

PENGARUH METODE PEMASANGAN PIPA DISTRIBUSI TERHADAP ALIRAN HIDRAULIKA

Ofik Taupik Purwadi¹, Fajriharish Nur Awan², Hendra Satria Nugroho², Tumijo³

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung

²Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera

³Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, Lampung

*ofik.t.p@gmail.com

Pemasukan: 6 September 2023 Perbaikan: 9 Nopember 2023 Diterima: 14 Nopember 2023

Intisari

Jumlah debit kebutuhan air bersih yang harus dipenuhi di Kota Bandar Lampung mencapai 1.237,2 liter/detik, namun tingkat pemenuhan kebutuhan debit air bersih yang ada hanya 525 liter/detik. Jaringan perpipaan PDAM di Kota Bandar Lampung belum terbangun di semua wilayah kota. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aliran hidraulika pada pemasangan pipa menggunakan metode *Horizontal Directional Drilling* (HDD) dan metode konvensional. Penelitian dilakukan pada 3 lokasi pemasangan pipa. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif. Data yang dianalisa berupa data aliran hidraulika yang dibantu dengan *software* EPANET 2.2. Hasil yang diperoleh adalah kecepatan aliran pada lokasi 1 dan 2 memiliki nilai 0,94 m/s di jam rata rata dan 1,41 m/s pada jam puncak, pada pemasangan di lokasi 3 memiliki nilai 0,99 m/s di jam rata rata dan 1,49 m/s di jam puncak. *Headloss* di lokasi 1 memiliki nilai antara 0,00 m sampai dengan 0,4447 m, di lokasi 2 memiliki nilai antara 0,00 m sampai dengan 0,4673 m dan di lokasi 3 memiliki nilai antara 0,00 sampai dengan 0,7142 m. Tekanan pipa di lokasi 1 memiliki nilai antara 0,546 atm sampai 0,925 atm. Di lokasi 2 memiliki nilai antara 2,050 atm sampai 2,534 atm dan di lokasi 3 memiliki nilai antara 2,108 atm sampai 2,619 atm.

Kata Kunci: Air bersih, HDD, Kehilangan energi, *Open cut*, Aliran hidraulika

Latar Belakang

Air bersih merupakan kebutuhan penting pada kehidupan manusia. Wajar jika sektor air bersih mendapatkan prioritas penanganan utama di Kota Bandar Lampung dengan PDAM Way Rilau sebagai lembaga yang berperan dalam penyediaan air bersih bagi masyarakat (Nurjanah, 2021). Kota Bandar Lampung sendiri terdapat 20 kecamatan dan 126 kelurahan yang jumlah penduduknya mencapai 1.068.982 penduduk pada tahun 2021 (BPS, 2020). Jumlah penduduk tersebut menyebabkan kebutuhan akan air bersih di Kota Bandar Lampung cukup tinggi yaitu mencapai 1.237,2 liter/detik. Namun tingkat pemenuhan kebutuhan akan air bersih oleh PDAM Way Rilau hanya 525 liter/detik dan jaringan perpipaan PDAM di Kota Bandar Lampung belum terbangun di seluruh wilayah (Wicaksono, 2020). Sesuai Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 13/PRT/M/2013, tujuan

pemerintah adalah mencapai 100% penyediaan air minum yang aman pada tahun 2025 (Pekerjaan Umum, 2013).

Oleh karena itu, pemerintah telah mengembangkan sistem perencanaan pengembangan penyediaan air minum, khususnya bagi masyarakat berpenghasilan rendah. Namun, saat ini untuk memperoleh air minum yang memenuhi kapasitas dan kualitasnya sebagai air baku air minum masih menjadi persoalan pendistribusian karena membutuhkan dana besar serta pengelolaan yang profesional (Pekerjaan Umum, 2013).

Tingginya permintaan air bersih di Bandar Lampung membuat pemerintah berupaya untuk memberi pelayanan air bersih ke beberapa kecamatan yang belum terjangkau air bersih. Oleh karena itu, dinas PUPR melakukan proyek SPAM dengan penambahan jaringan perpipaan air bersih di kawasan ini khususnya di 8 kecamatan, yaitu Rajabasa, Way Halim, Tanjung Seneng, Sukabumi, Labuhan Ratu, Kedaton, Sukarame, dan Kedamaian. Proyek ini direncanakan untuk melakukan penambahan kebutuhan air bersih sebesar 750 liter/detik yang diolah oleh PT. Adhya Tirta Lampung, sehingga dapat memenuhi seluruh kebutuhan air bersih di kota ini.

Semakin berkembangnya zaman serta ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini, untuk meminimalisir penggalan secara manual (*open cut*) terdapat suatu metode yang bisa digunakan untuk pemasangan jaringan utilitas di bawah tanah. Salah satu metode ini adalah *Horizontal Directional Drilling* (HDD) (Deffian S dkk., 2019). HDD yaitu suatu cara untuk pemasangan pipa dibawah tanah melalui metode *trenchless* menggunakan mesin *drilling directional* dan *attachment* di mana pipa akan dipasang di kedalaman 5-8 meter dibawah permukaan tanah (Ompusunggu dkk., 2019). HDD memiliki 3 tahapan dalam melakukan pengeboran, yaitu *pilot hole*, *pre-reaming*, dan *pipe pullback*. Pengeboran HDD merupakan teknik pengeboran yang lebih efektif dibandingkan dengan metode *open cut* (Deffian dkk., 2019).

Selain metode HDD, pada proyek ini pemasangan pipa menggunakan metode lain seperti *open cut*. Penggunaan metode dikarenakan salah satu keunggulannya bisa digunakan untuk jarak yang pendek dan cepat. Penggunaan HDD pada proyek ini juga disebabkan kondisi eksisting yang kurang sesuai atau sulit untuk metode *open cut*. Karena banyak utilitas seperti pipa gas dan kabel yang berada di bawah jalan raya. Jaringan distribusi ini direncanakan menggunakan metode gravitasi dan pompa. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk membahas berbagai aspek dan permasalahan yang diakibatkan dari metode-metode pemasangan pipa. Sehingga proses distribusi air minum dapat berjalan dengan lancar.

Metodologi Studi

a) Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Proyek Strategis Nasional SPAM Kota Bandar Lampung tahun 2020-2022 pada 3 titik. Lokasi 1 pada Jl. A. Kadir, Lokasi 2 pada Jl. Perwira, dan Lokasi 3 pada Jl. Soekarno Hatta. Penelitian dilakukan pada bulan November hingga bulan Desember 2022.

b) Alat dan *Software*

Adapun alat dan *software* yang digunakan dalam penelitian ini antara lain seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Alat dan *software*

No	Alat dan <i>software</i>	Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop	-	Membuat laporan penelitian
2	GPS	-	Menitikkan titik koordinat lokasi
3	ArcGIS	versi 10.3	Membuat peta
4	Microsoft Excel	Tahun 2016	Membantu perhitungan
5	Microsoft Word	Tahun 2016	Membantu membuat laporan
6	EPANET	versi 2.2	Mensimulasikan aliran dalam pipa

c) Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Data kemudian akan dilakukan analisis dengan metode penelitian berupa pendekatan deskriptif kuantitatif yang digunakan dalam menganalisis kehilangan energi dan sisa tekan pada pipa di Proyek SPAM Integritas Nasional.

Tabel 2 Jenis dan sumber data

No.	Jenis Data	Sumber Data
1	Data Primer: a. Kondisi eksisting lokasi penelitian	Observasi Langsung
2	Data Sekunder: a. Kehilangan energi pipa b. HDD Profile Design	Studi literatur Instansi Terkait

Hasil Studi dan Pembahasan

1. Perbandingan Metode HDD dan *open cut* pada Pemasangan Pipa Proyek SPAM

Pada dasarnya setiap metode pemasangan pipa memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Tergantung pada tingkat kesulitan dan urgensi dari lokasinya. Berikut ini adalah perbandingan metode HDD dan *open cut* (konvensional).

Perbandingan antara metode HDD dan konvensional terdiri dari

- a. Metode HDD sendiri memerlukan biaya yang lebih mahal dikarenakan menggunakan mesin yang cukup canggih, perawatan yang baik, alat pendukungnya serta perlu tenaga ahli di bidangnya. Pada metode konvensional memerlukan biaya lebih murah karena alat yang digunakan adalah alat konvensional tetapi apabila ada kasus khusus seperti di dalam permukaan tanah ada lapisan batuan yang cukup keras, maka perlu bantuan dari alat berat sehingga proses tidak terhenti.
- b. Waktu yang dibutuhkan lebih lama dikarenakan pekerjaan dapat dilakukan cukup banyak seperti pengeboran awal, *reamer*, *cleanning hole*, dan *pullback*.

Perlu diperhatikan bahwa waktu bisa lebih cepat apabila tidak ada kendala teknis seperti kerusakan pada mesin HDD, bila itu terjadi proses pemasangan pipa menjadi terhambat. Pada metode konvensional memerlukan waktu yang lebih cepat karena mekanisme kerja yang mudah. Pekerjaan yang dilakukan seperti menggali, menyambung pipa, dan menimbun kembali.

- c. Metode HDD merupakan metode yang aman karena memerlukan pekerja yang sedikit dan tidak ada pekerja yang turun ke dalam lubang. Pada metode konvensional kurang aman karena pekerja turun ke dalam lubang galian. Lokasi penggalian biasanya dipinggir jalan sehingga resiko kecelakaan bisa terjadi dan banyaknya utilitas di bawah permukaan jalan seperti pipa gas, dan kabel-kabel beresiko kepada pekerja serta longsor juga bisa terjadi.
- d. Resiko kerusakan lingkungan pada metode HDD bisa diminimalisir karena pemasangan pipa dilakukan pada kedalaman 8,5 meter sehingga tidak banyak akar-akar tumbuhan yang ada pada kedalaman itu (Burhanuddin, 2019). Untuk metode konvensional resiko kerusakan lingkungan lebih terlihat mulai dari penumpukan material di pinggir jalan, pemotongan akar-akar tumbuhan hingga pencabutan tanaman.
- e. Pada metode HDD pekerja yang diperlukan tidak terlalu banyak, dalam 1 tim terdiri dari 10-15 orang, yang terdiri dari tenaga ahli, operator, dan pekerja lainnya. Perlu tenaga profesional untuk menggunakan mesin HDD ini. Pada metode konvensional pekerja yang diperlukan cukup banyak dalam 1 tim terdiri dari 10-20 orang yang dipimpin oleh mandor pekerja.
- f. Pada metode HDD alat yang digunakan banyak sekali seperti *transmitter*, mata bor berbagai ukuran, bahan kimia, air, mesin HDD. Perawatan terhadap alat juga perlu dilakukan agar tidak mengganggu proses pengeboran. Pada metode konvensional alat yang digunakan lebih sedikit seperti *excavator* dan *jack hammer*.
- g. Permasalahan lalu lintas tidak perlu dikhawatirkan karena metode ini tidak menimbulkan kemacetan. Metode HDD tidak memerlukan area kerja yang besar dan luas. Pada metode konvensional ini memerlukan area kerja yang lebih besar dan luas. Galian di sepanjang jalur pipa dan penumpukan material di pinggir jalan menjadi perhatian khusus karena mengakibatkan penyempitan jalan raya sehingga terjadi gangguan arus lalu lintas.
- h. Metode HDD memiliki fleksibilitas yang sangat tinggi mulai arah, kedalaman, bahkan bisa melengkung (Willoughby, 2005). Pada metode konvensional arah dan kedalaman bisa disesuaikan. Pemasangan pipa menggunakan metode *open cut* kedalaman pipa tidak bisa melebihi kedalaman dari metode HDD karena sangat beresiko bagi pekerja.

2. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dipengaruhi oleh debit air karena semakin banyak debit maka kecepatan aliran juga semakin meningkat. Tetapi semakin meningkatnya kecepatan mengakibatkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Hal ini merupakan penyederhanaan dari Hukum *Bernaulli* (Armansyah, 2021).

Pada penelitian ini pada saat running EPANET data yang digunakan adalah data kebutuhan air rata rata dan jam puncak. Sehingga data yang didapat pada aplikasi EPANET terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kecepatan aliran air

No	Kecepatan (m/s)			
	Jam puncak		Jam rata rata	
	Konvensional	HDD	Konvensional	HDD
1	1.41	1.41	0.94	0.94
2	1.41	1.41	0.94	0.94
3	1.49	1.49	0.99	0.99

3. Headloss

Headloss merupakan kehilangan energi *fluida* yang terjadi di dalam pipa. Headloss dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *headloss minor* dan *headloss mayor*. Headloss pipa dapat dicari dengan beberapa rumus antara lain *Hazen William*, *Darcy Weisbach*, dan *Chezy Manning*. Pada penelitian ini semua perhitungan *headloss* menggunakan rumus *Hazen William*.

- a. *Headloss mayor* adalah kehilangan tekanan yang terjadi akibat gesekan pipa. Gesekan yang terjadi sepanjang pipa. Berdasarkan hasil Pemodelan EPANET didapatkan nilai *headloss mayor* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai headloss mayor

No	Headloss (m)			
	Jam puncak		Jam rata rata	
	Konvensional	HDD	Konvensional	HDD
1	0.4310	0.4345	0.2033	0.2050
2	0.4539	0.4572	0.2141	0.2157
3	0.6993	0.7029	0.3299	0.3316

- b. *Headloss minor* adalah kehilangan tekanan yang terjadi akibat dari aksesoris pipa. Setiap aksesoris pipa memiliki nilai koefisien yang berbeda tergantung dengan jenis aksesorisnya. Pada metode HDD diperlukan aksesoris pipa yaitu 2 *bend 11, 25°* yang terletak pada *entry* dan *exit* HDD. Dari hasil perhitungan terdapat penambahan *headloss minor* pada metode HDD dan konvensional ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Headloss minor pada jam rata rata metode HDD

No	Lokasi	Aksesoris pipa	Jam rata rata				
			Koefisien (k)	HI minor	Banyaknya	total HI minor	
1	Res ke Robinson	Bend 11.25	0.05	0.00225	2	0.00450	HDD
2	Perwira 1	Bend 11.25	0.05	0.00225	2	0.00450	
3	Jl. Lintas Sumatera	Bend 11.25	0.05	0.00250	2	0.00500	

Tabel 6 Headloss minor pada jam puncak metode HDD

No	Lokasi	Aksesoris pipa	Jam puncak				
			Koefisien (k)	HI minor	Banyaknya	total HI minor	
1	Res ke Robinson	Bend 11.25	0.05	0.00507	2	0.01013	HDD
2	Perwira 1	Bend 11.25	0.05	0.00507	2	0.01013	
3	Jl. Lintas Sumatera	Bend 11.25	0.05	0.00566	2	0.01132	

- c. *Headloss* total merupakan *headloss* gabungan antara *headloss mayor* dan *headloss minor*. Jumlah *headloss* kemudian dibandingkan dengan peraturan terbaru Permen PU No 27 tahun 2016, yaitu di bawah 10 m/km (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016).

Berdasarkan Tabel 7, metode HDD memiliki nilai *headloss* yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan adanya penambahan aksesoris yang terpasang pada metode tersebut. Akibatnya nilainya menjadi lebih besar daripada metode konvensional.

Tabel 7 Total headloss

No	Headloss Total (m)			
	Jam puncak		jam rata rata	
	Konvensional	HDD	Konvensional	HDD
1	0.6993	0.7142	0.3299	0.3366
2	0.4310	0.4447	0.2033	0.2140
3	0.4539	0.4673	0.2202	0.2141

4. Tekanan

Sisa tekan adalah energi sisa dari *headloss* yang mengurangi energi statis yang harusnya tiba di suatu titik. Umumnya sisa tekan untuk jaringan perpipaan adalah 0,5 atm. Baiknya untuk sisa tekan di sambungan rumah (SR) sebesar 1 atm untuk mengurangi resiko air tidak mengalir. Dari hasil analisis EPANET didapatkan nilai tekanan seperti Tabel 8 sampai Tabel 10.

Tabel 8 Pressure pada metode konvensional dengan jam rata rata

No	Lokasi	Elevasi awal	Panjang (m)	Elevasi akhir	Diameter mm (ID)	Pressure (atm)	Kedalaman (m)	KONVENSIONAL
1	Ciplaz	129	225	125	850	0.546 dan 0.925	1.5	
2	Perwira	112	238	108	850	2.156 dan 2.534	1.5	
3	Soekarno Hatta	107	273	105	793	2.448 dan 2.619	1.5	

Tabel 9 Pressure pada metode HDD dengan jam rata rata

No	Lokasi	Elevasi awal	Panjang (m)	Elevasi akhir	Diameter mm (ID)	Pressure (atm)	Kedalaman (m)	No
1	Ciplaz	129	228	125	850	0.546 dan 0.925	1.441 dan 12.30	8.5
2	Perwira	112	240	108	850	2.156 dan 2.534	2.85 dan 2.84	8.5
3	Soekarno Hatta	107	275	105	793	2.448 dan 2.619	3.141 dan 3.126	8.5

HDD

Tabel 10 Pressure pada metode konvensional dengan jam puncak

No	Lokasi	Elevasi awal	Panjang (m)	Elevasi akhir	Diameter mm (ID)	Pressure (atm)	Kedalaman (m)
1	Ciplaz	129	225	125	850	0.541 dan 0.898	1.5
2	Perwira	112	238	108	850	2.050 dan 2.405	1.5
3	Soekarno Hatta	107	273	105	793	2.108 dan 2.246	1.5

KONVENSIONAL

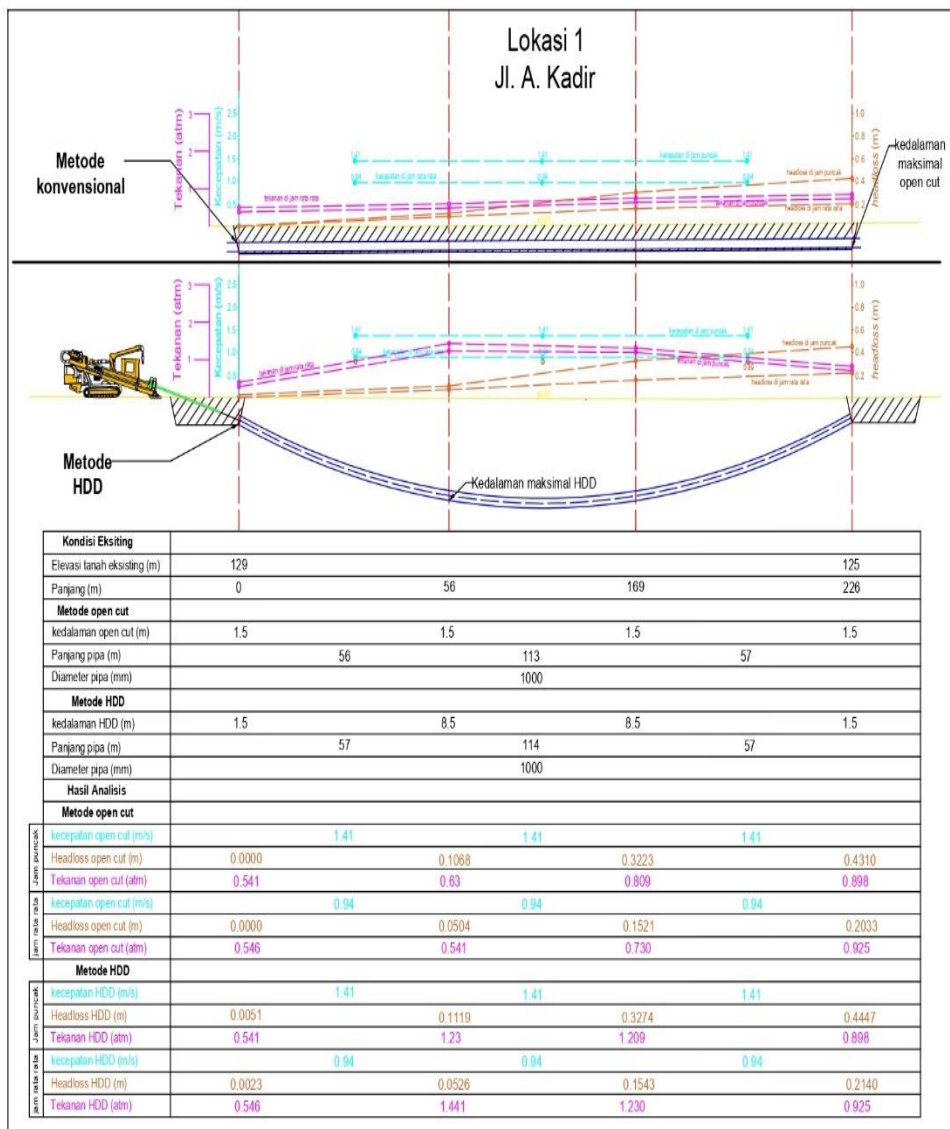
Tabel 11 Pressure pada metode HDD dengan jam puncak

No	Lokasi	Elevasi awal	Panjang (m)	Elevasi akhir	Diameter mm (ID)	Pressure (atm)	Pressure kedalaman max	Kedalaman (m)
1	Ciplaz	129	228	125	850	0.541 dan 0.898	1.23 dan 1.209	8.5
2	Perwira	112	240	108	850	2.050 dan 2.405	2.793 dan 2.716	8.5
3	Soekarno Hatta	107	275	105	793	2.108 dan 2.246	2.793 dan 2.762	8.5

HDD

Pada penelitian ini didapatkan hasil hidraulika yang ditunjukkan pada Gambar 1-3 yang merupakan hidraulika di 3 lokasi penelitian.

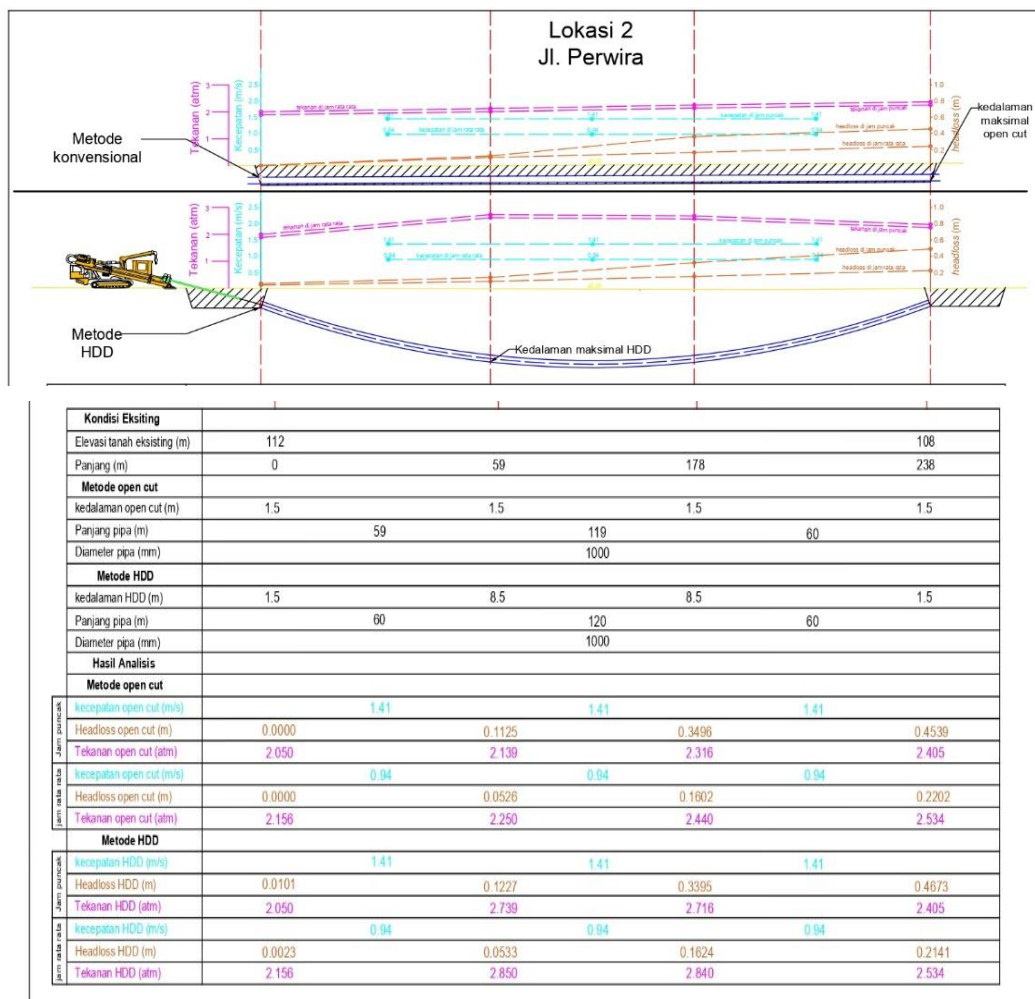
Hidraulika di lokasi 1 di Jl. A. Kadir, pada kecepatan aliran air antara kedua metode tersebut memiliki nilai yang sama. Untuk kecepatan memiliki nilai antara 0,94 m/s sampai 1,41 m/s. Pada *Headloss* memiliki nilai antara 0,0000 m sampai 0,4447 m. *Headloss* pada lokasi ini memiliki nilai yang baik. Tekanan di lokasi ini masih memiliki nilai cukup baik, pada metode *open cut* dengan nilai tekanan berkisar antara 0,5 sampai 0,8 atm (Sayoga dan Nuarsa, 2012).



*Gambar tanpa skala

Gambar 1 Hidraulika pada lokasi 1 (Jl. A. Kadir)

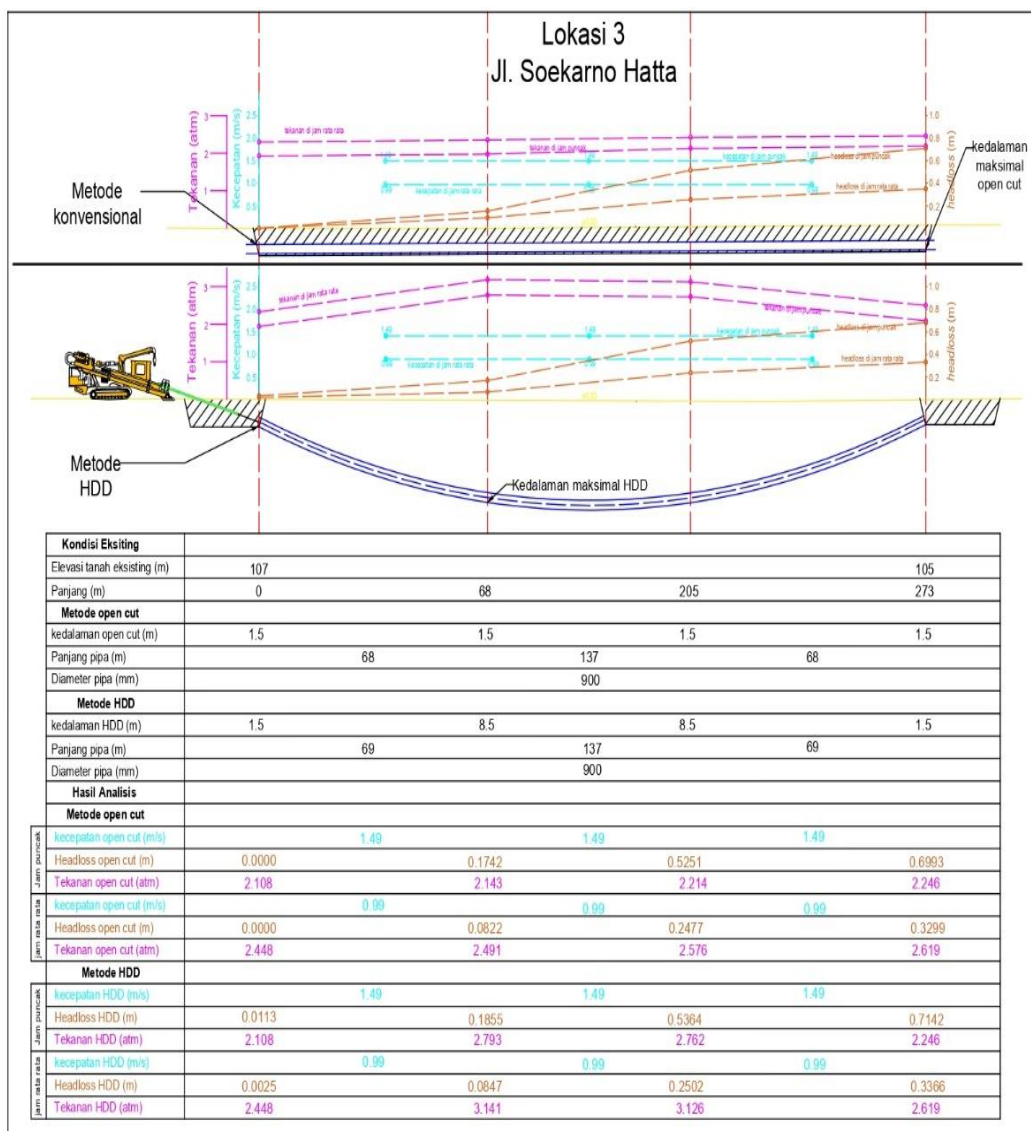
Hidraulika pada lokasi 2 di Jl. Perwira menyerupai lokasi 1, untuk kecepatan aliran dan headloss memiliki nilai yang sama. Untuk kecepatan memiliki nilai antara 0,94 m/s sampai 1,41 m/s. Pada Headloss memiliki nilai antara 0,0000 m sampai 0,4673 m. Untuk nilai tekanan berkisar antara 2 atm hingga 2,8 atm, pada lokasi ini semua tekanan memiliki nilai yang cukup untuk pendistribusian air bersih.



*Gambar tanpa skala

Gambar 2 Hidraulika pada lokasi 2 (Jl. Perwira)

Hidraulika pada lokasi 3 di Jl. Soekarno Hatta memiliki perbedaan diameter pipa daripada 2 lokasi sebelumnya. Akibatnya untuk nilai kecepatan aliran dan *headloss* memiliki nilai yang lebih tinggi dari 2 lokasi sebelumnya. Begitu juga untuk nilai *headloss* dan tekanan memiliki nilai yang lebih tinggi daripada lokasi lainnya dan memiliki nilai yang relatif aman. Untuk kecepatan berada diantara 0,99 m/s sampai 1,49 m/s. Pada nilai *headloss* berkisar antara 0,0000 m sampai 0,7142 m. Serta pada tekanan berkisar 2,108 atm sampai 3,141 atm. Nilai tersebut untuk di jam rata rata dan jam puncak.



*Gambar tanpa skala

Gambar 3 Hidraulika pada lokasi 3 (JL. Soekarno Hatta)

Dari Gambar 3, baik metode HDD maupun konvensional pada aliran hidraulika memiliki nilai yang sama untuk kecepatan. Kecepatan yang sama disini adalah kecepatan pada metode HDD dan konvensional di jam rata rata, serta kecepatan yang sama juga pada jam puncak. Untuk nilai headloss memiliki nilai yang berbeda karena pengaruh dari aksesoris dan panjang yang digunakan. Pada tekanan, karena memiliki elevasi yang berbeda sehingga mengakibatkan tekanan menjadi berbeda juga.

Metode HDD bisa digunakan pada saat ada kondisi tertentu seperti *crossing* jalan, sungai, bahkan rel kereta api. Pada saat metode *open cut* tidak bisa dilakukan, karena apabila semua menggunakan metode HDD mengakibatkan jumlah pengeluaran akan jauh lebih besar dan pekerjaan menjadi lebih lama, karena apabila

kondisi alat bermasalah diperlukan waktu untuk memperbaikinya. Pada metode *open cut* bisa digunakan pada kondisi eksisting yang tidak terlalu mendesak seperti pada pinggir jalan besar, dengan tujuan pengeluaran menjadi tidak besar dan pekerjaan menjadi lebih cepat.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kedua metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing. Kecepatan pengerjaan, pada metode HDD membutuhkan waktu yang lebih lama daripada metode *open cut*. Pemilihan kedua metode perlu diperhatikan karena setiap lokasi pekerjaan memiliki tingkat kesulitan dan urgensi yang berbeda.

Aliran hidraulika pada kedua metode memiliki nilai yang sama seperti pada kecepatan aliran. Nilai *headloss mayor* memiliki nilai yang berbeda sangat sedikit karena dipengaruhi oleh panjang pipa, yang berarti antara kedua metode tidak saling mempengaruhi. Tetapi pada tekanan memiliki nilai yang berbeda beda karena pada setiap titik mempunyai elevasi yang berbeda.

Saran

Untuk memilih metode mana yang paling tepat antara metode HDD dan *open cut*, bisa menggunakan metode TOPSIS untuk mendapatkan alternatif terbaik dan solusi idealnya. Pada analisis hidraulika bisa menggunakan aplikasi lain yang menyerupai EPANET 2.2 seperti *waterCAD*, *waterGEMS* dan tambahan *software* 3D misalnya *solidworks* untuk melihat bagaimana kondisi hidraulika di dalam pipa

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu serta memberikan data dalam proses pelaksanaan penulisan paper ini.

Daftar Referensi

- Armansyah, B. (2021). 'Analisis Pressure Drop Akibat Terjadinya Friction Dengan Persamaan Bernoulli Padaaliran Pipa Sumur Gas Lapangan Pnn', *Jurnal Teknik Perminyakan*, 1(1), Pp. 1–38.
- BPS. (2020). *Provinsi Lampung Dalam Angka 2020*. <https://lampung.bps.go.id/publication/2020/04/27/8875e8b18ee22402d6a3f782/provinsi-lampung-dalam-angka-2020.html> [diakses pada tanggal 10 Agustus 2022]
- Burhanuddin, S. (2019). 'Konstruksi Indonesia 2018', *Media Informasi Dan Komunikasi Kemen PUPR*, Pp. 1–32.
- Deffian S, V. dkk. (2019). 'Aturan dan Undang-Undang Penggunaan Tata Ruang Bawah Tanah untuk Pemasangan Utilitas Dengan Metode Horizontal Directional Drilling (HDD)', (4), Pp. 1–11.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2016). *Permen Pu No. 27 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*. Indonesia.

- Mieslenna, C. F. (2018). 'Teknik Pemsangan Pipa JDU (Jaringan Distribusi Utama) Air Minum Kabupaten Purwakarta Dengan Metode Topsis'.
- Nurjanah, S. (2021). 'Sistem Pengolahan Air Bersih Di Perusahaan Daerah Air Minum Way Rilau Kota Bandar Lampung'.
- Ompusunggu, D. C. T., Witjonarko, R. D. E., dan Gofur, A. (2019). 'Analisis Kelayakan Horizontal Directional Drilling (HDD) Melewati Taxi Way 2 pada Project PT . Wijaya Karya', *Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application*, Pp. 106–112.
- Pekerjaan Umum (:Public Works) (2013). *Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Indonesia.
- Sayoga, I. M. A. And Nuarsa, I. M. (2012) '60228-Id-Analisa-Pengaruh-Variasi-Sudut-Sambungan', 2(2), Pp. 75–83.
- Wicaksono, M. G. A. (2020). 'Identifikasi Permasalahan Spam Bukan Jaringan Perpipaan (BJP) di Kota Bandar Lampung'.
- Willoughby, D. A. (2005). *Horizontal Directional Drilling*. Edited By L. S. Hager. New York: The Mcgraw-Hill Companies, Inc.