

# Analisis Kelayakan Teknis Pipa HDPE Pada Jaringan Pipa Berdasarkan Kelas Pipa

Awan Risdiyanto<sup>1)</sup>, Adi Prawito<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama Surabaya, Indonesia  
Email: [awan.risdiyanto@narotama.ac.id](mailto:awan.risdiyanto@narotama.ac.id)

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama Surabaya, Indonesia  
Email: [adi.prawito@narotama.ac.id](mailto:adi.prawito@narotama.ac.id)

Received: 2025-09-17; Accepted: 2025-09-19; Published: 2025-09-30

## Abstract

High-density polyethylene (HDPE) pipes are one type of pipe used in raw water transmission pipelines. The requirements for polyethylene pipes for drinking water based on SNI 06-4829-2005 must have a type and classification of material with a minimum required strength (MRS) of 10 MPa (PE 100) tested in the form of pipes at a temperature of 20°C with a test period equivalent to 50 years. Therefore, HDPE pipe material used technically has a service life of up to 50 years when used under normal conditions. With a sufficiently long service life, in order to optimize the use of HDPE pipes, an in-depth analysis of planning parameters including discharge, flow velocity, and pipe class needs to be carried out to ensure feasibility in terms of both technical and cost aspects. The hydraulic analysis was refined at the same diameter but with different pipe pressure (nominal pressure, PN), flow rate, and pipe length variables. A sensitivity analysis of changes in flow rate variables based on projected flow rate increases was conducted on three pipe classes, namely PN. 6.3, PN. 8, and PN. 10. The analysis results show that the PN. 8 pipe class is more optimal for medium and long pipe routes, while the PN. 6.3 pipe class is more optimal for short pipe routes with a wider range of gravity flow.

**Keywords:** Hydraulic Analysis; Nominal Pressure; Polyethylene Pipe.

## Abstrak

Pipa polietilena massa jenis tinggi atau high density polyethylene (HDPE) adalah salah satu jenis pipa yang digunakan dalam jaringan pipa transmisi air baku. Persyaratan pipa polietilena untuk air minum berdasarkan SNI 06-4829-2005 harus memiliki jenis dan klasifikasi bahan dengan syarat kekuatan minimum/minimum required strength (MRS) sebesar 10 MPa (PE 100) yang diuji dalam bentuk pipa pada suhu 20°C dengan masa uji setara dengan periode 50 tahun. Maka material pipa HDPE yang digunakan secara teknis memiliki usia layan hingga 50 tahun bila digunakan dalam kondisi normal. Dengan usia layan yang cukup panjang maka untuk mengoptimalkan penggunaan pipa HDPE perlu dilakukan analisis mendalam terhadap parameter-parameter perencanaan meliputi debit, kecepatan aliran, dan kelas pipa agar terpenuhi faktor kelayakan baik dari segi teknis maupun biaya. Penajaman analisis hidrolis dilakukan pada diameter yang sama namun dengan variabel kuat tekan pipa (pressure nominal, PN), debit dan panjang pipa yang berbeda. Kajian analisis sensitivitas perubahan variabel debit pengaliran berdasarkan proyeksi peningkatan debit dilakukan pada tiga kelas pipa yaitu PN. 6,3, PN. 8 dan PN. 10. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelas pipa PN. 8 lebih optimal pada trase pipa menengah dan panjang sedangkan kelas pipa PN. 6,3 lebih optimal pada trase pipa pendek dengan rentang pengaliran secara gravitasi yang lebih luas.

**Kata Kunci:** Analisa Hidrolika; Pipa Polietilena; Pressure Nominal.

## PENDAHULUAN

Jaringan Perpipaan merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum yang disalurkan kepada pelanggan melalui sistem perpipaan. Pipa transmisi mengalirkan air baku dari bangunan pengambilan menuju sarana pengolahan/unit produksi. Salah satu material pipa yang digunakan adalah pipa polietilena massa jenis tinggi atau high density polyethylene (HDPE). Pemasangan pipa transmisi ditanam dalam tanah dengan lebar dan kedalaman galian disesuaikan dengan diameter pipa dan kondisi tanah pada jalur trase transmisi. Panjang dan diameter pipa serta kondisi jalur transmisi menjadi penentu nilai investasi unit air baku. Maka diperlukan perencanaan yang matang dalam menentukan spesifikasi teknis pipa transmisi yang akan digunakan.

Persyaratan pipa polietilena untuk air minum berdasarkan SNI 06-4829-2005 harus memiliki jenis dan klasifikasi bahan dengan syarat kekuatan minimum/minimum required strength (MRS) sebesar 10 MPa (PE 100) yang diuji dalam bentuk pipa pada suhu 20°C

dengan masa uji setara dengan periode 50 tahun. Maka material pipa HDPE yang digunakan secara teknis memiliki usia layan hingga 50 tahun bila digunakan dalam kondisi normal.

Dengan usia layan pipa HDPE yang cukup panjang maka untuk mengoptimalkan penggunaan pipa HDPE perlu dilakukan analisis mendalam terhadap parameter-parameter perencanaan meliputi debit rencana, kecepatan aliran, kelas pipa dan sistem transmisi agar terpenuhi faktor kelayakan baik dari segi teknis maupun biaya.

Pada penelitian ini dilakukan kajian kelayakan teknis pipa HDPE pada jaringan pipa berdasarkan kelas pipa.

Tujuan yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah kelayakan teknis usia layan pipa HDPE pada sistem transmisi air baku dengan melakukan analisis pemilihan kelas pipa pada diameter pipa yang sama dan pada beberapa rentang debit.

## KAJIAN PUSTAKA

### Jaringan Pipa

Sistem perpipaan yang digunakan tergantung topografi dari wilayahnya, dan dapat dilakukan secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi (Peavy, 1985). Kriteria perencanaan yang ditentukan pada perencanaan pipa transmisi adalah :

1. Kualitas pipa berdasarkan tekanan yang direncanakan
2. Jaringan pipa didisain pada jalur yang ditentukan dan digambar sesuai dengan zona pelayan
3. Kecepatan minimum 0.30 m/det.
4. Kecepatan maksimum 3.00 m/det.
5. Tekanan minimum 10 m.
6. Tekanan maksimum untuk PE 100 124 m.

### Pipa HDPE (High Density Polyethylene)

Pipa HDPE atau high density polyethylene adalah pipa plastik bertekanan yang banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas rumah tangga. Bahan dasarnya adalah polymer minyak bumi, yaitu polyethylene (PE). Khusus untuk pemakaian air minum digunakan pipa HDPE PE 100.

### Analisa Hidrolika

#### a. Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

#### b. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Kehilangan tinggi tekan mayor dalam kajian ini dihitung dengan persamaan Hazen-Williams (Priyantoro 1991: 21):

$$Q = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (1)$$

$$V = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2)$$

Dengan:

- V = Kecepatan Aliran pada Pipa
- $C_{hw}$  = Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams*
- A = Luas Penampang Aliran (m<sup>2</sup>)
- Q = Debit Aliran pada Pipa (m<sup>3</sup>/det)
- S = Kemiringan Hidraulik  
=  $h_f/L$
- R = Jari-Jari Hidrolis (m)  
=  $D/4$

Untuk  $Q = V/A$ , didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* sebesar (Webber 1971: 121):

$$h_f = k \cdot Q^{1.85} \quad (3)$$

$$k = \frac{10,67L}{C_{hw}^{1.85} \cdot D^{4.87}} \quad (4)$$

Dengan:

- $H_f$  = Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (m)
- D = Diameter Pipa (m)
- k = Koefisien Karakteristik Pipa
- L = Panjang Pipa (m)
- Q = Debit Aliran pada Pipa (m<sup>3</sup>/det)
- $C_{hw}$  = Koefisien Kekasaran *Hazen-Williams*

Penentuan diameter teoritik pipa dapat dihitung dari persamaan kontinuitas aliran sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (5)$$

Dengan:

- D = Diameter Pipa (m)
- Q = Debit Aliran pada Pipa (m<sup>3</sup>/det)
- $\mu$  = Konstanta Perbandingan Keliling Lingkaran dengan Diameternya
- V = Kecepatan Aliran pada Pipa

### c. Pompa

Pompa digunakan untuk menaikkan atau memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi. Pemompaan didefinisikan sebagai penambahan energi untuk memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi atau dari tekanan rendah ke tekanan tinggi (Indra Moelyowati,1992). Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan berdasarkan kondisi instalasi yang akan dilayani pompa. Perhitungan head total pompa dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Sularso, 2000:28):

$$H = h_f + h_{tm} + Zb + \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Dengan:

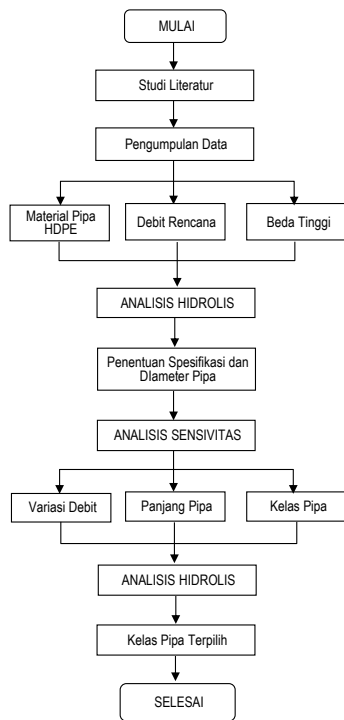
- H = Head Total Pompa (m)
- $h_f$  = Kehilangan Tinggi Tekan/*Major Losses* (m)
- $h_{tm}$  = Kehilangan Tinggi Tekan/*Minor Losses* (m)
- $Z_h$  = Perbedaan Tinggi Muka Air di Sisi Keluar dan Sisi Hisap (*Static Head*)
- $V^2/2g$  = Head Kecepatan Keluar (m)

*Head statis total* adalah perbedaan elevasi antara level zat cair *discharge* dan level zat cair *suction* atau pertambahan *static suction head* dan *static discharge head*.

- *Static suction head* ( $h_s$ ) adalah perbedaan elevasi antara level zat cair *suction* dan pusat pompa.
- *Static discharge head* ( $h_d$ ) adalah perbedaan elevasi antara level zat cair *discharge* dan pusat pompa.

## METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir metodologi penelitian adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Penelitian Kelayakan Teknis Pipa

**Data Penelitian**

Pada penelitian ini direncanakan analisis hidrolika pada sebuah jalur pipa dengan data teknis sebagai berikut:

- Material pipa : HDPE PE 100
- Kelas pipa (PN) : 6,3 , 8 dan 10
- Panjang pipa : 1000 m
- Diameter pipa : 500 mm / 20"
- Debit : 150 liter/detik
- Head topografi : -10,00 m
- Kecepatan aliran : 0,6 – 3,0 m/detik

Dalam analisis hidrolika dilakukan simulasi proyeksi kenaikan debit sebesar 1% setiap tahun selama masa usia layan teoritis pipa HDPE yaitu 50 tahun. Penambahan debit akan meningkatkan kecepatan aliran dan tekanan kerja dalam pipa dan pada periode tertentu menyebabkan operasi pengaliran tidak lagi dapat dilakukan secara gravitasi dan harus menggunakan pompa. Pada simulasi lanjutan hingga akhir masa layan pipa akan di lakukan pendataan respon dari peningkatan debit terhadap kuat layan pipa (kelas pipa/PN).

Guna memperdalam analisis maka pada simulasi dipertimbangkan variasi proyeksi kenaikan debit dari 1% hingga 3%.

Metoda matematis yang digunakan untuk memproyeksikan kenaikan debit adalah metode Geometri. Metode ini menformulasikan model peningkatan debit yang berubah secara proporsional dalam beberapa waktu, dengan persamaan sebagai berikut (Anonymous, 2008):

$$P_n = P_o(1 + r)^n \tag{7}$$

Keterangan:

- P<sub>n</sub> = Jumlah Penduduk Tahun ke-n (Jiwa)
- P<sub>o</sub> = Jumlah Penduduk Tahun Dasar (Jiwa)
- R = Laju Pertumbuhan Penduduk (%)
- N = Periode Waktu

Kehilangan tinggi tekan yang diperhitungkan adalah kehilangan tinggi tekan mayor sedangkan kehilangan tinggi tekan minor di abaikan.

**PEMBAHASAN**

**Analisis Hidrolis Pipa Transmisi**

Diameter teoritik ditetapkan menggunakan pipa HDPE diameter 500 mm, dihitung dengan persamaan (7) dengan mengasumsikan kecepatan aliran awal masa layan sebesar 0,6-1,0 m/dt. Perhitungan aliran dalam pipa dilakukan pada 3 (tiga) spesifikasi kelas pipa (pressure nominal, PN), yaitu pipa HDPE PE100 PN 6,3 , 8 dan 10. Tujuannya adalah untuk mengetahui respon masing-masing kelas pipa terhadap proyeksi debit pada masa yang ditentukan. Hasil perhitungan disajikan pada tabel dan gambar berikut:

**Tabel 1.** Kecepatan Aliran dalam Pipa Berdasarkan Debit dan Diameter

Data Teknis	Pipa 1	Pipa 2	Pipa 3
Debit Q	150 l/dt	150 l/dt	150 l/dt
Digunakan diameter pipa Ø (luar)	500 mm	500 mm	500 mm
Kelas Pipa (SDR/PN)	26 /6	21 / 8	17 / 10
Tebal Dinding Pipa (e)	19.23 mm	23.81 mm	29.41 mm
Diameter dalam Pipa	461.54 mm	452.38 mm	441.18 mm
Kecepatan Aliran dalam Pipa (0,6-4,5 m/s)	0.90 m/dt	0.93 m/dt	0.98 m/dt

Sumber: Hasil Analisis

Kenaikan debit diperhitungkan pada variasi peningkatan 1% hingga 3% per tahun selama masa proyeksi.

Simulasi aliran dalam pipa berdasarkan proyeksi debit dan kelas pipa pada diameter pipa 500 mm disajikan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Kecepatan Aliran dalam Pipa Berdasarkan Debit dan Kelas Pipa

Debit (l/dt)	Kelas Pipa (Bar)		
	6.3	8	10
150	0.897	0.933	0.981
275	1.494	1.555	1.635
400	2.092	2.178	2.290
525	2.690	2.800	2.944
650	3.287	3.422	3.598

Sumber: Hasil Analisis

Selanjutnya aliran dalam pipa diameter pipa 500 berdasarkan proyeksi debit dan kelas pipa disimulasikan pada panjang trase pipa 1000 m, 2000 m, 3000 m, 5000 m dan 10.000 m. Pada simulasi ini batas layan kuat tekan pipa (kelas pipa) dan batas pengaliran dalam pipa dengan sistem gravitasi (nilai tekanan negatif) dimasukkan sebagai parameter kajian dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4.** Analisis Hidrolis Jaringan Pipa HDPE PN 6,3

Data Grafik Kurva Head Sistem Kelas Pipa 6,3 (Bar)					
Debit (l/dt)	Panjang Pipa (m)				
	1000	2000	3000	5000	10000
150	-3.496	-2.044	-0.592	2.312	9.573
275	-0.371	4.086	8.543	17.456	39.740
400	4.279	13.193	22.106	39.934	84.503
525	10.370	25.112	39.854	69.337	143.045
650	17.848	39.733	61.618	105.387	214.811

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 5.** Analisis Hidrolis Jaringan Pipa HDPE PN 8

Data Grafik Kurva Head Sistem Kelas Pipa 8 (Bar)					
Debit (l/dt)	Panjang Pipa (m)				
	1000	2000	3000	5000	10000
150	-3.344	-1.744	-0.143	3.058	11.060
275	0.099	5.010	9.922	19.745	44.303
400	5.219	15.043	24.866	44.513	93.632
525	11.927	28.174	44.420	76.913	158.144
650	20.163	44.281	68.400	116.637	237.229

Sumber: Hasil Analisis

**Tabel 6.** Analisis Hidrolis Jaringan Pipa HDPE PN 10

Data Grafik Kurva Head Sistem Kelas Pipa 10 (Bar)					
Debit (l/dt)	Panjang Pipa (m)				
	1000	2000	3000	5000	10000
150	-3.131	-1.324	0.484	4.098	13.135
275	0.753	6.300	11.847	22.941	50.675
400	6.531	17.625	28.719	50.908	106.378
525	14.100	32.448	50.795	87.491	179.228
650	23.392	50.630	77.868	132.343	268.532

Sumber: Hasil Analisis

Analisis parameter hidrolis aliran dalam pipa berdasarkan kelas pipa, simulasi debit dan panjang pipa disajikan sebagai berikut:

**Tabel 7.** Parameter Grafik Kapasitas Operasi Pipa Transmisi dan Proyeksi Air Baku

No.	Parameter	Kelas Kuat Tekan Pipa (PN, Bar)			
		6.3	8	10	
1	2	3	4	5	
1	Masa Proyeksi (tahun)	50	50	50	
2	Kecepatan Aliran, V	Min.	0.90	0.93	0.98
		Maks.	3.29	3.42	3.60

No.	Parameter	Kelas Kuat Tekan Pipa (PN, Bar)			
		6.3	8	10	
1	2	3	4	5	
	(m/det)				
		1000	17.85	20.16	23.39
	Batas Atas	2000	39.73	44.28	50.63
3	Operasi (Kuat Tekan, m) pada Panjang Trase Pipa (m)	3000	39.85	68.40	77.87
		5000	39.93	76.91	87.49
		10000	39.74	44.30	50.68
		Min.	17.85	20.16	23.39
		Maks	39.93	76.91	87.49
		Rata-Rata	35.42	50.81	58.01
		1000	28.33	25.20	23.39
4	Perbandingan Batas Atas Operasi (Kuat Tekan, m) Terhadap Kelas Pipa, %	2000	63.07	55.35	50.63
		3000	63.26	85.50	77.87
		5000	63.39	96.14	87.49
		10000	63.08	55.38	50.68
		Min.	28.33	25.20	23.39
		Maks.	63.39	96.14	87.49
	Rata-Rata	56.23	63.51	58.01	

Interpretasi simulasi hubungan kelas kuat tekan pipa terhadap proyeksi debit dan panjang trase adalah sebagai berikut:

- Pipa PN. 6,3 memiliki rentang layanan pengaliran secara gravitasi yang lebih luas yaitu untuk debit 150 liter/detik pada trase pipa 1.000 m, 2.000 m, dan 3.000 m serta untuk debit 275 liter/detik pada trase pipa 1.000 m.
- Pipa PN. 6,3 memiliki keterbatasan masa layan pada trase pipa pendek, menengah dan panjang karena head sistem lebih tinggi dari kuat tekan pipa yaitu untuk debit 650 liter/detik pada trase pipa 3.000 m, debit 525 liter/detik pada trase pipa 5.000 m, dan debit 400 liter/detik pada trase pipa 10.000 m.
- Pipa PN. 6,3 memiliki batas bawah kuat tekan operasi 17,85 m dan batas atas 39,74 m dengan rata-rata kuat tekan operasi 35,42 m.
- Pipa PN. 8 memiliki rentang layanan pengaliran secara gravitasi hanya untuk debit 150 liter/detik pada trase pipa 1.000 m, 2.000 m, dan 3.000 m.
- Pipa PN. 8 memiliki keterbatasan masa layan pada trase pipa menengah dan panjang karena head sistem lebih tinggi dari kuat tekan pipa yaitu untuk debit 650 liter/detik pada trase pipa 5.000 m, debit 525 liter/detik dan debit 400 liter/detik pada trase pipa 10.000 m.
- Pipa PN. 8 memiliki batas bawah kuat tekan operasi 20,16 m dan batas atas 76,91 m dengan rata-rata kuat tekan operasi 50,81 m.
- Pipa PN. 10 memiliki rentang layanan pengaliran secara gravitasi hanya untuk debit 150 liter/detik pada trase pipa 1.000 m, dan 2.000 m.
- Pipa PN. 10 memiliki keterbatasan masa layan pada trase pipa menengah dan panjang karena head sistem lebih tinggi dari kuat tekan pipa yaitu untuk debit 650 liter/detik pada trase pipa 5.000 m, debit 525 liter/detik dan debit 400 liter/detik pada trase pipa 10.000 m.

- i. Pipa PN. 10 memiliki batas bawah kuat tekan operasi 23,39 m dan batas atas 87,49 m dengan rata-rata kuat tekan operasi 58,01 m.
- j. Rata-rata perbandingan batas atas kuat tekan operasi pipa (m) terhadap kelas pipa menunjukkan bahwa kelas pipa (PN) 8 memiliki prosentase tertinggi yaitu 63,51% diikuti kelas pipa (PN) 10 sebesar 58,01% dan kelas pipa (PN) 6,3 sebesar 56,23%.

#### KESIMPULAN

Analisis kelayakan teknis pada pipa HDPE PN. 6,3, PN. 8 dan PN. 10 dilakukan melalui simulasi hidrolis pengaliran debit pada panjang trase pipa 1.000 m, 2.000 m, 3.000 m, 5.000 m dan 10.000 m maka disimpulkan:

1. Pipa PN. 6,3 memiliki rasio batas atas operasi yang lebih tinggi dibandingkan pipa PN.8 dan PN.10 pada trase pipa 1.000 m dan 2.000 m, sehingga lebih optimal digunakan pada trase pipa pendek terutama pada kapasitas debit rendah dimana masih dapat dilakukan sistem pengaliran secara gravitasi.
2. Pipa PN. 8 dan PN. 10 memiliki parameter kondisi hidrolis yang hampir serupa namun pipa PN. 8 unggul pada rentang sistem pengaliran secara gravitasi.
3. Pipa PN. 8 memiliki rasio batas atas operasi yang lebih tinggi dibandingkan pipa PN.6,3 dan PN.10 pada trase pipa 3.000 m, 5.000 m dan 10.000 m, sehingga lebih optimal digunakan pada trase pipa menengah dan panjang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.(2005), Pd-T-09-2005 C, Jakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, (2002), Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual. Bagian : 6. Edisi Pertama, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia.(2012), SNI 7829 : 2012, Jakarta
- Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia (1998). Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual.Jakarta
- Linsley, Ray K, dan Yoseph B. Franzini. (1996). Teknik Sumber Daya Air. Jilid I. Erlangga, Jakarta.
- Moelyowati,I., Pemilihan dan Pemanfaatan Pompa Dalam Aplikasi di Bidang Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.
- Peavy, Howard S et.al. (1985). Environmental Engineering. McGraw-Hill. Singapura
- Risdiyanto, Harliansyah (2019), Pemilihan Diameter Pipa Untuk Optimasi Usia Layan Pipa HDPE Dalam Perencanaan Sistem Transmisi Air Baku Intake Linuh Di Kabupaten Tapin, Prosiding Fintek I 2021, www.intakindojatim.org/prosidingfintek.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Priyantoro, Dwi. (1991). Hidraulika Saluran Tertutup. Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, Malang.
- Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman, dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018), Pelaksanaan Pekerjaan Perpipaan Pembangunan SPAM. Bandung
- Sularso dan Tahara,Haruo.(2000). Pompa dan Kompresor. Pradnya Paramita : Jakarta
- Triatmodjo, Bambang. (1995). Hidraulika II. Beta Offset.Yogyakarta
- Webber, N. B. (1971). Fluid Mechanics For Civil Engineering, S.I Edition. Chapman and Hall Ltd., London.