

ISBN 978-979-97511-7-1

PROSIDING

Lokakarya Nasional dan Seminar

Forum Komunikasi
Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia

Bogor, 2-4 September 2013



Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor



Forum Komunikasi
Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia



ISBN 978-979-97511-7-1

PROSIDING
LOKAKARYA NASIONAL DAN SEMINAR
Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia
Bogor, 2-4 September 2013

Dipublikasikan Oleh:

Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (2013)

Alamat:

Fakultas Pertanian, IPB

Jln. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Tel. +62 251 8629354; +62 251 8629350

Fax. +62 251 8629352

Diselenggarakan oleh



Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor



Forum Komunikasi
Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia

EVALUASI PENURUNAN TANAH YANG TERJADI DI SEKITAR RUNWAY BANDARA HANG NADIM

Pingkan Nuryanti¹⁾ Winarputro Adi²⁾

¹⁾Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian IPB Bogor

²⁾Badan Penelitian dan Pengembangan Puslitbang Jalan dan Jembatan,
Kementerian Pekerjaan Umum

e-mail: pingkan_nuryanti@yahoo.com

Asbtrak

Infrastruktur bandara udara sangat penting dalam membantu kelancaran proses transportasi produk pertanian dari sentra produksi ke lokasi pemasaran. Penelitian dilakukan untuk mengkaji kerusakan pada gorong-gorong (*corrugated steel pipe* /CSP) serta longsornya tanah di Bandara Hang Nadim. Pendekatan metodologi meliputi beberapa tahapan sebagai berikut: pemeriksaan global, pemeriksaan detail dan interpretasi hasil pemeriksaan. Kesimpulan dari pengujian lapangan adalah sebagai berikut: sebagian besar gorong-gorong (CSP) telah terkorosi khususnya pada bagian dasar. Bagian yang terkorosi bervariasi mulai dari sepertiga lingkaran hingga satu lingkaran penuh. Korosi pada CSP dipengaruhi oleh kondisi pasang-surut air di dalam saluran CSP. Selain itu, adanya material kuarsa yang dapat mengikis lapis galvanis sehingga mudah menimbulkan korosi. Melalui pemeriksaan khusus, kondisi korosi secara kuantitatif diukur dengan potensiometer dimana hampir seluruh pengukuran menunjukkan potensial $>0,8$ volt (kondisi baja terkorosi berat khususnya pada bagian bawah). Pemeriksaan tahanan listrik (resistivity) dan pH juga memberikan indikasi bahwa material air yang melalui gorong-gorong juga memiliki sifat agak korosif. Dari hasil pemeriksaan disimpulkan bahwa sebagian besar CSP telah terkorosi, baik bagian atas maupun bagian bawah. Selain itu ditemukan longsor dengan diameter ± 18 m di area outlet lokasi A. Longsor diakibatkan berkurangnya daya dukung CSP gelombang kecil, karena bagian dasarnya telah terkorosi parah. Diperkirakan juga CSP pada lokasi longsor secara struktur kurang kuat dibanding CSP di bawah runway. Ditemukan hanya terdapat 4 baut ukuran 1 cm yang dipasang secara melingkar pada sambungan CSP. Di beberapa tempat bahkan tidak ditemukan baut. Untuk menunjang proses transportasi produk pertanian bisa menjadi lebih baik, maka kejadian longsor harus dihindari agar tidak terjadi lagi. Sehingga untuk mengatasi masalah longsor tanah tersebut maka diberikan opsi-opsi yang dapat dilakukan meliputi: Opsi 1 penguatan dengan gorong-gorong pracetak; Opsi 2 penguatan dengan CSP; Opsi 3 penguatan dengan Cor In situ; Opsi 4 relokasi drainase.

Kata kunci: Bandara, runway, *corrugated steel pipe* (CSP), penurunan, gorong-gorong.

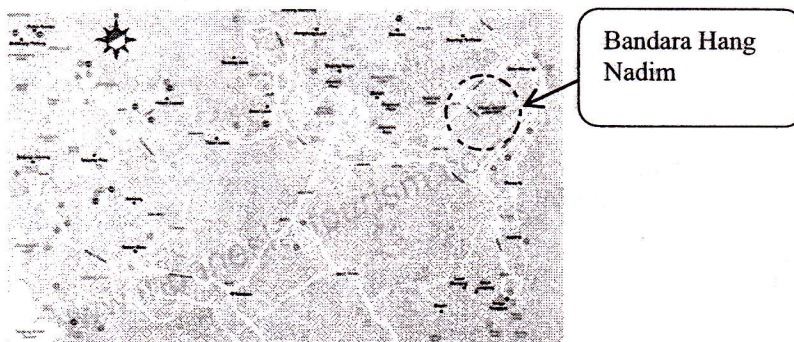
Pendahuluan

Sistem pertanian bioindustri yang berkelanjutan perlu didukung oleh infrastruktur yang stabil. Keberlanjutan produk pertanian sangat dipengaruhi oleh kondisi transportasi dalam pemindahan dari pusat produksi ke lokasi pemasaran. Salah satu infrastruktur yang perlu dibenahi adalah bandara sebagai pintu keluar masuknya produk pertanian. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi dalam perbaikan Bandara Hang Nadim – Batam. Berdasarkan informasi dari pihak Otorita Batam, terdapat kerusakan pada gorong-gorong (*corrugated steel pipe /CSP*) serta longsornya tanah pada lokasi ± 90 m di dekat runway Bandara Hang Nadim. Longsornya tanah tersebut dikhawatirkan akan merambat menuju lokasi *runway*.

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mendapatkan informasi kondisi lapangan dan data teknis sebagai data pendukung untuk kegiatan ini, dan 2) memberikan rekomendasi penanganan permasalahan pada kondisi gorong-gorong yang ada di Bandara Hang Nadim - Batam.

Metode Penelitian

Lokasi pelaksanaan kegiatan pemeriksaan ini adalah di area Bandara Hang Nadim yang terletak di Kota Batam, Kepulauan Riau. Bandara Hang Nadim merupakan salah satu bandara yang cukup strategis di Indonesia (Gambar 4).



Gambar 4. Lokasi Bandara Hang Nadim-Batam

Beberapa peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan yaitu sebagai berikut (Tabel 1) :

Tabel 1. Peralatan yang digunakan

Nama alat	Jumlah	Nama Alat	Jumlah
<i>Potensiometer</i>	1 buah	Meteran(Distance-meter)	1 buah
<i>Resistivity-meter</i>	1 buah	Senter	2 buah
Jangka Sorong	1 buah	ATK(pulpen,tip-x, penggaris)	2 set
Kamera	1 buah	GPS	1 buah
Botol 600 ml(tempat sampel air)	4 buah	pH-meter	1 buah
Kamera	1 set		

Secara garis besar, metodologi penyelidikan dan evaluasi yang dilaksanakan terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut: survey/pemeriksaan global; pemeriksaan detail; interpretasi hasil pemeriksaan.

a. Survey/Pemeriksaan Global

Pada tahapan ini, dilaksanakan kegiatan-kegiatan sebagai berikut: pemeriksaan visual; pengambilan dokumentasi; pengamatan geometri; dan pengambilan sampel.

Pengamatan visual diperlukan sebagai tahapan awal untuk mendefinisikan permasalahan yang ada di lapangan. Pada tahapan ini akan dideteksi hal-hal yang tidak normal yang terjadi pada gorong-gorong dan jenis-jenis kerusakan yang terjadi dan penyebabnya. Berdasarkan pemeriksaan visual, diambil langkah-langkah lanjutan untuk pemeriksaan detail.

b. Pemeriksaan Detail

Pemeriksaan detail direncanakan terutama pada daerah-daerah di sekitar kerusakan dan pada bagian-bagian struktur yang dianggap dapat mewakili keseluruhan struktur. Metoda yang akan digunakan ditentukan berdasarkan informasi yang telah dikumpulkan pada tahapan survai sebelumnya.

Pemeriksaan detail terutama dilakukan pada gorong-gorong yang mengalami korosi serta lingkungannya termasuk air dan tanah. Pemeriksaan detail yang direncanakan meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut: pengujian potensial listrik baja/CSP; pengujian *resistivity* air dan tanah; pemeriksaan kandungan sulfat dan klorida pada sampel air.

Kriteria untuk menentukan bahwa baja telah terkorosi atau belum dapat dilihat pada Tabel 2. Kriteria yang digunakan dalam menilai hasil pengukuran tahanan listrik untuk material dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Kriteria korosi baja

No.	Nilai Potensial (Volt)	Korosivitas
1.	< -0,8	Baja belum terkorosi
2.	> -0,8	Baja terkorosi

Tabel 3. Tipikal nilai tahanan listrik (*resistivity*) material

Jenis Material	Resistivity (Ωcm)	Keterangan/sifat
Air Laut	18 - 30	Sangat Korosif
Air Sungai	100 - 300	
Tanah Aluvial	1000 - 2000	
Tanah Lempung	1000 - 5000	Korosif
Lempung Campuran	4000 - 10000	
Gravel	10000 - 25000	Agak Korosif
Pasir	25000 - 50000	
Batuan berporus	>50000	Tidak Korosif
Granit	>100000	

Sumber : Cathodic Protection of Reinforcement Steel in Concrete, Berkeley (1990)

Pada pemeriksaan ini, dilakukan pengukuran tahanan pada material tanah dan air dilokasi inlet gorong-gorong supaya dapat diketahui kualitas air sebelum memasuki gorong-gorong.

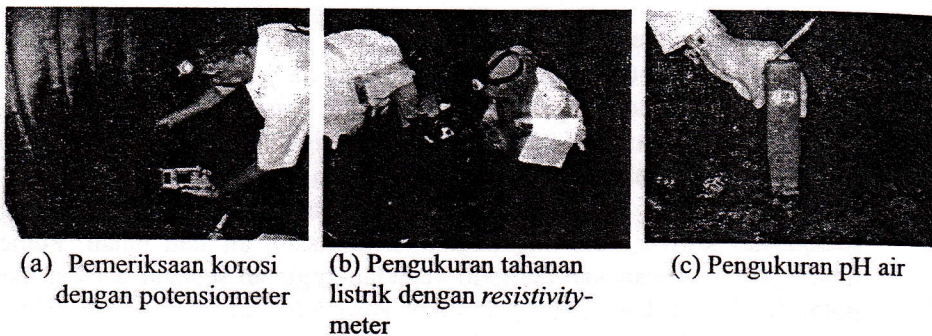
c. Interpretasi hasil pemeriksaan

Interpretasi hasil pemeriksaan dilihat dari pengamatan visual yang dilakukan pada tempat-tempat tertentu dari masing-masing lokasi yang masih mampu dijangkau oleh pemeriksa.

Hasil dan Pembahasan

a. Pemeriksaan detail

Pemeriksaan detail dapat dilihat pada Gambar 2a, 2b dan 2c.



Gambar 2. Pemeriksaan detail

Tabel 1. Hasil pemeriksaan potensial listrik dengan potensiometer

No.	Lokasi/STA	Potensial (V)	Keterangan
1.	Inlet Lokasi A/ STA 0+15	-0,4	CSP terkorosi
2.	Inlet Lokasi A/ STA 0+22.5	-0,26	CSP terkorosi
3.	Inlet Lokasi A/ STA 0+27.5	-0,20	CSP terkorosi
4.	Inlet Lokasi A/ STA 0+37.5	-0,23	CSP terkorosi
5.	Inlet Lokasi A/ STA 0+60	-0,20	CSP terkorosi
6.	Outlet Lokasi A/ Manhole	-0,23, -0,25	CSP terkorosi
7.	Lokasi bawah longsoran STA 0+90	-0,18	CSP terkorosi
8.	Lokasi B Inlet	-0,029	CSP terkorosi
9.	Lokasi B Outlet/STA 0+00	-0,042, 0,049	CSP terkorosi
10.	Lokasi B Outlet/STA 0+14	-0,027, -0,12	CSP terkorosi

Sumber : Hasil pengukuran lapangan (Juni, 2010)

Secara visual hasil pemeriksaan korosi pada gorong-gorong sebagian besar permukaan CSP telah terkorosi khususnya di bagian dasar dimana hampir sepertiga lingkaran CSP terkorosi (Gambar 2a). Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran secara langsung di lapangan seperti terlihat pada Tabel 4, dengan penentuan tingkat korosi secara kuantitatif menggunakan parameter potensial

listrik dimana bila angka potensial baja $>-0,8$ volt maka telah terjadi korosi pada CSP, maka disimpulkan bahwa seluruh CSP telah mengalami korosi.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan dengan dasar kriteria tahanan listrik sesuai dengan Tabel maka diperoleh hasil seperti pada Tabel 5. Diketahui, bahwa material disekitar lokasi inlet baik pada lokasi A dan lokasi B memiliki karakteristik material yang bersifat agak korosif (Gambar 2b).

Pemeriksaan pH seperti pada Gambar 2c dilakukan di 1 titik yaitu pada lokasi inlet di manhole lokasi A. Berdasarkan pemeriksaan diperoleh derajat keasaman air yaitu 5,8 pada lokasi A. sehingga disimpulkan bahwa air pada manhole A bersifat asam.

Kondisi lingkungan di sekitar gorong-gorong CSP diukur berdasarkan pH dalam air dan tanah serta kadar ion klorida dalam air. Hasil pengujiannya seperti dalam Tabel 6 berikut ini:

Tabel 2. Hasil pemeriksaan tahanan listrik air & tanah

No.	Lokasi/STA	Tahanan Listrik (ohm.cm)	Keterangan
1.	Manhole Lokasi A	$R_{\text{tanah}} = 8,05 \times 10^4$ $R_{\text{air}} = 6,25 \times 10^4$	Agak korosif
2.	Manhole Lokasi B	$R_{\text{tanah}} = -$ $R_{\text{air}} = 2,2 \times 10^4$	Agak korosif

Catatan : Pada manhole lokasi B tidak terdapat sampel tanah untuk diuji

Sumber : Hasil pengukuran lapangan (Juni, 2010)

Tabel 6. Hasil pengujian kualitas air

No	Sampel	pH	Ion Klorida (ppm)	
1	22/6-2010 jam 10.00 Inlet lok. A, sebelum hujan	5.5	24.822	26.595
2	22/6-2010 jam 11.00	5.4	15.957	17.73
3	Inlet lok. A, setelah hujan 23/6-2010 jam 10.00	6.2	24.822	24.822
4	Manhole Lok. A 23/6-2010 jam 15.30 Inlet Lok. B	6.5	17.73	21.276

Sumber : Hasil pengujian laboratorium (Juli, 2010)

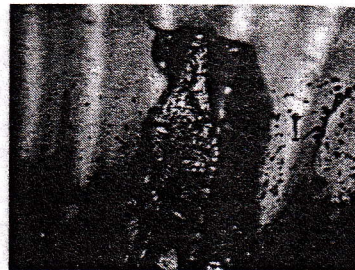
Derajat keasaman (pH) air di sekitar lokasi gorong-gorong CSP sepertipada Tabel 6 menunjukkan bahwa air tersebut cenderung bersifat asam, kondisi tersebut dapat menyebabkan terjadinya proses korosi yang lebih cepat pada CSP dimana lapisan pasif pada CSP akan lebih cepat habis dalam kondisi lingkungan yang bersifat asam, setelah lapisan pasif tersebut habis, ion klorida yang terdapat dalam air kemudian berperan dalam terjadinya korosi pada baja gorong-gorong tersebut. Sehingga disimpulkan bahwa pada saat derajat keasaman (pH) bersifat asam, Ion klorida yang terdapat dalam air akan berperan terhadap tingkat korosifitas di sekitar CSP.

b. Pemeriksaan Visual

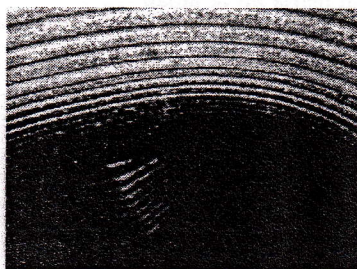
Hasil pemeriksaan secara visual dapat dilihat pada Gambar 3, 4, 5 dan 6 dibawah ini:



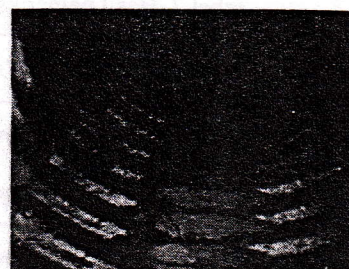
(a) Rembesan pada CSP



(b) Rembesan pada CSP pada baut yang tidak dipasang



(c) Deformasi berlebihan



(d) Korosi yang menyebabkan lubang pada dasar CSP

Gambar 3. Jenis kerusakan yang terjadi pada *Corrugated Steel Pipe* (CSP)

Jenis-jenis kerusakan pada CSP dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar a memperlihatkan rembesan pada celah antar sambungan CSP. Gambar b menunjukkan baut yang tidak terpasang sehingga terdapat rembesan dari lubang baut CSP dan Gambar 3d menunjukkan efek korosi pada CSP yang mengakibatkan lubang pada dasar CSP. Hal ini dapat menyebabkan daya dukung vertikal sistem CSP menjadi berkurang, sehingga dibawah CSP terdapat rongga yang diakibatkan oleh material di bawah CSP terbawa oleh rembesan air, rongga ini mengurangi kapasitas CSP dalam menerima beban. Pada Gambar 3c diperlihatkan CSP yang terdeformasi karena sistem CSP tidak mampu menahan beban tanah di atasnya.

Untuk kondisi CSP tepat dibawah lokasi terjadinya longsor dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat pada Gambar 4a dasar CSP putus dalam arah memanjang sebagai efek lanjutan dari berlubangnya dasar CSP akibat korosi di dasar CSP. Gambar 4b memperlihatkan CSP yang runtuh pada sambungan. Selanjutnya Gambar 4c menunjukkan sisi atas CSP yang terdapat air akibat kelembaban yang cukup tinggi di dalam gorong-gorong. Gambar 4d diperlihatkan batu besar yang menghambat laju sedimen sehingga menimbulkan endapan.

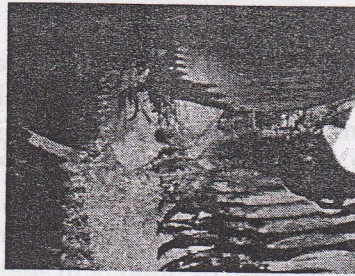
lan 6

ng

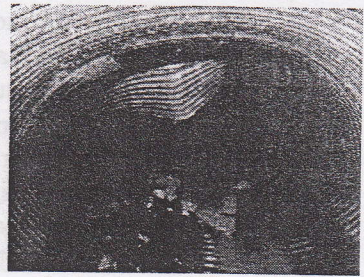
ada

ar a
r b
ang
ang
laya
apat
san
ibar
npu

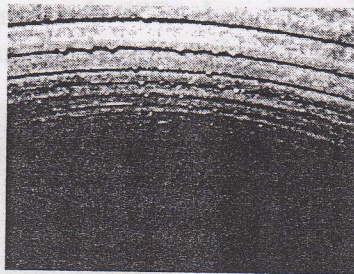
ihat
urah
i di
an.
ibat
4d
kan



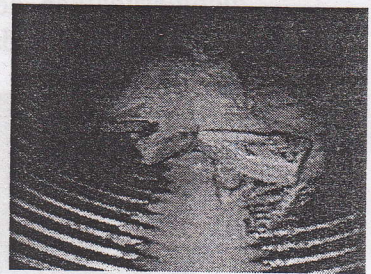
(a) Dasar CSP yang terputus



(b) Bagian atas CSP runtuh

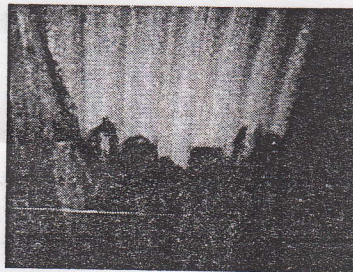


(c) Permukaan dinding atas CSP terdapat air

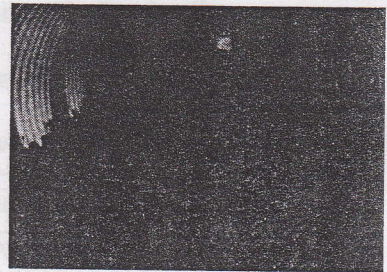


(d) Tanah sisa longsor yang tertahan

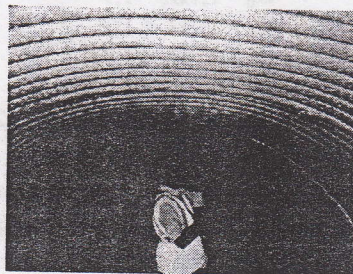
Gambar 4. Kondisi *Corrugated Steel Pipe* (CSP) pada lokasi longsor



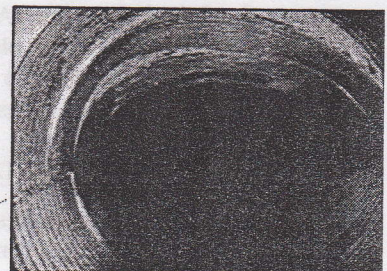
(a) Kondisi sambungan yang kurang baik



(b) Korosi hampir 1/2 lingkaran CSP



(c) Baut yang tidak terpasang



(d) Deformasi pada CSP

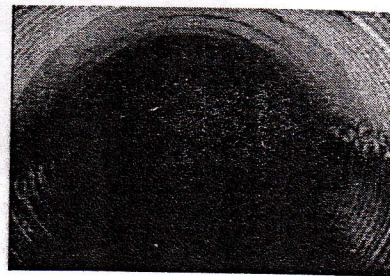
Gambar 5. Kondisi *Corrugated Steel Pipe* (CSP) di Lokasi B

Gambar 5a memperlihatkan kondisi sambungan CSP yang kurang baik, karena hanya dipasang tulangan yang dibengkokkan, Gambar 5b menunjukkan rembesan yang masuk dari sambungan CSP sehingga menyebabkan korosi pada sebagian CSP. Gambar 5c memperlihatkan bahwa pada bagian atas sambungan CSP tidak dipasang baut yang menghubungkan antara CSP yang satu dengan CSP yang lain sehingga pada saat menerima beban tanah yang secara terus menerus akan mengakibatkan deformasi pada CSP seperti terlihat pada Gambar 5d.

Gambar 6a memperlihatkan adanya tumpukan material pada bagian dasar CSP di bawah run way lokasi A, sedangkan Gambar 6b memperlihatkan adanya deformasi pada CSP dan kondisi sambungan yang kurang baik dan baut yang tidak dipasang pada sambungan.



a. Kondisi di bawah Run Way A



b. Kondisi di bawah Run Way B

Gambar 6. Kondisi *Corrugated Steel Pipe* (CSP) di bawah Run Way

b. Pemeriksaan dimensi CSP

Tabel 7. Hasil pemeriksaan dimensi CSP

No.	Lokasi/STA	Diameter (m)	Tebal (mm)
1.	Inlet Lokasi A/ STA 0+00	$D_h = 1,9 D_v = -$	$T = 3,5, 3,3$
2.	Inlet Lokasi A/ STA 0+15	$D_h = 1,9 D_v = -$	$T = 3,6$
3.	Inlet Lokasi A/ STA 0+22.5	$D_h = 1,8 D_v = 1,7$	$T = 3,2$
5.	Inlet Lokasi A/ STA 0+37.5	$D_h = 1,7 D_v = 1,7$	$T = 3$
6.	Inlet Lokasi A/ STA 0+60	$D_h = 1,7 D_v = 1,7$	$T = 2,9$
7.	Manhole - Inlet Lokasi A	$D_h = 1,8 D_v = 1,7$	$T = 3$
8.	Lokasi A/ Manhole	$D_h = 1,6 D_v = 1,6$	-
9.	Lokasi bawah longsor STA 0+90	$D_h = 1,9 D_v = \text{var } 1,1 - 1,2$	$T = 3,6$
10.	Lokasi B Inlet	$D_h = 1,6 D_v = 1,9$	-
11.	Lokasi B Outlet/STA 0+00	$D_h = 1,8 D_v = 1,8$	$T = 3,5$

Catatan: Pada inlet lokasi B terdapat saluran tertutup beton bertulang berbentuk trapezium sepanjang 16 m dengan dimensi sbb; Lebar atas: 2,4 m; Lebar bawah: 1,5 m dan Tinggi 1,8 m.

Berdasarkan hasil pengukuran dimensi di lapangan (Tabel 7), menunjukkan adanya gorong-gorong (CSP) yang telah terdeformasi secara

vertikal maupun horizontal. Hal ini disebabkan oleh beban di sekeliling CSP telah melampaui kemampuan batas CSP. Tebal CSP juga memiliki nilai variasi yang cukup banyak. Ini menunjukkan tidak seragamnya mutu/kualitas CSP baik karena fabrikasi atau karena korosi.

Ada beberapa penyebab yang menyebabkan hal ini terjadi yaitu :

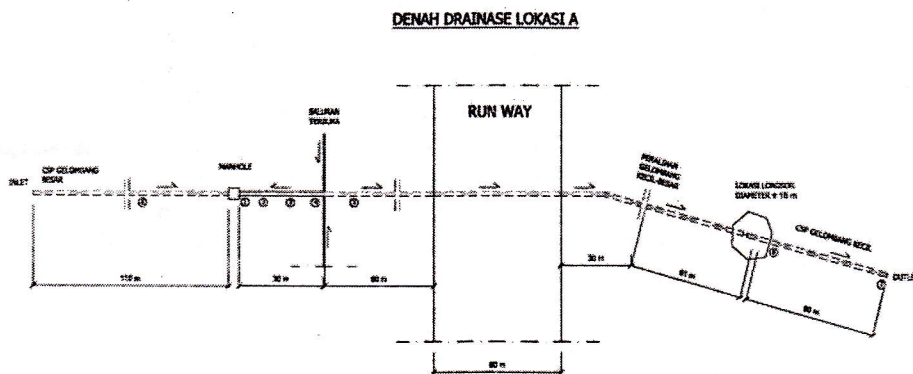
- Aliran air dalam gorong-gorong membawa material sejenis kuarsa yang dapat mengikis lapis galvanis pada CSP sehingga lapisan proteksi ini menjadi habis dan baja mulai terkorosi
- Bahan-bahan kimia yang terkandung dalam air yang dapat berupa klorida, asam sulfat dan zat-zat lain yang dapat menyebabkan terjadinya korosi

Buruknya pelaksanaan pemasangan CSP (mis; baut yang tidak terpasang/hilang, tidak sempurnanya sambungan antar CSP, dll)/

Kapasitas penampang CSP sangat dipengaruhi oleh kekuatan yang diberikan oleh CSP itu sendiri. Jika CSP mengalami kerusakan seperti korosi maka akan terjadi 2 kemungkinan yaitu:

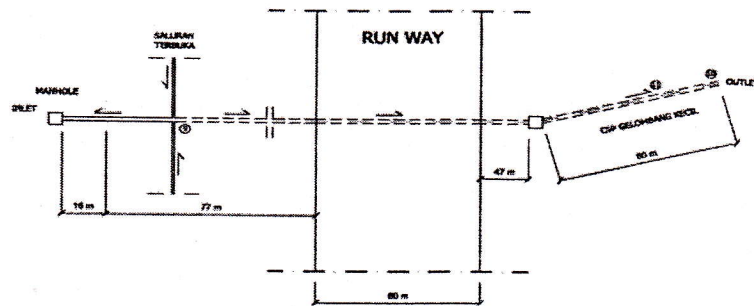
- Penurunan kuat tarik leleh dari tulangan (f_y)
- Pengurangan tebal efektif penampang CSP (t_{csp})

Denah sistem drainase dan lokasi pemeriksaan khusus dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



nonskalatis

Gambar 7. Denah sistem drainase lokasi A beserta titik-titik pemeriksaan khusus

DENAH DRAINASE LOKASI B*nonskalatis*

Gambar 8. Denah sistem drainase lokasi B beserta titik-titik pemeriksaan khusus

Kesimpulan dan Saran**a. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pemeriksaan visual dan pemeriksaan khusus dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

Sebagian besar gorong-gorong (CSP) telah terkorosi khususnya pada bagian dasar. Bagian yang terkorosi bervariasi mulai dari sepertiga lingkaran hingga satu lingkaran penuh. Korosi pada CSP dipengaruhi oleh kondisi pasang-surut air di dalam saluran CSP. Selain itu, adanya material kuarsa yang dapat mengikis lapis galvanis sehingga mudah menimbulkan korosi.

Kondisi korosi secara kuantitatif diukur dengan potensiometer dimana hampir seluruh pengukuran menunjukkan potensial $>-0,8$ volt (kondisi baja terkorosi berat khususnya pada bagian bawah). Pemeriksaan tahanan listrik (resistivity) dan pH juga memberikan indikasi bahwa material air yang melalui gorong-gorong juga memiliki sifat agak korosif. Dari hasil pemeriksaan disimpulkan bahwa sebagian besar CSP telah terkorosi, baik bagian atas maupun bagian bawah.

Longsor tanah dengan diameter ± 18 m ditemukan di area outlet lokasi A Bandara Hang Nadim. Longsor terjadi akibat berkurangnya daya dukung CSP gelombang kecil karena bagian dasarnya telah terkorosi parah (berlubang memanjang). Diperkirakan juga CSP pada lokasi longsor secara struktur kurang kuat dibanding CSP di bawah runway. Terdapat CSP yang hanya dipasang 4 baut ukuran 1 cm secara melingkar khususnya pada sambungan CSP. Bahkan di beberapa tempat tidak ditemukan baut.

Dengan demikian, jika kejadian longsor bisa diminimalisir dan dihindari, maka proses transportasi produk pertanian menjadi lebih baik.

b. Saran

Opsi-opsi penanganan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi yaitu sebagai berikut :

Perkuatan dengan gorong-gorong pracetak:

Melakukan perkuatan pada gorong-gorong dengan menggunakan gorong-gorong pracetak dengan diameter yang lebih kecil, setelah itu dilakukan grouting dengan menginjeksikan material grout pada sisi antara beton pracetak dan CSP.

Perkuatan dengan CSP:

Melakukan perkuatan pada gorong-gorong dengan menggunakan CSP dengan diameter yang lebih kecil dan diberi tulangan, setelah itu dilakukan grouting dengan menginjeksikan material grout pada sisi antara CSP diameter kecil dan CSP lama.

Perkuatan dengan *Cor In situ*:

Mempertahankan sistem drainase yang ada dengan memberikan upaya retrofit serta perkuatan pada gorong-gorong yang terkorosi. Upaya retrofit dilakukan dengan cara memberikan tambahan wire mesh/ tulangan yang pada seluruh bagian gorong-gorong CSP dengan menggunakan bekisting multiplex, kemudian dicor dengan beton. Khusus pada bagian yang longsor dilakukan penggantian gorong-gorong dengan box culvert/ CSP dengan melakukan penggalian pada longsor terlebih dahulu.

Relokasi drainase:

Drainase eksisting tidak difungsikan lagi dan membuat sistem drainase baru dengan cara membuat saluran terbuka. Drainase existing diisi dengan material beton mutu K-125 untuk mencegah terjadinya keruntuhan pada gorong-gorong.

Pelaksanaan konstruksi bisa paralel, lokasi A bisa dilakukan dengan pengalihan saluran dan lokasi B bisa dimulai dengan grouting. Pada saat pelaksanaan untuk keamanan pekerja digunakan tiang penunjang vertikal untuk menghindari bahaya deformasi CSP secara tiba-tiba.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pihak terkait yang telah membantu penelitian ini, yakni Kementerian Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Puslitbang Jalan dan Jembatan, bekerjasama dengan pihak Otorita Batam yang telah memfasilitasi proses pengambilan data di lapangan dan pengujian laboratorium.

Daftar Pustaka

- Fontana G.Mars,1979 "Corrosion Engineering",Third edition, Mac Graw Hill Book co, New York.
- K. G. C. Berkeley, S. Pathmanaban, 1990 "Cathodic protection of reinforcement steel in concrete", London ; Boston : Butterworths.