

**METODE PERBAIKAN SPALLING DAN DELAMINATING BETON PONDASI POMPA
DENGAN METODE *GROUTING FLOWABLE MICROCONCRETE***

Sulardi

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tridharma Balikpapan
e-mail : Sulardikm61@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah memberikan gambaran spesifikasi material *flowable micro concrete* dan peralatan yang digunakan pada perbaikan spalling dan delaminasi beton pondasi pompa boiler feed water di Unit Utilities Kilang Balikpapan. Metode perbaikan kerusakan beton pondasi akibat delaminasi dan *spalling* dilakukan dengan *chipping* lapis permukaan beton pondasi beton yang terdegradasi, *cleaning* dengan *water jetting*, melaburi dengan *bonding*, *grouting* dengan *sagola chamber*, *curing* dengan selalu menjaga tetap dalam kondisi lembab dan *coating* dengan *amine-cured, pitch free epoxy coating*. Hasil perbaikan menunjukkan spesifikasi material *flowable microconcrete* terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk mengatasi masalah kerusakan beton pondasi yang rusak akibat delaminasi dan *spalling*. Untuk menjamin keberhasilan metode kerja *grouting* dengan *flowable micro concrete* telah dibuat metode kerja baku dan teregister di Unit Kualitas manajemen PT. Pertamina RU V dan telah direplikasi di unit kerja lain yang mengalami permasalahan sejenis.

Kata kunci : Delaminasi, *spalling*, *flowable microconcrete*, *sagola chamber*.

PENDAHULUAN

Salah satu peralatan penting untuk menunjang operasi kilang unit utilitis section adalah tersedianya pompa suplai air bahan baku boiler (*boiler feed water / BFW*). Alat ini berfungsi untuk mensuplai ketersediaan BFW kedalam *water drum boiler* sehingga proses pembuatan uap bertekanan tinggi (*power steam*) selalu tersedia. Pompa suplai BFW adalah pompa rotating dan tergolong sebagai *high speed rotary machines* karena putarannya adalah 3000 putaran per menit (rpm). Pompa suplai BFW digerakan oleh penggerak mula (*prime mover*) motor listrik. Pompa dan penggeraknya didukung oleh pondasi beton bertulang dengan bentuk pondasi block masif dengan spesifikasi mutu beton bertulang mutu tinggi. Pondasi didesain sebagai pondasi dinamis untuk mampu memikul beban statis dari pompa (mesin) dan *prime mover*nya dan juga mampu memikul beban-beban dinamis saat mesin dioperasikan. Beban dinamis dari mesin diharapkan tidak mengganggu lebih serta struktur pondasi, peralatan dan lingkungan disekitarnya. Oleh karena itu kriteria pondasi mesin yang harus dipenuhi adalah daya dukung beban statis harus terpenuhi, *settlement* yang terjadi dalam batas aman dan tidak berlebihan dan tidak boleh terjadi resonansi. Resonansi adalah apabila frekwensi getar mesin sama dengan frekwensi alami dari sistim mesin-pondasi. Berdasarkan data equipment menunjukkan bahwa beton pondasi mesin dibangun pada tahun 1980 bersamaan dengan pengembangan kilang Balikpapan II dan pada saat ini kondisi pondasi beton bertulang secara visual telah terlihat rapuh dan mengalami degradasi material (terkorosi).

Permasalahan yang dihadapi adalah terjadi pengelupasan selimut beton (*delaminating*) dan rompal-rompal pada permukaan beton (*spalling*) pondasi pompa sehingga tulangan beton terbuka dan telah terkorosi. Dari hasil pemeriksaan visual tercatat terdapat 3 (tiga) unit pondasi pompa *supply boiler feed water (BFW)* di Unit Utilities Kilang PT. Pertamina RU V Balikpapan. Pengelupasan selimut beton terjadi dengan indikasi permukaan beton bergelombang, retak-retak tak beraturan dan saling tumpang tindih, sementara spalling terjadi di beberapa tempat dengan ukuran rompal 15 x25 Cm sedalam 5-7 cm sehingga tulangan beton terbuka dan telah mulai korosif.

Dari hasil pemeriksaan ini diidentifikasi bahwa beton pondasi pompa *suplly boiler feed*

water dalam kondisi sub standard dan *unsafe condition* untuk dioperasikan. Terhadap kejadian tersebut telah dilakukan tindakan preventif dengan menambal retakan dengan mortar beton konvensional (campuran semen dan pasir) tetapi hasilnya tidak maksimal karena setelah beberapa waktu tambalan kembali terlepas dan permukaan beton rompal kembali sebagaimana di gambar. 1 dan gambar.2. Hasil uji karbonasi permukaan permukaan menunjukkan bahwa seluruh permukaan beton telah rusak terdegradasi dan terkarbonasi. Hasil uji *cor drilled* menunjukkan bahwa kondisi internal beton pondasi mulai kedalaman 3,5 cm (beton inti) kondisinya masih baik dan dapat dipergunakan kembali. Indikasi karbonasi atau korosi beton hanya terjadi sampai dengan kedalaman 1,5-2,5 mm. Selebihnya kondisinya masih cukup baik dan tidak mengalami karbonasi. Hasil uji *hammer test* menunjukkan kuat tekan rata-rata. 305-335 Kg/Cm² yang mengindikasikan bahwa kondisi beton masih cukup baik.



Gambar 1. Delaminasi selimut beton



Gambar 2. Spalling selimut beton

Hasil inspeksi teknik dan hasil analisis penyebab dengan metode *fish bone* menunjukkan bahwa faktor penyebab kerusakan beton pondasi adalah faktor metode dan faktor material. Faktor

penyebab metode adalah metode proteksi beton yang tidak baik yakni dengan dibiarkannya pondasi beton terpapar bebas dengan lingkungan uap air laut yang bersifat agresif korosif. Sedangkan faktor material adalah terjadinya degradasi material beton eksisting akibat kualitas beton yang telah rapuh dan selalu dalam kondisi lembab.

Dengan memperhatikan faktor dan penyebab permasalahan maka fokus penanganan masalah adalah pada faktor penyebab material dan faktor penyebab metode. Untuk itu diperlukan tindakan perbaikan lebih lanjut dengan menggunakan spesifikasi material perbaikan yang cocok dan sesuai, dapat bonding dengan baik terhadap material beton eksisting sehingga dapat mengembalikan bentuk, dimensi dan konfigurasi beton pondasi pompa BFW pada kondisi standar. Spesifikasi material yang dianggap cocok dan sesuai digunakan adalah *Non shrink, natural aggregate, fibre reinforced for marine environment structure and concrete repair* dengan metode grouting. Penggunaan spesifikasi material *flowable micro concrete* yaitu beton yang menggunakan bahan agregat micro dan bersifat flowable dengan metode grouting sehingga dapat menjangkau area-area yang dapat menjangkau area yang tidak terjangkau oleh mortar beton konvensional dan dianggap paling cocok dan sesuai digunakan karena equipment pompa digunakan untuk memompakan air dan lingkungan disekitar pompa terdapat fasilitas operasi yang menggunakan air pendingin (cooling water) berbahan dasar air laut (sea cooling water). Demikian pula halnya penggunaan material perbaikan *flowable micro concrete Non shrink, natural aggregate, fibre reinforced for marine environment structure and concrete repair* ini juga telah terbukti berhasil dengan baik diaplikasikan pada pekerjaan perbaikan kerusakan bangunan bawah dermaga (*area splash zone*) dan bangunan beton *steel chimney reinforced concrete* (menara pembuangan gas bekas) yang mengalami kerusakan akibat kebakaran.

Asumsi dalam perbaikan adalah :

1. Jika spesifikasi material perbaikan yang digunakan resistance terhadap kondisi lingkungan maka kondisi pasif didalam internal beton akan selalu terjaga dan korosi tulangan dapat dicegah
2. Jika spesifikasi material *mortar micro concrete* bersifat *flowable* dan dapat menjangkau detail

konstruksi maka kualitas beton bersifat daktal (padat)

3. Penggunaan proteksi beton dengan spesifikasi material berbahan *daselastomer polymer waterproofing* dan *resistance* terhadap ultra violet dapat memperlambat degradasi material akibat umur pakai struktur beton (*life time*).

Tujuan penelitian adalah :

1. Memberikan gambaran tentang spesifikasi material dan peralatan yang digunakan pada perbaikan spalling dan delaminasi beton pondasi pompa
2. Memberikan gambaran metode pelaksanaan perbaikan dengan metode *grouting* pada kerusakan beton pondasi mesin dengan jenis kerusakan *spalling* (rompal) dan delaminasi (pengelupasan) selimut beton.

Target dan sasaran perbaikan :

1. Perbaikan kerusakan akibat *spalling* dan delaminasi pondasi pompa dengan metode *grouting flowable micro concrete* dapat diselesaikan dengan baik dan aman
2. Metode kerja *grouting flowable* dapat digunakan dengan baik dan aman
3. Pondasi pompa dapat difungsikan kembali dengan baik dan aman
4. Metode perbaikan grouting dengan spesifikasi material *flowable micro concrete* dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis.

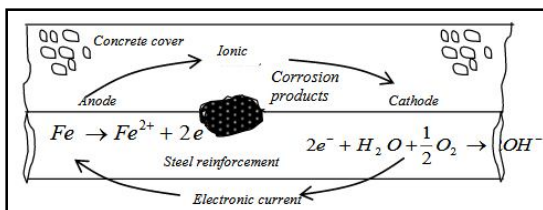
KAJIAN PUSTAKA

Permukaan selimut beton dikenal pula dengan istilah dalam teknik sipil sebagai delaminasi (*delamination*). *Delamination* adalah terkelupasnya lapisan tipis permukaan selimut beton dari struktur plat beton. *Delamination* bisa terdeteksi jika terdengar suara akibat celah yang muncul pada akibat keterpemisahan lapis tipis permukaan dan badan struktur plat beton jika dilewati atau jika permukaan beton diketuk. Delaminasi beton terjadi jika beton masih dalam kondisi plastis, terdapat kelebihan air dan udara belum sepenuhnya naik ke permukaan beton yang terjadi selama kondisi beton masih dalam fase plastis, maka akan menghalangi jalur keluar air dan udara, sehingga akan terjebak di bawah lapisan tipis permukaan dan terjadilah gejala delaminasi. Kelebihan air dan udara yang terjebak akan

mencari jalur secara horisontal karena tidak dapat menembus lapis permukaan yang telah dipadatkan sehingga terjadi pemisahan lapis permukaan beton dengan selimut beton.

Demikian pula jika pada pekerjaan pembetonan terjadi bleeding penggunaan air secara berlebihan selama *fase plastis* akan mempercepat terjadinya delamination yang semakin luas.

Pada kasus rompalnya selimut beton terjadi akibat korosi tulangan beton diinter beton terpasang. Korosi proses elektrokimia dimana tulangan beton berada pada kondisi internal beton yang tidak netral. Baja tulangan di dalam beton berada dalam lingkungan bersifat basa kuat dengan nilai pH $\pm 12,5$. Keadaan ini disebabkan karena beton mengandung 20–30% Kalsium dihidrosida (Ca(OH)_2), sebagian berupa larutan jenuh di dalam beton, sebagian mengendap berupa kristal di dalam beton. Lingkungan basa kuat ini memberikan perlindungan terhadap baja tulangan di dalam beton dari serangan korosi karena baja tulangan di dalam lingkungan basa kuat menjadi pasif. Korosi baja tulangan adalah reaksi kimia atau elektro kimia antara baja tulangan dengan lingkungannya.



Gambar 3. Proses korosi tulangan beton

Baja tulangan yang terkorosi, volume karatnya lebih besar ± 3 kali dari volume bahan asalnya sehingga mengakibatkan keretakan pada beton. Hal ini merupakan awal dari kerusakan beton yang akhirnya menuju ke kerusakan yang lebih parah sehingga secara keseluruhan memperpendek usia pakai konstruksi yang bersangkutan. Baja tulangan di dalam beton terkorosi apabila keadaan pasif hilang yaitu pH lingkungan pada bidang kontak baja-beton turun sampai $< 9,5$.

Kondisi korosi baja tulangan di dalam beton yang dapat mengakibatkan terjadinya rompal (*spalling*) disebabkan oleh beberapa sebagai berikut:

a. Karbonasi

Karbonasi yaitu peristiwa terbentuknya CaCO_3 sebagai akibat reaksi antara Ca(OH)_2 dengan gas atau senyawa terlarut yang bersifat asam.

b. Degradasi oleh Sulfat

Degradasi sulfat terjadi apabila larutan sulfat masuk kedalam beton, maka akan terjadi reaksi dengan senyawa hidrasi kalsium aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) yang terdapat di dalam beton

c. Degradasi oleh Klorida

Degradasi oleh klorida terjadi jika ion klorida telah terkenal sangat agresif terhadap bahan konstruksi baja. Klorida melalui reaksi hidrolisa membentuk asam.

d. Leaching

Kasus leaching adalah peristiwa turunnya konsentrasi senyawa terlarut di sekitar daerah kontak baja-beton akibat masuknya larutan ke dalam beton.

Dampak selanjutnya yang ditimbulkan oleh proses korosi pada tulangan beton adalah :

- Tercucinya pasta semen yang telah mengeras.
- Melaratnya dan tercucinya senyawa-senyawa yang terbentuk akibat serangan air agresif.
- Terbentuknya senyawa-senyawa baru, hasil reaksi kimia yang memiliki sifat sangat mengembang (*expansive*) hingga beton menjadi retak dan pecah.
- Hilangnya tegangan retakan antara beton dan tulangan akibat slip.

Beberapa cara pencegahan korosi pada tulangan internal beton dilakukan dengan :

- Pemakaian spesifikasi material beton untuk perbaikan bermutu baik, cocok dan sesuai
- Mempertebal selimut beton dengan tebal minimal sesuai lokasi material beton terpasang
- Memproteksi tulangan beton dengan spesifikasi material tahan korosi
- Proteksi permukaan beton dengan spesifikasi material (*coating*) yang kedap air dan resistance terhadap pengaruh ultra violet (UV).

METODE PENELITIAN

Metode Pendekatan Masalah

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian terpakai dengan metode pendekatan studi kasus perbaikan beton pondasi pompa dan merupakan *success story* dalam mengatasi masalah kerusakan pondasi pompa *supplai boiler feed water* (BFW) dengan *prime*

mover steam turbine di Unit Utilities Section PT. Pertamina RU V Balikpapan..

Metode Grouting Microconcrete

Pekerjaan perbaikan *spalling* dan delaminating permukaan beton dengan metode *grouting repair concrete* pada prinsipnya sama dengan tujuan untuk memperbaiki permukaan beton yang rusak agar kualitasnya baik kembali kepada kondisi semula. Perbaikan metode grouting dimaksudkan untuk memperbaiki dan meningkatkan duktilitas (kekadapan) beton sehingga uap air atau udara lembab tidak masuk kedalam lingkungan internal beton. Metode *grouting* efektif adalah dengan ketebalan 30-50 mm, dimana tulangan beton dapat dikerjakan.

Bahan Penelitian :

- Micoconcrete fibre reinforced for marine environment structure and concrete*
- Bonding agent*
- Amine-cured, pitch free epoxy coating*
- Air bersih
- Larutan *penopthalane*
- Bahan-bahan lain sesuai kebutuhan disite

Pemilihan spesifikasi material utama *repair flowable microconcrete* didasarkan atas beberapa kelebihan material tersebut :

- Memiliki usia awal yang tinggi (*high early strength*).
- Memiliki kuat tekan yang tinggi (*high ultimate strength*).
- Mempunyai sifat sebagai bahan yang mengalir (*flowable long life grout*).
- Bersifat *dual expansion* untuk mengantisipasi gejala retak-susut (*shrinkage compensated*) pada kondisi basah (kondisi plastis) dan kering (kondisi setting) sesuai ASTM C-1107.
- Mempunyai daya lekat yang baik pada permukaan beton lama / eksisting.
- Memiliki kemampuan memadatkan diri sendiri tanpa diperlukan Vibrasi.
- Mempunyai tingkat permeabilitas yang rendah untuk menghambat masuknya serangan ion chloride dan karbondioksida di udara.
- Memiliki tingkat kemudahan pengerjaan yang tinggi (*high workability*).

Tabel 1 Spesifikasi *microconcrete*

Supply form	Powder	
Colour	Cement grey	
Density (wet) Flowable	2.25	
Plastic	2.28	
Flow trough (cm) Flowable	30 – 50	
	Flowable	
Compressive strength	1 day	30MPa
	3 days	50 MPa
	7 days	60 MPa
	28days	70 MPa
Flexural strength	28days	10.5 MPa
Tensile strength	28days	5.5 MPa
Estimate setting time	Initial	5 hr
	Final	6 hr

Peralatan digunakan :

- Demolition drill hammer*, 6 kg
- Air compressor, tekanan > 5 kg/cm²
- Water jet pump*
- Mesin grouting/ Sagola chamber*
- Hand mixer*
- Alat kerja pembesian dan pementan
- Alat Keselamatan Kerja dan APD
- Alat bantu kerja lainnya



Gambar 4 Mesin Sagola chamber

Metode pelaksanaan perbaikan :

- Pekerjaan Marking Area
 - Pekerjaan ini dimaksudkan untuk mengetahui luasan dan volume *spalling/rompal concrete* yang akan dikerjakan, sehingga mempermudah perhitungan volume material digunakan
 - Permukaan *spalling* yang akan diperbaiki/ digrouting dibersihkan dengan power tools atau sikat kawat
 - Pastikan bahwa tidak ada kotoran debu dan cairan kimia yang masih melekat pada permukaan tulangan dan concrete yang akan diperbaiki
 - Yakinkan bahwa seluruh area *spading/rompal* yang akan diperbaiki terlihat dengan jelas dan dapat diperiksa dengan baik, dan dipastikan permukaan

- beton bebas kontaminasi *Chloride* dengan uji indikator cairan kimia *Phenoltialine*.
2. Pemeriksaan Pekerjaan Persiapan
 - a. Pastikan bahwa permukaan beton yang *spalling/rompal* telah dichipping sampai mencapai kedalaman 30-50 mm atau sampai dengan tulangan beton dapat dikerjakan dengan bentuk dan konfigurasi chipping yang benar, dan pastikan permukaan yang akan direpair bebas kotoran, debu dan minyak
 - b. Pastikan bahwa tulangan beton yang rusak telah diganti dan disambung dengan benar, serta telah dilapis dengan anti korosi dan jarak tulangan beton dengan *formwork* >30 mm
 - c. Pastikan dan yakinkan bahwa peralatan *grouting Sagola Chamber* yang akan digunakan konklusinya bersih dan siap digunakan
 - d. Pastikan *formwork* (bekisting) yang digunakan telah terpasang dengan baik dan benar sesuai dengan bentuk, dimensi dan konfigurasi desain
 - e. Pastikan bahwa permukaan beton eksisting telah benar-benar bersih, telah dijenuhkan dengan air dan telah dilaburi dengan bonding agent.
 3. Pelaksanaan Pekerjaan Grouting
 - a. Periksa kesiapan material *microconcrete grouting* yang digunakan sesuai dengan spesifikasi material yang digunakan untuk repair.
 - b. Periksa dan yakinkan bahwa mesin grouting sagola Chamber dalam kondisi bersih, selang konektor terikat rapat dan kuat sebelum adukan material *microconcrete* dimasukan kedalam tabung mesin grouting
 - c. Periksa komposisi campuran *microconcrete* (kecepatan mixing 400 RPM) dan air telah sesuai spesifikasi dan tercampur dengan baik dan homogen sebelum dituang kedalam mesin grouting
 - d. Periksa dan yakinkan bahwa tekanan air pressure (dari air compressor) yang dihubungkan dengan tubing ke tabung mesin grouting sagola telah siap untuk dilakukan grouting ke lokasi yang akan diperbaiki
 - e. Proses grouting berakhir/selesai jika material grouting mengalir melalui lubang kontrol grouting pada titik yang terjauh/ tertinggi
 - f. Material grouting didiamkan selama min. 24 jam untuk memastikan material telah

- g. kering benar dan meyatu dengan baik dengan material beton eksisting
- g. Setelah pekerjaan grouting selesai formwork dilepas, bekas-bekasnya dibersihkan dan dilakukan curing/ perawatan keras dengan menjaga beton tetap dalam kondisi lembab (curing compound).
4. Indikator dan ukuran keberhasilan
 - a. Pekerjaan persiapan dapat dilakukan dengan baik dan benar
 - b. Pekerjaan repair grouting dapat dilaksanakan dengan baik dan aman
 - c. Material repair dapat menyatu dengan baik, permukaan rata dan tidak ada indikasi
 - d. retak permukaan
 - e. Mentaati peraturan keselamatan kerja dan tidak terjadi accident

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan spesifikasi material utama *repair flowable microconcrete fibre reinforced for marine environment structure and concrete* sebagai material utama dalam perbaikan beton pondasi pompa *boiler feed water* (BFW) di area Unit Utilities Kilang PT. Pertamina RU V Balikpapan didasarkan atas beberapa kelebihan yang dimiliki material tersebut meliputi (1) high early strength (2) kuat tekan yang tinggi mencapai 70 Mpa pada usia 28 hari (3) bersifat flowable long life grout (4) memiliki sifat dual expansion, tidak susut dan tidak retak (5) bonding dengan baik terhadap material eksisting (6) dapat memadat dengan sendirinya (7) bersifat daktil dan tidak mudah terserang ion chloride dan karbondioksida dan (8) tingkat kemudahan pengerjaan yang tinggi (*high workability*). Spesifikasi material *flowable microconcrete fibre reinforced for marine environment structure* telah terbukti berhasil dengan baik diaplikasikan dengan baik untuk perbaikan beton pondasi BFW dan telah 3 (tiga) unit beton pondasi pompa sejenis yang telah dilakukan perbaikan dan telah diselesaikan dengan baik dan aman tanpa terjadi kecelakaan (zero incident).

Metode perbaikan terhadap kerusakan delaminasi maupun spalling pada dasarnya dilakukan dengan metode kerja yang sama yakni dengan (1) melakukan chipping permukaan beton yang mengalami degradasi material (terkarbonasi) sehingga inti beton yang kondisinya masih cukup baik (2) lakukan pengujian dengan larutan phenophthalane dan pastikan kondisi inti beton tidak terkarbonasi (3) membersihkan hasil chipping

dengan water jet hingga jenuh (4) laburi dengan bonding agent (5) pasang bekisting dengan bentuk dan konfigurasi sesuai kondisi eksisting (6) lakukan grouting dengan mesin sagola chamber (7) lakukan curing selama 3 x 24 Jam (8) preparasi permukaan dan lakukan coating dengan spesifikasi material Amine-cured, pitch free epoxy coating dengan tebal minimum 300 micron DFT.

Hasil perbaikan yang lain adalah telah dimilikinya metode kerja baku perbaikan kerusakan beton akibat delaminasi dengan metode kerja baku yang telah teregister pada sistim manajemen mutu PT. Pertamina RU V dengan Nomor. C-023/E15143/2011-S0. Demikian pula telah dimiliki metode kerja untuk perbaikan beton yang mengalami spalling dengan metode kerja baku yang telah teregister pada sistim manajemen PT. Pertamina RU V dengan Nomor. C-022/E15143/2011-S0. Dengan telah dimilikinya metode kerja baku tersebut maka metode kerja perbaikan kerusakan beton akibat delaminasi dan kerusakan beton akibat spalling telah direplikasi di unit kerja PT. Pertamina yang lain.

2. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

1. Spesifikasi material *flowable micro concrete fibre reinforced for marine environment structure* terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk perbaikan beton pondasi pompa BFW yang mengalami kerusakan delaminasi dan spalling
2. Metode perbaikan kerusakan beton pondasi akibat delaminasi dan spalling dilakukan dengan *chipping* lapis permukaan beton pondasi beton yang terdegradasi, cleaning dengan water jeting, melaburi dengan bonding, grouting dengan sagola chamber, curing dengan selalu menjaga tetap dalam kondisi lembab dan coating dengan *amine-cured, pitch free epoxy coating*.

Saran-saran :

1. Metode grouting dengan spesifikasi material *flowable micro concrete fibre reinforced for marine environment structure* terbukti cocok dan sesuai digunakan pada perbaikan beton pondasi pompa BFW dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di lingkungan PT. Pertamina maupun di unit kerja lain diluar

PT. Pertamina yang mengalami permasalahan sejenis

2. Metode kerja baku untuk perbaikan kerusakan beton akibat delaminasi dan spalling telah berusia 8 (delapan) tahun dan perlu diperbaharui (di-update) dengan menyesuaikan spesifikasi perbaikan yang lebih baik dan peralatan kerja yang lebih baik pula.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesainya penelitian ini Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada Bapak Rahendrafedy selaku Stationary Inspection Engineer Section Head PT. Pertamina RU V Balikpapan, Bapak M. Yunus dari PT. Pilarindo Jasatama Persadaraya Jakarta dan Bapak Agung Wahyono dari PT. BASF Indonesia yang telah banyak memberikan supportnya sehingga kelancaran dan selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BASF, 2016, *Product Guide*, PT. BASF Chemical Construction, Jakarta
- EN 1504, 2010, *Repair of concrete structures*, Dansk Standard, MAPEIS, Milan. Italia
- Sulardi, 2011, *Analisis Panca Mutu Pada Perbaikan Beton Dermaga PT. Pertamina*, Thesis Magister Teknik Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya
- TKI No. C-022/E15143/2011-So Rev.0, 2011, *Prosedur Pemeriksaan dan Pelaksanaan Pekerjaan Perbaikan Beton Delaminasi*, PT. Pertamina RU V, Balikpapan
- TKI No. C-023/E15143/2011-So Rev.0, 2011, *Prosedur Pemeriksaan dan Pelaksanaan Pekerjaan Perbaikan Beton Spalling*, PT. Pertamina RU V, Balikpapan.