

**MENENTUKAN KUALITAS HASIL PERBAIKAN BETON BANGUNAN DERMAGA
DENGAN METODE INSPEKSI TEKNIK**

SULARDI

Prodi Teknik Sipil Universitas Tridharma, Balikpapan
e-mail: sulardikm61@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk memberikan gambaran metode inspeksi teknik yang digunakan dalam menentukan kualitas hasil perbaikan dan kualitas hasil perbaikan beton berdasarkan hasil perbaikan beton yang telah dilakukan. Metode penelitian dilakukan dengan metode inspeksi teknik yang meliputi visual test dan rebar test permukaan beton, uji kuat tekan dengan hammer test, uji homogenitas beton dengan *UPV test*, uji tebal selimut beton dengan profometer, sampling inti beton dengan *cor drilled*, uji tarik sambungan beton dan uji karbonasi permukaan beton dengan larutan phenophthalein. Hasil penelitian dengan metode *chipping* dan grouting dengan spesifikasi material flowable microconcrete dan proteksi permukaan beton hasil perbaikan dengan spesifikasi material mastic shield coating dengan tebal min. 300 *micron DFT* terbukti dapat meningkatkan kualitas kuat beton eksisting sebesar 69,40% dari kuat tekan desain beton terpasang. Metode inspeksi teknik, metode perbaikan dan spesifikasi material yang digunakan dapat direplikasi untuk perbaikan kerusakan dan untuk menentukan kualitas hasil perbaikan sejenis ditempat lain.

Kata kunci : Inspeksi teknik, metode chipping, flowable microconcrete.

PENDAHULUAN

Bangunan dermaga PT. Pertamina RU V Balikpapan adalah dermaga beton type jetty yang telah berusia lebih dari 30 tahun dan kondisinya mengalami kerusakan berupa rompal (*spalling*) dan pengelupasan selimut beton (*lamination*). Terhadap kerusakan tersebut telah dilakukan perbaikan dengan metode *chipping* dan *grouting* dengan material *microconcrete* [7].

Permasalahannya adalah selama ini hasil pekerjaan perbaikan beton dermaga yang dilakukan hanya dilakukan dengan metode visual chek kondisi hasil perbaikan beton dipermukaan saja, tidak ada tolok ukur terhadap kualitas inti beton hasil perbaikan yang dilakukan.

Metode pengujian yang dilakukan adalah dengan metode sound test dan hammer test, tetapi metode ini tidak valid karena dengan sound test dan hammer test hanya menguji kekerasan beton dipermukaan saja dan tidak bisa mendeteksi kualitas inti beton dan kekuatan bonding sambungan beton eksisting dan beton baru [6].

Untuk itu diperlukan metode penentuan kualitas hasil perbaikan beton dengan metode inspeksi teknik yaitu pengujian tidak merusak (*non destructive test*) yang meliputi metode rebar visual test, hammer test, pengujian ultrasonic, pemeriksaan lokasi tulangan beton dan pengujian merusak betonnya (*destructive test*) yang meliputi pengujian karbonasi, *core drilled* dan pengujian kekerasan inti beton.

Perumusan masalah yang dikembangkan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana gambaran metode inspeksi teknik yang dilakukan pada bangunan beton dermaga hasil perbaikan.?
2. Bagaimana gambaran kualitas hasil pengujian terhadap beton dermaga hasil perbaikan.?

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Memberikan gambaran metode inspeksi teknik yang digunakan dalam menentukan kualitas hasil perbaikan beton dermaga
2. Memberikan gambaran hasil perbaikan beton berdasarkan hasil inspeksi teknik.

TINJAUAN PUSTAKA

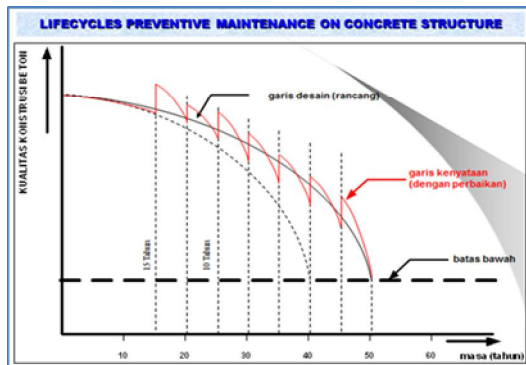
Beton adalah material yang dibentuk dari campuran pasta semen (adukan semen dan air) dengan agregat (kerikil dan pasir), dengan tambahan bahan additive atau admixture dengan komposisi tertentu untuk mencapai kinerja (*performance*) beton yang diinginkan [3]. Beton tersusun dari komposisi bahan yang berasal dari alam yang bersifat heterogen secara internal sehingga campurannya tidak homogen dengan sempurna.

Secara umum ada tiga aspek yang menentukan kualitas beton yaitu kekuatan pasta semen, kualitas agregat yang digunakan dan daya lekat antara pasta semen dengan agregat. Karena dipengaruhi oleh bahan-bahan penyusunnya terutama pasta semen setelah mengeras maka setelah beton mengeras bersifat getas, yakni beton kuat menahan tekanan tetapi lemah didalam menahan tarikan. Oleh karena itu karakteristik kuat tekan beton merupakan hal yang sangat penting disamping sifat-sifat mekanikal lainnya ([3].

Proses hidrolisa pasta semen adalah proses yang sangat menentukan pengikatan, pengerasan dan kekuatan beton yang dihasilkan oleh pembentukan gel kalsium silikat hidrat (CSH). Gel tersebut berfungsi untuk mensubstitusi rongga-rongga diantara butiran semen dan menjembatani kesempurnaan pembentukan beton [4]. Kualitas beton akan sempurna dan memiliki daya dukung besar jika pembentukan sempurna, Sedangkan jika pembentukan beton tidak sempurna atau terganggu oleh kondisi lingkungan maka akan mengakibatkan beton mengalami degradasi material dan berlanjut dengan penurunan daya dukung dan mampu layan beton terpasang.

Pada bangunan beton dermaga kualitas material beton terpasang sangat dipengaruhi oleh paparan uap air laut dan percikan air laut yang mengakibatkan beton mengalami degradasi material dan rusak. Dari uraian permasalahan diatas dapat diketahui bahwa akar penyebab masalah (*bad actor*) degradasi material beton dermaga adalah lingkungan uap air laut. Namun hal ini bersifat keharusan (*given*), yakni struktur bangunan dermaga harus dibangun dikawasan pantai. Rekayasa enjiniring diperlukan untuk mengupayakan agar dapat menghambat degradasi beton eksisting dengan spesifikasi material yang berkualitas baik, peralatan kerja yang sesuai dan metode kerja yang sesuai untuk menghasilkan hasil

perbaikan yang kualitasnya baik dan sesuai syarat-syarat keberterimaan (*quality acceptance criteria*).



Gambar 1. Life Cycle of Structure Preventive Maintenance of Concrete

Berdasarkan gambar *life cycle of structure preventive maintenance of concrete structure* (gambar.1) dan gambar *potential functional working life concrete* [4] dapat dikembangkan rekayasa enjiniring tindakan perbaikannya sebagai berikut :

1. Penurunan mampu layan struktur beton eksisting (sebelum mencapai critical limit) dapat ditingkatkan kembali performance-nya sebagaimana kondisi desain dengan metode perbaikan menggunakan spesifikasi material sejenis namun dengan kualitas material yang lebih baik
2. Kualitas hasil perbaikan dipengaruhi oleh spesifikasi material perbaikan, ketersediaan peralatan kerja, metode kerja yang sesuai, quality control dan acceptance criteria yang sesuai serta dilakukan oleh pekerja yang memiliki pengetahuan dan pengalaman melakukan pekerja sejenis dengan hasil yang baik.

Dengan kualitas material beton yang baik dan sistim proteksi yang baik berpotensi memiliki umur pakai (*service life*) struktur beton yang lebih panjang.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada pelaksanaan perbaikan bangunan dermaga (jetty) PT. Pertamina RU V Balikpapan dalam rangka menunjang kesiapan operasi (*readiness*) dan kehandalan operasi (*refinery reliability performance*) peralatan

operasi kilang mendukung program nasional penyediaan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia. Metode penelitian yang digunakan adalah metode inspeksi teknik yaitu dengan metode pengujian. Bangunan beton dermaga berada dikawasan pantai Teluk Balikpapan dengan type bangunan dermaga jetty yang menjorok sejauh 120 meter kearah laut dan dilengkapi dengan fasilitas pipe rack, face fender dan breasting dolphin.

Segmen bangunan yang dipilih adalah bagian bangunan beton yang terpercik (*splash zone area*) yakni area dibawah pelat lantai beton dan area diatas pelat lantai (*upper zone area*). Penentuan lokasi ini didasarkan pada kenyataan bahwa bangunan beton diarea splash zone memiliki kecenderungan lebih cepat mengalami degradasi (rusak) dibandingkan area yang tidak terpengaruh percikan air laut [1]. Secara khusus pengujian dengan ultrasonic (UPVT) dilakukan pada segmen beam dan pier head saja.

Metode Inspeksi Teknik

1. Pengamatan Visual

Pegamatanan visual bertujuan untuk mengetahui kondisi visual bangunan. Metoda pemeriksaan secara visual dilakukan pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan atau pada lokasi-lokasi kritis yang terindikasi mengalami kerusakan fisik yang dapat terlihat jelas untuk diamati [5] [7]. Pemeriksaan ini dilakukan dengan menginventarisasi segmen-segmen kerusakan fisik yang terjadi pada elemen struktur yang disertai pengambilan dokumentasi, sehingga diharapkan semua data-data tersebut dapat tercatat dengan baik. Hal ini untuk mendukung dilakukan pemeriksaan lanjutan bilamana diperlukan ataupun sebagai basis data untuk pekerjaan baikan yang akan dilakukan.

2. Uji Kuat Tekan Beton Inti

Tujuan pengujian kuat beton inti adalah untuk mengetahui kondisi beton inti yaitu kondisi internal beton eksisting. Prinsip metoda pengujian beton inti (*core-drilled*) dilaksanakan menurut standar BS 1881, "Concrete Testing fir Strength" dan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2492-2002, Metode pengambilan dan pengujian beton inti dan SNI 03-6898-2002, Tata cara pelaksanaan pengambilan sampel dan pengujian kuat tekan beton inti [5] [7]. Tujuan pengujian *core-drilled* adalah menentukan kuat tekan beton sebenarnya (*actual strength*) dengan cara melakukan pengujian kuat tekan di laboratorium terhadap sampel yang

diambil di lapangan. Pengambilan contoh spesimen benda uji dilakukan dengan cara coring, yaitu mengambil benda uji beton dari bagian struktur dengan ukuran diameter 7,5 cm menggunakan mesin bor khusus.

3. Uji Kekerasan Permukaan Beton (Hammer Test)

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui kekerasan permukaan beton dipermukaan dapat dilakukan dengan alat uji palu beton (Hammer test) sesuai dengan standar ASTM C805-2. Metode uji ini diterapkan untuk menilai dan menguji keseragaman beton yang terpasang di lapangan, memberikan gambaran zona struktur beton yang memiliki kualitas buruk atau mengalami degradasi serta dan untuk mengestimasi pertumbuhan kuat tekan di lapangan. Metode uji hammer test ini tidak dimaksudkan sebagai dasar untuk penerimaan atau penolakan mutu beton, karena adanya ketidakpastian dalam estimasi kekuatan tekan beton. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian hammer test adalah elemen struktur beton yang akan diuji harus memiliki ketebalan minimal 100 mm dan terkoneksi erat dengan struktur bangunan dan area uji berdiameter 150 mm [2][5]. Hasil uji dengan menggunakan alat Hammer Test tergantung kepada rata dan tidaknya permukaan, basah keringnya bidang uji dan sudut inklinasi 0o, -90o; +90o dan sudut 45o.

4. Uji Kualitas dengan Ultrasonik (UPVT)

Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh gambaran kualitas beton mulai dari permukaan hingga didalam inti beton. Prinsip kerja pengujian ultrasonik adalah metode ASTM C597-83 dan BS 1881 : Part 203 : 1986 dengan mengubah energi gelombang listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit pulsa transducer pengirim (T) menjadi energi gelombang mekanik yang selanjutnya merambat pada beton [5]. Setelah sampai pada probe receiver (R) energi gelombang tadi diubah kembali menjadi energi gelombang listrik yang selanjutnya melewati penguat dan dihitung dan ditampilkan waktu tempuh tersebut dalam pencacah digital.

Pengukuran kecepatan rambat gelombang ultrasonik pada beton dinyatakan persamaan ; $V = L/T$. Dimana, V adalah kecepatan rambat gelombang ultrasonik (km/sec); L adalah jarak tempuh (mm) dan T adalah waktu tempuh gelombang ultrasonik (μ sec).

Tabel 1. Kualitas beton berdasarkan Uji UPVT

Kecepatan rambat gelombang ultrasonik (UPV) (km/sec)	Kualitas Beton
> 4.5	Sangat baik
3.5 – 4.5	Baik
3.0 – 3.5	Cukup Baik
2.0 - 3.0	Buruk
< 2.0	Sangat Buruk

Sumber : Neville, AM., *Properties of Concrete*, 1977 , Fittman Publishing Ltd, London, page 506.

5. Uji Kuat Tarik Beton Inti

Uji tarik atau uji lekat beton hasil perbaikan dilakukan dengan sampel uji kuat lekat beton lama dengan beton baru diambil menggunakan mesin core drill [5]. Sampel silinder beton yang berdiameter ± 7 cm ini diambil melewati batas beton baru dan lama. Sampel kemudian dipotong/diratakan dan pada kedua sisinya direkatkan pegangan besi. Kemudian pegangan ini yang akan dikaitkan pada mesin penarik. Menurut Peraturan Beton Indonesia, PBI 1971, kuat lekat yang disyaratkan dengan persamaan :

$$f_y = 0,36 \sqrt{f'_c}$$

Untuk nilai kuat tekan beton lama, $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ nilai kuat lekat yang disyaratkan adalah $f_y = 6,03 \text{ kg/cm}^2$.

6. Uji Posisi Tulangan

Metoda pengujian ini bertujuan untuk menentukan posisi tulangan, tebal selimut beton dan diameter tulangan menggunakan alat profometer yang terdiri dari : 1 buah probe universal untuk menentukan letak tulangan; tebal selimut beton dan dimensi tulangan[5]. Prinsip pengujian adalah gunakan probe untuk mengetahui letak dari tulangan, setelah diketahui beri tanda dengan pensil / kapur. Kemudian cari letak tulangan berikutnya yang bersebelahan / sejajar sampai terdapat beberapa titik yang ada, lakukan pengukuran jarak pada titik-titik tersebut. Dari letak tulangan tersebut ukur juga ketebalan selimut beton dengan menggunakan probe dan untuk mengetahui dimensi tulangan letakkan probe pada lokasi yang sudah ditandai.

7. Uji Karbonasi

Metoda pengujian karbonasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kedalaman karbonasi beton terpasang. Uji karbonasi untuk menentukan indikasi bahwa beton telah terkarbonasi dengan larutan Phenophthalein (C₂₀H₁₄O) sebagai indicator [5]. Pengaruh karbonasi pada beon dapat diketahui dengan cara menyemprotkan larutan phenophthalein pada hasil core drill. Pengaruh phenophthalein pada beton adalah jika larutan phenophthalein pada beton berwarna merah, apabila inti pH beton > 8 maka beton bersifat basa) dan beton belum terkarbonasi. Sedangkan jika larutan phenophthalein pada beton tidak berwarna maka pH inti beton < 8 maka beton bersifat asam dan beton telah dalam kondisi terkarbonasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan dan Pengujian

1. Hasil Pengamatan Visual

Hasil pemeriksaan visual terhadap permukaan beton dermaga hasil perbaikan menunjukkan permukaan beton terlihat halus, tidak ada indikasi crack, laminasi, spalling maupun yang terindikasi terkorosi.

Hasil pemeriksaan visual kondisi beton dermaga hasil perbaikan sebagaimana tersaji pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan visual

Kondisi beton sebelum perbaikan	Kondisi beton setelah perbaikan
Permukaan beton kusam, tidak diproteksi coating, ditumbuhi jamur dan marine growth	Permukaan beton abu-abu cerah dan telah diproteksi coating dengan spesifikasi mastic coat shield tebal min. 300 DFT
Permukaan beton kasar, agregat terbuka, retak tidak beraturan	Permukaan selimut beton yang rusak telah dilakukan chipping hingga inti beton yang kondisinya baik dan telah diperbaiki sehingga permukaan beton dermaga secara visual terlihat halus
Selimut beton terlaminsi, spalling, tulangan terbuka dan terkorosi	Selimut beton yang terkarbonasi telah dichipping dan telah dilakukan perbaikan dengan metode grouting dengan spesifikasi material microconcrete.

Kerusakan bangunan beton dermaga, seluas 526,84 m² atau 13,94% luas total bangunan bangunan beton telah dilakukan perbaikan dengan hasil yang baik/

2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Inti

Pengujian kuat tekan inti beton dilakukan dengan benda uji beton inti adalah hasil cor drilled sebanyak 6 sampel dengan titik pengambilan di area splash zone 3 sampel dan diarea atas sebanyak 3 sampel. Pengujian kuat tekan aktual yang dilakukan Laboratorium uji beton, B4T Bandung

dengan hasil pengujian sebagaimana tersaji pada tabel. 3.

Tabel 3. Hasil uji kuat tekan beton inti eksisting

Lokasi	Elemen Struktur	Kuat Tekan (kg/cm ²)	% Kuat tekan aktual / Kuat tekan disain (250 kg/cm ²)
Arera Splash zone	Pier head Dermaga	275	110,00
	Beam Pipe rack	290	116,00
	Beam Trestle	285	114,00
Area Pelat Lantai atas	Pelat lantai Trestle	265	106,00
	Pelat lantai Dermaga	270	108,00
	Breasting Dolphin	285	114,00

Hasil uji beton inti (*actual strength*) yang tersebar pada 6 lokasi titik pengambilan sampel, kuat tekanya bervariasi, dari hasil pengujian diatas dinyatakan bahwa mutu beton inti kondisinya masih cukup baik dan memenuhi persyaratan, yakni > 111,33 dari mutu renana (K250).

3. Hasil Uji Kekerasan Permukaan Beton (Hammer Test)

Pengujian kualitas kekerasan beton hasil perbaikan dengan metode hammer test yang diambil pada lokasi-lokasi yang terpilih dengan lokasi disekitar pengambilan sampel core drilled dengan hasil uji sebagaimana tersaji pada tabel. 4.

Tabel 4. Hasil Hammer Test

No	Elemen Struktur	Nilai Minimum (Kg/ Cm ²)	Nilai Maks. (Kg/Cm ²)	Nilai Rata-rata (Kg/Cm ²)
1	Beam melintang	402	412	407,00
2	Beam Memanjang	412	425	418,50
3	Pile	408	420	410,00
4	Pier Head	428	452	440,00
5	Pelat lantai atas	424	430	427,00
6	Pelat lantai bawah	431	440	435,50

Hasil uji kekerasan permukaan dengan metode hammer test pada elemen struktur pier head memiliki tingkat kekerasan permukaan yang sangat baik pada elemen struktur beam melintang maupun elemen balok memanjang, dan pelat lantai bangunan beton dermaga.

4. Hasil Uji Kualitas dengan Ultrasonik

Hasil pengujian dari kepadatan beton dimasing-masing elemen struktur beton setelah perbaikan menunjukkan tingkat kepadatan rata-rata yang cukup tinggi pada semua pada elemen struktur beton. Hasil uji kualitas beton dengan metode UPVT sebagaimana tersaji pada tabel. 5.

Tabel 5. Hasil Uji UPVT beton hasil perbaikan

Lokasi	Jenis Elemen Struktur	Nilai Rata-rata UPVT (km/sec)	Keterangan
Dermaga No.5	Beam Melintang	4,40	Baik
	Beam Memanjang	4,50	Baik
	Pier Hed Dermaga	4,30	Baik
	Pier Hed Trestle	4,60	Baik

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan tingkat kepadatan beton pada seluruh elemen struktur masuk dalam kategori baik dan bahkan ada yang sangat baik, hal ini terindikasi dengan kecepatan rambat gelombang ultrasonik berada pada kisaran 4,30 hingga 4,60 km/sec.

5. Uji Kuat Tarik Beton Inti

Hasil pengujian tarik atau uji lekat beton lama dan beton baru hasil perbaikan sebagaimana tersaji pada tabel 6. Hasil uji tarik ini menunjukkan bahwa antara beton baru dan beton lama terikat dengan baik yang ditandai bahwa beton putus dibagian beton lama.

Tabel 6. Hasil uji kuat tarik beton hasil Perbaikan

No	Lokasi	Visual	Luas Bidang Tarik (cm ²)	Beban Maks (kg)	Kuat tarik (kg/cm ²)	Keterangan
1	Balok	Baik	37,39	360	9,49	Putus pada beton lama
2	Balok	Baik	37,39	320	8,43	Putus pada beton lama
3	Balok	Baik	37,39	345	9,15	Putus pada beton lama

6. Hasil Uji posisi tulangan

Data drawing design menunjukkan data kedalaman tulangan utama pada kisaran 26 mm. Tebal lapisan selimut beton akan sangat mempengaruhi ketahanan struktur beton terhadap penetrasi klorida dari air laut. Setelah dilakukan perbaikan tebal selimut beton pada kisaran 42-51 mm. Semakin tebal lapisan selimut beton akan memperlambat kecepatan korosi pada tulangan dalam beton, hal tersebut akan berpengaruh pada usia layannya. Hasil uji posisi tulangan beton setelah perbaikan sebagaimana pada tabel. 7.

Tabel 7. Hasil Uji Profometer beton dermaga

Lokasi	Elemen Struktur	Selimut Beton Rata-rata (mm)	Keterangan
		Arah x	
Balok memanjang bagian bawah	Longitudinal Beam	51,0	Coating rusak, terpapar bebas
Balok melintang	Cross Beam	44,0	Coating rusak, terpapar bebas
Pier Head 2	Pier Head	42,0	Coating rusak, terpapar bebas
Balok Konsol 2	Bawah	44,0	Coating rusak, terpapar bebas
Pelat lantai bawah	Bawah	42,0	Coating rusak, terpapar bebas

7. Hasil Uji Karbonasi

Karbonasi dari beton merupakan hasil dari reaksi oksida kalsium dan penyimpangan dari pasta semen dengan udara yang mengandung karbon dioksida untuk membentuk kalsium karbonat yang mana akan mengurangi pH inti beton. Hal ini akan memicu beton secara kondusif untuk mengalami kerusakan. Kedalaman karbonasi terukur dengan

menyemprot bagian beton yang baru terekspos dengan indikator larutan Phenolphthalein. Hasil uji karbonasi permukaan beton menunjukkan tidak ada indikasi karbonasi sebagaimana tabel. 8.

Tabel 8. Hasil Uji Karbonasi beton dermaga

Lokasi	Elemen Struktur	Kedalaman Rata-rata Karbonasi (mm)	Selimut Beton (mm)	Keterangan
		(1)	(2)	
Dermaga No. 5	Pelat Atas 1	0,00	51,0	Tidak terkarbonasi
	Pelat Atas 2	0,00	44,0	Tidak terkarbonasi
	Pelat Atas 3	0,00	42,0	Tidak terkarbonasi
	Pelat Atas 4	0,00	44,0	Tidak terkarbonasi
	Cross Beam	0,00	42,0	Tidak terkarbonasi
	Cross Beam	0,00	51,0	Tidak terkarbonasi
	Pier Head	0,00	44,0	Tidak terkarbonasi

Elemen struktur yang diuji pada umumnya adalah elemen struktur beton yang telah dilakukan perbaikan dan telah diproteksi dengan lapis penutup coating dengan spesifikasi material mastic sheild dengan tebal min. 300 micron DFT.

Pembahasan

Kegiatan assessment konstruksi bangunan beton eksisting, inspeksi teknik, kegiatan analisis dan diagnose faktor penyebab masalah adalah satu kesatuan rangkaian kegiatan yang tidak terpisahkan untuk menentukan rekomendasi perbaikan, penentuan spesifikasi material perbaikan dan metode perbaikan yang akan digunakan.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan metode inspeksi teknik yang sesuai dan cocok digunakan untuk menentukan condition grade kerusakan dan penentuan kualitas hasil perbaikan beton adalah visual test dan rebar test permukaan beton, uji kuat tekan dengan hammer test, uji homogenitas beton dengan UPV test, uji tebal selimut beton dengan profometer, sampling inti beton dengan cor drilled, uji tarik sambungan beton dan uji karbonasi permukaan beton dengan larutan phenophthalein.

Metode perbaikan beton dermaga dengan chipping permukaan terkarbonasi secara papan catur (selang-seling) sedalam min. 1,5 inch, perbaikan ikatan permukaan beton lama dan beton baru dengan bonding agent, grouting dengan spesifikasi material flowable microconcrete dan proteksi permukaan beton hasil perbaikan dengan spesifikasi material mastic shield coating dengan tebal min. 300 micron DFT terbukti dapat meningkatkan kualitas kuat beton eksisting sebesar 69,40% dari kuat tekan desain beton terpasang, dapat meningkatkan homogenitas beton terpasang dan memperbaiki proteksi struktur beton hasil perbaikan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Metode inspeksi teknik dengan visual test, Non destructive test dan destructine test yang meliputi hammer test, UPV test, uji cor drilled, uji tarik dan uji karbonasi terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk menentukan kualitas beton hasil perbaikan
2. Kualitas beton dermaga hasil perbaikan menunjukkan :
 - a. Perbaikan dengan metode chipping selimut beton terkarbonasi, grouting dengan spesifikasi material flowable microconcrete dan proteksi permukaan dengan mastic coat shield
 - b. Kuat tekan inti beton eksisting adalah 265-290 kg/cm² atau rata-rata 111,00 % terhadap kualitas beton desain
 - c. Kuat tekan beton permukaan setelah perbaikan adalah pada kisaran 407 – 435 kg/cm² atau 168,40% dari mutu kuat tekan beton sebelumnya
 - d. Homogenitas inti beton setelah perbaikan adalah 4.30-4,60 dalam kategori baik dan sangat baik
 - e. Hasil uji tarik tulangan beton setelah perbaikan adalah pada kisaran 8.43-9.49 kg/cm² Vs 6.0 kg/cm² dengan grade sangat baik
 - f. Tebal selimut beton setelah perbaikan adalah 42-51 mm dan telah diproteksi dengan mastic coating
 - g. Hasil uji karbonasi, tidak ada inikasi permukaan beton terkarbonasi
3. Hasil perbaikan menunjukkan bahwa hasil diagnose dan rekomendasi perbaikan dengan metode grouting telah sesuai, penggunaan spesifikasi material flowable microconcrete telah sesuai dan metode pelaksanaan perbaikan yang dilakukan dengan chipping metode papan catur berhasil dengan baik sehingga perbaikan bangunan beton dermaga dapat diselesaikan dengan baik dan aman.

Saran-saran

1. Untuk akurasi hasil analisis, diagnose permasalahan dan rekomendasi perbaikan beton agar didasarkan atas hasil pemeriksaan visual, hasil pengujian non destructive test dan hasil pengujian destructi ve test
2. Perbaikan kerusakan beton jenis laminating dan spalling agar dilakukan pengupasan selimut

beton dengan metode chipping setebal min. 1,5 inch dan grouting dengan spesifikasi material beton mutu tinggi flowable microconcrete

3. Rekomendasi, metode perbaikan dan spesifikasi material perbaikan yang telah diaplikasikan agar direplikasi ditempat lain.

Ucapan Terimakasih

Dengan telah selesainya penelitian ini Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dedi Rachman dari Laboratorium uji beton B4T Bandung, Bapak Agung Wahyono dari PT. BASF Chemical construction Jakarta dan Bapak Rahendrafedy dari PT. Pertamina RU V Balikpapan yang telah banyak membantu sehingga lancarnya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Gregory P. Tsinker, 1997, *Handbook of Port and Harbor Engineering Geitechnical and Structural Aspects*, International Thomson Publishing Asia, Singapore.
- Pd M 05-1996-03, 1996, *Metoda Pengujian Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N & NR*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Neville, AM, 1977, *Properties of Concrete*, Pittman Publishing Ltd, London.
- Radomir Folic, 2009, *Durability Design of Concrete Structure, Analysis Fundamentals*, Faculty of Technical Sciences Facta Universitatis, Serbia.
- Sulardi, 2014, *Inspeksi Teknik Struktur Bangunan Dermaga*, Seminar Nasional Industri Dermaga Di Indonesia, B4T, Bandung.
- Sulardi, 2012, *Metode Pelaksanaan Perbaikan Laminating, Gouting, Injection and Strengthening Struktur Bangunan Dermaga*, Portal Komet PT. Pertamina Corporate, Jakarta.
- <http://ptmkppwab81.pertamina.com/komet/search/Result.aspx?ptm:Kodefikasi AB9961>.
- Sulardi, 2011, *Analisis Panca Mutu Metode Perbaikan Struktur Dermaga PT Pertamina RU V Balikpapan*, Thesis Magister Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.