

Pemasangan HDPE *Jacket* pada Tiang Pancang Jalan Tol Bali Mandara sebagai Proteksi Korosi

I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa^{1*}, I Nengah Riana¹, Ni Made Fibri Sugianitri¹ dan I Wayan Sukadana²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Nasional

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Nasional
Jalan Bedugul No.39 Denpasar, Bali – Indonesia 80224

Email: ngurahdharmayasa@undiknas.ac.id

Dikirim: 6 Oktober 2023

Direvisi: 18 Januari 2024

Diterima: 22 Januari 2024

ABSTRAK

Jalan tol merupakan jalan umum nasional yang memerlukan pembayaran bagi penggunaannya. Pembangunan jalan tol dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan distribusi barang dan jasa yang mendukung pertumbuhan ekonomi, mendukung pembangunan yang merata dan adil, serta memperlancar lalu lintas. Jalan Tol Bali Mandara adalah jalan tol pertama di Bali yang dibangun di atas laut. Oleh karena itu, perawatan khusus pada fondasi tiang pancang, terutama pada sambungan tiang pancang, diperlukan karena struktur fondasinya berada pada zona percikan (*splash zone*) dan zona pasang surut (*tidal zone*). Perawatan khusus pada tiang pancang jalan tol perlu dilakukan untuk melindungi sambungan tiang pancang dari korosi, salah satunya dengan memasang lapisan HDPE *jacket* pada tiang pancang. Pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* di Jalan Tol Bali Mandara dibagi menjadi 8 tahapan, yaitu: persiapan, pembersihan, pendempulan, penggantian pelat baja sambungan tiang pancang, pemasangan material primer atau *petroleum paste*, pemasangan *petrolatum tape*, pemasangan HDPE, dan tahap pembersihan akhir. Dalam pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* pada Jalan Tol Bali Mandara, digunakan 3 bahan penting, yaitu *petroleum paste* sebagai lapisan dalam, *petrolatum tape* sebagai lapisan kain bukan tenunan yang berisi pasta anti-korosi, serta HDPE *jacket* sebagai lapisan paling luar (*outer cover*). Material-material ini digunakan untuk memberikan perlindungan dari korosi pada tiang pancang yang terletak di zona percikan air (*splash zone*) dan zona pasang surut (*tidal zone*). Dengan memasang HDPE *jacket* pada semua sambungan tiang pancang yang ada di Jalan Tol Bali Mandara, maka tiang-tiang pancang tersebut dapat terlindungi dengan baik, sehingga dapat mempertahankan kekuatan dan umur rencana dari Jalan Tol Bali Mandara.

Kata kunci: HDPE *jacket*, anti korosi, tiang pancang, Jalan Tol Bali Mandara

1. PENDAHULUAN

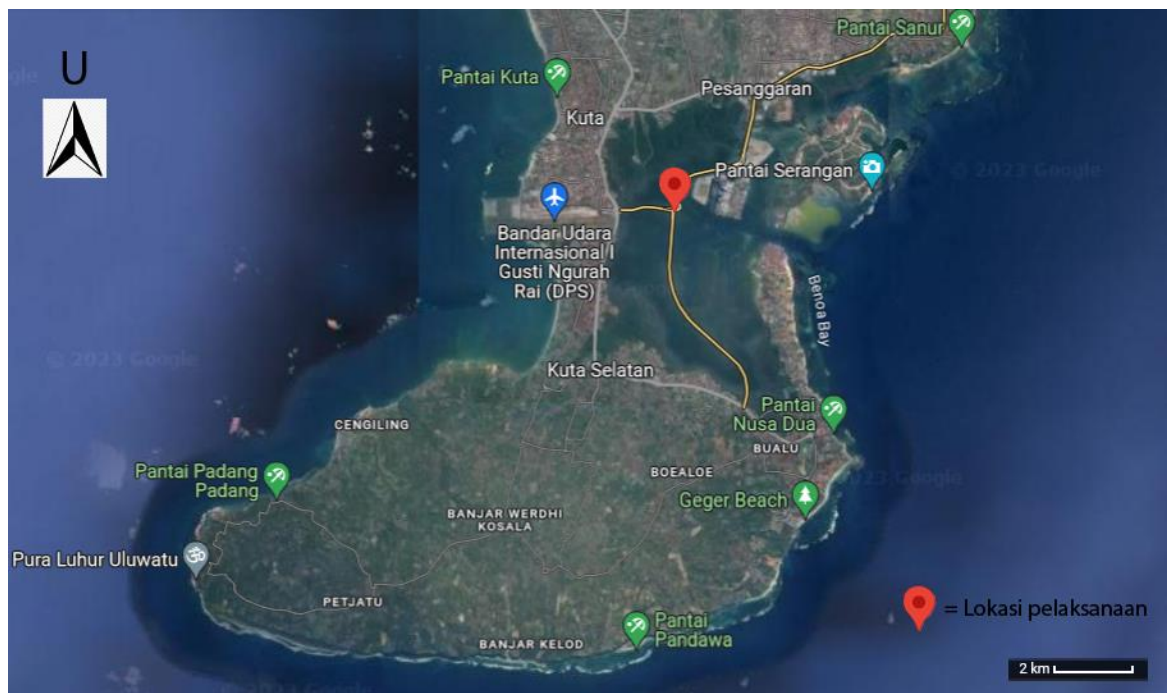
Jalan tol adalah jalan umum nasional yang memerlukan pembayaran untuk digunakan atau dilalui. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 15 tahun 2005 tentang Jalan Tol yang menetapkan bahwa biaya tertentu harus dibayar untuk melewati jalan tol (Indonesia, 2005). Tujuan dari biaya tol umumnya adalah untuk menutupi biaya pembangunan dan perawatan jalan tol (Hermawan, 2009). Pembangunan jalan tol dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan distribusi barang dan jasa yang mendukung pertumbuhan ekonomi, mendukung pembangunan yang merata dan adil, serta memperlancar lalu lintas (Ahmad, 2022; Andarini & Prastyanto, 2020; Fakhurozi et al., 2020). Pembangunan jalan tol menawarkan banyak manfaat, seperti memperlancar aliran lalu lintas yang dapat menghemat biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu, meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas bagi orang dan barang, serta berkontribusi pada pengembangan wilayah dan pertumbuhan ekonomi (BPJT, 2022). Oleh karena itu, pembangunan jalan tol terus didorong di Indonesia (Kemenkeu, 2022).

Salah satu jalan tol yang dibangun di Indonesia adalah Jalan Tol Bali Mandara yang merupakan jalan tol pertama di Bali. Jalan tol yang membentang sepanjang 12,7 km ini menghubungkan antara ruas jalan Bypass Ngurah Rai Denpasar, Pelabuhan Tanjung Benoa, Bandara Internasional Ngurah Rai, dan Nusa Dua. Selain itu, Jalan Tol Bali Mandara juga menjadi jalan tol pertama yang dibangun di atas laut (Andika et al., 2019; Mastari & Suryawana, 2020). Karena jalan tol ini dibangun di atas laut, maka diperlukan penanganan yang baik dalam mencegah dan memperlambat terjadinya korosi pada struktur fondasi tiang pancangnya (Solehudin et al., 2018), terutama pada sambungan tiang pancang. Perlunya perhatian terhadap korosi karena tiang pancang tersebut berada pada daerah *splash zone* serta daerah *tidal zone* (daerah dengan dampak korosi paling tinggi) (Acosta et al., 2004; Guntur & Meilinda, 2021; Melchers & Jeffrey, 2012)

Dalam hal tujuan untuk mengurangi tingkat korosi pada tiang pancang yang selalu terendam dan mendapat pengaruh air laut, maka tiang pancang perlu dilindungi dengan melapisi atau memasang *High Density Poly Ethylene* (HDPE). HDPE *jacket* adalah suatu selimut pelindung yang terbuat dari bahan *poly ethylene* berkepadatan tinggi yang umum digunakan untuk melindungi dan memperkuat sambungan tiang fondasi. Pemasangan lapisan ini memberikan ketahanan yang sangat baik terhadap gesekan, benturan, dan korosi, serta mudah dipasang dan dirawat (PT. Anugrah Kita, 2014). Dalam paper ini akan dibahas beberapa hal yang perlu diketahui dan diperhatikan terkait tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam pemasangan HDPE di Jalan Tol Bali Mandara sehingga memperoleh hasil yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

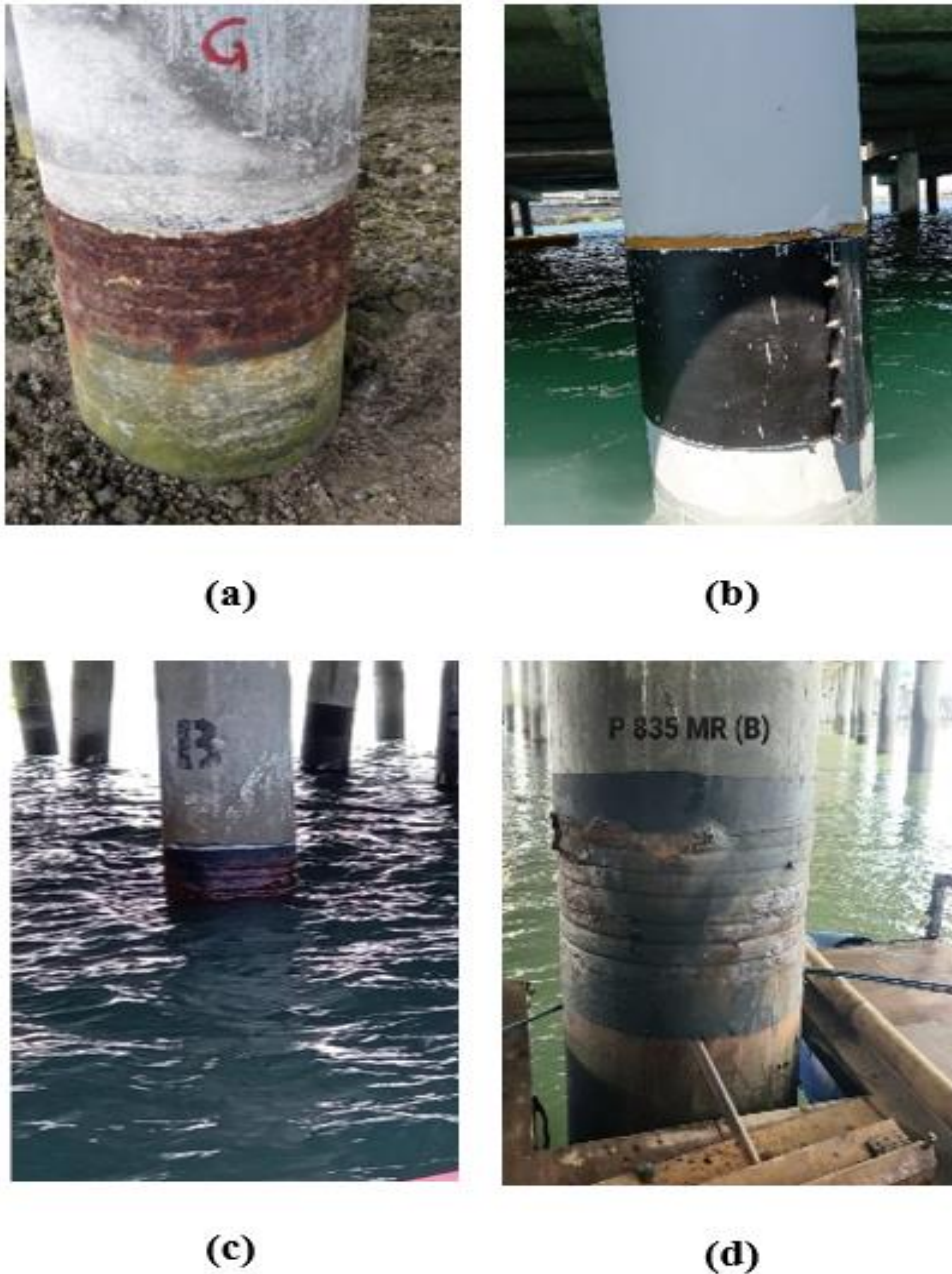
Pemasangan HDPE *jacket* dilakukan di Jalan Tol Bali Mandara yang terletak di Teluk Benoa. Jalan tol ini dibangun untuk menghubungkan tiga lokasi, yaitu Kota Denpasar, Nusa Dua, dan Bandara Ngurah Rai. Lokasi pekerjaan pemasangan HDPE dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam penelitian ini dilakukan wawancara kepada pihak pelaksana dan juga dengan melakukan pengamatan (survei) secara langsung ke lapangan untuk mendapatkan data yang diperlukan. Berdasarkan data yang valid ini selanjutnya untuk menjelaskan proses pemasangan HDPE *jacket* pada tiang pancang di Jalan Tol Bali Mandara.



Gambar 1. Lokasi pemasangan HDPE *jacket* sebagai pelindung tiang pancang di Jalan Tol Bali Mandara

Sebelum dilakukan pemasangan HDPE *jacket* ini diperlukan pendataan dan pengecekan terhadap tiang pancang. Untuk tiang pancang yang sudah dipasang HDPE dilakukan pengecekan apakah HDPE harus diganti atau tidak. Selanjutnya untuk tiang pancang yang belum dipasang HDPE, dilakukan pendataan berapa banyak tiang pancang yang belum dipasang, sehingga dapat dipersiapkan peralatannya. Tahap pemeriksaan awal untuk tiang pancang yang telah dipasang dan akan dipasang HDPE di jelaskan Gambar 2.

Pada Gambar 2 (a) terlihat sambungan tiang pancang yang belum terpasang HDPE *jacket* sehingga terlihat dengan jelas adanya korosi. Selanjutnya pada Gambar 2 (b) terlihat lapisan HDPE sudah mengalami perubahan posisi yaitu mengalami penurunan sehingga ada bagian yang terbuka dan akan berisiko untuk terjadinya korosi. Untuk Gambar 2 (c) lapisan HDPE sudah mengalami kerusakan dan sambungan tiang pancang sudah terkena air laut secara langsung. Sedangkan pada Gambar 2 (d) tiang pancang mengalami kondisi yang hampir serupa dengan kondisi Gambar 2 (c) yaitu lapisan HDPE telah mengalami kerusakan akibat korosi sehingga air laut dapat masuk dan mempercepat korosi pada sambungan tiang pancangnya.



Gambar 2. Tahap pemeriksaan awal kondisi HDPE pada tiang pancang: (a) Tiang pancang yang belum dipasang HDPE, (b) HDPE yang posisinya turun, (c) HDPE sudah rusak dan (d) HDPE robek akibat korosi

Setelah dilakukan pendataan tiang pancang, langkah selanjutnya adalah tahapan pemasangan HDPE *jacket*. Pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* di Jalan Tol Bali Mandara dibagi menjadi 8 tahapan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan pembersihan, pekerjaan pendempulan, pekerjaan penggantian pelat baja sambungan tiang pancang, pemasangan material primer atau petroleum paste, pemasangan petrolatum tape, pemasangan HDPE, dan tahap pembersihan akhir. Tahapan atau langkah-langkah pekerjaan di atas akan dijelaskan secara lebih mendetail pada pembahasan selanjutnya. Dengan diketahuinya tahapan dalam pemeliharaan tiang pancang di Jalan Tol Bali Mandara dapat memberikan informasi yang memadai mengenai pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* sebagai salah satu metode pemeliharaan tiang pancang di Jalan Tol Bali Mandara.

3. HASIL DAN DISKUSI

Sesuai dengan penjelasan mengenai tahapan-tahapan yang perlu dilakukan sebelum melakukan pemasangan HDPE *jacket* pada bagian terdahulu, maka akan dibahas secara lebih spesifik tahapan-tahapan pekerjaan tersebut sehingga dapat memberikan penjelasan yang memadai.

3.1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan dilakukan untuk mempersiapkan peralatan yang diperlukan untuk mengaplikasikan HDPE *jacket* pada tiang pancang, mempersiapkan peralatan untuk menunjang keselamatan kerja serta penentuan waktu kerja. Peralatan atau materi yang dipersiapkan untuk mengaplikasikan HDPE pada tiang pancang meliputi *hidraulic glamping tools*, sikat kawat, gerinda kawat, kuas, ponton, tangga, *scaffolding*, HDPE (outer cover), *petroleum paste*, *petrolatum tape*, *bolt & nut* dan *girder/ balok strip*. Sedangkan peralatan penunjang keselamatan kerja yang dipersiapkan untuk pekerja meliputi: rompi kerja, pelampung, helm proyek, *body harness* dan sepatu *boots/ sepatu keamanan*. Untuk melindungi pekerja dari bahaya atau risiko selama pemasangan HDPE, maka waktu pemasangan mengikuti jadwal kerja yang telah ditentukan dengan memperhatikan situasi dan kondisi daerah kerja serta memperhatikan kondisi cuaca. Kondisi cuaca sangat penting diperhatikan karena pekerjaan ini dilaksanakan di atas laut.

3.2 Pekerjaan Pembersihan

Pada pekerjaan pembersihan (Gambar 3) ini bertujuan agar tidak ada sisa kotoran, sisa minyak, tidak ada karat, dan sisa cat yang telah mengelupas, sehingga HDPE dapat menempel dengan baik. Agar HDPE dapat menempel dengan baik permukaan tiang pancang juga dibuat lebih halus dengan menggunakan *sandpaper* (Mardianti et al., 2019). Langkah-langkah pembersihan ini dilakukan agar pemasangan HDPE dapat berjalan dengan baik dan mendapat hasil sesuai dengan harapan. Beberapa peralatan yang digunakan dalam pekerjaan pembersihan ini di antaranya:

- 1) Pembersihan menggunakan sikat kawat (*wire brush*)
- 2) Pembersihan menggunakan gerinda kawat (*wire grinding*)
- 3) *Scraping* menggunakan kape, *sandpaper*, palu *chipping*, serta alat lainnya.



Gambar 3. Pekerjaan pembersihan tiang pancang.

3.3 Pekerjaan Pendempulan Permukaan

Sebagai struktur yang berdiri di atas laut, sangatlah rawan akan terjadinya korosi. Untuk itu, apabila terdapat korosi atau lubang pada elemen baja (sambungan tiang pancang), sebaiknya dilakukan proses pendempulan atau *filler* terlebih dahulu untuk mengisi permukaan yang rusak/ tidak rata. Proses pendempulan atau *filler* ini berfungsi sebagai perbaikan terhadap kontur/ permukaan sambungan tiang pancang dan proses ini dilakukan sebelum masuk ke proses perlindungan sambungan tiang pancang selanjutnya (Pribadi, 2018).

3.4 Pekerjaan Penggantian Pelat Baja Area Sambungan Tiang Pancang

Jika pelat baja pada sambungan tiang pancang mengalami pengeroposan/ kerusakan dengan persentase 50%, maka akan dilakukan penggantian pelat baja pada daerah sambungan tersebut. Adapun langkah dari penggantian pelat baja tersebut, sebagai berikut:

- 1) Sebelum memulai pekerjaan dilakukan pengecekan terlebih dahulu untuk identifikasi kerusakan pada pelat sambungan tiang pancang (identifikasi jumlah yang akan diganti serta dimensi pelat yang akan diganti);
- 2) Setelah data kerusakan didapat, selanjutnya dilakukan pabrikan pelat baja sambungan sesuai dengan ukuran yang perlu diganti;
- 3) Pemasangan pelat baja dilakukan dengan cara pengelasan untuk pemasangan di area kering (sambungan pelat baja tiang pancang berada pada area *splash zone*);
- 4) Pemasangan pelat baja dilakukan dengan metode pemasangan baut tumpang tindih (*overlap*) 5 cm di area basah (sambungan pelat baja tiang pancang berada pada area *tidal zone*/ area pasang surut yang terendam air).

Proses pemasangan atau penggantian pelat sambungan baja pada tiang pancang ditampilkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pekerjaan penggantian pelat sambungan baja.

3.5 Aplikasi Material Primer atau *Petroleum Paste*

Setelah memastikan area yang akan dikerjakan bersih dan rata, proses selanjutnya adalah pemasangan lapisan primer/ *petroleum paste* pada sambungan tiang pancang (Gambar 5). *Petroleum paste* adalah pasta pelumas yang terbuat dari campuran *petroleum* dan bahan tambahan lainnya seperti *wax* atau minyak. *Petroleum paste* digunakan sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan dan keausan pada mesin atau peralatan yang memerlukan pelumasan. Pasta ini juga digunakan sebagai bahan pelapis untuk melindungi permukaan logam dari korosi dan oksidasi. *Petroleum paste* mempunyai daya tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan, sehingga dapat digunakan pada mesin dan peralatan yang beroperasi pada suhu tinggi atau tekanan tinggi. *Petroleum paste* dioleskan secara merata pada sambungan tiang pancang dengan menggunakan sarung tangan atau dengan menggunakan kuas. Pekerjaan pengaplikasian *petroleum paste* dapat dilihat Gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Pengaplikasian *petroleum paste* pada tiang pancang.

3.6 Pemasangan *Petrolatum Tape*

Pemasangan *petrolatum tape* ini dilakukan setelah lapisan material primer teraplikasikan secara merata pada sambungan tiang pancang. *Petrolatum tape* adalah jenis *tape* perekat yang terbuat dari bahan *petrolatum* yang diberi lapisan pada permukaan *tape*. *Tape* ini digunakan untuk melindungi pipa dan sistem perpipaan dari korosi dan kebocoran. *Petrolatum tape* juga dikenal sebagai *tape* anti-korosi dan dapat digunakan pada pipa bawah tanah, pipa laut, dan pipa yang terkena air laut (Qu et al., 2015). Langkah-langkah pekerjaan pemasangan *petrolatum tape* ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menandai batas atas dan bawah area yang akan dibungkus menggunakan *petrolatum tape*. Hal tersebut bertujuan agar material *petrolatum tape* terpasang dengan rapi.
- 2) Selanjutnya membalutkan material *petrolatum tape* pada sambungan tiang pancang secara spiral dengan jarak *overlap* antara 30% hingga 50%.
- 3) Dalam pemasangan *petrolatum tape* ini, pada setiap akhir gulungan, bagian *overlap* dipastikan sudah terpasang dengan rapat dan tidak ada gelembung air ataupun udara.

Proses pemasangan *petrolatum tape* pada tiang pancang ditampilkan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Pemasangan *petrolatum tape* pada tiang pancang.

3.7 Pemasangan HDPE

Setelah tahap-tahapan pekerjaan persiapan yang meliputi pembersihan sampai dengan pemasangan *petrolatum paste*, maka pemasangan HDPE dapat dilakukan. Tahapan pemasangan HDPE, yaitu:

- 1) Membalutkan HDPE pada tiang pancang
- 2) Mensejajarkan lubang baut yang berlawanan dan menahannya dengan menggunakan *hand clamping tools*
- 3) Selanjutnya HDPE dikencangkan dengan baut menggunakan *hydraulic clamping tools* agar benar-benar terpasang dengan baik.

Adapun fungsi pemasangan HDPE ini adalah agar air dan udara tidak bisa masuk ke dalam sambungan tiang pancang sehingga dapat menutup kemungkinan untuk terjadinya korosi. Pemasangan HDPE ini dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah.



Gambar 7. Pemasangan HDPE pada tiang pancang

3.8 Pekerjaan Pembersihan Akhir

Proses pendempulan/ *filler*, aplikasi material primer/ *petroleum paste*, pemasangan *petroleum tape* hingga pemasangan HDPE merupakan pekerjaan yang menjadi satu kesatuan sehingga tidak dapat dipisahkan pengerjaannya. Semua tahapan ini dilakukan pada hari yang sama untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pekerjaan pembersihan akhir dilakukan untuk memastikan tidak adaya sisa material atau peralatan yang tertinggal pada area kerja. Hal ini dilakukan agar tidak menguragi atau mengganggu fungsi utama dari fondasi tiang pancang yang ada. Setelah melalui proses yang dijelaskan di atas maka diperoleh hasil ditunjukkan pada Gambar 8.

Berdasarkan tahapan pekerjaan yang dijelaskan di atas, maka dalam pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* di Jalan Tol Bali Mandara ini menggunakan 3 bahan penting, yaitu *petroleum paste* sebagai lapisan dalam, lalu *petrolatum tape* sebagai lapisan kain bukan tenunan yang berisi pasta anti-korosi, serta untuk lapisan paling luar (*outer cover*) adalah HDPE *jacket*. Material-material ini digunakan untuk memberikan perlindungan dari korosi dengan lapisan dalam yang lembut dan lapisan luar yang keras. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dalam penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa lapisan dalam yang lunak dapat memiliki kontak yang lebih baik dengan permukaan baja daripada lapisan yang dikeraskan (Huang & Chen, 2012) untuk sambungan tiang pancang ini terletak pada zona percikan air (*splash zone*) dan zona pasang surut (*tidal zone*).

Cara kerja dari ketiga bahan ini, yaitu adanya *petrolatum tape* ini menambah intensitas penyegelan dari *petroleum paste* yang berfungsi sebagai anti korosi. Selain itu, *petrolatum tape* ini juga sudah terlapisi dengan pasta anti korosi, sehingga hal ini menjadikan perlindungan ganda terhadap permukaan sambungan tiang pancang baja agar media korosi seperti air laut dan oksigen sulit untuk masuk (Qu et al., 2015). Perlindungan ditambahkan lagi dengan HDPE *jacket* yang dikunci dengan *girder*, *nut* serta *bolt* sehingga dapat melindungi lapisan *petrolatum tape* dan *petroleum paste* dari paparan sinar matahari dan air laut (Perpro,

2020). Dari ketiga kombinasi bahan tersebut sangat efektif diaplikasikan pada fondasi tiang pancang terutama sambungan tiang pancang Jalan Tol Bali Mandara agar memperlambat laju korosi sehingga dapat mempertahankan umur rencana dari bangunan tersebut.



Gambar 8. HDPE *jacket* yang telah dipasang dan dikencangkan pada tiang pancang.

4. KESIMPULAN

Jalan Tol Bali Mandara adalah jalan tol pertama di Bali yang dibangun di atas laut. Maka dari itu, diperlukannya perawatan khusus pada pondasi tiang pancang khususnya sambungan tiang pancangnya dikarenakan struktur pondasinya berada pada zona percikan (*splash zone*) dan zona pasang surut (*tidal zone*). Perawatan khusus pada tiang pancang jalan tol perlu dilakukan untuk melindungi sambungan tiang pancang dari korosi, salah satunya dengan memasang lapisan HDPE *jacket* pada tiang pancang.

Dalam pekerjaan pemasangan HDPE *jacket* di Jalan Tol Bali Mandara ini menggunakan 3 bahan penting, yaitu *petroleum paste* sebagai lapisan dalam, lalu *petrolatum tape* sebagai lapisan kain bukan tenunan yang berisi pasta anti-korosi, serta untuk lapisan paling luar (*outer cover*) adalah HDPE *jacket*. Material-material ini digunakan untuk memberikan perlindungan dari korosi dengan lapisan dalam (*petroleum paste* dan *petrolatum tape*) yang lembut dan lapisan luar (HDPE *jacket*) yang keras. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dalam penelitian sebelumnya oleh Huang dan Chen (2012) yang menunjukkan bahwa lapisan dalam yang lunak dapat memiliki kontak yang lebih baik dengan permukaan baja daripada lapisan yang dikeraskan untuk sambungan tiang pancang ini terletak pada zona percikan air (*splash zone*) dan zona pasang surut (*tidal zone*). Dengan memasang HDPE *jacket* pada semua sambungan tiang pancang yang ada di Jalan Tol Bali Mandara, maka tiang-tiang pancang tersebut dapat terlindungi dengan baik. Hal ini sangat membantu dalam memperlambat laju korosi pada sambungan tiang pancang sehingga dapat mempertahankan kekuatan dan umur rencana dari Jalan Tol Bali Mandara.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta, J., Cairns, A., & King, P. (2004). Pile Wrap Evaluation Study. In *Ports 2004: Port Development in the Changing World* (pp. 1-10).
- Ahmad, F. S. (2022). Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Jawa terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Jawa Tengah. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Pembangunan*, 11(1), 1-18.
- Andarini, M. E., & Prastyanto, C. A. (2020). Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan Tol Cileunyi–Sumedang–Dawuan (Cisumdawu) STA 26+ 800–STA 41+ 939 dengan Jenis Perkerasan Kaku. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), E129-E134.
- Andika, I. B. M. B., Kusmana, C., & Nurjaya, I. W. (2019). Dampak pembangunan jalan tol Bali Mandara terhadap ekosistem mangrove di Teluk Benoa Bali. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3), 641-657.
- BPJT. (2022). *Tujuan dan Manfaat Penyelenggaraan Jalan Tol*. <https://bpjt.pu.go.id/konten/jalan-tol/tujuan-dan-manfaat>

- Fakhurozi, A., Ningrum, A. D., & Amanda, R. (2020). Kajian Studi Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera (Jtts) Terhadap Infrastruktur Dan Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*, 4(1), 14-29.
- Guntur & Meilinda. (2021). Pemeriksaan Sistem Proteksi Tiang Pancang Dermaga di Banten. *Prosiding Diseminasi Fakultas Teknologi Industri*. Bandung: Itenas.
- Hermawan, R. (2009). Kaji ulang penentuan tarif dan sistem penggolongan kendaraan jalan tol di Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 95-101.
- Huang, Y., & Chen, J. (2012). The Development of an Anti-corrosion Wrapping Tape and its Corrosion Protection Effect Evaluation on Mild Steel in Marine Splash Zone. *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 7121 – 7127.
- Indonesia, R. (2005). *Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2005 tentang Jalan Tol*. Jakarta: Pemerintah RI.
- Kemenkeu. (2022). *Wamenkeu: Pembangunan Jalan Tol Berikan Manfaat Langsung bagi Masyarakat*. <https://www.kemenkeu.go.id/informasi-publik/publikasi/berita-utama/Pembangunan-Jalan-Tol-Berikan-Manfaat>
- Mardianti, A., Mahdie, F., & Sari, N. M. (2019). Kemampuan Amplas Menghaluskan Permukaan Kayu Lapis di PT. Surya Satrya Timur Banjarmasin Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 1(1), 22-29.
- Mastari, K., & Suryawana, I. B. (2020). Dampak Pembangunan Jalan Tol Bali Mandara Terhadap Aktivitas Wisata di Ekowisata Kampoeng Kepiting, Tuban Bali. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 8(1), 134-140.
- Melchers, R. E., & Jeffrey, R. (2012). Corrosion of long vertical steel strips in the marine tidal zone and implications for ALWC. *Corrosion Science*, 65, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2012.07.025>
- Perpro. (2020). *HDPE Jacket Wrapping | Products | Perintis Proteksi*. PERPRO Anti Corrosion Company. <https://www.perintis-proteksi.com/Products/HDPE-JACKET-WRAPPING.html>
- Pribadi, A.(2018). Identifikasi Tingkat Kerusakan Sebagai Bagian Dari Perbaikan Bangunan Pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Muara Fajar Kota Pekanbaru. *Civil Engineering and Environmental Symposium 2018*. Yogyakarta
- PT. Anugrah Kita. (2014). Jacketing HDPE. <https://anugrahkita.co.id/id/information/7-jacketing-hdpe.html>
- Qu, W., Huang, Y., Yu, X., Zheng, M., & Lu, D. (2015). Effect of Petrolatum Tape Cover on the Hydrogen Permeation of AI-SI4135 Steel under Marine Splash Zone Conditions. *Int. J. Electrochem. Sci*, 10, 5892-5904.
- Solehudin, A., Permana, E., Sukrawan, Y., Supriawan, D., & Sulaeman. (2018). *Pembuatan Alat Simulasi Proteksi Katodik Untuk Steel Pile di Zona Air Laut*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.