



Pengaruh kondisi lingkungan pada kualitas beton (studi kasus RSP Universitas Lampung)

Anggarani Budi Ribowo^{a,*}, Chatarina Niken^b, Ratna Widyawati^c

^a Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^b Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^c Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Situasi lingkungan tertentu yang melingkupi struktur beton selama waktu pengoperasian tertentu akan memberikan pengaruh terhadap struktur beton dan akan memerlukan pemeliharaan dan perbaikan yang cukup besar.
- Diperlukan tindakan atau reaksi untuk mengambil tindakan yang tepat agar tidak terjadi pada tahap kerusakan yang sangat lanjut.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 5 Februari 2020

Diterima setelah diperbaiki 9 September 2020

Diterima untuk diterbitkan 18 Oktober 2020

Tersedia secara online 01 Desember 2020

Kata kunci:

Atom permukaan beton,
kerapatan unsur penyusun beton,
kondisi lingkungan,
kuat tekan.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kuat tekan beton pada struktur Gedung RSP Universitas Lampung, yang proses pembangunannya terhenti sampai pada pelat lantai *basement* dan pelat lantai 1 sejak tahun 2011. Oleh sebab itu, beberapa jenis pengujian telah dilakukan yaitu *ultrasonic pulse velocity test* (UPV), *hammer test* dan kuat tekan untuk mengetahui nilai kuat tekan struktur beton di bangunan tersebut. Pengujian UPV dilakukan terhadap balok dan kolom, sedangkan pengujian *hammer test* dilakukan terhadap struktur balok, kolom, pelat lantai, dinding penahan tanah dan dinding geser. Selanjutnya, untuk pelat lantai 1 dan lantai *basement*, dilakukan *core drill* untuk mengambil benda uji dan selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan di laboratorium. Juga dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-ray* (EDX) pada pelat untuk menyelidiki permukaan objek secara langsung dan mengenali jenis atom permukaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan rata-rata struktur bangunan tersebut lebih dari 17 MPa, sebagai batas minimum nilai kuat tekan struktur bangunan. Hasil pengujian SEM-EDX juga menunjukkan bahwa kondisi lingkungan mempengaruhi kerapatan unsur penyusun beton dan jenis atom permukaan.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

1. Pendahuluan

Rumah Sakit Pendidikan (RSP) Universitas Lampung mulai dibangun pada tahun 2011, namun proses pembangunannya terhenti hingga saat ini. Hal ini mengakibatkan beberapa struktur bangunan yang sudah terbangun tidak mendapatkan perawatan yang cukup, khususnya terhadap pengaruh cuaca dan lingkungan [1] sejak proses penghentian tersebut. Tim [2] menjelaskan bahwa ketahanan infrastruktur jangka panjang merupakan tantangan besar di lingkungan iklim tropis. Pengaruh laju reaksi kimia yang cepat yang berdampak pada durabilitas beton, menjadikan masa kerja dari struktur beton pada suhu tropis sepanjang tahun memberikan tantangan untuk memperpanjang masa pakai selama mungkin, sehingga bila diperpanjang lebih lanjut perlu dilakukan perbaikan atau

penggantian sistem pelindung. Tam dkk. [3] juga mengatakan bahwa lingkungan iklim tropis merupakan faktor penting dalam mempertimbangkan desain dan konstruksi struktur beton.

Refanil dkk. [4] menjelaskan bahwa semakin bertambahnya usia suatu bangunan maka akan mempengaruhi kemampuan bangunan dalam menahan beban. Kemunduran kualitas bangunan adalah suatu hal yang tidak bisa dihindari terlebih lagi bangunan tersebut tidak dilakukan perawatan dalam waktu yang cukup lama. Zhang S.P dan Zong L. [5] menyatakan bahwa kelayakan suatu bangunan ditentukan dari parameter kualitas material gedung saat ini dan dari parameter respon struktur terhadap beban gempa. Herry [6] juga menjelaskan bahwa pada domain struktur, durabilitas didefinisikan sebagai kemampuan untuk mempertahankan fungsi, stabilitas dan estetika akibat pengaruh lingkungan sehingga tidak menimbulkan biaya perawatan dan perbaikan yang besar selama umur layan yang direncanakan. Jaminan laik bangunan merupakan suatu jaminan dimana bangunan tersebut masih memenuhi persyaratan

* Penulis koresponden.

Alamat e-mail: anggaraniburi@gmail.com (A.B. Ribowo)

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v24i3.19>

administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan. Jaminan ini diperlukan terutama pada bangunan vital yang memiliki kepentingan untuk orang banyak. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeriksaan visual pada struktur bangunan RSP Universitas Lampung dalam kondisi lingkungannya, untuk memperoleh data dan informasi keadaan tingkat kelayakan struktur. Dari pengamatan terdapat beberapa bagian struktur beton yang tergenang air, dan terendam lumpur. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah untuk melihat kuat tekan beton yang ada saat ini pada struktur gedung RSP Universitas Lampung dan kandungan unsur kimia pada permukaan beton dalam berbagai kondisi lingkungan dedung tersebut.

2. Metode Penelitian

Objek penelitian ini adalah Rumah Sakit Pendidikan (RSP) Universitas Lampung, yang pembangunannya mengalami penundaan dan saat ini baru terbangun lantai *basement* dan lantai 1. Penelitian ini didahului oleh survey pendahuluan yang dilakukan secara visual untuk melihat kondisi lingkungan dan penentuan titik pemeriksaan khusus pada struktur kolom, balok, plat dan dinding geser pada bangunan RSP ini. Selain itu, juga mereview dokumen teknis struktur antara lain gambar dan dokumen perencanaan dan pelaksanaan. Pemeriksaan visual dimaksudkan juga untuk melihat jenis kerusakan, tingkat kerusakan, kuantitas kerusakan dan penyebab kerusakan pada struktur bangunan tersebut.

Setelah itu, dilakukan pemeriksaan khusus yang dilakukan lebih teliti dan mendetail yang merupakan tindak lanjut dari pemeriksaan visual untuk memperoleh data yang lebih akurat. Pemeriksaan ini terdiri dari dua jenis yaitu pengujian non-destruktif test dan destruktif test. Pengujian non-destruktif yang dilakukan terdiri dari pengujian kerapatan beton atau *ultrasonicpulse velocity test* (UPV) dan pengujian palu beton (*hammer test*). Sedangkan pengujian *destructive test* yang dilakukan berupa pemboran inti beton (*core drill test*). Pengujian *ultrasonicpulse velocity test* dilakukan terhadap struktur kolom dan balok, dengan benda uji struktur balok sebanyak tujuh titik dan kolom G2 dan kolom G4 masing-masing tujuh titik. Sedangkan pengujian *hammer test* dilakukan terhadap balok, kolom, plat lantai, dinding penahan tanah dan dinding geser, dengan masing-masing elemen struktur diambil sembilan titik uji.

Sebagaimana diketahui bahwa pelat lantai pada bangunan RSP Universitas Lampung ada yang berada dalam kondisi tergenang air (basah), terlindung dari sinar matahari, kondisi tergenang lumpur dan kondisi terkena sinar matahari langsung (kering) baik material beton maupun baja tulangan, seperti terlihat pada Gambar 1, sehingga pengujian terhadap pelat lantai beton dilakukan terhadap pelat yang berada dalam kondisi kering, berlumpur, basah dan terlindung. Khusus untuk pelat lantai, dilakukan pengujian kuat tekan dengan mengambil benda uji dengan cara *core drill*, sebanyak empat benda uji untuk setiap kondisi pelat lantai dengan dimensi diameter 101,6 mm dan tinggi 200 mm. Analisis hasil pengujian *core drill* dilakukan setelah uji kuat tekan di Laboratorium untuk semua benda uji dalam masing-masing kondisi menggunakan standar ASTM E 178-02.

Selanjutnya, untuk pelat lantai, juga dilakukan pengujian *hammer test* berdasarkan SNI 03-4430-1997 dan ASTM G80S-89, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-ray* (EDX) untuk menyelidiki permukaan objek



Gambar 1. Kondisi pelat, (a) tergenang lumpur dan, (b) terendam air.

secara langsung dan mengenali jenis atom permukaan. Sampel yang digunakan untuk pengujian SEM-EDX diambil dari bagian permukaan beton dari kondisi terendam lumpur, kering, basah dan terlindung, masing-masing satu benda uji.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian UPV menunjukkan nilai kuat tekan (f'_c) rata-rata beton untuk beberapa struktur beton yang diuji adalah sebagai berikut: balok 22,3 MPa, kolom G2 32,7 MPa dan kolom G4 33,7 MPa. Selanjutnya kuat tekan hasil pengujian *hammer test* untuk beberapa jenis struktur bangunan disajikan pada Table 1, sedangkan kuat tekan benda uji pelat lantai yang diambil menggunakan alat *coredrill* dalam berbagai kondisi eksisting, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1
Hasil pengujian *hammer test*

Nama struktu	Kuat tekan rata-rata (MPa)
Balok	24,5
Kolom di basement	22,1
Kolom di Lt.1	18,5
Plat lantai basement	21,2
Pelat lantai 1	19,7
Dinding penahan tanah	23,1
Dinding geser di basement	21,7
Dinding geser di lantai 1	20,8

Tabel 2
Hasil pengujian pelat lantai

Kondisi pelat	Kuat tekan (MPa) rata-rata	
	Benda uji <i>core drill</i>	<i>Hammer test</i>
Kering	13,7	21,0
Lumpur	14,2	10,9
Basah	29,2	22,2
Terlindung	25,5	23,6

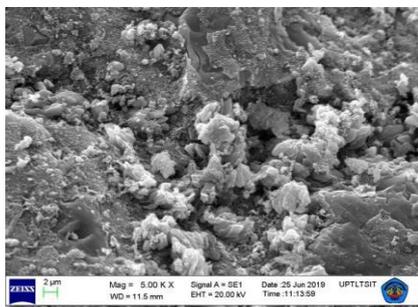
Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung disyaratkan bahwa 85% dari kuat tekan rata-rata benda uji tidak boleh kurang dari 17 MPa [7]. Berdasarkan

persyaratan tersebut, maka beton struktur untuk Gedung RSP Universitas Lampung masih memenuhi syarat.

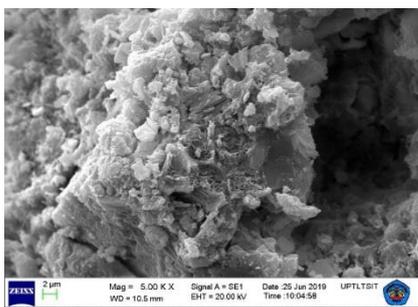
Selanjutnya, terlihat hasil pengujian dengan metode *destructive test* (*core drill test*) dari tiga kondisi yaitu lumpur, basah dan terlindung memiliki nilai kuat tekan beton lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil pengujian dengan metode *non destructive test* (*hammer test*). Tetapi sebaliknya pada kondisi kering dengan metode *destructive test*, nilai kuat tekan beton lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil pengujian dengan metode *non destructive test*. Hal tersebut disebabkan pengaruh temperatur udara pada saat proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak sehingga air pada pori-pori beton akan menguap dan mengakibatkan pori-pori beton tersebut akan terisi udara. Faktor lain yaitu pengaruh kecepatan udara yang tinggi dapat mengakibatkan penguapan yang tinggi. Pada sampel kondisi kering dengan temperatur tinggi dapat mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah [8].

Gambar 2 sampai Gambar 5, menunjukkan hasil pengujian SEM dalam empat kondisi beton eksisting. Perbedaan yang ada terlihat pada keberadaan pori-pori dan kerapatan unsur penyusun beton, yang terlihat pada kenampakan topografi. Pada beton kondisi berlumpur (Gambar 2) dan kering (Gambar 3), memiliki pori-pori yang cukup banyak serta kenampakan topografinya yang terlihat lebih kasar dan tajam bila dibandingkan dengan kondisi basah (Gambar 4) dan terlindung (Gambar 5) yang memiliki kenampakan topografinya lebih halus.

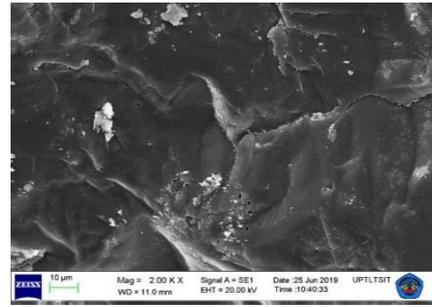
SEM beton kondisi basah sangat terlihat kerapatan unsur penyusun beton dengan kenampakan topografi yang halus dan bersih. Bila dievaluasi berdasarkan hasil pengujian metode *core drill* dan *hammer*, nilai kuat tekan beton kondisi basah memiliki nilai yang tinggi. Kemudian Tabel 3 menunjukkan persentase massa atom unsur kimia yang terdapat pada beton dalam berbagai kondisi hasil pengujian EDX. Indikasi unsur senyawa utama adalah kalsium (*Ca*), Oksigen (*O*) dan silika (*Si*).



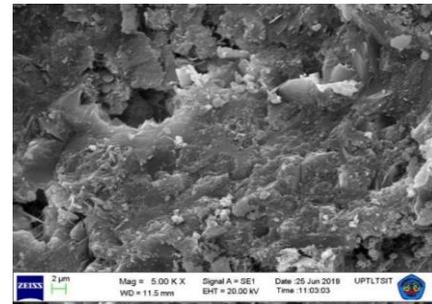
Gambar 2 SEM beton dalam kondisi berlumpur



Gambar 3 SEM beton dalam kondisi kering



Gambar 4 SEM beton dalam kondisi basah



Gambar 5 SEM beton dalam kondisi terlindungi

Tabel 3

Unsur kimia hasil pengujian EDX beton

Unsur kimia	Massa atom (%)			
	Kondisi berlumpur	Kondisi kering	Kondisi basah	Kondisi terlindungi
Ca	21,72	22,46	-	53,92
O	52,54	46,19	61,67	26,9
Au	2,81	3,35	1,35	3,89
Si	6,9	10,16	31,45	3,36
C	12,2	12,12	5,33	9,58
Al	3,48	3,36	-	2,34
Fe	0,36	-	-	-
K	-	-	-	-

Hasil EDX beton kondisi basah, terdapat nilai massa atom dominan yaitu *Si* sebesar 31,45% dan massa atom *O* sebesar 61,87% namun tidak terdapat *Ca*. Kuat tekan beton terendam air menunjukkan nilai tertinggi (Table 2). Hasil tersebut mendukung pernyataan bahwa kelembaban yang tinggi akan membuat jembatan silika tumbuh optimum. Tidak terdapatnya massa atom *Ca* pada kondisi basah karena *Ca* yang terbentuk larut oleh air. Hasil EDX beton kondisi terendam air (basah) untuk massa atom *Si* menghasilkan warna gelap (coklat) yaitu mengalami jenuh kelembaban, sedangkan untuk massa atom *C* menghasilkan warna lebih gelap yang berarti memiliki kepadatan yang kurang.

Selanjutnya, hasil EDX beton kondisi terlindung terdapat unsur atom *Ca* sebesar 53,92%, unsur *O* sebesar 26,90%, unsur *C* sebesar 9,58% dan *Si* sebesar 3,36%. Perbandingan massa atom *Ca/O* adalah 2, hasil tersebut menyebabkan kuat tekan yang tinggi meskipun massa atom *Si* bernilai rendah. Hal tersebut dikarenakan pada kondisi beton terlindung maka pelapukan *Ca* dapat dieliminasi. Sehingga massa atom *Ca* dapat bernilai dua kali lipat dari massa atom *O*. Hal ini membuat beton pada kondisi terlindung dapat memiliki nilai kuat tekan beton yang tinggi bila dibandingkan kuat tekan beton kondisi kering dan berlumpur. Untuk hasil EDX beton dalam kondisi terlindung, massa atom *Si* menghasilkan warna terang (biru) yaitu tidak mengalami jenuh

kelembaban. Untuk massa atom *Ca* dalam kondisi baik serta untuk massa atom *C* menghasilkan warna lebih gelap yang berarti memiliki kepadatan yang kurang.

Kemudian, hasil EDX untuk beton dalam kondisi berlumpur, terdapat unsur *Fe* yang disebabkan adanya pengendapan yang terjadi pada permukaan struktur pelat akibat aliran air yang membawa unsur besi dari baja tukang yang terekspos dan mengendap pada struktur pelat tersebut saat musim penghujan. Selain itu, pengaruh lumpur pada struktur beton membuat semakin banyak pori-pori yang dihasilkan. Hasil EDX beton memperlihatkan massa atom *Si* menghasilkan warna gelap (biru tua) yaitu mengalami jenuh kelembaban dan untuk massa atom *Ca* mengalami pelapukan serta untuk massa atom *C* menghasilkan warna lebih terang yang berarti memiliki kepadatan yang tinggi. Untuk beton dalam kondisi terendam lumpur, persentase massa atom *Ca* adalah 21,72%, *O* adalah 52,54%, *Si* adalah 6,9 %, dan *C* adalah 12,3%. Kuat tekan beton yang terendam lumpur hanya setengah dari kondisi terlindung. Rasio *Ca/O* adalah hanya 41% dan kandungan *C* juga menurunkan kuat tekan beton. Jumlah massa atom *Si* yang kecil tidak berpengaruh besar terhadap peningkatan kuat tekan beton pada kondisi berlumpur.

Untuk kondisi yang terakhir, hasil pengujian EDX untuk beton dalam kondisi kering, memiliki massa atom dominan yaitu *Ca* sebanyak 22,46%, *O* sebanyak 46,19%, *C* sebanyak 12,12% dan *Si* sebanyak 10,16%. Pada kondisi kering, beton bersentuhan langsung dengan keadaan cuaca dan lingkungan. Hal tersebut mengakibatkan massa atom *Ca* mengalami pelapukan, sehingga massa atom *Ca* yang dihasilkan setengah dari massa atom *O* dengan rasio *Ca* dan *O* adalah 0,49. Hal tersebut mengakibatkan penurunan kualitas tekan beton serta ditambah dengan adanya massa atom *C* yang juga dapat menurunkan kualitas beton. Kandungan massa atom *Si* pada kondisi kering tidak sebanyak pada kondisi basah. Kondisi beton kering karena dipengaruhi suhu tinggi secara langsung. Kalsium Silikat Hidrat (CSH) akan berkurang dengan semakin meningkatnya suhu (85° C). Selain itu juga dengan semakin meningkatnya suhu berpengaruh terhadap penurunan ketebalan lapisan pasta semen. Beton dalam kondisi kering memiliki massa atom *Si* berwarna terang (biru) yaitu tidak mengalami jenuh kelembaban, sedangkan massa atom *Ca* mengalami pelapukan dan untuk massa atom *C* menghasilkan warna lebih terang yang berarti memiliki kepadatan yang tinggi.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya tahan struktur beton tidak hanya terkait dengan desain dan material tetapi juga pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton dan kualitas konstruksi yang dicapai. Setelah menyelesaikan struktur beton baru, kualitas konstruksi yang dicapai selalu menunjukkan perbedaan yang tinggi dan variabilitas, dan di lingkungan yang kurang baik, setiap kelemahan dalam struktur beton akan segera terungkap, walaupun spesifikasi dan bahan penyusun yang baik telah diterapkan. Untuk mengambil semua variabilitas ini dengan lebih baik dalam memperhitungkannya, pendekatan probabilitas untuk mendesain daya tahan yang lebih tinggi harus diterapkan. Karena banyak masalah pada daya tahan, juga dapat dikaitkan dengan kontrol kualitas yang buruk sebagai masalah khusus selama konstruksi beton, masalah kualitas konstruksi dan variabilitas juga harus dipegang dengan kuat sebelum pendekatan rasional apa pun untuk daya tahan yang lebih terkontrol dapat dicapai. Oleh karena itu, kontrol kualitas beton berbasis kinerja selama konstruksi beton dengan dokumentasi yang tepat dari pencapaian kualitas konstruksi harus diterapkan.

Daftar Pustaka

- [1] *Tim, T.C., Hui, L.Y., Peng, T.C.*: The durability of concrete structures in the tropics, dalam *Durability of materials and structures in building and civil engineering* (ed: Yu, C.W and Bull, C.W), Whittless Publishing, UK, 2006, 37-52
- [2] *Tim, T.C.*: Challenges and opportunities in tropical concreting. *Procedia Engineering*, 95, 2014, 348-355.
- [3] *Tam, C.T., Harsono, E., Swaddiwudhipong, S.*: Concreting in the tropics: precautions and opportunities. In *Concrete durability: achievement and enhancement* (ed by Dhir, R.K., Harrison, T.A., Zheng, L., Kandasami, S., 2008, 33-44.
- [4] *Refani, A.N., Darmawan, M.S., Irmawan, M.*: Evaluasi kelayakan struktur gedung tinggi yang terbengkalai selama 15 tahun terhadap gempa berdasarkan SNI 1726-2012. *The 2nd Conference on Innovation and Industrial Applications (CINIA 2016)*, 2018, 153-159.
- [5] *Zhang S.P., Zong L.*: Evaluation of relationship between water absorption and durability of concrete materials. *Journal of advances in materials science and engineering*, Jan 1, 2014.
- [6] *Prabowo, H.*: Persyaratan durabilitas beton struktural sebagai langkah awal menuju desain umur layan bangunan secara eksplisit. *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PIPT)*. Pontianak, Indonesia: Untan Press. 2017.
- [7] *Departemen Pekerjaan Umum*: SNI-2847-2019-Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta. Yayasan LPMB, 2019.
- [8] *Neville, A.M.*: *Properties of Concrete*. England. Prentice Hall. 2002.