

ANALISIS KERUSAKAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG BAPPEDA WONOGIRI

(The Analysis of Structure Failure at Bappeda Wonogiri Building)

Henry Hartono¹⁾

¹⁾ Staf pengajar jurusan Teknik Sipil – Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta. E-mail : Henry_hmt@plasa.com.

ABSTRACT

The BAPPEDA office building of Wonogiri regency is an office owned by The Government of Wonogiri Regency that has a function as a Development Planning Board and Research Office of the Regional Development in Wonogiri regency. The building was built in 1997 with the main structure of reinforced concrete. The idea of using this reinforced concrete based on the easiness in constructing, improving and maintaining the infrastructures. Counted less than 5 (five) years of age of the building, several parts of the building structures indicates several damages on it's structure element, such ini front terrace, first floor and in the column of ground floor, those indications were accumulated in a porosity. This research was intended to know the main cause of porosity and to decide the repairment method. This research was carried out visually on the structure element, according to the research result, it was found that there were porosities on the concrete and cracks on the metal sheet of the terrace, first floor and ground floor. From the technical research, found that during the concrete processing and the supervision did not follow the proper arrangement of concrete. The cracks found in this research could be differentiated into small and moderate cracks. The cracks repairment were set up according to its level damages, such light repairment was done by removing the cement floor, the moderate repairment by doing epoxy grouting, while heavy repairment was done the metal sheet and floor beam by prepacked concrete process and on the floor column by adding steel frames.

Keywords : BAPPEDA building, porosity, cracks, steel frame corrotion

PENDAHULUAN

Gedung Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Wonogiri dibangun pada tahun 1997 dibiayai dari dana Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) Kabupaten Wonogiri. Gedung ini merupakan bangunan gedung berlantai 3 (tiga) dengan luas masing – masing lantai 600 m², dan terletak di jalan Pemuda Wonogiri.

Dalam pembangunannya melalui beberapa tahapan yang meliputi perencanaan teknis, pelaksanaan fisik dan pengendalian/pengawasan. Perencanaan teknis dilaksanakan oleh DPU Kabupaten Wonogiri, sedangkan pembangunan fisiknya dilaksanakan oleh kontraktor. Pengendalian/pengawasan dilakukan oleh DPU Wonogiri dan instansi lain yang terkait.

Struktur gedung BAPPEDA menggunakan beton bertulang dengan pertimbangan lebih mudah dan fleksibel dalam pelaksanaannya.

Selain kelebihan dari pemakaian beton bertulang tersebut, harus diakui beton bertulang mempunyai kelemahan yang perlu mendapat perhatian selama dalam pelaksanaannya. Di antaranya beton bertulang sulit untuk dapat kedap air secara sempurna atau mudah terjadi rembesan air

dari luar (Tjokrodimuljo, 1996), seperti yang terjadi di struktur gedung BAPPEDA Wonogiri, yaitu merembesnya air pada plat dan balok lantai 1, serta kolom lantai dasar, seperti dilukiskan pada Gambar 4 dan 5 (terlampir).

Merembesnya air pada struktur gedung BAPPEDA tersebut apabila berlangsung lama atau berulang-ulang akan mengakibatkan kerusakan struktur, yaitu terjadi korosi pada baja tulangan yang selanjutnya akan terjadi penurunan mutu beton dan dampak yang lebih besar lagi akan terjadi berkurangnya kehandalan struktur.

Berdasarkan uraian tersebut diatas dan melihat kondisi struktur gedung BAPPEDA saat ini, perlu segera diketahui penyebab terjadinya rembesan air dan metode perbaikannya. Dengan tujuan itulah dilaksanakan penelitian ini.

Dengan melihat kondisi struktur gedung BAPPEDA yang ada saat ini, peneliti mengangkat permasalahan tersebut dengan rumusan masalah sebagai berikut : Seberapa besar kerusakan struktur gedung , faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya rembesan air pada struktur gedung dan bagaimana cara perbaikan yang tepat dan ekonomis terhadap kerusakan struktur gedung BAPPEDA Wonogiri.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut : Mengetahui seberapa besar tingkat kerusakan struktur bangunan gedung, mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya rembesan air pada struktur gedung dan menetapkan metode perbaikan yang tepat dan ekonomis.

Manfaat dari penelitian ini adalah: Memberikan suatu masukan pada para Akademisi tentang alternatif penanganan perawatan bangunan, terutama yang menggunakan sumber dana terbatas dan hasil penelitian ini memberikan masukan kepada instansi teknis di Kabupaten Wonogiri, bahwa permasalahan yang terjadi pada bangunan gedung Pemerintah tidak hanya pada perancangan struktur dan pelaksanaan konstruksi saja, tetapi perlu dipikirkan masalah pengoperasian, perawatan infrastruktur, dan pengendalian dalam pelaksanaannya.

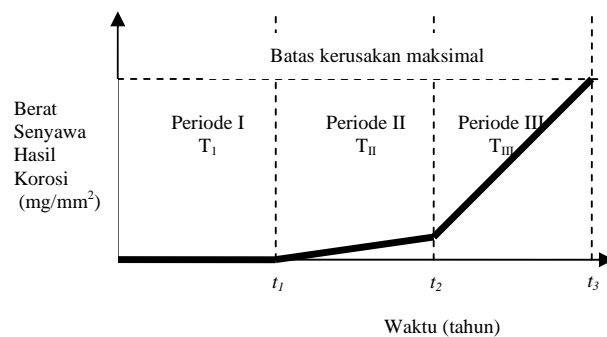
Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada ruang lingkup pembahasan masalah sebagai berikut : Meneliti permasalahan yang terjadi pada struktur lantai dasar yaitu merembesnya air pada plat lantai 1, balok lantai 1 dan kolom lantai dasar, menentukan metode perbaikan dan langkah perbaikan guna mempertahankan kondisi struktur bangunan, pengamatan kondisi struktur dilakukan secara visual, analisis dilaksanakan berdasarkan hasil pengamatan visual dan kajian dokumen teknis.

Kajian studi dan penelitian terhadap perawatan bangunan telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, yaitu penelitian terhadap kerusakan bangunan akibat gempa dan kebakaran, namun penelitian mengenai merembesnya air pada struktur bangunan bertingkat sampai dengan penulisan ini, belum pernah ditemukan dalam pustaka maupun penulisan ilmiah lainnya. Penulisan hasil penelitian ini pertama kalinya diinformasikan pada jurnal hasil penelitian.

Untuk mendukung penelitian ini perlu dipahami pengertian korosi pada beton, yaitu: Korosi (Kennet dan Chamberlain, 1991) adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektro kimia dengan lingkungannya. Korosi atau pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan – bahan logam yang pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Salah satu penyebab ambruknya suatu infrastruktur seperti bangunan gedung, jembatan, jalan layang atau dermaga adalah terkorosinya besi dalam beton infrastruktur tersebut. Besi dalam beton sebenarnya tahan terhadap korosi karena sifat alkali dari beton (pH = 12 – 13), sehingga terbentuk lapisan pasif di permukaan besi dalam beton. Besi baru terkorosi bila lapisan ini rusak. Proses karbonisasi (*Carbonation*) dan intrusi ion – ion klorida dan gas CO₂ ke dalam

beton merupakan faktor penyebab rusaknya lapisan tersebut yang berlanjut dengan terkorosinya besi di dalam beton.

Berkaitan dengan kerusakan bangunan beton akibat korosi, perlu adanya pemodelan perhitungan masa layan bangunan beton berdasarkan pada kerusakan bangunan tersebut akibat korosi baja tulangan. Masa layan suatu bangunan adalah waktu / masa sejak bangunan mulai berfungsi sampai dengan bangunan tersebut tidak dapat berfungsi lagi akibat adanya kerusakan – kerusakan sehingga kinerja bangunan itu menurun (Anggraeni, Y.L.D. Adiando, dan Agus S.S., 2005). Perhitungan pemodelan ini dibagi dalam 3 (tiga) periode seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Model kerusakan bangunan beton akibat korosi (Sudjono, 2005)

Pemodelan perhitungan masa layan bangunan beton dimodelkan (Anggraeni, Y.L.D. Adiando, dan Agus S.S., 2005) sebagai berikut :

$$T_{\text{layan}} = T_I + T_{II} + T_{III} \quad (1)$$

Periode pertama atau T_I adalah periode dari waktu bangunan selesai dibangun sampai dengan waktu berinfiltrasinya gas CO₂ ke permukaan baja tulangan secara difusi. Persamaan untuk menghitung lama periode T_I (Anggraeni, Y.L.D. Adiando, dan Agus S.S., 2005) :

$$C = K (t)^{0.5} \quad (2)$$

dengan : C = tebal selimut beton (mm)
 K = kecepatan netralisasi (mm/_{tahun}^{0.5})
 t = waktu (tahun)

Periode kedua atau T_{II} adalah waktu yang dibutuhkan senyawa hasil reaksi korosi tepat mengisi pori – pori antara permukaan baja tulangan dengan beton. Setelah semua pori – pori di zona transisi terisi senyawa hasil korosi, senyawa ini yang berikutnya memberikan gaya tekan pada selimut beton. Jika tekanan dari senyawa hasil korosi ini lebih besar dari kekuatan selimut beton, maka

terjadilah keretakan. Periode ketiga atau T_{III} adalah waktu rusaknya bangunan beton, yaitu kondisi bangunan mengalami keretakan, kinerjanya lebih rendah dari kinerja yang diijinkan. Lama periode ketiga atau T_{III} dapat dimodelkan (Anggraeni, Y.L.D. Adianto, dan Agus S.S., 2005) sebagai berikut :

$$T_{III} = \frac{M - M_{tr}}{1,5r} = \frac{M}{1,5r} - T_{II} \quad (3)$$

$$T_{II} + T_{III} = \frac{M}{1,5r} \quad (4)$$

dengan M adalah berat total dari senyawa hasil korosi (mg/mm^2). M_{tr} adalah berat dari senyawa hasil korosi yang mengisi pori – pori di zona transisi (mg/mm^2), dan r adalah kecepatan reaksi korosi tulangan beton ($mg/mm^2/tahun$).

$$r = \frac{D_{O_2}}{C} \cdot C_{O_2} \quad (5)$$

dengan D_{O_2} adalah koefisien difusi gas O_2 ($mm^2/tahun$). C adalah tebal selimut beton (mm), C_{O_2} adalah konsentrasi gas O_2 di permukaan beton ($0,0000222 mg/mm^3$).

Tabel 1. Koefisien difusi gas O_2

Jenis semen	C_r	r $mg/mm^2/tahun$	W_o (%)	D_{O_2} $mm^2/tahun$
Semen Portland normal	1	1	60	499435,9
		1	60	645412,4
		1	65	804056,7
		1	70	972768,3
		1	75	1331247,1
		1	85	1705390,6
		0,95	95	1620121,1
		0,9	95	1534851,5
		0,8	95	1364312,5

(Sumber : Anggraeni, Y.L.D. Adianto, dan Agus S.S., 2005)

dengan C_r = faktor reduksi semen Portland normal (=1)

W_o = W / C dari campuran beton (%)

Terjadinya korosi pada suatu bangunan mempengaruhi masa layan bangunan tersebut, karena kinerja komponen struktur bangunan menurun.

Guna mencapai umur bangunan sesuai dengan rencana diperlukan pemeliharaan bangunan dan perawatan bangunan secara terus menerus (Persyaratan Teknis bangunan Gedung, Departemen Kimpraswil, 1996), yaitu :

1. Pemeliharaan bangunan. Pemeliharaan bangunan dapat diartikan sebagai berikut :
 - a. Pemeliharaan bangunan adalah usaha mempertahankan kondisi bangunan agar tetap berfungsi sebagaimana mestinya atau dalam usaha meningkatkan wujud bangunan, serta menjaga terhadap pengaruh yang merusak.
 - b. Pemeliharaan bangunan juga merupakan upaya untuk menghindari kerusakan komponen / elemen bangunan akibat keusangan/kelusuhan.
2. Perawatan bangunan. Perawatan bangunan dapat diartikan sebagai usaha memperbaiki kerusakan yang terjadi agar bangunan dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya.

Dalam memahami suatu kerusakan struktur beton perlu diketahui tentang mutu dan pengolahan beton.

Kuat tekan beton

Karena sifat utama dari bahan beton sangat kuat menerima beban tekan, maka untuk mengetahui mutu beton, pada umumnya ditinjau terhadap kuat beton tersebut. Mutu beton dibedakan dalam 3 (tiga) hal, yaitu :

- a. Beton dengan f'_c kurang dari 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur.
- b. Beton dengan $f'_c = 10$ MPa ke atas dan kurang dari 20 MPa biasanya digunakan untuk beton struktur.
- c. Khusus struktur bangunan tahan gempa dipakai mutu beton f'_c minimal 20 MPa.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu = faktor air semen, faktor-faktor sifat agregat, jenis semen, umur beton dan perbandingan campuran beton.

Pengolahan beton merupakan faktor yang perlu diperhatikan, agar mutu beton tersebut sesuai dengan yang disyaratkan. Pengolahan beton ini meliputi : pengadukan beton, pengangkutan beton, penuangan beton, pemadatan, perataan dan perawatan beton.

Kuat tekan beton akan menurun apabila terjadi kerusakan pada beton. Macam kerusakan beton :

a. Retak (*crack*)

Crack adalah retak pada permukaan beton karena mengalami penyusutan, lendutan akibat beban hidup (*live load*)/ beban mati (*dead load*), akibat gempa bumi maupun perbedaan temperatur yang tinggi pada waktu proses pengeringan, *crack* dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam yaitu :

- 1). Retak kecil dengan lebar retakan kurang dari 0,5 mm.
- 2). Retak sedang dengan lebar retakan antara 0,5 mm sampai 1,2 mm.

3). Retak besar dengan lebar retakan lebih dari 1,2 mm.

b. Pengelupasan (*spalling*)

Pengelupasan (*spalling*) pada struktur yaitu terkelupasnya selimut beton besar atau kecil sehingga tulangan pada beton tersebut terlihat, hal ini apabila dibiarkan dengan bertambahnya waktu, tulangan akan berkarat / korosi akhirnya patah (Crane, 1985 dan Roomfield, 1997).

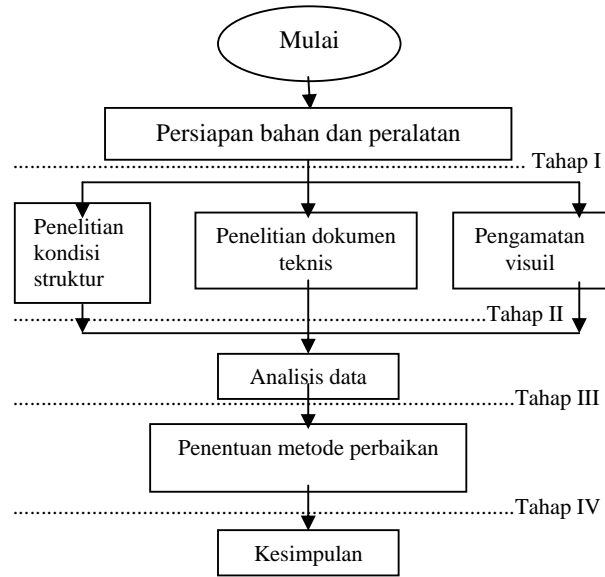
Untuk perbaikan beton perlu dipilih bahan perbaikan yang memenuhi sifat bahan (Suhendro, 2001) yaitu :

- 1). Stabilitas bentuk
- 2). Koefisien muai panas
- 3). Modulus Elastisitas
- 4). Permeabilitas

Sistem atau metode perbaikan beton harus dipilih/disesuaikan berdasarkan tingkat kerusakannya. Macam metode perbaikan beton yaitu:

- a). *Coating*
- b). *Injection (Grouting)*
- c). *Shotcrete*
- d). *Prepacked concrete*
- e). *Jacketing*
- f). Penambahan tulangan

- c). Tahap III : Pada tahap ini dilakukan analisis data lapangan dan analisis dokumen teknis, membandingkan dengan landasan teori,
- d). Tahap IV : Pada tahap ini ditentukan metode perbaikan dan kesimpulan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian yang digunakan berupa data dokumen teknis dan elemen struktur yang ada pada gedung BAPPEDA Wonogiri. Peralatan Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1). Sikat baja, untuk membersihkan permukaan objek penelitian.
- 2). Alat pengukur, untuk mengukur panjang dan lebar objek yang diteliti.
- 3). Kamera Foto, untuk memotret objek penelitian.
- 4). Kompresor udara, untuk memberikan tekanan.
- 5). Tabung *injection*, tempat bahan *grouting* (bahan epoxy)

Proses Penelitian

Dalam proses penelitian ini dibagi dalam empat kegiatan, yaitu :

1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam 4 tahapan yang dituliskan seperti dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1, yang meliputi :

- a). Tahap I : Pada tahap ini yang dipersiapkan bahan dan peralatan,
- b). Tahap II : Pada tahap ini yang dilakukan adalah pengamatan *visual*, penelitian kondisi beton dan penelitian dokumen teknis,

2. Pelaksanaan Penelitian

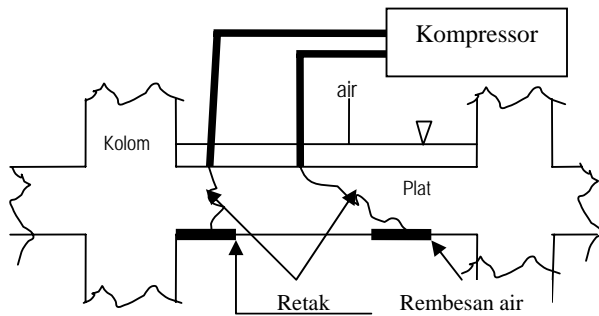
2a). *Pengamatan Visual*. Kerusakan yang terjadi pada gedung kantor BAPPEDA Kabupaten Wonogiri diklasifikasikan sesuai dengan volume bidang kerusakan atau bidang struktur yang mengalami rembesan air dalam waktu relatif lama, dan selalu berulang pada waktu hujan. Penelitian ini meliputi plat lantai teras depan, plat lantai 1, balok lantai teras depan, balok dan plat lantai I dan kolom struktur lantai dasar. Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- Sikat baja
- Alat pengukur / meteran
- Kamera Foto.

2b). *Pengujian Porositas*. Penelitian porositas beton dilakukan pada plat beton yang masih kering atau tidak terjadi rembesan air. Tujuan dari penelitian ini hanya terbatas untuk mengetahui hasil kepadatan beton plat lantai.

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- Sikat baja
- Alat pengukur / meteran
- Kamera Foto
- Kompresor udara
- Tabung *injection*



Gambar 3. Pelaksanaan pengujian porositas beton

3. Analisis dokumen teknis

Dari pengamatan visual terhadap kondisi struktur bangunan Gedung kantor BAPPEDA Kabupaten Wonogiri, ditemukan kerusakan struktur atau merembesnya air pada plat lantai, balok lantai dan kolom, maka sesuai dengan tujuan dan manfaat penelitian ini, yaitu untuk mengetahui penyebab kerusakan elemen struktur perlu mengkaji dokumen teknis pembangunannya yang meliputi gambar perencanaan dan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).

4. Analisis pengawasan proyek

Menurut Peraturan Beton SK.SNI 91, pelaksanaan pekerjaan beton harus diawasi sepanjang seluruh tahapan pekerjaan oleh seorang pengawas ahli yang mampu dan bertanggung jawab kepada pengawas ahli tersebut. Perlunya pengawasan pada setiap tahapan karena kekuatan beton yang diproduksi di lapangan mempunyai kecenderungan untuk bervariasi dari adukan yang satu ke adukan yang selanjutnya. Besar variasi ini bergantung pada berbagai faktor, antara lain mutu bahan agregat, cara pengadukan dan stabilitas pekerjaan.

Atas dasar adanya variasi kekuatan beton itu, maka diperlukan pengawasan terhadap mutu beton agar diperoleh kuat tekan beton yang hampir seragam dan memenuhi kuat tekan beton yang disyaratkan sesuai dengan peraturan beton yang berlaku.

Dalam pelaksanaan pembangunan gedung BAPPEDA Wonogiri, pengawasan tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu tidak sesuai Peraturan Beton SK.SNI 91.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan Visual

Dari pengamatan visual pada elemen struktur pada gedung Kantor BAPPEDA Wonogiri diketahui kerusakan seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kerusakan dan Rembesan air yang terjadi pada Struktur.

No	Jenis Struktur	Kerusakan yang terjadi	Rembesan air
1	Plat lantai teras depan	Cat mengelupas, retak kecil, korosi besi beton terlihat dari bawah (warna plat coklat)	Ada (parah sekali)
2	Plat lantai I	Sebagian cat rusak / mengelupas, sebagian bidang berwarna coklat akibat korosi baja tulangan dan retak kecil	Ada (tidak begitu parah)
3	Balok lantai teras depan	Cat mengelupas, sebagian bidang balok berwarna coklat akibat korosi baja tulangan	Ada (tidak begitu parah)
4	Balok lantai I	Cat - catan mengelupas	Ada (tidak begitu parah)
5	Kolom struktur lantai dasar	Cat mengelupas, sebagian korosi besi beton terlihat pada permukaan bidang kolom	Ada (tidak begitu parah)
6	Kolom struktur lantai I	Cat mengelupas	Tidak ada

B. Hasil Pengujian Porositas Beton

Penelitian porositas beton dengan memilih beton yang masih kering yaitu pada plat lantai 1 (satu) untuk mengetahui bahwa porositas dan retak beton tidak hanya terjadi pada elemen struktur yang mengalami rembesan air saja.

Dari pelaksanaan penelitian ini diketahui bahwa cairan *epoxy* yang *diinjection* pada 2 (dua) tempat dapat mengisi rongga-rongga udara pada plat beton. Hal ini menunjukkan, bahwa struktur beton pada plat lantai 1 gedung BAPPEDA sebagian mempunyai tingkat porositas yang tinggi.

Porositas pada beton tersebut akibat dari pelaksanaan pembuatan beton yang tahap pematatannya tidak sesuai dengan yang disyaratkan.

Dari uraian di atas menunjukkan, bahwa dalam pembuatan beton terjadi gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pematatan akibat penggunaan air yang berlebihan.

Tabel 3. Data hasil pengamatan pegujian porositas beton.

No	Jenis Struktur	Hasil pengamatan penelitian porositas beton	Kriteria waktu layan / periode layan
1	Plat lantai teras depan	Ada rembesan air (parah) dengan warna coklat kehitaman	T_{II}
2	Plat lantai I	Rembesan air tidak begitu parah, tetapi warna air rembesan coklat kehitaman	T_{II}
3	Balok lantai teras depan	Rembesan air tidak begitu parah, warna air rembesan coklat kehitaman, sebagian permukaan balok nampak berongga	T_{II}
4	Balok lantai I	Rembesan air tidak begitu parah, warna air rembesan tidak coklat	T_{II}
No	Jenis Struktur	Hasil pengamatan penelitian porositas beton	Kriteria waktu layan / periode layan
5	Kolom struktur lantai dasar	Rembesan air tidak begitu parah, warna air rembesan tidak coklat	T_I
6	Kolom struktur lantai I	Tidak terjadi rembesan air	T_I

C. Hasil Kajian Dokumen Teknis

1. Gambar Perencanaan

Dalam penelitian, bidang atau struktur yang paling besar mengalami rembesan air adalah plat lantai teras. Hal ini dimungkinkan karena lantai teras merupakan bidang terbuka yang sebagian besar tanpa atap. Adapun *finishing* dari lantai teras sebagian dengan keramik (48m²), dan sebagian lagi (32 m²) dengan plesteran 1 Pc : 3 pasir.

2. Rencana kerja dan syarat – syarat (RKS, 1997)

Dari kajian terhadap RKS Pembangunan Gedung Kantor BAPPEDA Kabupaten Wonogiri, menunjukkan bahwa RKS tersebut belum dapat sepenuhnya sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan beton. Hal ini dikarenakan RKS tersebut belum

banyak berpedoman pada peraturan-peraturan pekerjaan beton atau tidak mensyaratkan secara tegas sesuai dengan landasan teori, antara lain campuran beton, pengolahan beton dan pemeriksaan beton. RKS yang belum sesuai dengan peraturan – peraturan pekerjaan beton adalah :

a). Campuran beton

Campuran beton untuk komponen struktur dibuat dengan campuran 1 PC : 2 Psr : 3 Kr, tetapi bangunan lain yang kedap air, persyaratan campuran tidak tercantum.

b). Pengolahan beton

Pengadukan beton tidak tercantum harus menggunakan beton molen. Oleh karena itu, pemborong sering melakukan dengan manual.

c). Pemeriksaan beton

Pemeriksaan kualitas beton tidak tercantum harus dilaksanakan dalam setiap volume tertentu.

D. Hasil Kajian pengawasan proyek

Dari data-data yang terkumpul dalam Pembangunan Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri tidak dilakukan pengujian kelecakan beton maupun pengujian kuat tekan beton atas perintah pengawas proyek.

Dari kajian terhadap data-data tersebut dan dokumen pengawasan, maka dapat disimpulkan, bahwa rembesan air pada struktur Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri karena porositas beton. Adanya porositas beton salah satu penyebabnya karena kurangnya pengawasan dalam tahapan-tahapan pekerjaan beton.

E. Analisis Kerusakan Struktur

Dengan diadakannya uji injeksi bahan *epoxy* terhadap plat lantai teras depan, dan plat lantai 1, ternyata bahan *epoxy* dapat mengisi rongga – rongga udara. Pada plat lantai teras depan bahan *epoxy* diinjeksikan pada satu tempat, sedang pada plat lantai satu diinjeksikan pada dua tempat.

Penyebab terjadinya keretakan pada beton adalah :

1. Proses pemadatan beton yang tidak sempurna mengakibatkan beton berongga yang akhirnya menimbulkan keretakan.
2. Perawatan beton yang tidak sesuai dengan persyaratan teknis pada saat beton berumur sampai dengan 28 hari, mengakibatkan pengerasan beton permukaan dan bagian dalam beton tidak bersamaan, karena bagian luar sudah mengeras, sedang bagian dalam belum terjadi pengerasan, akhirnya mengakibatkan keretakan.

Dengan demikian adanya keretakan pada beton dan rembesan air akan terjadi proses keasaman pada baja tulangan, akibat selanjutnya baja akan mengembang dan menjadi keropos. Baja yang

mengembang atau bertambahnya volume baja akan mengakibatkan keretakan yang lebih parah dan kerusakan beton. Baja yang keropos akan putus sehingga fungsi baja tulangan dalam beton yaitu menahan gaya tarik akan berkurang dan pada tahap tertentu akan tidak berfungsi sama sekali.

Akibat selanjutnya akan terjadi keruntuhan struktur pada struktur yang mengalami keretakan dan rembesan air.

F. Metode Perbaikan Struktur

Dari analisis kerusakan pada struktur Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri yang berupa rembesan air pada plat, balok lantai, dan kolom, selanjutnya mengklasifikasikan perbaikan serta menentukan metode perbaikannya seperti uraian berikut ini :

1. Klasifikasi perbaikan struktur

1a). *Perbaikan ringan*. Perbaikan ini meliputi perbaikan akibat kerusakan kosmetik yaitu perbaikan hanya pada permukaan struktur yang berupa plesteran dan cat – catan.

1b). *Perbaikan sedang*. Perbaikan ini meliputi perbaikan struktur melalui beberapa pemilihan metode perbaikan. Perbaikan ini dilakukan pada struktur yang mendapat rembesan air hujan tidak langsung dan jarak dari sumber rembesan lebih dari 2 m. Perbaikan ini terjadi pada plat lantai dan balok lantai 1.

1c). *Perbaikan berat*. Perbaikan berat dilakukan pada struktur bangunan yang pada waktu hujan mendapat rembesan air secara langsung, berulang-ulang dan berlangsung lama.

Struktur bangunan yang masuk klasifikasi perbaikan berat ini merupakan struktur bangunan yang sudah mengalami rembesan air hujan mulai selesainya dibangun yaitu bulan Maret 1998 sampai saat ini.

2. Metode Perbaikan

2a). *Perbaikan ringan*. Perbaikan ini meliputi pengelupasan plesteran lama karena plesteran yang lama sudah rusak (berlumut) dan diganti dengan plesteran baru dengan campuran 1 Pc : 3 pasir. Sebelum plesteran baru ini dilaksanakan, balok beton dibiarkan terbuka beberapa waktu sambil menunggu perbaikan strukturnya. Adapun perbaikan ini dilaksanakan pada seluruh plesteran yang rusak akibat rembesan air yang secara visual kelihatan basah dan cat-catan mengelupas.

2b). *Perbaikan sedang*. Pada perbaikan struktur ini yang perlu dilakukan adalah meneliti terlebih dahulu keretakan pada struktur dengan mengupas seluruh plesteran pada struktur yang secara visual mengalami rembesan air. Selanjutnya

meneliti tingkat keretakan beton dan diklasifikasikan sebagai berikut :

- Retak kecil yaitu retak dengan lebar 0,25 sampai dengan 10 mm.
- Retak sedang yaitu retak dengan lebar 10 mm sampai dengan 35 mm.
- Retak besar yaitu retak dengan lebar 35 mm sampai dengan 75 mm.

Tujuan pengelompokan ini dilakukan karena jenis atau spesifikasi bahan yang digunakan berbeda-beda, adapun perbaikan retak pada beton dilakukan dengan jalan injeksi atau *grouting* dengan bahan produk FOSROC jenis *Epoxy Grouts*, yaitu

- Retak kecil atau berpori-pori kecil menggunakan *Conbextea EP 10 TG*.
- Retak sedang menggunakan *Conbextea EP 40 TG*.
- Retak besar menggunakan *Conbextea EP 65 TB*.

Adapun pelaksanaan perbaikan retak kecil meliputi :

- Plat lantai 1, yaitu plat antara As 6D – J sampai dengan As 5D – J Luas = 36,00 m²
- Balok lantai 1
- Kolom lantai dasar dan lantai 1

Perbaikan retak sedang meliputi :

- Plat lantai 1
- Balok lantai 1
- Kolom lantai

Perbaikan retak besar pada Gedung BAPPEDA ini tidak ada.

2c). *Perbaikan berat*. Untuk perbaikan berat pada Gedung Kantor BAPPEDA ini dilakukan pada : Plat lantai teras, balok lantai dan kolom.

3. Alternatif perbaikan dan memilih metode perbaikan

Dari penjelasan pada sub bab metode perbaikan struktur yaitu sub bab metode perbaikan, telah dijelaskan alternatif perbaikan untuk perbaikan ringan dan perbaikan sedang. Adapun alternatif perbaikan berat ditentukan oleh jenis kerusakan strukturnya yang meliputi : *coating, injection, shotcrete, prepacked concrete, jacketing* dan penambahan tulangan.

3a). *Coating*. Perbaikan coating adalah melapisi permukaan beton dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan bahan yang bersifat plastik dan cair. Lapisan ini digunakan untuk menyelimuti beton terhadap lingkungan yang merusak beton. Metode ini tidak direkomendasikan karena dengan *coating* atau melapisi permukaan beton akan menyebabkan air dalam beton terperangkap atau tidak terjadi penguapan.

3b). *Injection (grouting)*. Perbaikan *injection* adalah memasukkan bahan yang bersifat encer

kedalam celah atau retakan pada beton, kemudian diinjeksi dengan tekanan, sampai terlihat pada lubang atau celah lain telah terisi atau mengalir keluar. Metode ini direkomendasikan untuk perbaikan dengan mempertimbangkan dan menggabungkan dengan metode perbaikan yang lain.

3c). *Shotcrete*. Perbaikan *Shotcrete* adalah menembakkan mortar atau beton dengan ukuran agregat yang kecil, pada permukaan beton yang akan diperbaiki. *Shotcrete* dapat digunakan untuk perbaikan permukaan yang vertikal maupun horisontal dari bawah. Metode ini tidak direkomendasikan karena metode ini hanya cocok untuk retak yang lebar, sedangkan permasalahan dari struktur Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri adalah korosi pada struktur dengan retak beton yang kecil dan sedang.

3d). *Prepacked Concrete*. Perbaikan *prepacked concrete* adalah mengupas beton, kemudian dibersihkan dan diisi dengan beton segar, beton baru ini dibuat dengan cara mengisi ruang kosong dengan agregat sampai penuh. Kemudian diinjeksi dengan mortar yang sifat susutnya kecil dan mempunyai ikatan yang baik dengan beton lama. Metode ini direkomendasikan dengan tambahan, bahwa sebelum pelaksanaan harus diketahui seberapa besar tingkat korosi baja tulangan. Apabila tingkat korosi masih bisa ditoleransi atau bisa dibersihkan dengan bahan kimia, maka metode ini bisa dilaksanakan.

3e). *Jacketing*. Perbaikan *jacketing* adalah melindungi beton terhadap kerusakan dengan menggunakan bahan selubung, dapat berupa baja, karet, beton komposit.

3f). *Penambahan tulangan*. Perbaikan penambahan tulangan untuk memperkuat elemen struktur seperti plat, balok dan kolom yang sudah rusak cukup parah, agar dapat berfungsi lagi sebagai pemikul beban. Metode ini direkomendasi dengan mempertimbangkan tingkat kerusakan tulangan baja. Apabila tulangan baja terjadi korosi, maka metode ini bisa dilaksanakan.

Dari beberapa metode perbaikan tersebut, untuk perbaikan rembesan air pada struktur Gedung Kantor BAPPEDA Wonogiri direkomendasikan sebagai berikut :

- (a). Untuk rembesan air dengan retak kecil dan sedang perbaikan dilakukan dengan *epoxy injection*.
- (b). Untuk rembesan air dengan waktu rembesan lama dan berulang-ulang yaitu pada kolom, balok dan plat teras depan menggunakan metode perbaikan, dengan gabungan antara *epoxy injection*, *prepacked concrete* dan penambahan tulangan, atau secara sendiri-sendiri bergantung pada tingkat korosi atau kondisi baja tulangan

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan analisis data bangunan Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Berdasarkan hasil penelitian dan kajian, bahwa rembesan air pada gedung Kantor BAPPEDA digolongkan pada kerusakan yang bervariasi, yaitu kerusakan ringan, sedang dan berat. Dengan total kerusakan : 56 m³ beton dari volume keseluruhan : 304 m³.
- 2). Berdasarkan pengamatan dan kajian teknis rembesan air pada struktur Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri akibat porositas beton yang tinggi dan terjadinya *cracks*.
- 3). Berdasarkan analisis perbaikan elemen struktur, perbaikan rembesan air pada Gedung Kantor BAPPEDA Wonogiri, menggunakan metode *epoxy injection* pada kerusakan ringan dan sedang, *prepacked concrete* dan penambahan tulangan pada kerusakan berat.

Dari hasil penelitian ini disarankan :

- 1). Untuk kerusakan struktur Gedung Kantor BAPPEDA Kabupaten Wonogiri segera mendapat perhatian penanganan agar kerusakan lebih lanjut dapat dihindarkan.
- 2). Dalam suatu perencanaan Gedung Pemerintah perlu memperhatikan nantinya pemeliharaan infrastrukturnya.
- 3). Untuk mendapatkan hasil yang baik dari suatu pembangunan gedung agar dalam perencanaan, pelaksanaan konstruksi dan pengendalian berpedoman pada peraturan – peraturan yang berlaku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada :

- 1). Kepala BAPPEDA dan staff atas terselenggaranya penelitian ini oleh tim penelitian UMS.
- 2). Djoko Prasetyanto yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

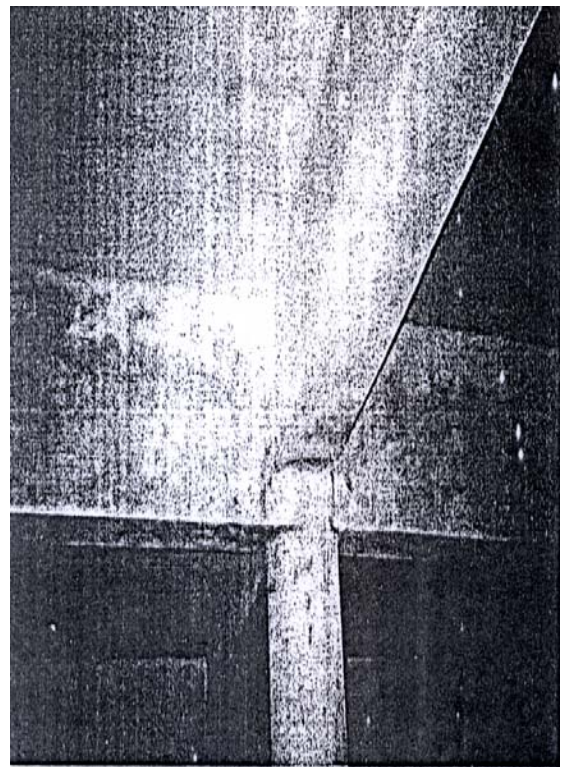
- Anonim,1997. *Rencana Kerja dan syarat-syarat (RKS), Surat perjanjian Pemborongan Pembangunan Gedung kantor BAPPEDA Wonogiri*, Wonogiri.
- Anggraeni, I., Y.L.D.Adianto, dan Agus S.S., 2005. *Studi Analisis Masa Layan Bangunan Beton Bertulang Berdasarkan Kerusakan yang Diakibatkan Korosi yang Disebabkan Infiltrasi*

- Gas CO₂*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Katholik Parahyangan, Bandung, V.7. No. 1. Juni.
- Crane, A.P.1985. *Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction*. North and South America and the of World : Halsted Press : a division of John Wiley & Sons 605 Third Avenue, New York.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Peraturan Beton Bertulang SK.SNI – 1991*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 1996. *Persyaratan Teknis bangunan Gedung*, Jakarta.
- Kennet, R.T., dan Chamberlain, J. 1991. *Korosi : untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Roomfield, J.P. 1997. *Corrosion of Steel in Concrete*. Reprinted 1998 by E & FN Spon, an imprint of Routledge 11 New Fette Lane, London.
- Sudjono, A.S., 2005. Prediksi Waktu Layan Bangunan Beton Terhadap Kerusakan Akibat Korosi Baja Tulangan. *Jurnal Keilmuan dan Penerapan Teknik Sipil*, Universitas Kristen Petra Surabaya, V.7 No.1. Maret
- Suhendro, B. 2001. Metode Pelaksanaan Proyek Gedung Bertingkat (High Rise Building), *Proceeding Kursus Singkat “Perancangan Campuran, Evaluasi dan Rehabilitasi Struktur Beton”*, 3 – 4 September 2001, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.

LAMPIRAN



Gambar 4. Rembesan air pada plat lantai



Gambar 5. Rembesan air pada balok lantai