

PENGUJIAN STRUKTUR PADA BANGUNAN GEDUNG TERMINAL PELABUHAN DI KOTA BATAM

Syapril Janizar¹

Jurusan Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti
Jl. Pahlawan No.69, Bandung, 40124, Indonesia
E-mail: sjanizar@gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Dengan banyak aktivitas dan kegiatan, kebutuhan akan ruang dan gedung menjadi permasalahan. Permasalahan timbul dari kurangnya ruang dan gedung yang akan digunakan, hal ini yang menjadikan gap dalam penelitian ini. Kebutuhan mendesak ruang dan gedung seringkali menjadikan gedung yang ada dan tidak terpakai sebagai jawaban dari permasalahan tersebut. Pemeliharaan gedung mempunyai tujuan untuk tetap menjaga gedung selalu laik fungsi. Pengujian struktur merupakan salah satu metode kuantitatif yang dilakukan untuk melihat keandalan gedung tersebut. Sederetan pengujian dan pemeriksaan dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memeriksa secara visual terhadap bangunan, memeriksa bar screening, pengujian secara NDT, dan untuk menguji secara destructive. Lokasi yang dilakukan pengujian adalah salah satu bangunan Gedung yang ada di kota Batam. Berdasarkan hasil pengujian struktur yang telah dilakukan didapatkan hasil terdapatnya retakan pada dinding bangunan, terdapatnya rata-rata mutu permukaan beton dengan kualitas cukup, terdapatnya selimut beton yang memenuhi persyaratan, untuk pengujian khusus struktur dilakukan pemodelan ulang perkuatannya menggunakan program software. Perbaikan yang direkomendasikan untuk perbaikan retak dengan metode penambalan (patching), pembongkaran akibat penurunan tanah dan perbaikan atau kekuatan kolom lantai dengan fiber reinforced polymer (FRP).

Kata kunci: pengujian, struktur, bangunan gedung, andal, FRP

1. Pendahuluan

Bangunan Gedung merupakan perwujudan fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008). Bangunan Gedung digunakan dalam upaya memenuhi kebutuhan manusia dalam melakukan jenis kegiatan, yang mempunyai peranan yang sangat penting.

Permasalahan terjadi ketika bangunan gedung yang ada belum mencukupi untuk pemenuhan kebutuhan dalam beraktivitas. Sehingga menjadikan jawaban alternatif untuk menggunakan bangunan gedung yang ada bahkan yang sudah tidak digunakan. Dalam upaya untuk tetap menjamin pelayanan bangunan gedung dapat memenuhi kebutuhan, maka diperlukan adanya usaha pemeliharaan. Pemeliharaan Bangunan

Gedung merupakan kegiatan yang ditujukan untuk menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarannya agar bangunan gedung selalu laik fungsi (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008). Berbeda dengan perawatan bangunan Gedung, pemeliharaan lebih menekankan terhadap menjaga fungsi keandalan bangunan beserta prasarana dan sarana agar tetap berfungsi. Sedangkan perawatan lebih kearah penggantian dan perbaikan dari bagian, komponen dan elemen bangunan yang mendukung terhadap fungsi pemeliharaan bangunan.

Berdasarkan fungsinya, bangunan terbagi menjadi: 1) fungsi hunian, 2) keagamaan, 3) usaha, 4) sosial dan 5) budaya, serta 6) fungsi khusus yang ditetapkan berdasarkan pemenuhan persyaratan administratif dan persyaratan teknis bangunan gedung (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008).

Bangunan gedung mempunyai pedoman yang bertujuan: 1) memenuhi persyaratan teknis, 2) keselamatan, 3) kesehatan, 4) kenyamanan, dan 5) kemudahan, serta 6) kelestarian lingkungan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2008).

Lingkup pekerjaan dalam pemeliharaan gedung terbagi menjadi 3 komponen yaitu: 1) arsitektur, 2) struktur, dan 3) mekanikal, dan 4) elektrikal, 5) tata ruang luar, 6) tata graha (*house keeping*). Dalam penelitian ini yang menjadi objek penelitian hanya komponen struktur yang dijadikan bahan penelitian.

Komponen struktur yang dilakukan dengan pengujian struktur untuk mengevaluasi dua faktor utama, yaitu kesalahan perencanaan/pelaksanaan dan penurunan kinerja struktur eksisting. Penurunan kinerja struktur eksisting dapat diakibatkan oleh

- a) Adanya pelapukan material pada struktur karena usianya yang sudah tua, atau karena serangan zat-zat kimiawi tertentu yang merusak (seperti jenis-jenis senyawa asam).
- b) Adanya kerusakan pada struktur atau bagian-bagian struktur karena bencana kebakaran atau gempa.
- c) Rencana pembebanan tambahan pada struktur karena adanya:
- d) Perubahan fungsi / penggunaan struktur

- e) Penambahan tingkat (pengembangan struktur)

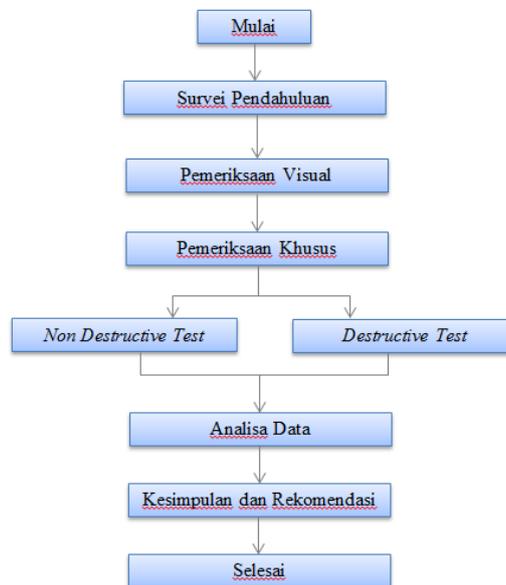
Pengujian struktur merupakan salah satu metode untuk melihat keandalan suatu bangunan gedung agar laik fungsi dan memenuhi persyaratan teknis: keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan serta kelestarian lingkungan.

Penelitian terdahulu ada yang membahas mengenai konsep dalam pemeriksaan struktur yang termasuk dalam penerapan layak fungsi (Janizar & Anisarida, 2019). Penelitian yang lain yang membahas mengenai pemeriksaan struktur salah satunya dengan pemeriksaan certikality/ketegakan bangunan (Janizar et al., 2020).

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode penelitian untuk dapat memperoleh data yang akan digunakan dalam mencapai tujuan penelitian ini. Jenis metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Metode ini ditentukan dengan melakukan kegiatan survey. Ciri dari metode ini bersifat rasional, empiris dan sistematis.

Kerangka penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Kerangka Pengujian Struktur Tidak Dalam Kolom

Langkah-Langkah penelitian pada pengujian struktur bangunan gedung terminal pelabuhan di Batam dilakukan dengan:

2.1.1 Survei pendahuluan

tahap ini dilakukan pengumpulan data-data awal

berdasarkan aspek-aspek yang diperlukan yang akan digunakan sebagai dasar/referensi survei detail/survei berikutnya dan harus dilakukan oleh seorang ahli struktur,

2.1.2 Pemeriksaan visual,

Tahap ini dilakukan terhadap struktur bangunan dan

kondisi lingkungannya, dimaksudkan untuk memperoleh data dan informasi mengenai keadaan dilapangan. Dari hasil tersebut diharapkan dapat diperoleh gambaran mengenai jenis jenis kerusakan yang ada pada gedung serta diperkirakan faktor-faktor penyebabnya.

Pengamatan visual merupakan pengamatan untuk mengetahui kerusakan – kerusakan pada bangunan. Pada kerusakan bangunan ini dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Kerusakan Ringan Non-Struktur, Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan nonstruktur apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :
 - a) Retak halus (lebar celah lebih kecil dari 0,075 cm) pada plesteran
 - b) Serpihan plesteran berjatuhan
 - c) Mencakup luas yang terbatas
2. Kerusakan Ringan Non-Struktur, Suatu bangunan dikategorikan mengalami kerusakan nonstruktur apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :
 - a) Retak kecil (lebar celah antara 0,075 hingga 0,6 cm) pada dinding.
 - b) Plester berjatuhan.
 - c) Mencakup luas yang besar.
 - d) Kerusakan bagian-bagian nonstruktur seperti cerobong, lisplang, dll.
 - e) Kemampuan struktur untuk memikul beban tidak banyak berkurang.
 - f) Laik fungsi/huni tindakan yang perlu dilakukan adalah perbaikan (repair) yang bersifat arsitektur agar daya tahan bangunan tetap terpelihara.
 - g) Perbaikan dengan kerusakan ringan pada struktur dapat dilakukan tanpa mengosongkan bangunan.
3. Kerusakan Struktur tingkat Tingkat Sedang, Suatu bangunan dikategorikan mengalami

kerusakan struktur tingkat sedang apabila terjadi hal-hal sebagai berikut :

- a) Retak besar (lebar celah lebih besar dari 0,6 cm) pada dinding;
- b) Retak menyebar luas di banyak tempat, seperti pada dinding pemikul beban, kolom; cerobong miring,
- c) Kemampuan struktur untuk memikul beban sudah berkurang sebagian;
- d) Laik fungsi/huni.

Tindakan yang perlu dilakukan adalah merubuhkan bangunan, membersihkan lokasi, dan mendirikan bangunan baru.

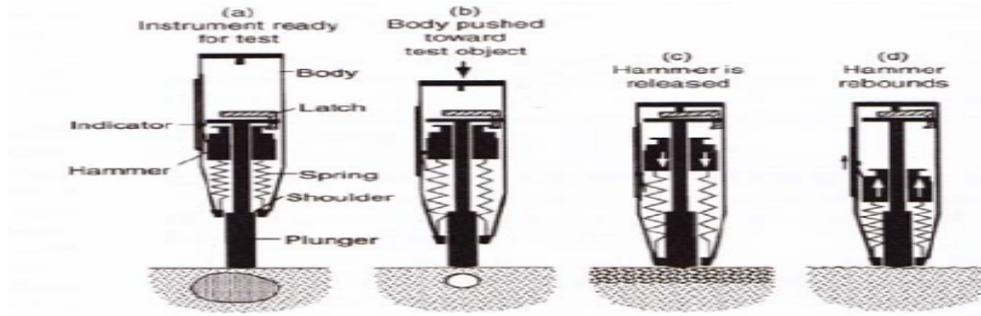
2.1.3 Pemeriksaan *Non Destructive Testing*

Pemeriksaan ini dilakukan dengan tahapan berikut ini:

1 Pengujian Hammer Test

Hammer test yaitu suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Disamping itu dengan menggunakan metode ini akan diperoleh cukup banyak data dalam waktu yang relatif singkat dengan biaya yang murah. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan juga setelah dikalibrasi,

Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran disekitar setiap lokasi pengukuran, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan British Standards (BS) mengisyaratkan pengambilan antara 9 sampai 25 kali pengukuran untuk setiap daerah pengujian seluas maksimum 300 mm².



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 2 Skema Ilustrasi Pengujian Rebound

2.1.4 Pengujian Scanning Rebar

Pengujian untuk menentukan lokasi tulangan sebagai dasar persiapan beberapa metode pengujian mengingat tulangan harus dihindari atau dapat pengambilan sampel beton inti, pengukuran mengganggu hasil perhitungan seperti pengambilan

sampel beton utuh, pengukuran kedalaman retak dengan metode ultrasonic (misalnya *Ultrasonic pulse velocity-portable ultrasonic for non destructive test (UPV-PUNDIT)*) atau metode-metode permukaan lainnya.



Gambar 3 Alat Pengujian Scanning Rebar

2.1.5 Pemeriksaan Destructive Testing (Core Drill)

Pengujian core merupakan metode yang secara langsung mendeterminasi kekuatan beton yang sebenarnya pada suatu struktur. Umumnya core diperoleh untuk mengevaluasi dan menilai apakah kekuatan suatu struktur beton sesuai dengan mutu yang direncanakan, karena sampel core itu sendiri diambil secara langsung dari struktur yang diamati (ACI 214.4R-03). Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada ASTM C 42.

3 Pembahasan

Pembahasan yang akan dilakukan meliputi hasil pengolahan data dari kegiatan pemeriksaan yang sudah dilakukan.

Pengolahan data diutamakan yang terkait erat dengan penelitian, dan tidak perlu menampilkan pengujian yang tidak terlalu relevan. Analisa hasil berisikan hasil dan analisa sesuai tujuan penelitian

3.1 Pemeriksaan Visual

Berdasarkan hasil pemeriksaan pengamatan visual struktur bangunan gedung terminal pelabuhan di Kota Batam yang telah dilakukan dapat dilihat pada foto dokumentasi pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 dibawah ini.

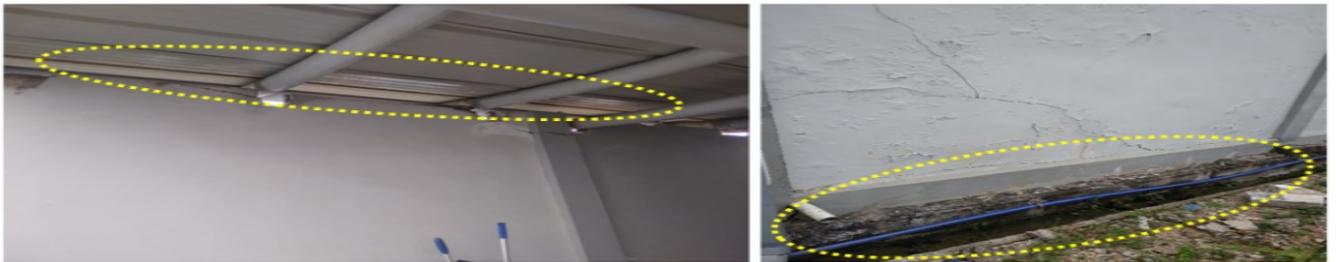
Gambar 4 terlihat retakan pada dinding terjadi karena pipa baja kanopi yang menumpu pada dinding bata. Gambar 5 dan 6 terlihat retakan pada dinding dan kolom buckling dikarenakan tidak ada pengikat antar kolom (balok) dan tidak ada pondasi, struktur kolom menumpu pada pondasi saluran.



Gambar 4 Kondisi Dinding Yang Retak

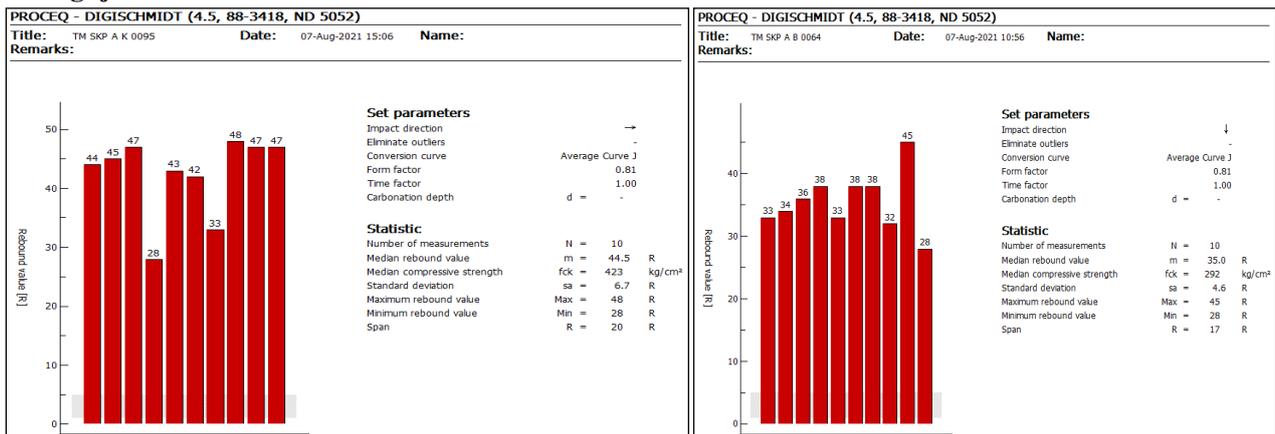


Gambar 5 Kondisi Terminal

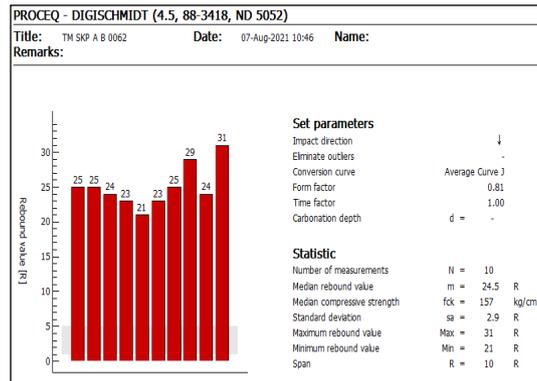


Gambar 6 Kondisi Dinding Retak-Retak Dan Kolom Buckling Pada Area Bangunan Tambahan

3.2 Pengujian Non Destructive Test 1 Pengujian Hammer Test



Gambar 1 dan 8. Hasil Pengujian Hammer Test Pada Kolom dan Balok



Gambar 2. Hasil Pengujian Hammer Test Pada Pelat Lantai

Dari hasil uji kekuatan permukaan beton atau Hammer Test didapatkan rata-rata mutu permukaan beton berkisar antara K-350, dengan kualitas angka pantulan permukaan beton berkisar antara 36-40 (Cukup).

Tabel 1. Kualitas Permukaan Beton Berdasarkan Rata-Rata Angka Pantulan

Rata-rata angka pantul	Kualitas permukaan dan selimut beton
>40	Baik, lapisan keras
36 – 40	Cukup
31 – 35	Kurang baik
20 – 30	Jelek
<20	Terdapat voids ataupun retak

3.3 Hasil Pengujian Scanning Rebar

Tabel 2. Hasil Pengujian Scanning Rebar Pada Kolom

NO	KOMPONEN	AKSIS/KOORDINAT	LANTAI	PEMBACAAN SELIMUT, (mm)		PERKIRAAN TEBAL SELIMUT BETON, (mm)	PERKIRAAN DIAMETER TULANGAN UTAMA, (mm)	PERKIRAAN DIAMETER TULANGAN SENGKANG, (mm)	PERKIRAAN JARAK TULANGAN SENGKANG, (mm)
				MIN	MAX				
1	KOLOM	R.TUNGGU 1-B	1	58	78	60	D16	ø10	150
2	KOLOM	R.TUNGGU 1-A	1	55	60	55	D16	ø10	180
3	KOLOM	R.TUNGGU 1-B	2	35	40	40	D16	ø10	100
4	KOLOM	MUSHOLA-1	2	48	68	50	D16	ø10	100
5	KOLOM	R.TUNGGU-2	2	36	43	40	D16	ø10	100
6	KOLOM	R.TUNGGU-3	2	33	51	45	D16	ø10	200
7	KOLOM	R.TUNGGU 1-C	1	42	54	45	D16	ø10	150
8	KOLOM	R.TUNGGU 1-D	1	45	62	50	D16	ø10	150
9	KOLOM	R.TUNGGU 1-E	1	37	47	40	D16	ø10	170
10	KOLOM	R.TUNGGU 1-F	1	44	58	55	D16	ø10	150
11	KOLOM	R.TUNGGU-4	2	35	53	40	D16	ø10	200
12	KOLOM	R.TUNGGU-5	2	43	63	50	D16	ø10	150
13	BALOK	KANTOR-A	ATAP	48	71	60	D16	ø10	170
14	BALOK	TANGGA-1	2	38	52	45	D16	ø10	150
15	BALOK	TANGGA-1	2	34	57	40	D16	ø10	200
16	PELAT	KANTOR-A	ATAP	56	64	60	ø10 (X)	ø10 (Y)	150
17	PELAT	BORDES	2	32	39	35	ø10 (X)	ø10 (Y)	150

Berdasarkan hasil pengujian scanning rebar, didapat perkiraan tulangan terpasang dan tebal selimut beton sebagai berikut:

Pada komponen kolom menggunakan baja tulangan utama D16 dengan tulangan Sengkang Ø10 dan D13 – 140 s/d 200 mm, dan perkiraan selimut beton yaitu berkisar antara 40 mm s/d 70 mm. berdasarkan SNI 2847-2019 selimut beton minimal untuk kolom yaitu 40 mm. sehingga selimut beton pada kolom memenuhi persyaratan.

Pada komponen balok menggunakan baja tulangan utama D16 dengan tulangan Sengkang D13 – 100 s/d 200 mm, dan perkiraan selimut beton yaitu berkisar antara 50 mm s/d 70 mm. berdasarkan SNI 2847-2019 selimut beton minimal untuk balok yaitu 40 mm. sehingga selimut beton pada balok memenuhi persyaratan.

Pada komponen pelat menggunakan baja tulangan D13 dengan jarak tulangan 200 s/d 300 mm, dan perkiraan selimut beton yaitu berkisar antara 53 mm s/d 83 mm. berdasarkan SNI 2847-2019 selimut beton minimal untuk pelat yaitu 20 mm. sehingga selimut beton pada pelat memenuhi persyaratan.

3.4 Pengujian Destructive Test

Pengujian destructive test yang dilakukan adalah pengujian Core Drill.

Hasil uji kuat tekan beton inti diberikan pada Tabel 5-1, dan untuk pengujian Uji Beton Inti di Laboratorium didasarkan pada peraturan ASTM C42 dan SNI 2492-2018.

Tabel 3. Hasil Kegiatan Core Drill Test Pada Pelat

PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON (INTI) COMPRESSION TESTING OF CORES (ASTM C42)												
No. Laporan / Order : 103-665												
Teknisi / Penguji : Wildan												
Standar Acuan : SNI 2492-2018												
Tanggal : 25 Agustus 2021												
Pengeksp. :												
NO	KODE	LOKASI/STRUKTUR	SEGMENT	TIPE/PROFIL	DIAMETER (mm)	DIAMETER (in)	LUKAS (mm)	LUKAS (in)	KORREKSI	BEKAS (MPa)	BEKAS (ksi)	KUAT TEKAN (MPa)
1	6	Kolom	2/E L12	-	10,45	10,60	6,75	35,80	-	0,966	3400	9,32
2	7	Balok	10A-B L12	-	10,30	10,50	7,55	44,79	-	0,949	11000	24,09
3	8	Balok	2-3/D L12	-	13,00	13,20	7,55	44,79	-	0,980	9750	21,36
4	9	Pelat	1-2/D-E L12	-	11,85	12,05	7,55	44,79	-	0,968	8400	18,40
5	10	Pelat	9-10/C-D L12	-	11,25	11,40	7,55	44,79	-	0,981	8400	17,68

Tabel 4. Data Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pada Gedung Terminal

NO	ELEMEN STRUKTUR	SEGMENT	KUAT TEKAN, MPa	
			SEBELUM KOREKSI	SESUDAH KOREKSI
1	Kolom Lantai 2	2/E	9,32	9,00
2	Balok Lantai 2	10/A-B	24,09	22,87
3	Balok Lantai Atap	2-3/D	21,36	20,92
4	Pelat Lantai Atap	1-2/D-E	18,40	17,80
5	Pelat Lantai Atap	9-10/C-D	18,40	17,68

Berdasarkan hasil Uji Kuat Tekan Beton Inti pada bangunan Gedung ini diperoleh hasil sebagai berikut:

Pada komponen kolom didapatkan nilai mutu beton yaitu 9,00 MPa (tidak memenuhi persyaratan).

Pada komponen balok didapatkan nilai mutu beton antara 20,92 – 22,87 MPa (memenuhi persyaratan).

Pada komponen pelat lantai didapatkan nilai mutu beton antara 17,68 – 17,80 MPa (memenuhi persyaratan).

Pengujian Laju Karbonasi Beton dengan Larutan Phenolphthaleine (Carbonation Test)

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Karbonasi Beton Pada Gedung Terminal

No.	Komponen	Axis	Ukuran Kedalaman Terkarbonasi (mm)	Kedalaman Karbonasi Berdasarkan Umur Bangunan (mm)	Check
1	Kolom Lt. 2	2/E	0	12,99	OK
2	Balok Lt.2	10/A-B	0	12,99	OK
3	Balok Lt.Atap	2-3/D	15	12,99	NOT OK
4	Pelat Lt. Atap	1-2/D-E	20	12,99	NOT OK
5	Pelat Lt. Atap	9-10/C-D	10	12,99	OK

Berdasarkan hasil pengujian karbonasi menunjukkan bahwa pada komponen struktur bangunan Gedung ini didapatkan nilai sebagai berikut:

Pada komponen kolom tidak terkarbonasi / tidak terjadi pelapukan dengan kedalaman yaitu 0 mm.

Pada komponen balok telah terkarbonasi / terjadi

pelapukan dengan kedalaman rata-rata 0 – 15 mm.

Pada komponen pelat lantai telah terkarbonasi / terjadi pelapukan dengan kedalaman antara 10 – 20 mm.

Berdasarkan umur bangunan didapat nilai maksimum kedalaman karbonasi/pelapukan sebesar 12,99 mm. Kedalaman rata-rata karbonasi berdasarkan hasil pengujian didapat pada satu komponen balok dan satu komponen pelat telah melampaui batas maksimum, sedangkan pada komponen lainnya masih di bawah batas maksimum dari yang disyaratkan sesuai umur dan tahun bangunan tersebut dibangun.

Pengujian laju korosi pada baja tulangan dengan alat half cell potential (CANIN)

Tabel 6. Data Hasil Uji Laju Korosi dengan Alat Canin pada Gedung Terminal

No	Komponen	Axis	Rata-Rata Intensitas Korosi (mV)	Klasifikasi Korosi pada Baja
1	Kolom Lt.1	10/D	-93,00	Potensial > -200 mV
2	Kolom Lt.2	8/C	-270,4	Potensial > -200 s/d -350 mV
3	Balok Lt.2	10/A-B	-247,3	Potensial > -200 s/d -350 mV
4	Balok Lt.Atap	2-3/D	-102,45	Potensial > -200 mV
5	Pelat Lt.Atap	9-10/C-D	-88,40	Potensial > -200 mV

Berdasarkan hasil pengujian canin pada bangunan gedung ini didapat nilai intensitas korosi sebagai berikut:

Pada komponen kolom yaitu -93,00 sampai -270,4 mV maka nilai potensial > -200 mV hal ini menunjukkan kemungkinan korosi kurang dari 10% pada saat pengukuran dan potensial > -200 s/d -350 mV menunjukkan aktivitas baja tulangan pada area itu tidak pasti (50:50).

Pada komponen balok yaitu -102,45 sampai -247,3 mV maka nilai potensial > -200 mV hal ini menunjukkan kemungkinan korosi kurang dari 10% pada saat pengukuran dan potensial > -200 s/d -350 mV menunjukkan aktivitas baja tulangan pada area itu tidak pasti (50:50).

Pada komponen pelat yaitu -88,40 mV maka nilai potensial > -200 mV hal ini menunjukkan kemungkinan korosi kurang dari 10% pada saat pengukuran.

4. Penutup

Berdasarkan hasil pengujian struktur yang telah dilakukan didapatkan hasil untuk pengujian secara visual terdapatnya retakan pada dinding bangunan. Pengujian secara hammer test

terdapatnya rata-rata mutu permukaan beton dengan kualitas cukup, dan juga terdapatnya selimut beton yang memenuhi persyaratan. Pengujian struktur dilakukan juga pengujian khusus struktur dilakukan pemodelan ulang perkuatannya menggunakan program software. Perbaikan yang direkomendasikan untuk perbaikan retak dengan metode penambalan (*patching*), pembongkaran akibat penurunan tanah dan perbaikan atau perkuatan kolom lantai dengan *fiber reinforced polymer* (FRP).

5. Daftar Pustaka

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum, “Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 24/PRT/M/2008 Tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung
- [2] S Janizar, A Anisarida “Pendekatan Soft System Methodology Untuk Penerapan proses Sertifikat layak Fungsi (SLF) Bangunan gedung”, Geoplanart, vol. 2, no. 2, 89-99, Juli 2019
- [3] S Janizar, “Audit Struktur Gedung Bank X Kota Banjarmasin”, Jurnal Teknik Sipil Cendekia, vol. 1, no. 1, 15-16, Juli 2020
- [43] Pemerintah Republik Indonesia, 2007, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 26/PRT/M/2007 Tentang Pedoman Tim Ahli Bangunan Gedung, Jakarta.
- [5] Pemerintah Republik Indonesia, 2006, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, Jakarta.
- [6] Persyaratan Teknis Bangunan Gedung. Suprpto, 2008