer yang ada di jalur pipa transmisi
3. Data titik kebocoran yang sudah terjadi
4. Data pengukuran elevasi
5. Dokumentasi

Data Sekunder:

1. Peta jaringan pipa transmisi air baku Sumber Pitu.
2. Panjang pipa, diameter pipa, dan jenis pipa yang terpasang.

Analisis Data

Data debit dan elevasi hasil pengukuran di lapangan disimulasikan menggunakan program air valve untuk mengetahui berapa banyak kebutuhan katup udara (*air valve*) dan jenisnya, kemudian dapat diketahui faktor-faktor penyebab kehilangan air pada pipa transmisi air baku Sumber Pitu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perbaikan Pipa Transmisi Air Baku

Dalam pemilihan jenis pipa yang akan digunakan, jenis sambungan dan kekuatan pipa, menjadi hal yang utama dalam pemilihan pipa. Dan pipa yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Jenis pipa : Pipa GIP Medium
- b) Referensi : SNI 0039-2013 : Pipa Baja Saluran Air Dengan Atau Tanpa Lapisan Seng
- c) Produk : PT. STEEL PIPE INDUSTRY OF INDONESIA, tbk (SPINDO)
- d) Outside diameter (OD) : 508 mm
- e) Ketebalan pipa (t) : 9,5 mm
- f) Berat pipa : 117,02 kg/m

Sifat Mekanis dan komposisi kimia :

Tabel 1. Sifat Mekanis

Uraian	Kriteria penerimaan
Kuat tarik (N/mm ²)	320 – 460
Batas ulur, min (N/mm ²)	195
Elongasi, min (%)	20

(sumber SNI 0039-2013)

Tabel 2. Komposisi kimia

Diameter dalam nominal (mm)	C (%), maks.	Mn (%), maks.	P (%), maks.	S (%), maks.
15 – 1200	0,20	1,40	0,035	0,030

(sumber SNI 0039-2013)

g) Ketahanan Bocor

- Setiap pipa harus dilakukan pengujian ketahanan bocor dengan menggunakan uji hidrostatis.
- Syarat mutu ketahanan bocor tidak boleh bocor bila diuji pada tekanan 50Kgf/cm² selama 5 detik.

h) Jenis sambungan :

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p120-125>

Jenis sambungan yang digunakan adalah *socket welded* oleh karena pipa GIP yang diadakan menggunakan *socket* dan *spigot*

Proses Pengelasan harus dilakukan sesuai dengan *Welding Procedure Specification (WPS)* yang sudah dikualifikasi, dilakukan oleh personel welding yang sudah dikualifikasi secara spesifik dan dengan menggunakan peralatan las yang sudah terkualifikasi.

Metode Las : *Shielded Metal Arc Welding (SMAW – Manual)*

Prosedur pekerjaan Las Spiral:

- Bagian yang efektif dari lasan harus ditunjukkan pada pipa sehingga cacat dapat dengan mudah ditemukan dan di perbaiki.
- Gerinda untuk menghilangkan cacat atau *groove* karena *arc – air gauging*.
- Kondisi Pengelasan :
 - Diameter kawat las : 3.2 mm - 4.0 mm
 - Arus : 90 – 140 A / 130 – 190 A
- Klasifikasi : AWS 5.1 E 6013 atau setara



Gambar 1. Mesin genset dan peralatan pengelasan serta APD pengaman *welder* (sumber data internal OP BBWS Brantas)



Gambar 2. Hasil pengelasan *socket welded* yang sudah di penetrant (sumber data internal OP BBWS Brantas)

Socket welded pada pipa GIP *socket spigot* ini, merupakan sistem pemasangan pipa yang mudah dilaksanakan, tidak perlu ujung pipa spigot dilakukan beveled (kemiringan), lalu pada ujung *spigot* didorong masuk ke dalam *socket*, sehingga sangat kecil kemungkinan mengalami kebocoran. Namun hal yang penting dalam pengelasan *socket welded* ini adalah cara pengelasan dan jumlah lintasan yang ditunjukkan pada hasil penetrant di lapangan. Dari hasil uji pengelasan dan penetrant, didapatkan 3 kali lintasan keliling pipa itu aman terhadap kebocoran dan memperkecil ruang kosong pada pengelasan *socket*.

Penggunaan “*Sleeve joint*” pada pekerjaan pemasangan pipa transmisi GIP ini, pasti diperlukan, oleh karena pada posisi belokan (*bend*) dan sambungan dengan accessories pipa yang lama dan baru, dibutuhkan “*Sleeve joint*” untuk mengatur posisi kedudukan pipa agar tetap lurus serta *sleeve joint* ini memperkuat sambungan pipa *butt welded* agar tidak mengalami kebocoran.

B. Pemasangan Katup Udara (Air Valve)

Ada tiga tipe dasar dari katup udara (Air Valve) yang distandarisasi dalam *American Water Works Association (AWWA) Standar C512-15*: “*Air-Release, Air / Vacuum, dan Combination Air Valves* untuk Layanan Air Minum dan Air Limbah.”

Penting untuk memahami fungsi dan batasan masing-masing jenis katup udara sehingga katup dapat ditempatkan dan diukur dengan tepat untuk jaringan pipa.

B.1. Air Release Valve

Katup Pelepas Udara (*Air Release Valve*) mungkin merupakan katup udara yang paling dikenal dan biasanya dilengkapi dengan ukuran ½ in. (13 mm) hingga 3 in. (76 mm). Katup memiliki lubang presisi kecil dalam kisaran 1/16 in. (1,6 mm) hingga ½ in. (13 mm) untuk melepaskan udara di bawah tekanan terus menerus selama operasi pipa. *Air Release Valve* memiliki float untuk merasakan keberadaan udara dan mekanisme hubungan yang memberikan keunggulan mekanis float dalam membuka lubang di bawah saat tekanan pipa penuh. *Air Release Valves* memiliki kapasitas terbatas untuk masuk dan mengeluarkan udara karena lubang kecil (*orifice*) yang ada. Untuk alasan ini, sebagian besar lokasi pipa membutuhkan *Air Release* dan *Air / Vacuum Valves* untuk mengeluarkan dan menerima volume udara yang besar.

B.2. Air/Vacuum Valve

Katup Udara / Vakum dipasang di hilir pompa dan pada titik-titik tinggi untuk mengalirkan udara dalam volume besar selama pompa dinyalakan dan pengisian aliran pada jaringan pipa. Katup juga akan menerima volume udara yang besar untuk mencegah kondisi vakum terjadi di dalam pipa dan untuk memungkinkan pengurasan (drain). Pelampung di katup naik dengan ketinggian air untuk mematikan katup ketika udara telah habis. Setelah kehilangan tekanan karena pengeringan, pemutusan saluran, atau pemisahan kolom, pelampung akan jatuh dan memungkinkan udara masuk kembali ke pipa. Penting untuk dicatat bahwa dalam operasi normal, pelampung dipegang tertutup oleh tekanan saluran dan tidak akan mengurangi akumulasi udara. Katup Pelepas Udara diperlukan untuk menghilangkan udara selama operasi sistem.

B.3. Combination Air Valve

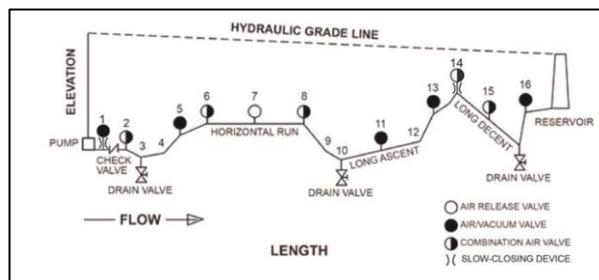
Combination Air Valve menggabungkan fungsi Air / Vacuum dan Air Release Valves dan merupakan pilihan yang sangat baik untuk poin yang tinggi. *Combination Valve* berisi lubang pelepas udara kecil (*orifice*) dan port udara / vakum besar dalam satu unit lainnya. Pada katup yang lebih kecil, biasanya kurang dari 8 in. (200 mm), mekanisme pelampung dan tuas terkandung dalam desain satu tubuh. Pada ukuran pipa yang lebih besar, desain dual body yang terdiri dari Air Release Valve yang disalurkan ke Air / Vacuum Valve dilengkapi sebagai unit rakitan pabrik. Unit tubuh tunggal (*single body*) memiliki keuntungan karena lebih kompak dan biasanya lebih murah. Unit tubuh ganda (*dual body*) menguntungkan untuk ukuran dan pemeliharaan Air Release Valve karena Air / Vacuum Valve masih beroperasi sementara Air Release Valve diisolasi dan dalam perbaikan.

B.4. Lokasi Air Valve Sepanjang Jaringan Pipa

Katup udara dipasang pada pipa untuk mengeluarkan udara dan menerima udara untuk mencegah kondisi vakum dan lonjakan terkait udara. Manual perencanaan Katup Udara (*Air Valve*) AWWA merekomendasikan Katup Udara pada titik-titik berikut sepanjang pipa.

1. Titik Poin tertinggi: *Combination Air Valve*.
2. Jalur Horizontal panjang : *Air Release valve* atau *Combination Air Valve* pada interval 380 – 760 m.
3. Jalur turunan panjang: *Combination Air Valve* pada interval 380 hingga 760 m.
4. Jalur naik yang panjang : *Air/Vacuum Valve* pada interval 380 hingga 760 m.

5. Kurangi di Kemiringan Atas: *Air Release Valve / Vakum*.
6. Peningkatan dalam bawah lereng: *Combination Air Valve*.
7. Lokasi Transient : Kombinasi/Perangkat Penutupan Lambat atau Vakum breaker/*Air release valve*.
8. *Flow Meter: Air Release Valve* di bagian hulu.
9. Sumur dalam atau Pompa Vertikal Turbin: Air /*Vacuum Valve/Perangkat Penutupan Rendah* atau Perangkat *Throttling*.



Gambar 3. Penempatan Katup Udara (sumber data internal OP BBWS Brantas)

B.5. Dimensi Air/Vacuum Valve

Beberapa literatur mencantumkan aturan praktis yang menyarankan Air/Vacuum Valves berukuran 1 in. (25 mm) per 1 ft (0,30 m) dari diameter pipa. Jadi jalur berdiameter 4 ft (1,2 M) akan memiliki katup berdiameter 4 inci (100 mm). Berdasarkan lebih dari tiga puluh tahun penerapan katup udara yang sukses, *Val-Matic* telah mengembangkan kriteria ukuran yang membentuk dasar untuk metodologi berikut. Metodologi ini didasarkan pada ukuran katup udara / vakum untuk dua kondisi : udara masuk untuk mencegah kekosongan (*vacuum*) dalam pipa dan udara yang dikeluarkan selama pengisian aliran dalam pipa. Aliran air akibat kemiringan dapat ditemukan oleh persamaan *Darcy-Weisbach*:

$$V = (2 \cdot g \cdot H / K)^{1/2} \dots \dots \dots [1]$$

$$K = f \cdot l / d + 2,50 \dots \dots \dots [2]$$

Dimana :

- V = Kecepatan aliran, ft/sec
- g = gaya gravitasi, 32,2 ft/sec²
- H = beda tinggi elevasi, ft
- K = Koefisien Resistensi, *dimensionless*

(nilai 2.5 menunjukkan pada *entrance, exit*, dan *piping losses*)

f = faktor friksi untuk pipa (*iron* = 0.019, *steel* = 0.013, *plastic* = 0.007)

L = panjang pipa, ft.

d = Diameter dalam pipa, ft.

Aliran gravitasi akibat kemiringan dihitung untuk setiap segmen pipa. Untuk patok stasiun di mana ada perubahan kemiringan naik atau turun, perbedaan antara aliran hulu dan hilir digunakan untuk ukuran karena segmen atas memberi makan segmen bawah dan membantu mencegah kekosongan dari pembentukan. Katup udara harus mampu mengakui aliran karena kemiringan tanpa melebihi tekanan keruntuhan pipa yang dihitung atau 5 PSI (35 kPa). 5 PSI (35 kPa) digunakan untuk ukuran agar tetap aman di bawah penurunan tekanan sonik terbatas 7 PSI (48 kPa). Pabrik menyediakan kurva kapasitas untuk katup mereka yang dapat digunakan untuk memilih ukuran yang tepat. Kapasitas Air/*Vacuum Valve* dapat diperkirakan menggunakan:

$$Q = 678 * Y * d^2 * C * [DP * P1 / (T1 * Sg)]^{1/2}$$

Dimana :

q = Air Flow, SCFM

Y = *Expansion Factor*

.79 (untuk *vacuum sizing*)

.85 (untuk *exhaust sizing at 5 psi*)

.93 (untuk *exhaust sizing at 2 psi*)

d = *Valve Diameter*, in

DP = *Delta Pressure*, psi

The lower of 5 psi or pipe collapse pressure (vacuum sizing)

2 or 5 psi (*exhaust sizing*)

P1 = *Inlet Pressure*, psia

14.7 (*vacuum sizing*)

16.7 or 19.7 psia (*exhaust sizing at 2 or 5 psi*)

T1 = *Inlet Temperature* = 520 Rankine

Sg = *Specific Gravity* = 1 for air

C = *Discharge Coefficient* = 0.6 untuk *square edge orifice*

B.6. Dimensi Air Release Valve

Kapasitas melepaskan udara di bawah tekanan pada jaringan melalui *Air Release Valve* dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus Air / *Vacuum Valve* kecuali P1 akan sama dengan tekanan operasi di jaringan pipa. Tekanan diferensial (DP) dibatasi oleh kecepatan sonik menjadi sekitar $0,47 * P1$. Faktor ekspansi yang sesuai (Y) adalah 0,71.

$$q = 330,7 * d^2 * C * P1 / (T1 * Sg)^{1/2}$$

Dimana :

q = *Air Flow*, SCFM

d = *Valve Diameter*, in

P1 = *Inlet Pressure*, psia

14.7 (*vacuum sizing*)

16.7 or 19.7 psia (*exhaust sizing at 2 or 5 psi*)

T1 = *Inlet Temperature* = 520 Rankine

Sg = *Specific Gravity* = 1 for air

C = *Discharge Coefficient* = 0.6 untuk *square edge orifice*

Sulit untuk menentukan terlebih dahulu jumlah udara yang terperangkap yang harus dilepaskan dari sistem yang diberikan. Berdasarkan bahwa air yang mengalir mengandung 2% udara terlarut, laju aliran maksimum dapat digunakan untuk menghitung kapasitas ventilasi nominal.



airValve Sizing Software Programs

Val-Matic Valve and Manufacturing Corporation

905 Riverside Drive

Elmhurst, IL 60126 USA

PROJECT INFORMATION

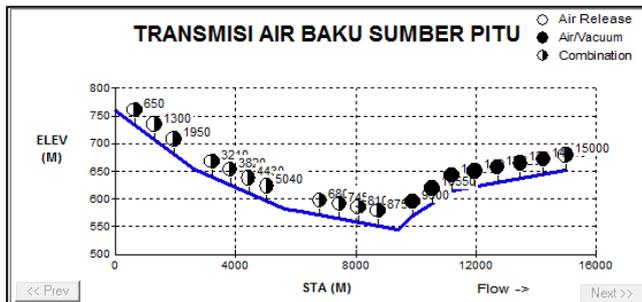
PROJECT:	TRANSMISI AIR BAKU SUMBER PIT
OWNER:	OP BBWS BRANTAS
ENGINEER:	ALX
MEDIA:	Water - ANSI/NSF 61 Certified
PIPE MATERIAL:	Steel or Stainless
PIPE INSIDE DIAMETER:	498,00 mm
STEEL PIPE THICKNESS:	9,50 mm
MAX FLOW RATE:	200 L/sec
FILL RATE:	125 L/sec
SELECTED SAFETY FACTOR:	3:1
DIFF.PRES. FOR VAC. SIZING:	5,00 Psi
VALVE RATING:	150 Psia (Class 125 Iron)
REVERSE FLOW:	No
VALVE SELECTION CRITERIA:	Single Body Comb. Air Valves

PIPELINE AIR VALVE SCHEDULE:

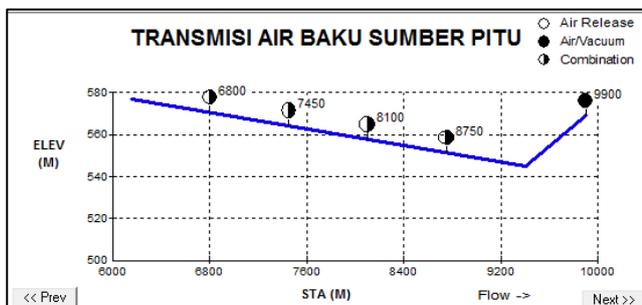
Station No	ELEV M	Excav M	Description	Recommended Valve Size/Model	Max Slope	Flow Rate CFS
0	789.00	0.00	Beginning	No valve necessary	-0.0404	0.00
050	733.78	0.00	Long Descent	6 IN #400C Single Body Combination	-0.0404	37.23
1.300	707.50	0.00	Long Descent	6 IN #400C Single Body Combination	-0.0404	37.23
1.950	681.25	0.00	Long Descent	6 IN #400C Single Body Combination	-0.0404	37.23
2.600	655.00	0.00	Desc in Down-Slope	No valve necessary	-0.0404	0.00
3.210	640.40	0.00	Long Descent	4 IN #404C 2 Single Body Combination	-0.0238	28.73
3.820	625.80	0.00	Long Descent	4 IN #404C 2 Single Body Combination	-0.0238	28.73
4.430	611.20	0.00	Long Descent	4 IN #404C 2 Single Body Combination	-0.0238	28.73
5.040	596.60	0.00	Long Descent	4 IN #404C 2 Single Body Combination	-0.0238	28.73
5.650	582.00	0.00	Desc in Down-Slope	No valve necessary	-0.0238	0.00
6.150	577.00	0.00	Desc in Down-Slope	No valve necessary	-0.0100	0.00
6.800	570.00	0.00	Long Descent	3 IN #403C 2 Single Body Combination	-0.0098	18.45
7.450	564.20	0.00	Long Descent	3 IN #403C 2 Single Body Combination	-0.0098	18.45
8.100	557.80	0.00	Long Descent	3 IN #403C 2 Single Body Combination	-0.0098	18.45
8.750	551.40	0.00	Long Descent	3 IN #403C 2 Single Body Combination	-0.0098	18.45
9.400	545.00	0.00	Levee Point	No valve necessary	0.0460	0.00
9.900	599.00	0.00	Desc in Up-Slope	2 IN #102S Air/Vacuum	0.0460	3.26
10.650	592.50	0.00	Long Ascend	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0362	16.48
11.200	616.00	0.00	Desc in Up-Slope	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0362	16.48
11.900	623.20	0.00	Long Ascend	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0095	18.13
12.720	630.40	0.00	Long Ascend	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0095	18.13
13.480	637.60	0.00	Long Ascend	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0095	18.13
14.240	644.80	0.00	Long Ascend	3 IN #103S Air/Vacuum	0.0095	18.13
15.000	652.00	0.00	End	3 IN #403C 2 Single Body Combination	0.0095	18.13

Gambar 4. Lokasi Air Valve Sistem Jaringan Transmisi Air Baku Sumber Pitu (sumber data internal OP BBWS Brantas)

<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p120-125>



Gambar 5. Lokasi Air Valve Sistem Jaringan Transmisi Air Baku Sumber Pitu (sumber data internal OP BBWS Brantas)



Gambar 6. Lokasi Rencana Air Valve pada Perbaikan Pipa Transmisi (sumber data internal OP BBWS Brantas)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Tahapan pekerjaan perpipaan GIP dilakukan sesuai persyaratan, dimulai dari pemilihan jenis material pipa, pemasangan pipa khususnya pengelasan pipa di lapangan, dan uji coba pengaliran, sehingga didapatkan pengaliran optimal ke tandon Buras.

Selain perpipaan, juga penempatan aksesories katup udara (*air valve*) sangat penting untuk mengeluarkan udara dalam pipa, dan hal ini yang diterapkan dalam pekerjaan perbaikan perpipaan air baku ini.

Dari hasil penelitian dan evaluasi yang telah dilakukan, adapun saran yang diberikan, yaitu :

1. Melakukan perawatan dan pemeriksaan pipa transmisi termasuk assesories secara berkala oleh PDAM Kota Malang agar dapat dengan segera mengetahui apabila terjadi kerusakan pipa atau assesoris pada titik-titik tertentu sehingga dapat dengan segera diperbaiki ataupun diganti.
2. Peningkatan debit pengaliran yang ada saat ini, dengan memperbesar pasokan air baku dari Sumber Pitu ke Tandon Simpar.

Mengganti pipa HDPE PN 10 dengan pipa GIP yang berdiameter 500 mm pada *junction* 5 hingga *junction* 23, sepanjang 3700 m'.

REFERENSI

- Farley. 2008. Buku Pegangan tentang Air Tak Berekening (NRW) untuk Manajer - Panduan untuk Memahami Kehilangan Air. Konsultan Pengelolaan Kehilangan Air Internasional.
- Joko, Tri. 2010. Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum. – Edisi Pertama – Graha Ilmu: Yogyakarta. ISBN: 978-979-756-596-1.
- Kinerja BUMD Air Minum 2021, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Linsley, R.K. dan J. Franzini. 1991. Teknik Sumber Daya Air. Penerjemah Djoko Sasongko. Erlangga: Jakarta.
- Peavy, Howard S., dkk. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. Singapura.
- Peraturan Pemerintah Nomor 121 Tahun 2015, Perusahaan Sumber Daya Air
- Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015, Sistem Penyediaan Air Minum
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016, Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26/PRT/M/2014, Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum
- Rosytha, A., & Cristiyani, A. 2022. Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih Kecamatan Maduran Kabupaten Lamongan. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 4(1), 48-58.
- Valmatic. 2018. *Theory, Application, and Sizing of Air Valves, Val-Matic Valve & Mfg. Corp.*