

Analisis Kegagalan Proses *Pulling* Pipa HDPE PN10 pada Pekerjaan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV

Alif Syuhada*, Maria Angela Kartawidjaja

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i>	<i>High Voltage Cable Channel Work (SKTT) 150 kV or Underground High Voltage Cable works can be carried out using the Horizontal Directional Drilling (HDD) machine, in accordance with the State Electricity Company Standard (SPLN) T4.003:2023, and is commonly applied in urban areas with high traffic density. This article analyzes the failure of the High Density Polyethylene (HDPE) pipe pulling process in the 150 kV SKTT work at the MRT Jakarta Phase 2A Project, CP 205. The failure occurred due to a time delay of approximately 4 hours between the borehole cleaning process and the pulling operation. This condition resulted in the failure of pulling HDPE PN10 pipes with diameters of 6 inches and 4 inches. Corrective actions were conducted by reaming the original borehole using the same parameters. The pulling operation was then performed immediately after the cleaning process was completed. The evaluation results indicate that eliminating any time delay between the cleaning and pulling processes can prevent borehole collapse and ensure the successful installation of HDPE pipes in 150 kV SKTT works.</i>
Received January 9, 2026	
Accepted January 23, 2026	

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i>	
Diserahkan: 9 Januari 2026	Pekerjaan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV dapat dilaksanakan dengan menggunakan mesin Horizontal Directional Drilling (HDD), sesuai dengan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) T4.003:2023 dan umum diterapkan di kawasan perkotaan dengan lalu lintas yang padat. Artikel ini menganalisis kegagalan penarikan (pulling) pipa High Density Polyethylene (HDPE) pada pekerjaan SKTT 150 kV di Proyek MRT Jakarta Fase 2A, CP 205. Kegagalan terjadi akibat jeda waktu sekitar 4 jam antara proses pembersihan (cleaning) lubang bor dan pulling. Dampaknya adalah kegagalan proses pulling pipa HDPE PN10 berdiameter 6 inch dan 4 inch. Tindakan perbaikan dilakukan melalui proses reaming ulang pada lubang bor awal, dengan parameter yang sama. Pelaksanaan pulling segera dilakukan setelah cleaning selesai. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tanpa adanya penundaan waktu antara proses cleaning dan pulling dapat mencegah keruntuhan tanah pada lubang bor menjamin keberhasilan instalasi pipa HDPE pada pekerjaan SKTT 150 kV.
Diterima: 23 Januari 2026	

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan infrastruktur ketenagalistrikan melalui pekerjaan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV di area perkotaan dengan lalu lintas yang padat seperti di Jakarta, memberikan tantangan tersendiri dalam pelaksanaannya. Metode konstruksi menggunakan mesin *Horizontal Directional Drilling* (HDD) dapat menjadi solusi utama untuk

*Corresponding author. Alif Syuhada
Email address: alifsyuhada09@gmail.com

menghindari gangguan kemacetan, hal ini mengacu pada Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) T4.003:2023.

Meskipun metode HDD memiliki keunggulan dari sisi sosial dan lingkungan yang memungkinkan pemasangan pipa pelindung kabel bawah tanah tanpa harus melakukan penggalian terbuka secara luas. Namun demikian, pekerjaan HDD memiliki tingkat kompleksitas dan risiko teknis yang tinggi. Berbagai studi menunjukkan bahwa kegagalan pada pekerjaan HDD umumnya berkaitan dengan ketidakstabilan lubang bor (*borehole instability*), karakteristik tanah, serta pengendalian lumpur bor dan waktu antar tahapan pekerjaan yang tidak optimal (Allouche dan Ariaratnam, 2002). Kondisi tersebut dapat menyebabkan runtuhnya dinding lubang bor dan peningkatan gaya gesek selama proses penarikan pipa (Wang dan Sterling, 2007).

Pada praktik terbaik metode HDD menekankan pentingnya kesinambungan tahapan pekerjaan khususnya antara proses *reaming*, *cleaning*, dan *pulling*, untuk menjaga tekanan hidrostatik lumpur bor dan stabilitas lubang bor. Jeda waktu yang signifikan antar tahapan tersebut berpotensi meningkatkan risiko kegagalan operasional meskipun desain lintasan telah memenuhi ketentuan teknis (Bennett dkk., 2005; Bennett, 2014).

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan proses *pulling* pipa HDPE dengan menggunakan metode mesin HDD pada pekerjaan SKTT 150 kV di Proyek MRT Jakarta Fase 2A, CP 205. Analisis difokuskan pada aspek pengendalian waktu antar tahapan pekerjaan seperti *reaming*, *cleaning*, dan *pulling*. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan pembelajaran berbasis pengalaman lapangan (*lesson learned*) yang bersifat aplikatif bagi pelaksanaan pekerjaan dengan metode HDD pada proyek sejenis.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan pekerjaan Proyek MRT Jakarta Fase 2A, CP 205, *Railway Systems and Trackwork*, mencakup pekerjaan SKTT 150kV yang terdiri dari dua jalur instalasi listrik, yaitu dari Gardu Induk Karet Lama ke *Receiving Substation* (RSS) Monas, dan dari Gardu Induk Gambir Lama II ke RSS Monas. Kabel yang digunakan adalah kabel listrik 150 kV dengan luas penampang 500 mm² dan kabel *fiber optic* tipe 24 core.

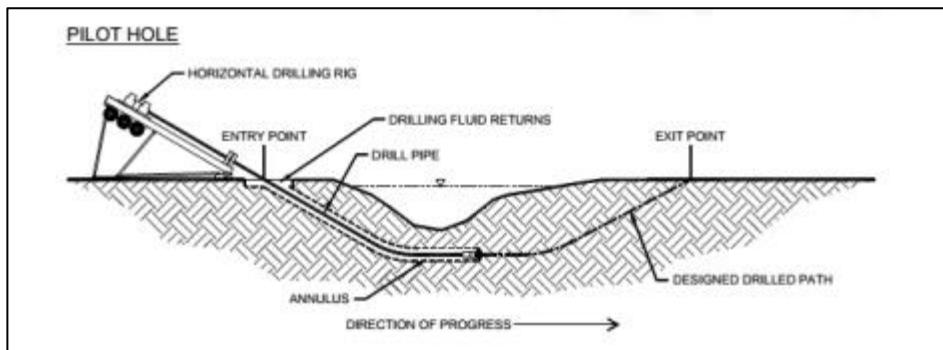
Adapun proteksi kabel menggunakan pipa *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan penjabaran, kabel listrik menggunakan pipa HDPE PN10 6 inch sebanyak tiga buah jalur tarikan dan untuk kabel *fiber optic* menggunakan pipa HDPE PN10 4 inch sebanyak satu buah jalur tarikan.

Pada artikel ini penulis melakukan suatu analisis kegagalan yang terjadi saat salah satu tahapan dari pekerjaan SKTT 150 kV, yaitu *pulling* Pipa HDPE yang dilaksanakan di jalan K.H Mas Mansyur, Jakarta. Jalur ini merupakan jalur trase dari Gardu Induk Karet Lama ke RSS Monas. Setiap titik pekerjaan bukaan galian dinamakan dengan *Control Pit* (CP) dan *Joint Pit* (JP).

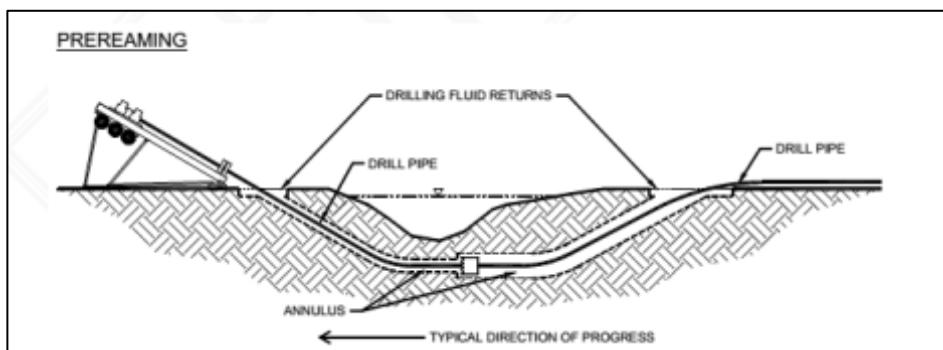
Secara garis besar, pekerjaan SKTT 150 kV pada Proyek MRT Jakarta Fase 2A CP 205 dilaksanakan dengan menggunakan mesin HDD yang terdiri dari rangkaian dengan urutan sebagai berikut:

1. Tahapan pekerjaan dimulai dengan nama *preparation work*, terdiri dari pengaturan lalu lintas, pemasangan pagar proyek, rambu keselamatan dan kesehatan kerja (K3), pelebaran jalan (*road widening*), serta mobilisasi penempatan mesin HDD dan peralatan pendukung.

2. Tahapan berikutnya dilakukan pekerjaan *test pit*, dilakukan pada area CP dan JP, kegiatan penggalian dangkal secara manual pada area pit sekitar 3 meter x 2 meter, untuk memastikan tidak terdapat utilitas eksisting yang berpotensi bersinggungan selama proses pengeboran. *Test pit* merupakan langkah mitigasi risiko awal yang umum diterapkan pekerjaan HDD di Kawasan perkotaan (Allouche dan Ariaratnam, 2002).
3. Tahapan berikutnya adalah pekerjaan pengeboran menggunakan mesin HDD yang diawali dengan pengeboran lubang pilot (*pilot bore*) dari titik *entry pit* menuju *exit pit* sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Setelah *pilot bore* selesai, dilakukan pembesaran lubang (*reaming*) secara bertahap menggunakan mata bor yang meningkat secara bertahap dimulai dari *pilot bore* 12 inch hingga mencapai diameter akhir 24 inch atau 26 inch. Selama proses pengeboran dan *reaming*, digunakan lumpur bor berbasis *bentonite* yang berfungsi menjaga stabilitas dinding lubang bor, mengurangi gaya gesek serta membawa material hasil pengeboran ke permukaan (Najafi & Gokhale, 2005; Rahman dan Bennett, 2017).



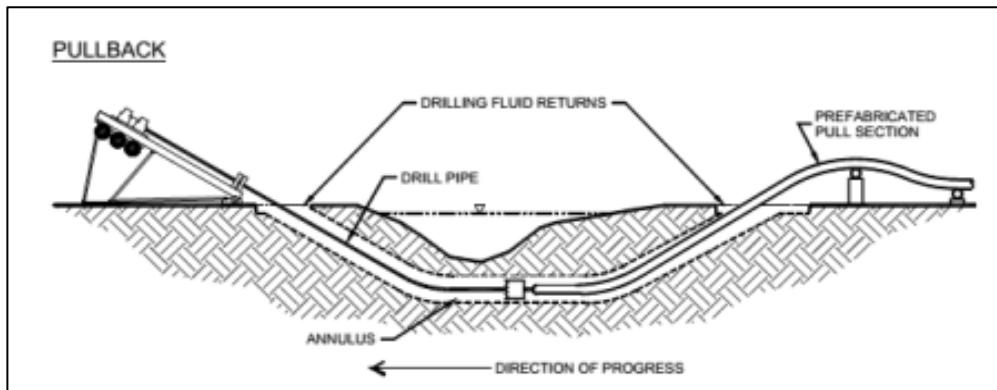
Gambar 1.
Pengeboran Lubang Pilot



Gambar 2.
Pembesaran Lubang Pilot

4. Setelah proses *reaming* dan *cleaning* lubang bor selesai, tahapan berikutnya adalah *pulling* pipa HDPE. Setiap pipa memiliki panjang 6 meter dan disambung menggunakan metode *butt fusion*. Jumlah pipa yang ditarik terdiri dari tiga pipa HDPE PN10 berdiameter 6 inch untuk kabel listrik dan satu pipa HDPE PN10 berdiameter 4 inch untuk kabel *fiber optic*. Pekerjaan *pulling* pipa HDPE dilaksanakan segera setelah proses *reaming* ukuran terbesar (24 inch hingga 26 inch) dan *cleaning* selesai, sesuai dengan praktik terbaik HDD yang merekomendasikan kesinambungan tahapan

pekerjaan untuk menjaga tekanan hidrostatis lumpur bor dan stabilitas lubang bor (Bennett dkk., 2005; Bennett, 2014).



Gambar 3.

Penarikan (Pulling) Pipa HDPE

5. Kemudian tahapan selanjutnya adalah *joint pit construction*, proses konstruksi dilakukan di pabrik beton dan setelah lulus uji, dilakukan instalasi *precast* dititik JP. Ukuran bangunan terdiri dari 6 m x 2 m dan 12 m x 2 m (area RSS Monas).
6. Pekerjaan selanjutnya adalah *laying cable 150 kV underground*, merupakan pekerjaan gelar kabel yang berada di titik-titik JP menggunakan mesin tarik kabel melalui media pipa HDPE yang sudah tertanam.
7. Setelah melaksanakan *laying cable*, langkah berikutnya adalah *joining cable*, terdiri dari pekerjaan penggelaran dan penyambungan kabel 150 kV dan kabel *fiber optic* dan pemasangan sistem pentahanan (*grounding*) pada *link box*.
8. Dan yang terakhir adalah proses *reinstatement*, merupakan pekerjaan perbaikan menggunakan aspal permanen agar jalanan yang telah dibuka dapat digunakan kendaraan bermotor dengan kondisi seperti semula.

Pada saat pekerjaan penarikan pipa HDPE menggunakan mesin HDD, hal-hal dasar yang menjadi pertimbangannya dapat mengacu pada SPLN T4.003:2023.

Tabel 1.

Pemilihan Metode Pembuatan Rute Kabel Berdasarkan Kondisi Lapangan

Kondisi Lapangan	Galian Terbuka (<i>Open Cut</i>)	Boring Manual	Auger Boring	Pipe Jacking	HDD
Daerah urban dengan lalu lintas tinggi	Tidak	Ya	Ya	Ya	Ya
Jalan nasional	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Daerah gedung dengan nilai ekonomis tinggi	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya
Lahan hijau	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Daerah lain yang dipersyaratkan oleh Pemda setempat		Sesuai izin yang diberikan oleh Pemda setempat			

Tabel 2.

Pemilihan Metode Pembuatan Rute Kabel Berdasarkan Kedalaman

Kedalaman	Galian Terbuka (Open Cut)	Boring Manual	Auger Boring	Pipe Jacking	HDD
Dangkal (≤ 3 m)	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya
Sedang (3 - 5 m)	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Ya
Dalam (> 5 m)	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya

CATATAN: Untuk metode HDD pada kedalaman ≤ 3 m perlu memperhatikan risiko retaknya permukaan tanah

Tabel 3.

Pemilihan Metode Pembuatan Rute Kabel Berdasarkan Jenis Crossing

Kedalaman	Galian Terbuka (Open Cut)	Boring Manual	Auger Boring	Pipe Jacking	HDD	Melalui Jembatan
Crossing Jalan	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya	Tidak
Crossing Sungai	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Ya

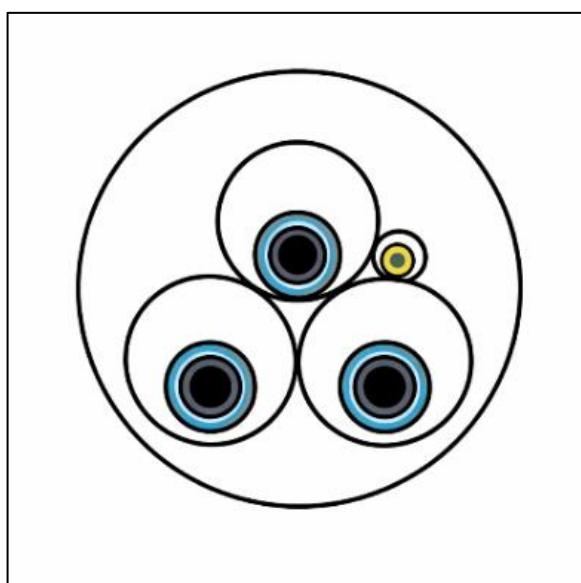
Dan untuk menentukan berapa kedalaman minimum dari pekerjaan saluran kabel tanah dapat mengacu pada SPLN T4.003:2023 sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 4.

Kedalaman Minimum Saluran Kabel Tanah.

Tegangan Kabel (kV)	Kedalaman Minimum
77 – 150	1,5 m
275 – 500	3 m

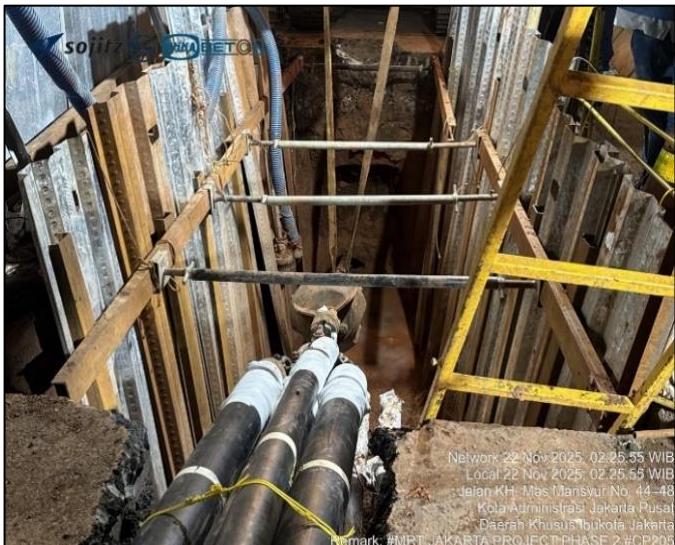
Berdasarkan regulasi tersebut untuk pekerjaan yang menggunakan kabel 150 kV yang menggunakan metode mesin HDD, maka kedalaman minimum pekerjaan galian adalah 1,5 m, dan berdasarkan Tabel 2, dijelaskan juga bahwa untuk metode HDD pada kedalaman ≤ 3 m perlu memperhatikan risiko retaknya permukaan tanah. Oleh sebab itu pada proyek CP 205, untuk pekerjaan SKTT 150 kV dilakukan pekerjaan galian dengan rata-rata di kedalaman 5 m. Metode penggelaran kabel menggunakan skema trefoil atau disusun tumpuk segitiga.

**Gambar 4.**

Ilustrasi Susunan Trefoil Pipa HDPE PN10 Diameter 6 inch dan 4 inch

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pekerjaan *pulling* pipa HDPE PN10 dimulai pada 21 November 2025 malam hingga 22 November 2025 pada pagi hari, tepatnya di jalur CP 3 ke JP 3. Panjang lintasan penarikan sekitar 276 meter, dengan mesin HDD diposisikan di CP 3 sebagai titik penarik dan pipa HDPE berlokasi di JP 3 sebagai titik awal penarikan.



Gambar 5.

Proses Awal Pulling Pipa HDPE saat Percobaan Pertama 22 Desember 2025

Berdasarkan kronologi kejadian, proses *reaming* dan *cleaning* lubang bor telah selesai pada pukul 22.42 WIB. Namun proses *pulling* pipa baru dimulai pada 22 November 2025 pukul 02.26 WIB, sehingga terdapat jeda waktu sekitar empat jam antara proses *cleaning* dan *pulling*. Hal tersebut menyebabkan berkurangnya tekanan hidrostatis lumpur bor berbasis *bentonite* yang berfungsi menjaga stabilitas dinding lubang bor.

Hal ini sejalan dengan kajian stabilitas lubang bor pada pekerjaan HDD yang menyatakan bahwa penghentian sirkulasi lumpur bor dalam periode tertentu dapat meningkatkan risiko runtuhan dinding lubang bor dan kenaikan gaya gesek selama proses penarikan pipa (Wang dan Sterling, 2007; Rahman dan Bennett, 2017)

Pada saat proses *pulling* berlangsung terjadi peningkatan gaya tarik secara signifikan yang mengakibatkan beberapa pipa HDPE PN10 6 inch mengalami kegagalan, antara lain lepasnya *pulling head*, putusnya sambungan *butt fusion*, dan satu pipa berhasil sampai di CP 3, serta satu tarikan pipa HDPE PN10 4 inch mengalami deformasi. Kondisi tersebut mengindikasikan telah terjadinya runtuhan dinding lubang bor (*borehole collapse*) yang meningkatkan gesekan antara pipa dan dinding lubang bor, sebagaimana dijelaskan dalam pedoman praktik HDD (Bennett dkk, 2005)

Sebagai tindak lanjut atas kejadian tersebut dilakukan evaluasi teknis melalui *adhoc meeting* pada tanggal 24 November 2025 yang melibatkan MRT Jakarta selaku *employer* atau *user*, OCG-JPCN selaku *engineer* atau konsultan pengawas dan Sojitz Corporation dan tim selaku kontraktor pelaksana CP 205. Berdasarkan hasil evaluasi diputuskan bahwa metode perbaikan yang dipilih adalah pemanfaatan lubang bor eksisting dengan melakukan pekerjaan *re-reaming* dan *re-conditioning* lubang bor, dibandingkan dengan opsi pembuatan lubang bor baru. Pertimbangan utama pemilihan opsi ini meliputi efisiensi waktu pelaksanaan, keterbatasan ruang kerja di lokasi serta kesesuaian dengan ketentuan SPLN T4.003:2023.



Gambar 6.

Hasil dari *Pulling* Pipa HDPE yang Tidak Berhasil

Pekerjaan *re-reaming* dilakukan untuk mengembalikan diameter lubang bor ke ukuran 24 inch serta memastikan sirkulasi lumpur bor berbasis *bentonite* kembali optimal. Bersamaan dengan itu seluruh persiapan penyambungan pipa HDPE dengan *butt fusion* juga diselesaikan dan pemasangan *head* dilakukan kepada seluruh pipa sebelum dilakukan *pulling* pipa HDPE.



Gambar 7.

Kesiapan Pipa HDPE untuk Proses *Pulling* Pipa HDPE pada Percobaan Kedua

Setelah proses *re-reaming* dan *cleaning* selesai, proses *pulling* pipa HDPE dilaksanakan secara langsung tanpa jeda waktu yang signifikan. Seluruh tahapan dilakukan dengan pengendalian parameter pengeboran dan pemantauan kondisi lumpur bor secara *Continue*.



Gambar 8.

Proses Persiapan *Pulling* Pipa HDPE PN10 dengan Mesin HDD

Hasil pelaksanaan perbaikan menunjukkan bahwa *pulling* pipa HDPE melalui lubang bor eksisting dapat diselesaikan dengan baik dan aman. Seluruh pipa HDPE berhasil ditarik tanpa mengalami kerusakan tambahan dan pekerjaan *pulling* pipa HDPE dinyatakan selesai pada tanggal 7 Desember 2025. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa kegagalan sebelumnya bukan disebabkan oleh trase atau desain lintasan HDD, melainkan oleh pengendalian waktu dan kondisi, sejalan dengan praktik terbaik yang direkomendasikan (Allouche dan Ariatnam, 2002; Bennett, 2014)



Gambar 9.

Proses Pulling Pipa HDPE Berhasil Mencapai CP 3 pada 7 Desember 2025

Kejadian ini menegaskan bahwa dalam rangkaian pekerjaan SKTT 150 kV terutama pada tahapan pekerjaan pipa HDPE, perpindahan waktu antara tahapan *reaming*, *cleaning*, dan *pulling* merupakan faktor kritis dalam pekerjaan menggunakan mesin HDD. Dengan pengendalian waktu yang tepat dan kondisi lubang bor yang terjaga, lubang bor eksisting dapat dimanfaatkan secara efektif untuk proses *pulling* pipa HDPE, sehingga menghindari kebutuhan pembuatan lubang bor baru yang berisiko menambah gangguan dan durasi pekerjaan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan pelaksanaan ulang atau pelaksanaan perbaikan pekerjaan *pulling* pipa HDPE menggunakan mesin HDD di jalur CP 3 ke JP 3 Proyek MRT Jakarta Fase 2A CP 205, dapat disimpulkan bahwa kegagalan *pulling* pipa HDPE yang terjadi pada tanggal 22 November 2025 disebabkan oleh jeda waktu yang signifikan antara proses *cleaning* dan *pulling*. Jeda waktu tersebut mengakibatkan kondisi tanah yang relatif tidak stabil, tekanan hidrostatis lumpur bor berbasis *bentonite* sehingga memicu ketidakstabilan lubang bor dan peningkatan gaya gesek selama proses *pulling* pipa.

Pekerjaan *pulling* pipa HDPE melalui lubang bor eksisting berhasil diselesaikan dengan baik pada tanggal 7 Desember 2025. Hasil perbaikan menunjukkan bahwa lubang bor eksisting masih dapat dimanfaatkan secara efektif melalui pekerjaan *re-reaming* dan *re-conditioning*, selama proses *pulling* dilaksanakan secara kontinu tanpa jeda waktu yang signifikan.

4.2 Saran

Untuk meningkatkan keandalan pekerjaan yang menggunakan metode dengan mesin HDD pada pekerjaan SKTT 150 kV di masa mendatang, disarankan beberapa langkah implementatif yang dapat dijadikan panduan praktis seperti:

1. Seluruh pekerjaan penyambungan pipa HDPE PN10 dengan metode *butt fusion* dan pemasangan *pulling head* harus diselesaikan sebelum proses *cleaning* lubang bor terakhir dilakukan.
2. Jeda waktu antara selesainya *cleaning* lubang bor dan dimulainya *pulling* pipa HDPE perlu dibatasi seminimal mungkin. Berdasarkan evaluasi kegagalan pada proyek ini, maka batas jeda waktu operasional yang disarankan adalah tidak melebihi ± 30 menit.
3. Parameter lumpur bor berbasis *bentonite*, seperti viskositas dan laju air, perlu dipantau dan dicatat secara berkala selama proses *reaming*, *cleaning*, dan *pulling*.
4. Apabila terjadi penghentian pekerjaan yang tidak terencana dan memakan waktu yang cukup lama, maka disarankan dilakukan *re-conditioning* lubang bor sebelum proses *pulling* dilanjutkan.
5. Dokumentasi kejadian kegagalan dan tindakan perbaikan perlu dijadikan bagian dari manajemen pengetahuan proyek sebagai referensi pada pekerjaan SKTT 150kV dengan metode menggunakan mesin HDD selanjutnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Allouche, E. N., & Ariaratnam, S. T. (2002). Evaluation of horizontal directional drilling practices. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(6), 498–506.
2. Bennett, D. (2014). *Trenchless Technology Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill.
3. Bennett, D., Ariaratnam, S. T., & Sterling, R. (2005). *Horizontal Directional Drilling Good Practices Guidelines*. North American Society for Trenchless Technology (NASTT).
4. Najafi, M., & Gokhale, S. B. (2005). *Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal*. McGraw-Hill Education.
5. Rahman, M., & Bennett, D. (2017). *Drilling fluid performance and borehole stability in horizontal directional drilling*. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 8(3).
6. Standar Perusahaan Listrik Negara (2023). *SPLN T4.003:2023: Konstruksi Saluran Kabel Tegangan Tinggi*. PLN
7. Wang, L., & Sterling, R. (2007). Stability analysis of borehole wall during horizontal directional drilling. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 22(5–6), 620–632. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2007.01.002>