

PERENCANAAN PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI HDPE Ø 300 MM CROSSING REL KERETA API DI JL. RA KARTINI KOTA CIREBON DENGAN METODE JACKING SYSTEM

Lia Amaliah¹, Yuriska Nur Larasati², Nono Carsono³.

Program Studi Teknik Sipil - Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon^{1,2,3}

Email: liaamaliah92@gmail.com¹, larasatiyuriska06@gmail.com²,
nonocrs74@gmail.com

Abstrak

Pemasangan pipa distribusi HDPE Ø 300 mm crossing rel kereta api di Jl. RA Kartini Kota Cirebon dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kapasitas dan menjaga kontinuitas pelayanan air bersih, menertibkan jaringan perpipaan, serta meningkatkan tekanan dan supply air ke wilayah Pesisir dan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aspek keamanan konstruksi pemasangan pipa distribusi HDPE Ø 300 mm dengan metode *Jacking System* serta mengetahui efektifitas dari perencanaan pemasangan pipa distribusi tersebut dengan melakukan analisis hidrolis. Metode pelaksanaan pemasangan pipa yang digunakan oleh Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon adalah metode jacking system untuk pipa sepanjang 48,70 m sesuai dengan hasil kajian optimalisasi jaringan distribusi Kota Cirebon tahun 2019 menggunakan program aplikasi EPANET. Hasil analisis distribusi beban di atas rel kereta api yang akan bekerja pada pipa beton yaitu beban merata pada lapisan tanah asal $\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$ dan beton K-500 memiliki kekuatan tekan beton sebesar 500 kg/cm^2 atau $f_c 41,50 \text{ mpa}$ atau 4.900 N/cm^2 sehingga pipa beton K-500 Ø 450 mm crossing rel kereta api Jl. Kartini Kota Cirebon dapat menahan pembebanan yang bekerja pada pipa beton tersebut berupa beban mati/statik dan beban hidup/dinamis (beban vertikal) dan beban horizontal. Hasil analisis hidrolis pada jam puncak menunjukkan bahwa pemasangan pipa baru HDPE dengan ukuran Ø 300 mm di Jalan Kartini dari Crossing Rel Kereta Api Sampai Dengan Jl. Veteran Sisingamangaraja Sepanjang 873 Meter meningkatkan sisa tekan di kawasan Wilayah Pusat Pelelangan Ikan Pesisir. Dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa metode Jacking System untuk pemasangan pipa distribusi HDPE Ø 300 mm *crossing* rel kereta api di Jl. RA Kartini Kota Cirebon memenuhi aspek keamanan konstruksi serta dapat meningkatkan pelayanan berdasarkan analisis hidrolis yang dilakukan.

Kata kunci: analisis hidrolis; distribusi beban di atas rel; metode jacking system; pipa distribusi; supply air.

Abstract

The distribution pipe HDPE Ø 300 mm crossing the railway in RA Kartini Cirebon City done to improve its capacity and maintaining continuity of water service, curb pipeline, and increasing pressure and supply water to coastal and surrounding

areas. This research aims to review security aspects of construction distribution pipeline HDPE Ø 300 mm by method Jacking System and knows the effectiveness of planning the fitting pipes distribution with an analysis hydraulic. A method of execution the pipe used by Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon is jacking system method for pipe along 48,70 m in accordance with the results of the study on the optimizing distribution network of Cirebon City in 2019 at use EPANET application program. The analysis of the distribution of the burden on the tracks a train that will work on concrete pipe which is a burden evenly on the land of origin $\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$ dan beton K-500 having the power of concrete press 500 kg/cm^2 atau $f_c 41,50 \text{ mpa}$ atau 4.900 N/cm^2 so a pipe concrete K-500 Ø 450 mm crossing the railway in RA Kartini Cirebon City could hold imposition who worked on the concrete pipe namely the burden die/static and dynamic (the load vertical) and load horizontal. The analysis shows that hidrolis at the top of the fitting pipes HDPE Ø 300 mm in Kartini from crossing the railway to Veteran Sisingamangaraja along 873 m increase the pressure in the coastal region of Central Fish Auction.

Keywords: *hidrolis analysis; distribution of the burden on the rail track; a method of jacking; system; distribution pipe; water supply.*

Pendahuluan

Kebutuhan air adalah banyaknya jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri, penggelontoran kota dan lain-lain. Prioritas kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik, industri, pelayanan umum dan kebutuhan air untuk mengganti kebocoran ([Asta](#), 2018).

Dalam usaha memenuhi kebutuhan akan air bersih, jaringan distribusi merupakan hal yang sangat penting ([Zamzami](#), Azmeri, & Syamsidik, 2018). Karena jaringan distribusi inilah yang menyalurkan air dari instalasi pengolahan air menuju ke masyarakat. Sistem jaringan distribusi yang digunakan dapat menggunakan sistem jaringan perpipaan ([Damanhuri](#), 1989).

Saat ini dalam pelaksanaan tugas di wilayah kerjanya yaitu Kota Cirebon khususnya di Wilayah Pusat Pelelangan Ikan Pesisir, Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon belum dapat memberikan pelayanan penyediaan air bersih secara optimal karena belum dapat menyalurkan air secara kontinyu selama 24 jam walaupun saat ini sudah terdapat pipa *existing* PVC Ø 250 mm tahun 1982 dari Jalan Kartini sampai dengan Jalan Cemara dan PVC Ø 200 mm tahun 1982 dari Jalan Cemara sampai dengan Pusat Pelelangan Ikan Pesisir sebagai *supply* air ke wilayah tersebut. Hal tersebut dikarenakan bahwa pada saat jam puncak wilayah pelayanan utara memiliki sisa tekan sebesar $< 0,5$ bar, Sisa tekan yang tidak mencukupi dapat diartikan sebagai gagalnya sistem distribusi karena wilayah dengan sisa tekan minim atau bahkan negatif tidak akan teraliri air ([Handayani](#), 2005).

Oleh karena itu, untuk meningkatkan tekanan dan supply air sebagai upaya menjaga kontinuitas pelayanan air bersih ke wilayah Pusat Pelelangan Ikan Pesisir, maka Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon perlu melakukan pemasangan

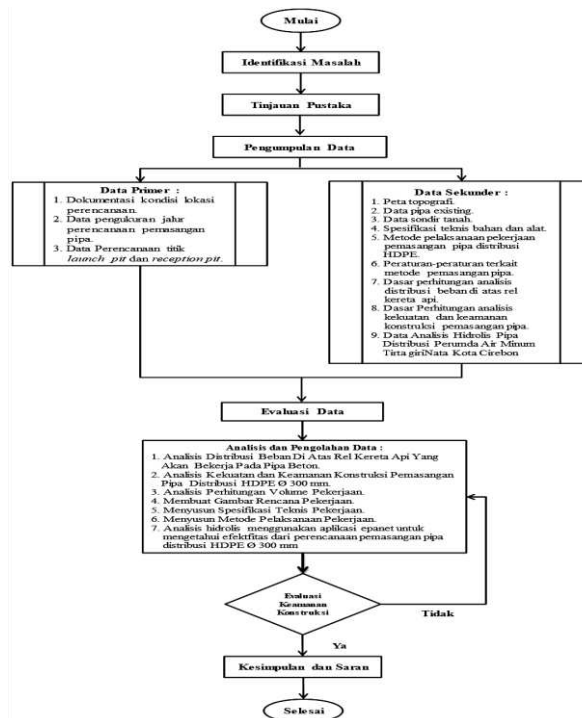
pipa baru dengan ukuran ϕ 300 mm untuk membantu pipa PVC yang sudah lama sesuai dengan hasil kajian optimalisasi jaringan distribusi Kota Cirebon tahun 2019 menggunakan program aplikasi EPANET dan juga melihat total angka kebutuhan air di wilayah pesisir adalah sebesar 24,28 liter/detik untuk tahun rencana 2030. Pipa baru ini akan direncanakan menggunakan bahan *Polythylene* (PE) / PE-100 (HDPE/*High-density polyethylene*).

Pada jalur rencana pemasangan pipa baru, yaitu pada Jalan Kartini terdapat utilitas rel kereta api yang mana menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM. 36 Tahun 2011 pada pasal 10 menegaskan bahwa “Persinggungan bangunan dengan jalur kereta api dapat dilakukan di luar ruang manfaat jalur kereta api dengan ketentuan tidak mengganggu keselamatan dan keamanan pengoperasian kereta api”, sehingga metode pemasangan pipa akan direncanakan menggunakan metode *jacking system*.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan adalah mengenai studi kelayakan pemasangan pipa jaringan gas menembus rel kereta api untuk mengantisipasi kejadian pipa retak, rusak atau bocor dengan menganalisa tegangan yang terjadi pada pipa sehingga aman untuk *lifetime* yang ditentukan ([Nuryono](#), 2016). Sedangkan belum ada penelitian mengenai pemasangan pipa air minum yang melintas (*crossing*) rel kereta api dengan metode Jacking System khususnya di Kota Cirebon dengan jenis tanah dan kondisi lingkungan yang berbeda seperti pada penelitian ini.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis mengadakan penelitian di Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon, yaitu di Jalan RA Kartini, Kelurahan Kejaksan, Kecamatan Kejaksan, Kota Cirebon. Metode analisa dan pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada perhitungan beban yang bekerja pada struktur badan jalan, spesifikasi teknis perpipaan yang digunakan serta hasil simulasi jaringan perpipaan dengan menggunakan Program Epanet.



Gambar 1 Bagas Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Analisis Distribusi Beban di Atas Rel Kereta Api Yang Akan Bekerja Pada Pipa Beton

Perencanaan pemasangan pipa distribusi HDPE Ø 300 mm dilakukan di Jl. RA Kartini Kota Cirebon dengan melintasi jalur kereta api / *crossing* rel kereta api pada lokasi KM. 219 + $\frac{3}{4}$ antara Stasiun Kejaksan – Stasiun Prujakan Lintas Cirebon – Tegal di wilayah Balai Teknik Perkeretaapian Wilayah Jawa Barat dengan metode *jacking system*, sehingga diperlukan adanya analisis distribusi beban di atas rel kereta api yang akan bekerja pada pipa beton/selongsong pipa distribusi (Susanto & Muthohar, 2015).

Tahapan perhitungan Analisis Distribusi Beban Kereta Api adalah sebagai berikut :

1. Analisis Beban Mati /Statis (D_L) terdiri dari Beban Rel (W_r) + Beban Bantalan (W_b)

- a. Beban Rel Kereta Api

Berat rel per batang tipe R54 = 0,535 kN/m,

Berat rel 4 batang rel kereta tipe R54

$$= 4 \times 0,535 \text{ kN/m} = 2,14 \text{ kN/m.}$$

Jarak antar bantalan rel 60 cm atau 60% beban,

$$\text{Jadi Beban rel } (W_r) = 60\% \times 2,14 \text{ kN/m} \\ = 1,28 \text{ kN/m.}$$

- b. Beban bantalan balok rel kereta api

Berat bantalan balok rel beton (W_b)

$$= 200 \text{ kg/bh}$$

$$= 200 \times 0,0098 = 1,96 \text{ kN/bh.}$$

Sehingga Beban Mati menjadi

$$D_L = W_r + W_b \\ = 1,28 + 1,96 = 3,24 \text{ kN/m}$$

2. Analisis Beban Aksial yang Bekerja pada Struktur Badan Jalan Rel Kereta Api

Beban aksial kereta yang bekerja pada struktur badan jalan rel dihitung menggunakan beban gandar maksimum :

a. Berat Lokomotif (W_{lc})

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum yang diijinkan **$P_s = 18 \text{ ton}$** . sarana perkeretaapian yang paling terberat adalah lokomotif.

b. Faktor Dinamis (DAF)

Faktor ini diambil dengan asumsi kecepatan maksimum kereta berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 = 120 km/jam

Dengan safety 25 % lebih tinggi dari kecepatan maksimum = 150 km/jam.

Sehingga Faktor Dinamis (DAF) dihitung menggunakan persamaan 2 :

$$DAF = 1 + t \cdot \phi \left(\frac{1+(v-60)}{140} \right) \\ DAF = 1 + t \cdot \phi \left(\frac{1+(v-60)}{140} \right) \\ = 1 + 3 \times 0,2 \left(\frac{1+(150-60)}{140} \right) \\ = 1,9857 = 1,99$$

c. Beban Dinamis = Berat Dinamis x Faktor Dinamis dihitung menggunakan persamaan 3 :

$$P_d = P_s \times DAF \\ = (18 \text{ ton}) \times 1,99 \\ = 18.000 \text{ kg} \times 1,99 \\ = 35.820 \text{ kg} \\ = 35.820 \times 0,0098 \\ = 351,27 \text{ kN}$$

d. **Distribusi beban aksial** pada balas menurut **Profilidis** dan berdasarkan kombinasi pembebanan didapat **beban maksimum (beban yang berada pada balas tepat di bawah roda) 54%** pada satu titik pusat balas atau :

$$L_L = 54\% \times 351,27 \text{ kN} \\ = 189,69 \text{ kN}$$

3. Analisis Beban yang Bekerja pada Tanah Dasar di Bawah Lapisan Balas :

a. Analisis Tekanan Kontak Rerata pada Balas dengan Metode Distribusi Beban Terhadap Penampang Bantalan dihitung menggunakan persamaan 4 :

$$P_a = \frac{((\text{Beban Mati } (D_L) + \text{Beban Hidup } (L_L))}{A \text{ bantalan}} \\ = \frac{(W \text{ kereta} + W \text{ rel} + W \text{ bantalan})}{A \text{ bantalan}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{((W_r + W_b) + LL)}{(2 \times A)} \\
 &= \frac{(1,28 + 1,96 + 189,69) \text{ kN/m}}{(2,00 \text{ m} \times 0,253 \text{ m})} \\
 &= 381,28 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 381,28 : 10 \\
 &= 38,128 \text{ N/cm}^2
 \end{aligned}$$

- b. Tekanan Kontak Rerata Maksimum pada Balas

Beban maksimum pada balas menurut Persamaan 4 sebesar $\sigma_1 = 38,128 \text{ N/cm}^2$

4. Analisis Distribusi Beban yang Bekerja pada Tanah Dasar di Bawah Balas.

Berdasarkan data di lapangan, tebal balas atas sebesar 30 cm dan balas bawah sebesar 35 cm. Material penyusun balas atas mempunyai modulus elastisitas sebesar 250 kg/cm^2 , material penyusun balas bawah mempunyai modulus elastisitas sebesar 125 kg/cm^2 , sedangkan tanah dasar berupa lempung sedang yang mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 90 Kg/cm^2 (Putra, 2017). Ketebalan balas yang digunakan untuk perhitungan tekanan pada tanah dasar dikonversikan menggunakan Persamaan 8 berikut.

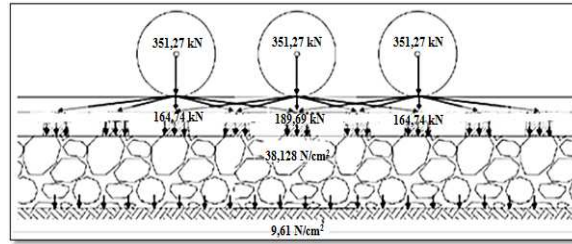
$$\begin{aligned}
 H_e &= 0,9 \cdot \left(H_{\text{balas atas}} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{\text{balas atas}}}{E_{\text{tanah dasar}}}} + H_{\text{balas bawah}} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{\text{balas bawah}}}{E_{\text{tanah dasar}}}} \right) \\
 H_e &= 0,9 \cdot \left(30 \cdot \sqrt[3]{\frac{250}{90}} + 35 \cdot \sqrt[3]{\frac{125}{90}} \right) = 73,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Nilai $H_e = 73,1 \text{ cm}$ digunakan sebagai tebal balas ekuivalen pada penelitian ini.

Memperhitungkan tekanan yang bekerja pada tanah dasar menggunakan metode analisis *the American Railroad Engineering Association* (AREA) (1974) dan *Talbot* (1918) seperti pada Persamaan 13.

$$\begin{aligned}
 \sigma_2 &= \frac{53,87 \times \sigma_1}{d^{1,25}} \\
 \sigma_2 &= \frac{53,87 \times \sigma_1}{d^{1,25}} \\
 &= \frac{53,87 \times 38,128 \text{ N/cm}^2}{(73,1 \text{ cm})^{1,25}} \\
 &= 9,61 \text{ N/cm}^2 \\
 &= 9,61 \times 0,101972 \\
 &= 0,98 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai tekanan pada tanah dasar dengan tebal balas ekuivalen $73,1 \text{ cm}$ berdasarkan metode analisis *the American Railroad Engineering Association* (AREA) (1974) dan *Talbot* (1918) sebesar $\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$. Pemodelan dengan Slope/W menggunakan nilai maksimum sebesar $\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$ (Salilama, 2018).



Gambar 2 Diagram Beban Dinamis Kereta Api Terhadap Bantalan, Balas dan Tanah Dasar

5. Analisis kekuatan Tanah dan Kekuatan Pipa *Jacking* Beton Bertulang

Pada perencanaan akan digunakan selongsong beton bertulang Mutu Beton K-500 pada kedalaman 4,0 m (berdasarkan sondir test, tanah keras berada pada kedalaman 4,0 m) dari lapisan atas tanah asli. Baja tulangan Pipa *Jacking* Beton Bertulang adalah *cold rolled wire* (CRW) dengan mutu baja tulangan adalah tegangan leleh $> 4500 \text{ kg/cm}^2$ dan tegangan tarik $> 5000 \text{ kg/cm}^2$. *Crack load* dari pipa *jacking* adalah 4300 kg/m^2 , *ultimate load* dari pipa *jacking* adalah 6500 kg/m^2 , dan *axial load* dari pipa *jacking* adalah 107 ton ([Armanto & Indarjanto](#), 2016).

- a. Beton K-500 memiliki kekuatan tekan beton sebesar 500 kg/cm^2 atau $f_c 41,50 \text{ mpa}$.
 $500 \text{ kg/cm}^2 = 500 \times 9,8 \text{ N/cm}^2 = 4.900 \text{ N/cm}^2$

Beban merata pada lapisan tanah asal hanya

$$\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$$

$$9,61 \text{ N/cm}^2 \leq 4.900 \text{ N/cm}^2 \text{ atau}$$

$$0,98 \text{ Kg/cm}^2 \leq 500 \text{ kg/cm}^2 \text{ \{ sangat aman \}}$$

- b. $\sigma_2 = 9,61 \text{ N/cm}^2 = 0,98 \text{ Kg/cm}^2$

$$\sigma_{\text{Ijin Beton}} = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{107.000 \text{ Kg}}{2677,29 \text{ Cm}^2}$$

$$= 39,97 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 < \sigma_{\text{Ijin Beton}} = 0,98 \text{ Kg/cm}^2 < 39,97 \text{ Kg/cm}^2 \text{ \{ sangat aman \}}$$

Pekerjaan Ruang Kerja *Starting Pit* dan *Arriving Pit Jacking*, serta Pasang Turap Galian

Pekerjaan galian tanah merupakan pekerjaan yang harus dilakukan sesuai dengan spek teknis untuk ruang kerja *borring* dan ruang penerima *borring* jalur pipa $\varnothing$ 300 mm. Kedalaman galian tanah disesuaikan dengan standar galian pipa $\varnothing$ 300 mm dengan ketentuan sebagai berikut :

- Galian untuk Ruang Kerja *Starting Pit Jacking* memiliki panjang 7 m, lebar 3 m dan dalam 4 m.
- Galian untuk Ruang Kerja *Arriving Pit Jacking* memiliki panjang 3 m, lebar 3 m dan dalam 4 m.

- Untuk keamanan ruang pit akan dilakukan pemasangan turap menggunakan Turap jenis PC Flat Sheet Pile ukuran 50 x 32 cm dan kayu balau 6/15. Lantai kerjanya juga akan di pasang beton tumbuk 1 : 3 : 5.
- Galian untuk Ruang *interconnect* pipa yang dilakukan dengan metode *open cut* memiliki panjang 18 m dan 9 m, lebar 0,8 m dan dalam 1,4 m.

Pemasangan turap galian adalah agar tanah galian di ruang kerja *starting pit jacking* dan ruang kerja *arriving pit jacking* tidak terjadi keruntuhan karena dalamnya galian tanah pada ruang kerja *starting pit jacking* dan ruang kerja *arriving pit jacking*. Untuk keamanan ruang pit akan dilakukan pemasangan turap menggunakan Turap jenis PC Flat Sheet Pile ukuran 50 x 32 cm dan kayu balau 6/15. Lantai kerjanya juga akan di pasang beton tumbuk 1 : 3 : 5. Berikut adalah perhitungan mengenai turap galian yang akan di gunakan dalam perencanaan ini :

1. Hasil Pengukuran

Ketinggian elevasi rencana turap berdasarkan hasil pengukuran sondir tanah keras, dengan data sebagai berikut :

- Elevasi Rencana (hasil pengukuran sondir tanah keras) = 4,00 m

2. Data Tanah

Paramater tanah yang dipergunakan untuk perencanaan, dengan data sebagai berikut :

No.	Parameter	Nilai	Sat.
1	Kadar Air tanah	47,260	(%)
2	Berat jenis tanah (γ_t)	1,710	(ton/m ³)
3	Kohesi (C)	0,121	(ton/m ²)
4	Sudut geser tanah (ϕ_s)	30	($^{\circ}$)

3. Perencanaan Longsoran

a. Dinding Turap *Sheet Pile*

Konstruksi dinding penahan longsoran tanah menggunakan jenis dinding turap kantilever. Asumsi dasar yang dipergunakan untuk merencanakan dinding jenis kantilever seperti tergambar di bawah ini :

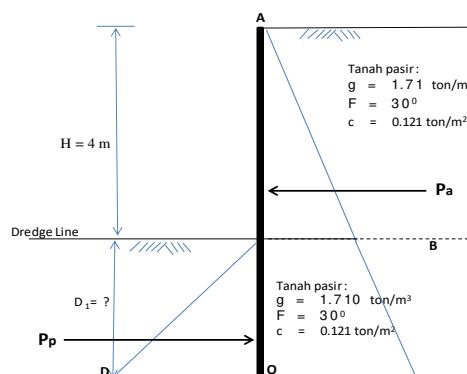


Diagram Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

b. Menghitung Kedalaman Pemancangan Turap (*Sheet Pile*)

Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif untuk tanah di atas galian dan di bawah galian memiliki nilai yang sama karena parameter tanah mempunyai nilai sama;

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \phi / 2) \quad ; \text{ koef. tanah aktif} \\ &= \tan^2 (45 - 30^\circ / 2) \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

Koefisien Tekanan tanah Pasif

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 (45 + \phi / 2) \quad ; \text{ koef. tanah pasif} \\ &= \tan^2 (45 + 30^\circ / 2) \\ &= 2,99 \end{aligned}$$

Tekanan Tanah Aktif = P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k_a \cdot (H+D)^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,710 \cdot 0,33 \cdot (H+D)^2 = 0,28 \cdot (4 + D)^2 \end{aligned}$$

.....(1)

Tekanan Tanah Pasif = P_p

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k_p \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,710 \cdot 2,99 \cdot D^2 = 2,56 \cdot D^2 \end{aligned}$$

.....(2)

Tinjauan momen terhadap titik O

$$H = 4,00 \text{ m}$$

$$D = ? \text{ (dicari)}$$

$$\epsilon_{MO} = 0$$

$$\begin{aligned} &= P_p (1/3D) = P_a \cdot 1/3 (H + D) \quad \text{.....(3)} \\ &= 2,56 D^2 (1/3D) = (1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot H^3 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot H \cdot D^2 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot D^3) \\ &= 2,56 D^2 (1/3D) = (1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^3 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4 \cdot D^2 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^2 \cdot D + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot D^3) \\ &= 0,85 D^3 = (1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^3 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4 \cdot D^2 + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^2 \cdot D + 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot D^3) \\ &= 0,85 \cdot D^3 - (1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^3 - 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4 \cdot D^2 - 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot 4^2 \cdot D - 1/6 \cdot \gamma \cdot K_a \cdot D^3) = 0 \end{aligned}$$

.....(4)

Dengan cara coba-coba (*trial & error*) didapat kedalaman minimum panjang turap yang masuk kedalam tanah yaitu :

$$\epsilon_{MO} = 0,0 \quad ; \text{ dicoba nilai } D = 2,5$$

$$\text{Kedalaman Turap } D = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Dengan menggunakan faktor keamanan} = 1,2 \times D$$

$$\text{Maka Panjang kedalaman Turap} = 3,0 \text{ m}$$

Total panjang turap yang dibutuhkan :

$$4 + 3 = 7,0 \text{ m}$$

c. Menghitung Faktor Keamanan (SF)

Tekanan Tanah Aktif = P_a

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k_a \cdot (H+D)^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,710 \cdot 0,33 \cdot (H+D)^2 \\ &= 0,28 \cdot (4 + D)^2 = 14,14 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

Tekanan Tanah Pasif = P_p

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,710 \cdot 2,99 \cdot D^2 \\ &= 2,56 \cdot D^2 \\ &= 23,77 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

Menghitung Faktor Keamanan (SF)

$$\text{Faktor Keamanan (SF)} = \frac{\epsilon P_p}{\epsilon P_a} \geq 1,2$$

$$\text{SF} = 1,68 \geq 1,2 \quad \dots \text{ok}$$

Momen Maksimum pada ujung turap (M_{maks})

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= P_a \times \frac{1}{3} (H+D) \\ &= 14,14 \cdot \frac{1}{3} (4 + 7) \\ &= 33,22 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

M maksimum (M_{maks}) = Momen Beban (M_{beban}) Untuk kekuatan turap harus dipenuhi $M_{\text{maks}} > \text{Cracking Momen}$

$$\text{Momen Maksimum} = 33,22 \text{ ton.m}$$

$$\text{Cracking Momen} = 13,08 \text{ ton.m}$$

Dipenuhi $M_{\text{maks}} > \text{Cracking Momen}$

$$33,22 > 13,08 \text{ (Turap aman terhadap faktor Cracking)}$$

Dari hasil perhitungan disarankan menggunakan Turap jenis *PC Flat Sheet Pile* dengan ketentuan sebagai berikut :

<i>Size (b x h)</i>	:50 x 32 cm
<i>Type Sheet Pile</i>	:I
<i>Nominal Bending Momen</i>	:35,49 ton.m
<i>Cracking Momen Turap</i>	:13,08 ton.m
<i>Panjang turap</i>	:7,00 m

Size (B x H) (cm)	Type	Normal Bending Moment (kN-m)	Moment Cracking (kN-m)	E.R. Pressure Of Concrete (MPa)
50 X 32	A	5.86	5.15	31.25
	B	12.32	5.82	39.00
	C	14.79	7.48	46.80
	D	15.57	7.99	52.80
	E	19.72	8.81	62.40
	F	22.16	9.48	70.30
	G	25.52	10.66	84.30
	H	31.06	11.88	98.40
50 X 22	I	35.49	13.08	112.40
	A	4.99	3.09	33.50
	B	5.55	3.55	44.80
	C	8.31	4.03	55.00
	D	8.98	4.22	60.20
	E	11.25	4.85	75.40
	F	11.97	5.07	80.20
	G	13.50	5.50	90.40
	H	14.98	5.91	100.30

Notes :

- Concrete Compressive Strength at 28 days is 500 kg/Cm² (Cube test)
- Strand Grade : Uncoated seven wire strands Grade 270 (ASTM A416-99)
- Sheet piles can be custom made to meet client's design criteria

Gambar 3 Gambar Penampang PC Flat Sheet Pile

Pekerjaan Bor Mesin Pipa $\varnothing$ 450 mm (*Pipe Jacking*)/Pekerjaan *Microtunneling* dan *Pipe Jacking*

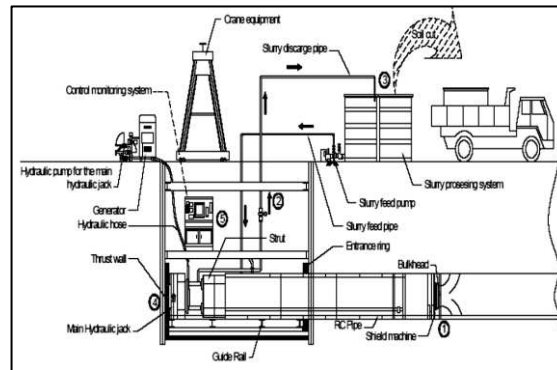
Pipe Jacking adalah suatu teknik dalam pemasangan pipa dengan mendorong pipa pra cetak ke dalam tanah dari sebuah lubang vertikal/pit. Fungsinya untuk melakukan pembangunan yang menggunakan mesin bor serta dikombinasikan dengan teknik *jacking* pipa untuk memasang pipa di bawah tanah dalam sekali *driving*. Pemasangan pipa *cassing* dilaksanakan sebagai pelindung pipa $\varnothing$ 300 mm yang akan dijadikan pipa jaringan. Pipa *cassing* yang dipakai adalah pipa HDPE dengan diameter lebih besar dari pipa jaringan yaitu $\varnothing$ 450 mm.

Langkah kerja pemasangan pipa dengan metode jacking alah sebagai berikut :

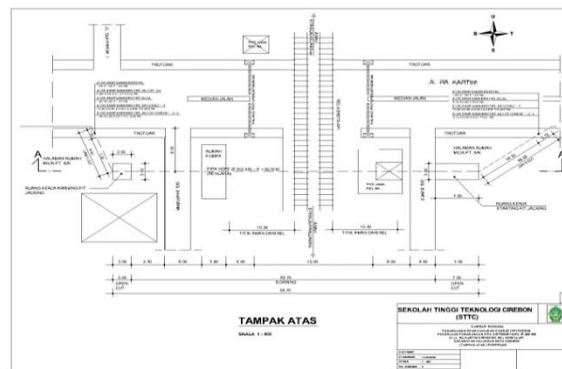
Tipe *jacking* yang digunakan adalah *slurry* karena tipe ini lebih cepat dan lebih tidak merusak struktur di atas (permukaan tanah) lokasi *jacking* dari pada tipe yang lainnya (*Earth Pressure Balance Jacking* and *Tuyure Jacking*). Alur Mekanisme *Jacking* metode *slurry* secara garis besar sebagai berikut :

1. Mesin bor (*shield machine*) pada bagian depan (*bulkhead*) mulai bekerja dengan mengebor tanah. Tanah hasil bor akan masuk ke dalam *shield machine* dan dicampur dengan cairan *slurry* agar larut sehingga dapat dialirkan keluar melalui pipa-pipa *slurry*. Dalam melakukan pemboran, besarnya tekanan *slurry* dalam mesin bor harus disesuaikan dengan tekanan tanah dan air tanah tujuannya agar diperoleh tingkat kestabilan yang cukup dalam melaksanakan pemotongan (pengeboran) tanah.
2. Cairan *slurry* yang bercampur tanah akan dikeluarkan dari *shaft* dengan pompa *slurry* dan dikontrol dengan *valve*. Cairan tanah dan *slurry* akan dialirkan melalui pipa vertikal dan akan dipisahkan kembali sebagai cairan *slurry* dan tanah menggunakan mesin proses *slurry* yang dipasang di luar *shaft*.

3. Cairan *slurry* yang telah dipisahkan tadi kemudian dialirkan kembali ke mesin bor tanah sedangkan tanah hasil pemboran akan ditampung sementara di truk tangki untuk diangkut ke tempat pembuangan bila sudah penuh. Sirkulasi sistem tersebut akan berlangsung selama *jacking* dan membutuhkan alat pengendali berupa *dial* pengukur tekanan, katup-katup dan pompa-pompa.
4. Sementara itu pada saat yang bersamaan *hydraulic jack* akan menekan pipa masuk ke dalam tanah yang telah digali/dibor.
5. Untuk memastikan bahwa kegiatan berlangsung sesuai dengan rencana, maka akan dilakukan pemantauan pada ruang kontrol.
6. Monitoring kelurusan dan kemiringan pipa *jacking*. Kontrol terhadap kelurusan dan kemiringan pipa dilakukan dengan menetapkan mesin *jacking* sebagai target dalam menentukan arah pemboran tanah. Mengetahui apakah arah pemboran sudah tepat dengan menempatkan perlengkapan survey berupa *laser transit* di *departure shaft*. Hasil survey elevasi dan poligonnya harus menjadi acuan dalam melakukan monitoring ini.

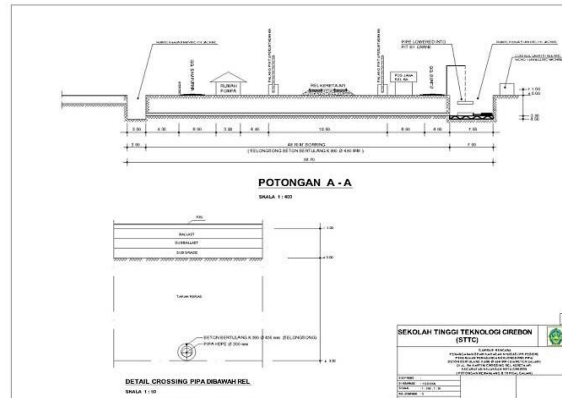


Gambar 4 Ilustrasi Pelaksanaan Jacking Pipa

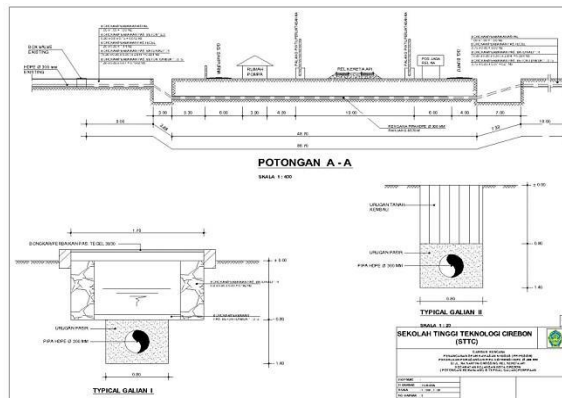


Gambar 5 Gambar Perencanaan Pemasangan Pipa Crossing Rel Kereta Api 1

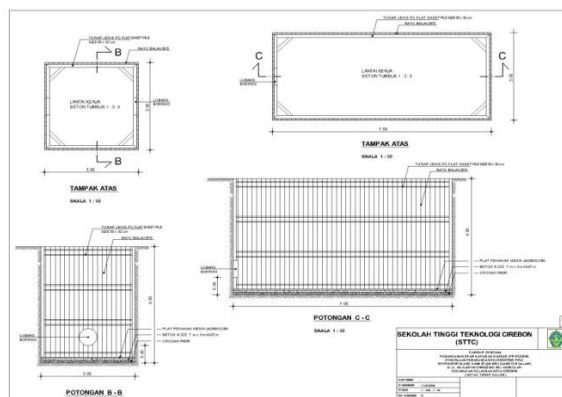
Perencanaan Pemasangan Pipa Distribusi HDPE ϕ 300 mm *Crossing* Rel Kereta Api di
Jl. Ra Kartini Kota Cirebon dengan Metode Jacking System



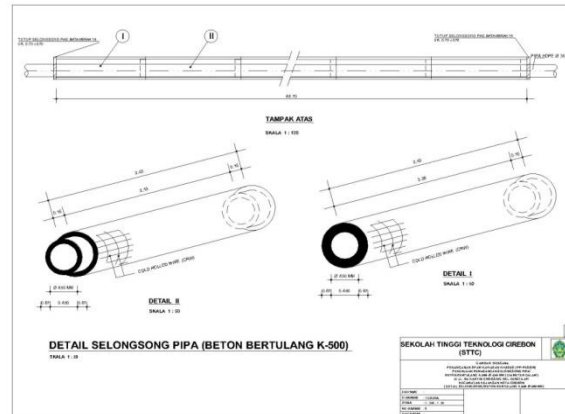
Gambar 6 Gambar Perencanaan Pemasangan Pipa *Crossing* Rel Kereta Api 2



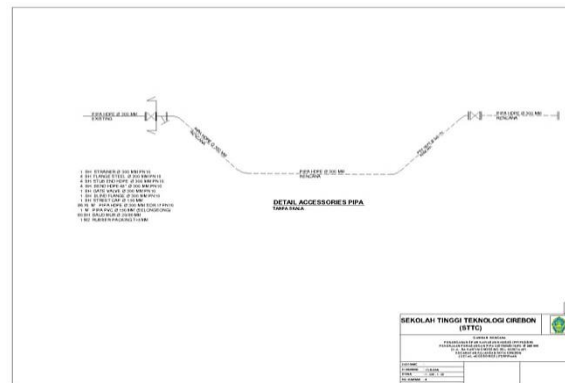
Gambar 7 Gambar Perencanaan Pemasangan Pipa *Crossing* Rel Kereta Api 3



Gambar 8 Ruang Kerja *Starting Pit* dan *Arriving Pit* Jacking



Gambar 9 Pipa Jacking



Gambar 10 Detail Perpipa

Analisis Hidrolis Pemasangan Pipa Distribusi HDPE Ø 300 mm

Simulasi dan analisis hidrolis dengan program EPANET 2.0 terhadap sistem/jaringan distribusi baru yang telah mendapatkan tambahan pemasangan pipa HDPE dengan ukuran Ø 300 mm *Crossing* Rel Kereta Api di Jl. RA Kartini Kota Cirebon ini dilakukan dengan pengaturan/*setting* yang sama dengan analisis hidrolis jaringan *eksisting* Sistem Distribusi Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon, yakni sebagai berikut :

- Kondisi aliran yang dianalisis adalah kondisi aliran pada saat jam puncak karena titik kritis pengaliran air ada pada jam puncak.
- Faktor jam puncak (*peak factor*) yang digunakan adalah 1,5 berdasarkan fluktuasi pemakaian air dari data pembacaan meter induk x 24 jam.
- Tekanan minimum di jaringan adalah 0,7 bar.
- Debit rata-rata yang digunakan dalam analisis hidrolis adalah debit rata-rata selama Tahun 2018, sebesar 785,89 l/detik.
- Bukaan *valve* dan pompa *booster on* sesuai dengan pengaturan jaringan *eksisting*.
- Debit yang masuk ke dalam jaringan pada jam puncak sebesar 864,48 l/detik.
- EPANET mengasumsikan bahwa volume reservoir distribusi selalu dalam kondisi ideal atau mencukupi.

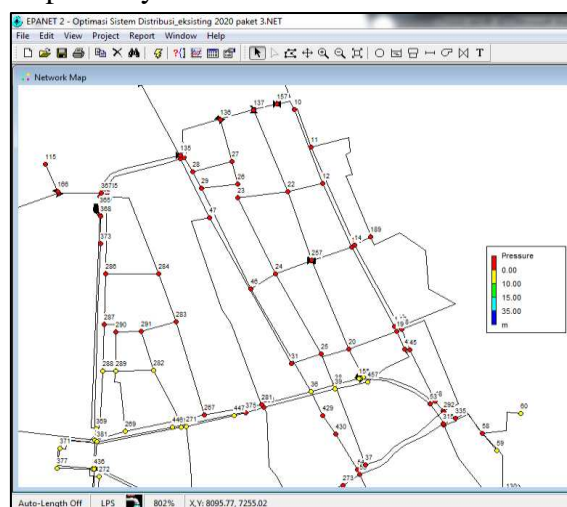
Perencanaan Pemasangan Pipa Distribusi HDPE $\varnothing$ 300 mm *Crossing* Rel Kereta Api di Jl. Ra Kartini Kota Cirebon dengan Metode Jacking System



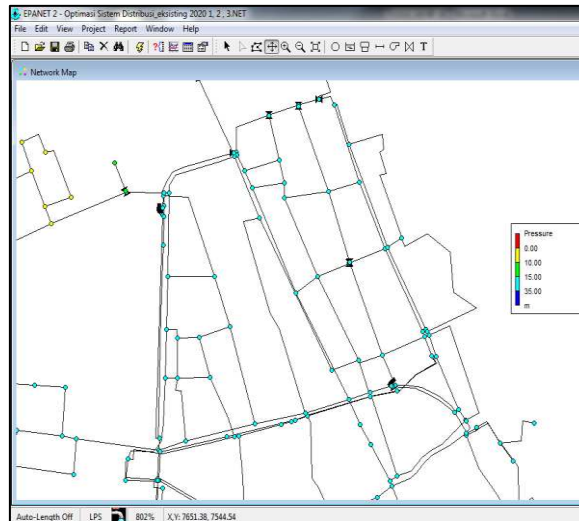
Gambar 11 Rencana Pemasangan Pipa Distribusi $\varnothing$ 300 mm di Jalan Kartini dari Crossing Rel Kereta Api sampai dengan Jl. Veteran Sisingamangaraja Sepanjang 873 Meter

Hasil simulasi hidrolis pemasangan pipa baru HDPE dengan ukuran $\varnothing$ 300 mm di Jalan Kartini dari *Crossing* Rel Kereta Api Sampai Dengan Jl. Veteran Sisingamangaraja Sepanjang 873 Meter tersebut menunjukkan bahwa :

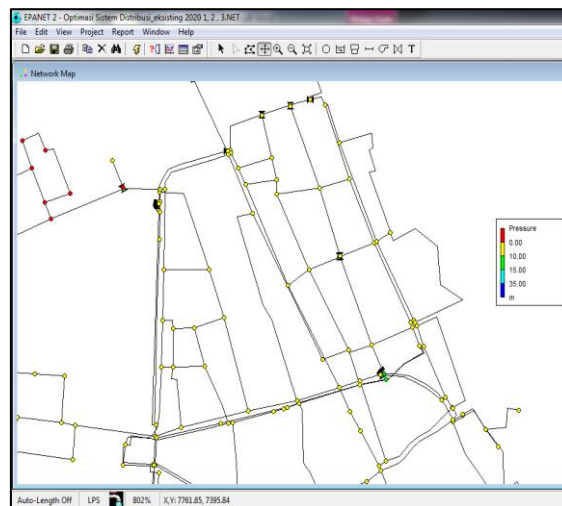
1. Meningkatnya sisa tekan di titik kritis kawasan Pusat Pelelangan Ikan Pesisir hingga mencapai ± 1 bar.
2. *Base Demand* pada *Node* 45 yang merupakan wilayah kawasan Pusat Pelelangan Ikan Pesisir adalah 4.42 lps.
3. Wilayah kawasan Pusat Pelelangan Ikan Pesisir memiliki sisa tekan sebanyak $>1,5$ bar pada jam kritis.
4. Tambahan pipa baru HDPE dengan ukuran $\varnothing$ 300 mm ini meningkatkan volume air yang mengalir dalam sistem.
5. Dengan adanya sisa tekan yang mencukupi di wilayah kawasan Pusat Pelelangan Ikan Pesisir, Perumda Air Minum Tirta Giri Nata Kota Cirebon dapat melakukan pelayanan pelanggan baru di kawasan Wilayah Pusat Pelelangan Ikan Pesisir yang sebelumnya belum dapat dilayani.



Gambar 12 Hasil Analisis Hidrolis Jaringan Pra Pemasangan Pipa Baru HDPE Dengan Ukuran $\varnothing$ 300 mm pada Pukul 05.00 dan 17.00



Gambar 13 Hasil Analisis Hidrolis Jaringan Eksisting Pasca Pemasangan Pipa Baru HDPE Dengan Ukuran Ø 300 mm pada Pukul 05.00



Gambar 14 Hasil Analisis Hidrolis Jaringan Eksisting Pasca Pemasangan Pipa Baru HDPE Dengan Ukuran Ø 300 mm pada Pukul 17.00

Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan sebaran tekanan pada daerah pelayanan saat jam pemakaian puncak setelah pipa HDPE Ø 300 mm terpasang. Hasil analisis hidrolis dengan menggunakan program Epanet ini dapat digunakan untuk perencanaan, optimalisasi maupun evaluasi sistem jaringan distribusi ([Ramadhan, 2014](#)) ; ([Nugroho, Meicahayanti, & Nurdiana, 2018](#)).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa metode Jacking System untuk pemasangan pipa distribusi HDPE $\varnothing$ 300 mm *crossing* rel kereta api di Jl. RA Kartini Kota Cirebon memenuhi aspek keamanan konstruksi karena dapat menahan pembebanan yang bekerja pada Pipa Beton tersebut berupa Beban Mati/Statis dan Beban Hidup/Dinamis (beban vertikal) dan beban horizontal karena $9,61 \text{ N/cm}^2 \leq 4.900 \text{ N/cm}^2$ { sangat aman } atau, $0,98 \text{ Kg/cm}^2 \leq 500 \text{ kg/cm}^2$ { sangat aman }. Dari hasil analisis hidrolis pada jam puncak menggunakan program Epenet versi 2.0 menunjukkan bahwa pemasangan pipa baru HDPE dengan ukuran $\varnothing$ 300 mm dapat meningkatkan pelayanan karena meningkatkan sisa tekan di titik-titik kritis kawasan Wilayah Pusat Pelelangan Ikan Pesisir hingga mencapai > 1 bar, jauh membaik dibandingkan dengan jaringan eksisting sebelum ada pemasangan pipa baru HDPE dengan ukuran $\varnothing$ 300 mm.

Bibliografi

- Armanto, Ricki Novan, & Indarjanto, Hariwiko. (2016). Analisis dan Perencanaan Pengembangan Sistem Distribusi Air Minum di PDAM Unit Plosowahyu Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), D247–D252.
- Asta, Asta. (2018). Analisis Kebutuhan Air Bersih Dan Distribusi Jaringan PDAM Persemaian Kota Tarakan (Studi Kasus Kecamatan Tarakan Barat). *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 2(1), 61–68.
- Damanhuri, Enri. (1989). Pendekatan Sistem Dalam Pengendalian dan Pengoperasian Sistem Jaringan Distribusi Air Minum. *Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITB*.
- Handayani, Novi. (2005). *Evaluasi Jaringan Distribusi PDAM Way Riau Pada Blok Zone 75 (Teluk Betung-Panjang) Lampung*.
- Nugroho, Searphin, Meicahayanti, Ika, & Nurdiana, Juli. (2018). Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda). *Teknik*, 39(1), 62–66.
- Nuryono, Wahyu Adi. (2016). *DESAIN PIPELINE CROSSING HIGHWAYS PADA JARINGAN PIPA PENYALUR GAS*. POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA.
- Putra, Dwiki Pratama. (2017). *Desain Geometrik, Struktur, Beserta Metode Pelaksanaan Pembangunan Jalur Rel Ganda (Double Track) Trase Banyuwangi Baru-Kalibaru, Kab. Banyuwangi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhan, Apri. (2014). *Analisis Hidrolika Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Di Komplek Perumahan PT Pusri Palembang Menggunakan Epanet 2.0*. Sriwijaya University.
- Salilama, Awaludin. (2018). Analisis Kebutuhan Air Bersih (Pdam) di Wilayah Kota Gorontalo. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 6(2), 102–114.
- Susanto, Nur Budi, & Muthohar, Imam. (2015). Analisis Distribusi Beban Kereta Api Pada Konstruksi Timbunan Jalur Kereta Api. *Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada*.
- Zamzami, Zamzami, Azmeri, Azmeri, & Syamsidik, Syamsidik. (2018). Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Pdam Tirta Tawar Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(1), 132–141.