

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan gedung sebagai tempat manusia dalam melakukan kegiatannya, mempunyai peran yang sangat strategis dalam pembentukan watak, perwujudan produktivitas, serta jati diri. Selain itu juga bangunan gedung berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, keagamaan, usaha, sosial budaya maupun kegiatan khusus.

Berdasarkan UU No.28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dalam Pasal 3 menyatakan bahwa untuk mewujudkan bangunan gedung yang fungsional dan sesuai dengan tata bangunan gedung yang serasi dan selaras dengan lingkungannya, harus menjamin keandalan bangunan gedung dan segi keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan. Selanjutnya dipertegas lagi dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratn Teknis Bangunan Gedung. Pada pasal 4 point 1b dinyatakan bahwa Persyaratan keandalan bangunan gedung yang terdiri dari;

- 1) Persyaratan keselamatan bangunan gedung.
- 2) Persyaratan kesehatan bangunan gedung.
- 3) Persyaratan kenyamanan bangunan gedung.
- 4) Persyaratan kemudahan bangunan gedung.

Kerusakan sistem infrastruktur, dalam hal ini gedung, umumnya berlangsung pada kecepatan yang tidak dapat dikendalikan walaupun struktur gedung tersebut didesain agar dapat beroperasi untuk jangka waktu yang lama. Berkurangnya kemampuan layanan dalam jangka panjang akan membutuhkan biaya perbaikan yang sangat besar.

Untuk memperhitungkan penurunan kemampuan fisik tersebut, diperlukan penilaian terhadap kondisi aktual. Penilaian itu perlu dilakukan secara terus menerus tanpa henti agar dapat diambil tindakan yang rasional. Sistem monitoring kesehatan struktur ini bertujuan untuk ;

- 1) Menjamin keamanan struktur
- 2) Memperoleh perencanaan pemeliharaan struktur yang rasional dan ekonomis

- 3) Mencapai pekerjaan pemeliharaan yang aman dan ekonomis
- 4) Mengidentifikasi penyebab respon yang tidak dapat diterima.

Bangunan gedung *hexagonal* Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian ini di bangun 3 lantai. Fungsi utama dari gedung ini adalah merupakan fungsi sosial dan budaya sebagai tempat pelayanan pendidikan. Struktur direncanakan menggunakan beton bertulang yang merupakan bahan konstruksi yang umum digunakan sebab memiliki sifat yang kuat, tahan lama, tahan api dan dapat dibentuk. Struktur kolom, balok, dan pelat merupakan struktur kerangka bangunan maka dari itu sangat penting untuk memperhatikan segi keamanannya dengan merencanakan dimensi dan pemakaian tulangan yang aman dan ekonomis.

Dari uraian diatas maka judul penulisan skripsi ini yaitu “**TINJAUAN AKTUAL MUTU BETON STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS PASIR PENGARAIAN**”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi aktual kerusakan struktur Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian?
2. Berapa Mutu Beton Aktual Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui jenis kerusakan kondisi aktual secara fisik Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian.
2. Mengetahui mutu beton aktual saat ini Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengatasi permasalahan yang muncul akibat struktur bangunan, sehingga menjamin keamanan bagi pengguna bangunan dan kepastian hukum bagi pengelolaan bangunan.
2. Menemukan metode dan waktu yang tepat terhadap perawatan struktur bangunan gedung

3. Memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi tentang laik fungsi bangunan gedung.

1.5 Batasan Masalah

1. Bangunan yang ditinjau dievaluasi adalah elemen struktur balok Pemeriksaan dan pengujian dilakukan pada elemen struktur balok (Ruang Tunggu Depan), (Ruang Tunggu Belakang) dan kolom (Teras P1, P2, P3 sampai P8) (Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian).
2. Pemeriksaan dilakukan dengan menganalisis aspek fisik struktur kolom dan balok.
3. Tinjauan dilakukan dengan cara memberikan skor hasil survey lapangan dengan berpedoman pada panduan teknis tata cara pemeriksaan keandalan bangunan gedung Departemen PU 1998.
4. Aspek keandalan yang di tinjau hanya keandalan struktur Utama (Balok dan Kolom).
5. Pemeriksaan lapangan dengan mengukur mutu beton melalui Pengujian Palu Beton (*Schmidt HammerTest*).
6. *Hammer test* dilakukan pada sampel benda sebuah portal beton bertulang dengan dimensi sebagai berikut :
 - a) Lantai 1
 - 1) Kolom : 40 cm x 60 cm
 - 2) Balok : 30 cm x 60 cm
 - b) Lantai 2
 - 1) Kolom : 40 cm x 60 cm
 - 2) Balok : 30 cm x 60 cm
 - c) Lantai 3
 - 1) Kolom : 40 cm x 60 cm
 - 2) Balok : 25 cm x 50 cm
7. Hasil *hammer test* akan dievaluasi berdasarkan peraturan yang ada sesuai SNI ASTM-C805-2012.
8. Pengaruh gaya-gaya yang bekerja pada benda uji portal tidak diabaikan.
9. Pengaruh suhu, udara, air, gempa, pergeseran tanah dan faktor lain diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang teknologi beton dirangkum dalam bab ini dengan tujuan memberikan gambaran penelitian-penelitian sejenis di bidang teknologi beton lainnya.

- 1) *FitzgeraldnF. A. E. Sumanti, Reky S. Windah, Ronny Pandaleke* (2018), dengan hasil pengujian kuat tekan rata-rata sampel *Core Drilled Test* pada plat lantai sebesar 25.65 MPa, sedangkan *Schmidt Hammer Test* pada kolom 45.95 MPa, balok 36.40 MPa dan plat 31.16 MPa dengan koefisien variasi pada kolom 18.52 %, balok 19.84 % dan plat 16.93 %. Perhitungan 85% dari kuat tekan rata-rata benda uji adalah 21.80 MPa dan memenuhi persyaratan beton struktural. Koefisien variasi hasil pengujian *Schmidt Hammer Test* > 6% yang menunjukkan tingkat keseragaman yang kurang baik. Hasil pengujian ini dapat dievaluasi berdasarkan peraturan yang ada dan bisa dijadikan data awal untuk evaluasi struktur selanjutnya.
- 2) *Vilty Stilyan Karundeng, Steenie E. Wallah, Ronny Pandaleke* (2015), dengan hasil pengujian kuat tekan rata-rata sampel *Core Drilled Test* pada plat lantai sebesar 24.76 MPa, sedangkan *Schmidt Hammer Test* pada kolom 25.45 MPa, balok 26.35 MPa dan plat 25.84 MPa dengan koefisien variasi pada kolom 23.82%, balok 16.37 % dan plat 39.60%. Perhitungan 85% dari kuat tekan rata-rata benda uji lebih dari 17 MPa dan memenuhi persyaratan beton struktural. Koefisien variasi hasil pengujian *Schmidt Hammer Test* > 6% yang menunjukkan tingkat keseragaman yang kurang baik. Hasil pengujian ini dapat dievaluasi berdasarkan peraturan yang ada dan bisa dijadikan data awal untuk evaluasi struktur selanjutnya.
- 3) *Angga Josua Sumajouw, Ronny Pandaleke, Steenie E. Wallah*, (2018), dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton hasil *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang berumur 7, 14, dan 28 hari berturut-turut adalah 17.31, 23.04, 31.01 MPa untuk portal sisi A dan 17.21, 22.89, 29.81 MPa untuk portal sisi B. Untuk nilai kuat tekan hasil

hammer test pada benda uji kubus berturut-turut adalah 13.97, 16.95, 23.27 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan berturut-turut adalah 19.55, 25.23, 29.52 MPa.

- 4) *M. Bilal Rhobani*, (2017), dengan hasil penelitian perkiraan kuat tekan berdasarkan uji pantul menggunakan *hammer test* pada umur beton 7 hari dari 6 benda uji berturut-turut 20, 23, 27, 27, 33, dan 34 MPa. Besar perkiraan kuat tekan berdasarkan uji pantul menggunakan *hammer test* pada umur beton 14 hari dari 6 benda uji berturut-turut 19, 17, 27, 27, 33, dan 36 MPa. Besar perkiraan kuat tekan berdasarkan uji pantul menggunakan *hammer test* pada umur beton 28 hari dari 6 benda uji berturut-turut 20, 23, 30, 31, 32, dan 36 MPa. Sedangkan besar kuat tekan dengan *compressive testing machine* variasi umur beton 7 hari dari 6 benda uji berturut-turut 17,18 MPa, 21,49 MPa, 31,33 MPa, 31,59 MPa, 38,71 MPa, 39,09 MPa. Besar kuat tekan dengan *compressive testing machine* variasi umur beton 14 hari dari 6 benda uji berturut-turut 23,04 MPa, 29,26 MPa, 33,68 MPa, 35,29 MPa, 42,91 MPa, dan 44,89 MPa. Besar kuat tekan dengan *compressive testing machine* variasi umur beton 28 hari dari 6 benda uji berturut-turut 26,25 MPa, 28,22 MPa, 39,38 MPa, 38,60 MPa, 43,57 MPa, 43,56 MPa.
- 5) *Weka Indra Dharmawan*, (2016), dengan hasil penelitian menunjukkan terjadinya kenaikan nilai kuat tekan pada temperatur 300°C yaitu sebesar 6,68% atau sebesar 10,91 Kg/cm², dan pada temperatur 600°C mengalami penurunan 1,57% atau sebesar 2,56 Kg/cm² pada pengujian dengan menggunakan alat uji hammer. Sedangkan pengujian dengan alat uji compression terjadi penurunan kuat tekan beton pada temperatur 300°C dan 600°C berturut-turut adalah 15,77% atau sebesar 51,1 Kg/cm² dan 21,89% atau sebesar 70,93 Kg/cm².

2.2 Keaslian Penelitian

Setelah membaca hasil uraian penelitian terdahulu diatas, terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian yang akan penulis lakukan. Perbedaan tersebut diantaranya sebagai berikut :

1) Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan pada penelitian ini dilakukan di pertengahan Bulan April 2021.

2) Studi Kasus Penelitian

Studi Kasus pada penelitian ini terjadi di Gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pasir Pengaraian.

3) Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam penelitian ini yaitu;

- a. Persiapan mengkaji bahan pustaka dan memperluas teori.
- b. Memilih lokasi dan memperoleh izin penelitian.
- c. Menentukan jadwal penelitian.
- d. Menyiapkan alat-alat pengujian.
- e. Mengumpulkan data di lapangan dari hasil pengujian alat *Hammer Test*.
- f. Perhitungan hasil pengujian.
- g. Kesimpulan

4) Metode Pengujian

Metode pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton yang menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Kerusakan Struktur

Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 24 tahun 2008 intensitas kerusakan bangunan digolongkan atas tiga tingkat kerusakan, yaitu:

1. Kerusakan ringan
 - a. Kerusakan yang terjadi pada komponen non-struktural seperti penutup lantai, dinding pengisi, langit-langit, dan penutup atap.
 - b. Biaya maksimum untuk perawatan pada kerusakan ringan yaitu 35% dari harga satuan tertinggi pembangunan bangunan gedung baru yang berlaku, untuk tipe dan lokasi yang sama.
2. Kerusakan sedang
 - a. Kerusakan pada sebagian komponen struktural, dan atau komponen non struktural seperti lantai, penutup atap, dan lain-lain.
 - b. Biaya maksimum sebesar 45% untuk perawatan dari harga satuan tertinggi pembangunan gedung baru yang berlaku, untuk lokasi dan tipe yang sama.
3. Kerusakan berat
 - a. Kerusakan yang terjadi pada sebagian komponen struktural dan non-struktural dan jika diperbaiki masih dapat berfungsi dengan baik.
 - b. Untuk perawatan, biayanya sebesar 65% dari harga satuan tertinggi pembangunan bangunan gedung baru yang berlaku, untuk lokasi dan tipe yang sama.

3.2 Faktor Penyebab Kerusakan Bangunan

Kondisi negara Indonesia yang memiliki iklim tropis, dan 2 musim yakni kemarau dan hujan sangat mempengaruhi terhadap kondisi bangunan yang akan menyebabkan kerusakan bangunan. Oleh karena bangunan sejak awal perencanaan, pelaksanaan hingga masa pakainya kemungkinan untuk mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu:

3.2.1 Faktor Usia Bangunan

Dengan bertambahnya usia bangunan, maka bangunan akan mengalami penurunan kualitas dan kemampuannya untuk menahan beban atau pengaruh luar, bila sepanjang usia hidupnya tidak dilakukan pemeliharaan secara teratur. Dengan demikian secara singkat dapat dikatakan bahwa kerusakan bangunan tergantung pada waktu (*time dependent*).

Penurunan kualitas bangunan dapat ditimbulkan oleh pengaruh gaya yang bekerja dari luar atau dari dalam komponen bangunan itu sendiri. Seperti diketahui bahwa setiap komponen bangunan akan bekerja gaya dalam (*inner force*) seperti momen, tegangan maupun regangan yang terjadi secara terus menerus sepanjang usia bangunan.

Pengaruh gaya dalam tersebut dapat menimbulkan proses rangkak (*creep*). Getaran yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan kelelahan (*fatigue*) pada bahan bangunan. Pengaruh luar, baik secara fisik maupun non fisik dapat mengurangi kualitas bangunan, yaitu gesekan atau benturan. Pengaruh gesekan yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan aus pada komponen bangunan. Pengaruh radiasi matahari dan hujan yang silih berganti dapat menyebabkan terjadinya proses dekarbonasi pada bahan bangunan yang berakibat pada penurunan kualitas bangunan. Pengaruh gaya gempa dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen non-struktural dan struktural.

3.2.2 Faktor Kondisi Tanah dan Air Tanah

Pada umumnya seluruh bangunan berdiri langsung diatas tanah, kecuali bangunan tradisional yang dikenal dengan bangunan panggung atau rumah diatas air, dimana komponen bangunan atas bertumpu pada tiang yang tertanam di dalam tanah. Dengan demikian, tanah mempunyai pengaruh besar terhadap stabilitas bangunan. Tanah mempunyai sifat yang dapat berbeda antara satu lokasi dengan lokasi yang lainnya, dan tidak jarang pada suatu lokasi yang kecil sekalipun, perilaku tanah dapat berbeda. Perbedaan sifat tanah tersebut diakibatkan oleh mekanisme pembentukan yang kompleks dan tidak diketahui secara pasti. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang intensif bila ingin membangun terutama untuk bangunan permanen. Walaupun kini pengetahuan mekanika tanah sudah cukup

maju dan berbagai peralatan telah dikembangkan untuk menyelidiki sifat tanah, namun masih banyak hal tentang perilaku tanah yang belum dikuasai oleh manusia, terutama oleh para ahli teknik.

Apabila pemilihan pondasi bangunan tidak disesuaikan dengan kondisi tanah di mana bangunan akan didirikan, dapat mengakibatkan terjadinya penurunan pada bangunan. Penurunan bangunan dapat terjadi dalam waktu singkat atau dalam waktu yang panjang. Kondisi paling berbahaya adalah bila terjadi penurunan tidak seragam (*differential settlement*) yang mengakibatkan timbulnya tegangan ekstra pada komponen bangunan.

Air tanah juga dapat merupakan permasalahan pada bangunan. Air tanah yang tinggi dapat mempengaruhi proses pelumutan atau perembesan pada komponen bangunan. Tekanan air tanah yang tinggi juga memberikan tekanan pada dinding, terutama pada bangunan di bawah tanah (*basement*) atau daya angkat (*up-lift*) pada komponen lantai, *liquefaction*, dan *land sliding*. Ketika terjadi perubahan kadar air tanah akibat perubahan musim, tanah dengan kemampuan mengembang (*swelling*) dan menyusut (*shrinkage*) sangat tinggi dapat menimbulkan tegangan ekstra yang besar terhadap komponen bagian bawah bangunan (*Sub-structure component*) atau pada komponen lantai.

3.2.3 Faktor Angin

Angin sangat dibutuhkan oleh manusia dalam kehidupan, namun angin juga dapat merupakan ancaman bagi manusia. Angin kencang sering mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Untuk itu perlu diketahui perilaku angin di suatu daerah, dan diperhitungkan terhadap bangunan dengan bentuk tertentu atau bangunan dengan ketinggian tertentu. Angin akan dapat mengakibatkan daya hisap ataupun daya tekan pada bangunan. Selain itu, pada bangunan yang asimetris, akan dapat mengakibatkan gaya torsi (puntir). Terutama pada bangunan bertingkat tinggi, gaya yang ditimbulkan oleh angin harus diperhitungkan lebih seksama. Kondisi geografis akan sangat mempengaruhi kekuatan angin yang mungkin timbul. Indonesia sangat beruntung, karena bukan merupakan daerah yang menghadapi resiko taifun. Namun demikian, secara sporadis di beberapa daerah, angin kencang telah mengakibatkan kerusakan pada ribuan rumah atau bangunan, yang pada

umumnya diakibatkan oleh usia bangunan yang sudah tua atau kurang sempurnanya sistem konstruksi yang digunakan.

3.2.4 Faktor Gempa

Gempa sebagaimana angin adalah fenomena alam, yang akan terjadi pada tempat dan waktu tertentu dan dapat berulang pada lokasi yang sama dengan perioda ulang tertentu. Gempa terjadi akibat pergerakan kulit bumi, runtuhnya kulit bumi, benturan meteor ataupun ledakan/ledakan gunung berapi atau senjata. Gempa yang berbahaya bagi bangunan adalah gempa yang diakibatkan oleh pergerakan kulit bumi, yang dikenal dengan gempa tektonik. Pergerakan kulit bumi biasanya terjadi secara mendadak yang diakibatkan terlepasnya energi yang ditahan oleh kulit bumi yang saling bergesekan atau berbenturan satu dengan yang lainnya. Energi yang dilepaskan akan merambat ke segala penjuru dengan kecepatan rambat yang tergantung pada kondisi tanah. Besar kecilnya energi gempa yang melanda bangunan akan sangat tergantung pada kedalaman pusat gempa, media tanah yang dilalui, jarak dari pusat gempa terhadap bangunan, dan jenis dan kualitas bangunan. Getaran gelombang gempa yang sangat berbahaya adalah gelombang pendek, walaupun akhir-akhir ini pada beberapa peristiwa, gelombang panjang telah memberikan dampak yang cukup berbahaya, seperti yang terjadi di Kobe. Gaya Gempa diasumsikan akan bekerja mendatar pada elevasi lantai bangunan, dan biasa dikenal dengan sebutan gaya lateral.

3.2.5 Faktor Kualitas Bahan

Suatu bangunan terbentuk dan tersusun dari berbagai macam dan jenis bahan, apakah bahan alami atau bahan buatan, sehingga kualitas akhir dari suatu bangunan akan sangat ditentukan oleh kualitas dari masing-masing bahan yang digunakan. Bahan bangunan alami kualitasnya akan bervariasi, tergantung pada proses pembentukan secara alami dan komposisi mineral yang dikandungnya serta dimana lokasi bahan diambil, sedang bahan bangunan buatan tergantung pada bahan dasar alami yang dipakai dan proses pembuatannya. Pemilihan kualitas bahan bangunan yang dipakai harus ditentukan berdasarkan tujuan penggunaan, yaitu apakah bangunan sementara atau bangunan permanen, atau bangunan dengan tujuan

spesifik tertentu seperti tahan terhadap zat reaktif, tahan terhadap kebakaran, tahan radiasi dan lain sebagainya.

3.2.6 Faktor Kualitas Perencanaan

Daya tahan suatu bangunan akan sangat ditentukan dari berbagai unsur yang mungkin mempengaruhi atau pemilihan bahan yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan berbagai asumsi ataupun pendekatan yang diperlukan dalam proses penentuan beban-beban yang mungkin bekerja. Selanjutnya berdasarkan beban yang mungkin bekerja, dilakukan analisis kekuatannya dengan asumsi-asumsi mekanika struktur yang dianggap sesuai. Tidak jarang ditemukan bangunan yang mengalami kerusakan diakibatkan oleh kelalaian manusia yang kurang tepat dalam mengambil asumsi atau pendekatan yang seharusnya diperhitungkan akan mempengaruhi bangunan. Untuk itu perlu dipahami secara benar oleh para perencana bahwa karakteristik suatu wilayah, bahan bangunan yang akan dipakai dan filosofi mekanika struktur yang tepat perlu dipertimbangkan dengan matang sebelum menentukan pilihannya dalam perencanaan. Kesalahan dalam penentuan asumsi-asumsi akan mengakibatkan kerusakan bangunan, baik pada saat pelaksanaan maupun selama masa usia pakainya.

3.2.7 Faktor Kesalahan Pelaksanaan

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian terhadap bangunan yang mengalami kerusakan, banyak diantaranya diakibatkan oleh kesalahan dalam pelaksanaan. Kesalahan ini terjadi karena para pelaku pembangunan seperti pengawas dan pelaksana tidak melaksanakan secara tepat sesuai dengan apa yang telah direncanakan dalam spesifikasi oleh perencana. Permasalahan lain adalah kemampuan pelaksana yang kurang dalam memahami teknologi yang harus digunakan dalam pelaksanaan. Dengan pesatnya ilmu pengetahuan dewasa ini, maka teknologi yang berkembang dalam dunia industri konstruksi juga berkembang secara pesat, sedangkan pada sisi yang lain peningkatan kemampuan para pelaku pembangunan tidak/belum mampu mengejar kemajuan perkembangan teknologi yang dicapai. Sebagai contoh perubahan teknologi beton dimulai dari proses perencanaan berdasarkan volume (*Absolute method*) hingga perencanaan

berdasarkan berat (*Specific gravity method*) yang telah diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1978 belum secara penuh dikuasai oleh teknisi pembangunan di tanah air.

Teknologi konstruksi prategang yang memungkinkan perencanaan bangunan dengan bentang besar dan penampang komponen yang kecil menuntut kualitas beton bermutu tinggi, memerlukan ketelitian untuk menentukan kapan gaya prategang diberikan secara pasti. Kesalahan pemberian gaya pra-tegang akan dapat memberikan pengaruh yang merugikan pada bangunan, dengan timbulnya retakan-retakan yang mengurangi kemampuannya untuk menerima beban-beban yang bekerja. Walaupun retakan itu kecil, namun dalam jangka waktu yang lama akan dapat dipengaruhi oleh faktor udara reaktif, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya proses korosi.

3.2.8 Faktor Perubahan Fungsi dan Bentuk Bangunan

Sering kita jumpai suatu bangunan telah berubah fungsi dari fungsi awalnya, seperti bangunan perumahan menjadi bangunan pertokoan ataupun bangunan industri, ataupun bangunan yang direncanakan dua tingkat menjadi bangunan tiga tingkat. Kondisi ini diakibatkan oleh kebutuhan penghuni / pemilik bangunan. Perubahan ruang juga sering ditemukan seperti ruang rapat atau ruang kerja berubah menjadi ruang perpustakaan.

Penambahan atau pembongkaran dinding juga sering ditemukan, dimana hal ini akan dapat mengubah asumsi dasar perencanaan yang telah ditetapkan semula. Perubahan ini semua akan mempengaruhi terhadap beban yang bekerja dan selanjutnya akan dapat mempengaruhi stabilitas atau usia layan bangunan.

3.3 Analisis Kerusakan Bangunan Gedung

Analisis kerusakan bangunan pada hakekatnya dilakukan berdasar pada pengetahuan tentang konstruksi bangunan secara umum. Penilaian mengenai kerusakan bangunan dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

- 1) Analisis berdasarkan stabilitas
- 2) Analisis berdasarkan *Hogrotermal*.

Kedua kelompok tersebut kemudian diklasifikasikan lagi menjadi bagian-bagian yang lebih detail dan kerusakan yang telah terjadi pada bangunan diklasifikasikan berdasarkan gejala-gejala yang nampak pada konstruksi. Namun pada penelitian kali ini analisis yang dilakukan hanya analisis stabilitas. Analisis berdasarkan stabilitas menurut (Cook dan Hinks: 1992) dapat dibagi dalam beberapa kelompok yaitu:

- 1) Struktur dan stabilitas.
- 2) Distorsi dan kriteria.
- 3) Pengaruh bentuk struktur terhadap gejala kerusakan.
- 4) Ketidakstabilan: tinjauan dari beban luar.
- 5) Ketidakstabilan: bentuk struktur dan definisi.
- 6) Ketidakstabilan di dalam struktur: tinjauan dari struktur bawah.
- 7) Ketidakstabilan dalam proses produksi.
- 8) Ketidakstabilan material.
- 9) Ukuran ketidakstabilan: pergerakan air.
- 10) Ukuran ketidakstabilan: pergerakan suhu.

3.3.1 Struktur dan Stabilitas

Untuk semua model konstruksi kaku (*rigid*), stabilitas struktur tergantung pada reaksi gaya-gaya dalam maupun gaya luar. Tingkat Keamanan (*Safety*) yang diambil sangat berpengaruh terhadap desain struktur terutama berkaitan dengan bagian yang harus menerima beban atau elemen-elemen yang dilalui oleh beban, serta bagian yang mana tidak didesain untuk beban. Ketidakstabilan struktu: (Cook dan Hinks: 1992) dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) Kesalahan saat penyelidikan tanah.
- 2) Desain yang tidak mencukupi.
- 3) Struktur dan Stabilitas.

Untuk semua model konstruksi kaku (*rigid*), stabilitas struktur tergantung pada reaksi gaya-gaya dalam maupun gaya luar. Tingkat Keamanan (*Safety*) yang diambil sangat berpengaruh terhadap desain struktur terutama berkaitan dengan bagian yang harus menerima beban atau elemen-elemen yang dilalui oleh beban,

serta bagian yang mana tidak didesain untuk beban. Ketidakstabilan struktur: (Cook dan Hinks: 1992) dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) Kesalahan saat penyelidikan tanah.
- 2) Desain yang tidak mencukupi.
- 3) Pembebanan yang tidak terduga.
- 4) Kondisi sekitar yang tidak terduga.
- 5) Penggunaan material dibawah standar.
- 6) Kurangnya keahlian kerja.
- 7) Kurangnya pengawasan.
- 8) Perawatan yang tidak layak/mencukupi.

3.3.2 Distorsi dan Kriteria

Kriteria untuk menentukan struktur mengalami distorsi pada bangunan biasanya difokuskan pada lebar keretakan yang terjadi sebagai akibat puntiran (*Distortion*). Keretakan merupakan gejala akibat gaya yang bekerja atau banyak kombinasi yang melebihi dan pada kapasitas bangunan atau komponen materialnya.

3.3.3 Pengaruh Bentuk Struktur Terhadap Gejala Kerusakan

Terjadinya kesalahan pada struktur yang tidak stabil mungkin disebabkan oleh gaya luar, selain itu juga karena ketidakstabilan alami, atau dari pengaruh suhu dan pengaruh pergerakan pada kulit atau permukaan material (Cook dan Hinks: 1992)

3.3.4 Ketidakstabilan Akibat Gaya Luar

Dalam hal ini yang dapat dimasukkan ke dalam gaya luar diantaranya ialah: beban angin, beban salju, beban gempa, getaran. Bangunan yang fleksibel akan terkena efek dari beban angin apabila beban yang terjadi menimbulkan percepatan pada bangunan antara 30-50 mm/detik. Pada kondisi ini bangunan sudah tidak nyaman untuk dipakai, meskipun penentuan tingkat fleksibilitas ini sulit ditentukan. Gempa dapat mengakibatkan bangunan bergoyang dan menyebabkan struktur retak. Getaran yang terjadi di sekitar bangunan juga dapat mengakibatkan retak diagonal pada dinding di lantai atas.

3.4 Tingkat Kerusakan Bangunan Berdasarkan Lebar Keretakan

Analisis tingkat kerusakan bangunan berdasarkan lebar keretakan, kerusakan bangunan yang sering terjadi bisa berupa keretakan, patah, keruntuhan, lengkung, puntiran, dan lendutan. Kerusakan tersebut biasanya ditandai dengan gejala awal yang berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Pada analisis ini mencakup semua jenis keretakan tanpa memandang penyebab keretakan. Tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan dapat ditentukan dengan cara mengukur lebar retak pada elemen yang mengalami retak. Semakin besar lebar keretakan yang terjadi maka semakin tinggi tingkat kerusakan yang terjadi.

Tabel 3.1 Penilaian kerusakan bangunan gedung berdasarkan lebar keretakan

Tingkat Kerusakan	Kerusakan Secara Tipikal	Pendekatan dengan lebar keretakan (mm)
1	Retak rambut lebar < 1mm	0 – 0,1
2	Retak halus, jarang terlihat pada bagian luar pasangan bata kemungkinan terjadinya pemisahan atau penyusutan material pada bangunan	0,1 – 1
3	Retak mudah dimasuki, retak tidak perlu kelihatan dari luar	1 – 5
4	Pintu dan jendela melekat, kegagalan perbaikan pada pipa-pipa di dalam tembok	5 – 15
5	Rangka pada jendela dan pintu terdistorsi, lantai miring, kehilangan beberapa fungsi balok	15 – 25
6	Balok kehilangan kekuatan, dinding miring sekali. kerusakan pada jendela dengan distorsi	>25

Sumber : Diadopsi dari "*Building Research Establishment Digest 251 ; British Crown Copyright*" dalam Buku "*Appraising Building Defects*", (Cook dan Hinks: 1992).

3.5 Identifikasi Kerusakan pada Beton

Sebelum memutuskan jenis perbaikan yang akan dilakukan pada beton yang rusak, identifikasi tipe dan penyebab kerusakan perlu diadakan terlebih dahulu. Kerusakan yang terjadi pada beton umumnya dapat dikelompokkan dalam:

3.5.1 Retak (*Cracks*)

Retak (*cracks*) adalah pecah pada beton dalam garis-garis yang relatif panjang dan sempit. Retak pada beton dapat ditimbulkan oleh berbagai hal, di antaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Evaporasi air dalam campuran beton terjadi dengan cepat seperti pada keadaan cuaca yang panas, kering atau berangin. Retak akibat keadaan ini disebut dengan *plastic cracking*. Retak yang terjadi bersifat acak dan lurus, dapat bersifat dangkal atau dalam dan biasanya terkonsentrasi pada bagian tengah elemen yang datar
- 2) *Bleeding* yang berlebihan pada beton, perataan permukaan beton pada saat air akibat *bleeding* masih ada pada permukaan, atau proses *curing* yang tidak sempurna. Retak yang terjadi bersifat dangkal dan saling berhubungan pada seluruh permukaan suatu pelat. Retak yang seperti ini biasa disebut *crazing*.
- 3) Pergerakan struktur, sambungan yang tidak baik pada pertemuan kolom atau dinding dengan balok atau pelat, atau tanah dasar yang tidak stabil. Retak yang terjadi biasanya dalam atau lebar, dapat terjadi secara tunggal atau dalam kelompok. Retak semacam ini sering disebut *random cracks*
- 4) Reaksi antara alkali dan agregat. Retak saling berhubungan satu sama lain, mulai terbentuk sekitar sepuluh tahun atau lebih setelah pengecoran dan selanjutnya secara progresif menjadi lebih dalam dan lebih lebar.

3.5.2 Voids

Voids adalah lubang-lubang yang relatif dalam dan lebar pada beton. *Voids* pada beton sendiri dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, di antaranya sebagai berikut:

- 1) Pemadatan dengan vibrasi yang dilakukan secara tidak baik karena jarak antar *bekisting* atau jarak antar tulangan terlalu sempit sehingga bagian mortar dari beton tidak dapat mengisi rongga-rongga di antara agregat kasar dengan baik. *Voids* yang terjadi adalah berupa lubang-lubang yang tidak teratur yang biasanya disebut sebagai *honeycombing*.

- 2) Kebocoran pada bekisting yang menyebabkan air atau pasta semen keluar. Hal ini dapat menjadi lebih parah apabila campuran mengandung terlalu banyak air. Terlalu banyak pasta semen atau agregat yang bergradasi tidak baik. Keadaan seperti ini biasa disebut sebagai *sand streaking*.

3.5.3 *Scaling/spalling*

Scaling/spalling adalah kelupasan dangkal pada permukaan, *Scaling/spalling* ini dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, di antaranya:

- 1) Eksposisi yang berulang-ulang terhadap pembekuan dan pencairan sehingga permukaan terkelupas. Keadaan ini biasa disebut sebagai *scaling*.
- 2) Beban lalu-lintas atau melekatnya material pada permukaan *bekisting* sehingga
- 3) Permukaan beton terlepas dalam kepingan atau bongkah kecil. Keadaan ini biasanya disebut sebagai *spalling*.
- 4) Erosi secara gradual pada permukaan beton dimana partikel-partikel sehalus debu yang dapat terdiri dari semen yang sangat halus atau agregat yang sangat halus terlepas karena adanya abrasi misalnya pada saat lantai disapu. Erosi seperti ini sering disebut sebagai *dusting*.
- 5) Ekspansi agregat yang *porous* segera setelah pengecoran sampai satu tahun atau lebih sesudahnya tergantung dari permeabilitas beton dan ketidakstabilan volume agregat yang dipergunakan. Hal ini menimbulkan rongga pada beton yang disebut sebagai *popouts*. *Popouts* juga dapat disebabkan oleh adanya material organik di dalam campuran, kontaminasi yang reaktif atau korosi pada tulangan.

3.5.4 *Deflection*

Defleksi terjadi pada perletakan, pondasi, kolom, slab dan dinding yang secara visual terlihat sebagai lengkungan, lenturan atau perubahan bentuk. Defleksi terjadi karena *overload*, pengaruh korosi, ketidakcukupan pada konstruksi awal, beban gempa dan susut. Defleksi dengan pembentukan tegangan internal di dalam beton, menyebabkan *spalling* pada permukaan beton. Biasanya defleksi dihindari dengan membatasi lendutan yang diijinkan sampai 1/360 atau maksimum 1 inci dari bentang sepanjang 9

3.5.5 Noda

Noda yang timbul pada permukaan beton mengindikasikan adanya masalah seperti korosi atau reaksi kimia yang merusak. Korosi yang terjadi pada tulangan melibatkan noda karat. Noda karena reaksi alkali-agregat biasanya terlihat sebagai bercak berwarna putih berpendar. Noda karena lembab biasanya menimbulkan beragam warna.

3.5.6 Erosi

Perubahan suhu pada permukaan beton akibat cuaca atau aksi mekanis dapat menyebabkan hilangnya lapisan atas beton akibat kembang susut berulang kali. Penyebab lain diantaranya adalah:

- 1) Disintegrasi beton pada titik-titik dimana terdapat aliran air turbulen akibat pecahnya gelembung-gelembung pada air. Erosi seperti ini sering disebut sebagai *water cavitation*.
- 2) Erosi oleh air dimana abrasi oleh benda-benda padat yang tersuspensi dalam air terhadap permukaan beton mengakibatkan disintegrasi beton sepanjang alur aliran air.

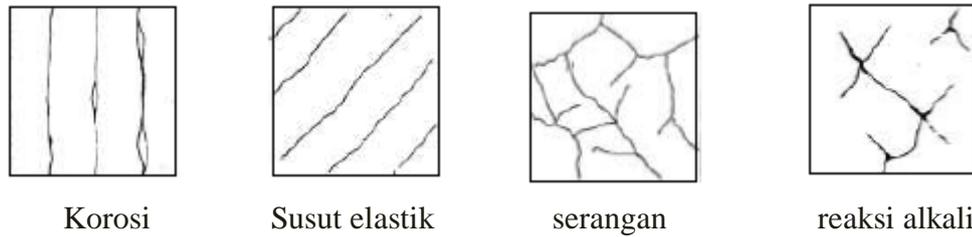
3.5.7 Korosi

Tulangan yang ditempatkan terlalu dekat dengan permukaan beton atau yang terekspos karena *spalling*, erosi atau retak dapat mengalami korosi. Oksidasi pada baja karena adanya kelembaban yang memicu terjadinya karat. Lingkungan yang agresif seperti air laut akan semakin menambah memperparah kerusakan akibat korosi. Hilangnya permukaan lekat antara baja dan beton akibat korosi menyebabkan menurunnya kekuatan beton.

3.5.8 Jenis Keretakan Pada Beton

Untuk dapat membedakan jenis-jenis retak tersebut beserta penyebabnya, perlu dilakukan penyelidikan yang mendalam mengenai pola retak yang terjadi. Berdasarkan penyelidikan tersebut bisa didapat dugaan-dugaan awal mengenai penyebab retak. Tabel memperlihatkan bentuk-bentuk gejala yang dapat timbul yang biasanya berhubungan dengan jenis-jenis kerusakan tertentu. Detail bentuk-

bentuk kerusakan yang umum pada material/struktur beton bertulang eksisting seperti gambar berikut.



Gambar 3. 1 Detail kerusakan pada struktur beton

Tabel 3. 2 Arah Pengujian Schmidt Rebound Hammer Test

Penyebab	Gejala			Jangka Waktu Pemunculan	
	Retak	Pengelupasan	Pengikisan	Segera	Lama
Defisiensi Struktur	√	√		√	√
Korosi tulangan		√			√
Serangan Kimia	√	√	√		√
Kebakaran	√	√		√	
Reaksi Internal	√	√			√
Pengaruh Suhu	√	√		√	√
Susut	√			√	√
Rangkap	√	√			√
Proses pengeringan yang abnormal	√			√	
Kerusakan Fisik	√	√	√	√	√

Sumber : D D. Higgins —*Diagnosing the Causes of Defects or Deterioration in Concrete Structures*”

3.6 Drift Indeks

Besarnya simpangan horisontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu untuk kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Menurut **Jack C. McCormac (1981)** menyatakan bahwa simpangan

struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2. berikut ini.



Gambar 3. 2 Perhitungan *Drift Indeks*

Drift Indeks dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1. berikut ini.

$$\text{Drift Indeks} = \Delta/h$$

dengan:

Δ = Besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

H = Ketinggian struktur portal (m)

Besarnya *drift Indeks* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula *drift Indeks*. Menurut **AISC 2005**, besarnya *drift indeks* berkisar antara 0,01 sampai dengan 0,0016. Kebanyakan, besar nilai drift indeks yang digunakan antara 0,0025 sampai 0,002.

3.7 Metode *Schmidt Hammer Test*

Menurut Steenie (2018), *Schmidt hammer test* merupakan metode pengujian kuat tekan beton yang bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton terpasang yang didasarkan pada kekerasan permukaan beton. *Hammer test* merupakan alat yang ringan dan praktis dalam penggunaannya. Prinsip kerja *hammer test* adalah dengan memberikan beban tumbukan (*impact*) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan besaran energi tertentu. Tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan indikasi kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya. Alat ini berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada

struktur. Pengujian menggunakan alat ini sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang relatif singkat. 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 akan mendapatkan hasil yang lebih baik.



Gambar 3. 3 Hammer Test

Cara pengujian dengan alat *Hammer Test* ini telah diatur dalam *British Standard* Bab 4 dan SNI 03-4430-1997. Selain dilengkapi dengan jarum penunjuk, alat ini juga dapat dipasang alat perekam otomatis faktor kekerasan permukaan beton yang diuji. Perlu diperhatikan, bila pengujian dilakukan dengan sudut tertentu, maka hasil pembacaan harus diberi factor koreksi, karena dengan adanya sudut pemukulan terjadi perubahan enersi benturan.

Dalam pelaksanaan pengujian terdapat beberapa arah uji sesuai dengan kondisi lapangan, seperti yang diberikan pada Tabel 3.4. berikut ini.

Tabel 3. 3 Arah Pengujian Schmidt Rebound Hammer Test

Sudut Pengambilan	Arah Pengujian
0°	<i>Tegak lurus horizonatal</i>
-90°	<i>Tegak lurus vertikal kebawah</i>
$+90^{\circ}$	<i>Tegak lurus vertikal keatas</i>
45°	<i>Bidang miring45°</i>

Adapun kekurangan dan kelebihan dari alat *Hammer Test* ini adalah:

A. Kelebihan *hammer test* yaitu :

1. Pengukuran bisa dilakukan dengan cepat.
2. Mudah diaplikasikan.
3. Tidak merusak struktur atau bangunan.
4. Murah dari segi biaya.

B. Kekurangan dalam penggunaan alat uji *Hammer* yaitu:

1. Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, kelembaban beton, sifat-sifat dan jenis agregat kasar, derajat karbonisasi, umur beton dan titik pengambilan sampel pengetesan.
2. Sulit mengkalibrasi hasil pengujian.
3. Tingkat keakurasian hasil pengujiannya rendah.
4. Hanya memberikan informasi kekuatan karakteristik beton pada permukaan struktur.

Secara umum alat ini bisa digunakan untuk memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur dan mendapatkan perkiraan kuat tekan beton. Acuan yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-2492-2002 tentang Metode Pengujian Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR dan SNI ASTM-C805-2012 tentang Metode Angka Pantul Beton yang Sudah Mengeras.