

LAPORAN PENELITIAN

**STUDI KELAYAKAN STRUKTUR, LINGKUNGAN DAN
MEKANIKAL ELEKTRIKAL BANGUNAN PUBLIK DI
SEMARANG**

Tim Peneliti:

- 1. Dr.Ir. Antonius, MT (Ketua)**
- 2. Hj. Hermin Poedjiastuti, SSi, MSi**
- 3. Ir. M. Hadin, MT**



**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
DESEMBER 2009**

LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

A. Judul Penelitian : Studi Kelayakan Struktur, Lingkungan, dan Mekanikal Elektrikal, Bangunan Publik di Semarang

B. Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr.Ir. Antonius, M.T.
b. Jenis Kelamin : Laki-laki
c. Pangkat/Golongan/NIK : Lektor Kepala/IHD/210202033
d. Bidang Keahlian : Material dan Struktur
e. Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
f. Perguruan Tinggi : Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA)-Semarang

C. Tim Peneliti

Nama	Bidang Keahlian	Fakultas	Perguruan Tinggi
1. Hermin Poedjiastoeti, SSi, MSi	Lingkungan	Teknik	UNISSULA
2. Ir. M. Hadin, MT	M & E	Teknik Industri	UNISSULA

D. Jangka waktu penelitian : 4 bulan

Semarang, Desember 2009

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik-UNISSULA



Ir. Kartono Wibowo, MM
NIK. 210291015

Ketua Peneliti,



Dr. Ir. Antonius, M.T.
NIK. 210202033

Menyetujui,
Ketua LPIPM



Dr. N. Djanhari, SH, M.Hum.
NIP. 19520201 198503 1 002

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Maksud, Tujuan dan Sasaran.....	2
1.4. Ruang Lingkup	3
1.4.1. Lingkup Pekerjaan	3
1.4.2. Lingkup Substansi	4
1.4.3. Lokasi Kegiatan	5
1.5. Sistematika Laporan.....	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Umum	6
2.2. Alur Studi dan Format Penelitian	6
2.3. Pendekatan Studi	8
2.3.1. Pendekatan Struktur	8
2.3.2. Kondisi Batas Struktur	8
2.3.3. Prosedur Desain Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia .	10
2.3.4. Investigasi Penanganan Struktur Gedung yang Mengalami Retak-Retak dan Penurunan	12
2.3.5. Penilaian Material / Struktur Beton Bertulang Eksisting ...	14
2.3.6. Tahapan dalam Pemeriksaan / Pengujian Struktur Eksisting	17
2.3.7. Metoda Pengujian	22
2.4. Pendekatan Aspek Lingkungan	37
2.4.1. Komponen Lingkungan.....	37
2.4.2. Pengumpulan Data, Peralatan dan Analisis Data.....	44

BAB III	GAMBARAN UMUM OBYEK BANGUNAN	
3.1.	Kondisi Sarana dan Prasarana Kawasan.....	45
3.1.1.	Sarana	45
3.2.	Kondisi Bangunan di Kota Semarang	46
3.2.1.	Lokasi Kegiatan	47
3.2.2.	Permasalahan Pokok Obyek Bangunan Studi	49
BAB IV	TINJAUAN OBYEK BANGUNAN	
4.1.	Kondisi Umum Obyek Bangunan	50
4.1.1.	Bangunan Gedung Perkantoran.....	50
	A. Gedung Mochikhsan Pemkot Semarang.....	50
	B. Gedung Pandanaran	50
4.2.	Analisis dan Evaluasi Hasil Pengamatan Obyek Bangunan.....	51
4.2.1.	Bangunan Gedung Perkantoran	52
	A. Gedung M. Ikhsan	52
	B. Gedung Pandanaran	68
BAB V	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	
5.1.	Kesimpulan Obyek Bangunan	88
5.1.1.	Bangunan Gedung Moch Ikhsan.....	88
5.1.2.	Bangunan Gedung Pandanaran	89
5.2.	Rekomendasi Untuk Tiap Obyek Bangunan	90
5.2.1.	Bangunan Gedung Moch Ikhsan.....	90
5.2.2.	Bangunan Gedung Pandanaran	91

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 jatidiri. Selain itu juga bangunan gedung berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, keagamaan, usaha, sosial budaya maupun kegiatan khusus.

Dalam menjamin kelangsungan dan peningkatan kehidupan serta penghidupan penghuninya serta mewujudkan bangunan gedung yang fungsional, andal, berjatidiri serta seimbang, serasi dan selaras dengan lingkungannya, perlu adanya suatu pengaturan yang menjamin keandalan bangunan gedung.

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.

Kemudian dipertegas lagi dalam PP No.36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang - Undang No.28 Tahun 2005 tentang Bangunan Gedung, Pasal 16 ayat (1) menyatakan bahwa keandalan bangunan gedung adalah keadaan bangunan gedung yang memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan bangunan gedung sesuai dengan kebutuhan fungsi yang telah ditetapkan.

Kondisi yang ada saat ini, masih banyak bangunan gedung yang runtuhnya sebagian atau seluruhnya sebagai dampak yang ditimbulkan akibat bencana alam seperti angin kencang, gempa, tanah longsor, dan sebagainya, yang diakibatkan kegagalan struktur. Oleh karena diperlukan adanya pemeriksaan keandalan bangunan gedung baik yang bertingkat maupun tidak bertingkat.

Memperhatikan hal tersebut di atas serta yang disyaratkan dalam UU No.28 Tahun 2002 dan PP No. 36 Tahun 2005, dengan perlu dilakukan tindak lanjut dari kondisi tersebut dalam bentuk percontohan pemeriksaan keandalan bangunan gedung untuk mengetahui tingkat keandalan sebagai dasar pertimbangan dalam menerbitkan sertifikat layak fungsi bangunan gedung oleh Pemerintah Daerah.

1.2 PERMASALAHAN

- 1) Meningkatnya kegiatan pembangunan gedung di Kabupaten/Kota dan kota-kota besar di Indonesia perlu diantisipasi dengan pengaturan dan pembinaan pembangunan gedung yang seimbang antara pengaturan yang bersifat administratif dan teknis sejalan dengan kebijakan operasional pembangunan daerah, sehingga proses pembangunan dan pemanfaatan bangunan gedung yang andal, serasi dan selaras dengan lingkungannya serta berkepastian hukum.
- 2) Masih ditemuinya penurunan laik fungsi bangunan akibat kurangnya biaya perawatan, perubahan fungsi, serta kelalaian pemeliharaan dan perawatan rutin Bangunan Gedung.
- 3) Masih terbatasnya kapasitas Pemerintah Kabupaten/Kota dalam memberikan arahan terwujudnya bangunan gedung yang fungsional, berjati diri, produktif, dapat menjamin keselamatan masyarakat, keandalan bangunan dan kelestarian lingkungan, baik melalui mekanisme perizinan, maupun pengawasan, sehingga diperlukan adanya kegiatan Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung.

1.3 MAKSUD, TUJUAN DAN SASARAN

1.3.1. Maksud

Maksud kegiatan Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung adalah melakukan pemeriksaan teknis keandalan bangunan gedung.

1.3.2. Tujuan

Tujuan kegiatan pemeriksaan keandalan bangunan gedung adalah:

- Terlaksananya pemeriksaan keandalan bangunan gedung dengan cara pengamatan visual, ditinjau dari persyaratan administrasi dan persyaratan teknis.

- Terciptanya bangunan gedung yang andal sesuai yang dimanfaatkan dalam UU No.28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung dan sesuai dengan peraturan pelaksanaannya PP No. 36 Tahun 2005 di daerah.

1.4 RUANG LINGKUP

1.4.1. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan dari kegiatan percontohan pemeriksaan keandalan Bangunan Gedung adalah sebagai berikut:

- a) Mempelajari dan menggunakan Model Teknis Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung, dan melakukan penyesuaian terhadap aspek teknis seperti yang diamanatkan dalam Permen PU no.29/PRT/M/2006.
- b) Pembuatan formulir isian :
 - (1) Data Umum
 - Nama Bangunan
 - Lokasi / Alamat
 - Fungsi
 - Luas / Jumlah Lantai
 - Pemilik
 - (2) Data Penunjang
 - Tahun pembangunan
 - Sejarah kepemilikan, kerusakan, dan fungsi bangunan gedung
 - Perencana
 - Kontraktor
 - Pengawas
 - Gambar bangunan
 - (3) Data Struktur
 - Pengamatan visual
 - Pemeriksaan mutu bahan
 - Analisa model
 - (4) Utilitas
 - Menyiapkan gambar sistem instalasi plumbing (air bersih, air kotor dan limbah, dan air hujan, drainase ke lingkungan) dan sistem pembuangan sampah.

- Menyiapkan formulir isian data lapangan.
- Periksa dan catat komponen utilitas yang ada baik didalam maupun diluar.

1.4.2. Lingkup Substansi

Pemeriksaan keandalan bangunan gedung dilakukan dengan cara pengamatan visual kondisi fisik bangunan terhadap komponen Struktur, Mekanikal, Elektrikal, Utilitas, Kebakaran, Aksesibilitas dan Lingkungan.

Setiap komponen pemeriksaan wajib disiapkan gambar rencana atau as built drawings untuk kebutuhan pemeriksaan di lapangan. Bila gambar yang dimaksud tidak tersedia, Konsultan wajib membuat gambar sesuai dengan kebutuhan.

a) Struktur

Evaluasi dilakukan terhadap sistem struktur, pondasi, kolom, balok, dinding, core, shear-wall, plafond dan atap.

b) Utilitas

Evaluasi dilakukan terhadap sistem transportasi vertikal (lif), sistem transportasi vertikal eskalator, sistem instalasi pluming (air bersih, air kotor dan himbah, dan air hujan, drainase ke lingkungan), sistem instalasi listrik, sistem instalasi komunikasi dan tata suara, sistem pembuangan sampah, dan sistem Building Automation System (BAS).

c) Kebakaran

Evaluasi dilakukan pada sistem proteksi pasif dan aktif yang terdapat pada obyek bangunan gedung, termasuk pemeriksaan terhadap peralatan pemadam kebakaran, material insulator kebakaran.

Kondisi Fisik yang dicatat dalam formulir untuk masing-masing komponen digunakan untuk proses pengolahan dan penentuan nilai keandalan dari segi arsitektur, struktur, utilitas, kebakaran dan aksesibilitas, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pemeriksaan dan kesesuaian dan penyimpangan hasil pemeriksaan kondisi fisik terhadap gambar desain arsitektur yang terkait.
- Menentukan nilai keandalan arsitektur berdasarkan hasil pemeriksaan.

1.4.3. Lokasi Kegiatan

Kota Semarang dipilih sebagai lokasi kegiatan karena sudah memiliki RPIJM bidang Cipta Karya dan termasuk dalam kawasan KSN (Kawasan Strategi Nasional), PKN (Pusat Kegiatan Nasional) dan PKW (Pusat Kegiatan Wilayah).

Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung, diutamakan pada:

- a) Bangunan Gedung Negara/Kantor Pemerintahan

Yang pemeriksaannya dilakukan dengan cara pengamatan visual terhadap komponen Struktur, Mekanikal, Elektrikal, Utilitas, Kebakaran dan Lingkungan.

1.5 SISTEMATIKA LAPORAN

Sistematika penyusunan Laporan untuk pekerjaan ini adalah sebagaimana berikut ini :

Bab 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang Latar Belakang Penyusunan Laporan Pemeriksaan Keandalan Fisik Bangunan Gedung, Permasalahan, Maksud, Tujuan Ruang Lingkup Kegiatan, dan Sistematika Penyusunan.

Bab 2 PENDEKATAN DAN KAJIAN METODOLOGI

Berisi tentang Pendekatan Struktur bangunan, Pendekatan Utilitas bangunan serta Metode pengujian

Bab 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI

Berisi tentang Gambaran Wilayah Kota Semarang dan gambaran awal objek dalam kegiatan pemeriksaan keandalan fisik bangunan gedung Kota Semarang.

Bab 4 KONDISI DAN ANALISIS OBYEK BANGUNAN

Berisi tentang kondisi dan analisis obyek bangunan serta hasil evaluasi pengamatan di masing-masing obyek bangunan.

Bab 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kondisi dan analisis obyek bangunan serta hasil evaluasi pengamatan di masing-masing obyek bangunan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 UMUM

Pada umumnya perancangan sebuah bangunan gedung didasarkan pada beberapa pendekatan yaitu:

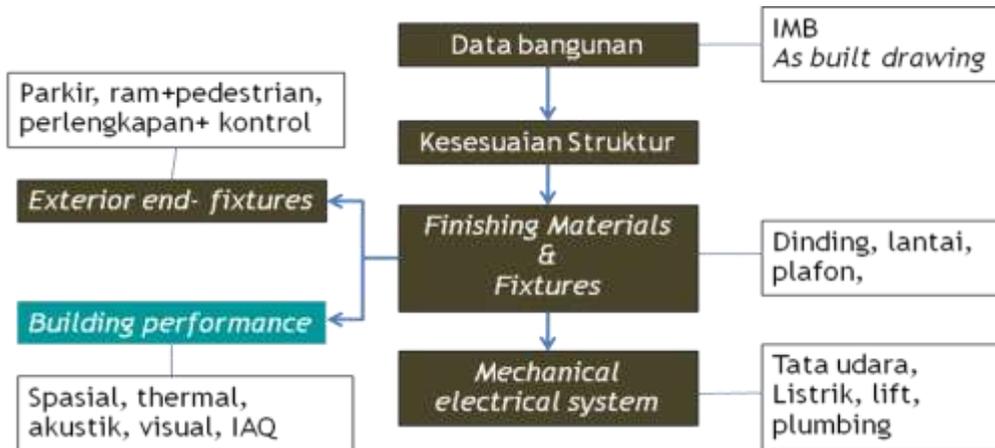
- Masalah perencanaan, muncul sebagai konsekuensi dari berbagai interaksi unit aktifitas yang ada. Melalui pertimbangan efektivitas dalam proses kegiatan, pemenuhan semua kebutuhan baik kebutuhan fisik maupun emosional harus dipenuhi sebagai ketentuan minimum.
- Pendekatan kuantitatif, bertitik tolak pada fisik bangunannya, dengan unsur-unsur fasilitas ruang yang meliputi jumlah, besaran, persyaratan, dsb diperhitungkan sampai 20 tahun mendatang (sesuai dengan batasan diatas) dengan melihat nilai susut harga bangunan yang minimum 40 %, dengan penurunan tiap tahun 2 %, sesuai peraturan penyusutan Gedung Negara. (Salinan Keputusan Bersama Menteri PU Nomor 44 / KPTS / 1984 & Menteri Keuangan Nomor 215 / KMK.01/1984)
- Pendekatan hasil studi/analisa yang dipergunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi program perancangan.
- Pendekatan perancangan yang memperhatikan potensi, persyaratan dan kondisi tapak yang dapat menunjang dan mempengaruhi fisik serta penampilan bangunan.

Untuk mengevaluasi keandalan sebuah bangunan gedung maka dilakukan tindakan pemeriksaan yang meliputi kelengkapan **persyaratan administratif** seperti dokumen IMB dan gambar perencanaan serta pemenuhan **persyaratan teknis** seperti komponen arsitektur, struktur dan utilitas. Sedangkan untuk mengevaluasi pemenuhan persyaratan kemudahan sirkulasi dan aktivitas terutama bagi para penyandang cacat (*difable*) dan lansia maka juga studi ini juga dilakukan terhadap kelengkapan komponen aksesibilitas.

2.2 ALUR STUDI DAN FORMAT PENELITIAN

Dalam studi ini alur penelitian tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

Diagram 2.1
Alur Penelitian



Data-data yang dikumpulkan diolah dengan menggunakan format yang disusun oleh Dirjen Cipta Karya SNVT Penataan Bangunan dan Lingkungan (PBL). Piranti lunak berbasis Excel tersebut memuat lima aspek utama yang dinilai yaitu Arsitektur, Struktur, Utilitas dan proteksi kebakaran, aksesibilitas dan tata bangunan serta lingkungan.

No	Aspek Yang Dinilai	Kategori Penilaian				Bobot Penilaian (%)	Nilai Keseluruhan Total (%)	
		Andal (%)	SK (%)	Kurang Andal (%)	Tidak Andal (%)			
1	Arsitektur	95% - 100%	99,97	75% - <90%	-	<75%	10	10,00
2	Struktur Rangka Beton dan Dinding Gezer	95% - 100%	98,75	85% - <95%	-	<85%	30	30,00
3	Utilitas & Proteksi Kebakaran	100%	0,00	95% - <100%	-	<95%	91,43	100,00
4	Aksesibilitas	95% - 100%	0,00	75% - <95%	84,95	<75%	84,95	15,00
5	Tata Bangunan & Lingkungan	95% - 100%	100,00	75% - <95%	-	<75%	-	5,00
Jumlah Total							100	160,00

Bangunan yang diperiksa masuk kategori: **ANDAL**

Interpretasi:
a. Nilai suatu bangunan "Andal" jika nilai keandalan suatu komponen bangunan (arsitektur/struktur/utilitas) atau aksesibilitas suatu Lantai dalam bangunan >= 90% atau >= 85% atau >= 80% atau >= 75% atau >= 70% atau >= 65% atau >= 60% atau >= 55% atau >= 50% atau >= 45% atau >= 40% atau >= 35% atau >= 30% atau >= 25% atau >= 20% atau >= 15% atau >= 10% atau >= 5% atau >= 0%.

2.3 PENDEKATAN STUDI

2.3.1 PENDEKATAN STRUKTUR

A). Konsep Perencanaan

Struktur yang didesain pada dasarnya harus memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut:

- 1) Kesesuaian dengan lingkungan sekitar
- 2) Ekonomis
- 3) Kuat dalam menahan beban yang direncanakan
- 4) Memenuhi persyaratan kemampuan layanan
- 5) Mudah dalam hal perawatan (durabilitasnya tinggi)

Ada 2 filosofi dalam merencanakan elemen struktur beton bertulang yaitu:

1) Metoda Tegangan Kerja

Unsur struktur direncanakan terhadap beban kerja sedemikian rupa sehingga tegangan yang terjadi lebih kecil daripada tegangan yang diijinkan, dimana:

$$\sigma \leq \bar{\sigma} \quad (1.1)$$

2) Metoda Kekuatan Ultimit

Dengan metoda ini, unsur struktur direncanakan terhadap beban kekuatan ultimit yang diinginkan, yaitu:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (1.2)$$

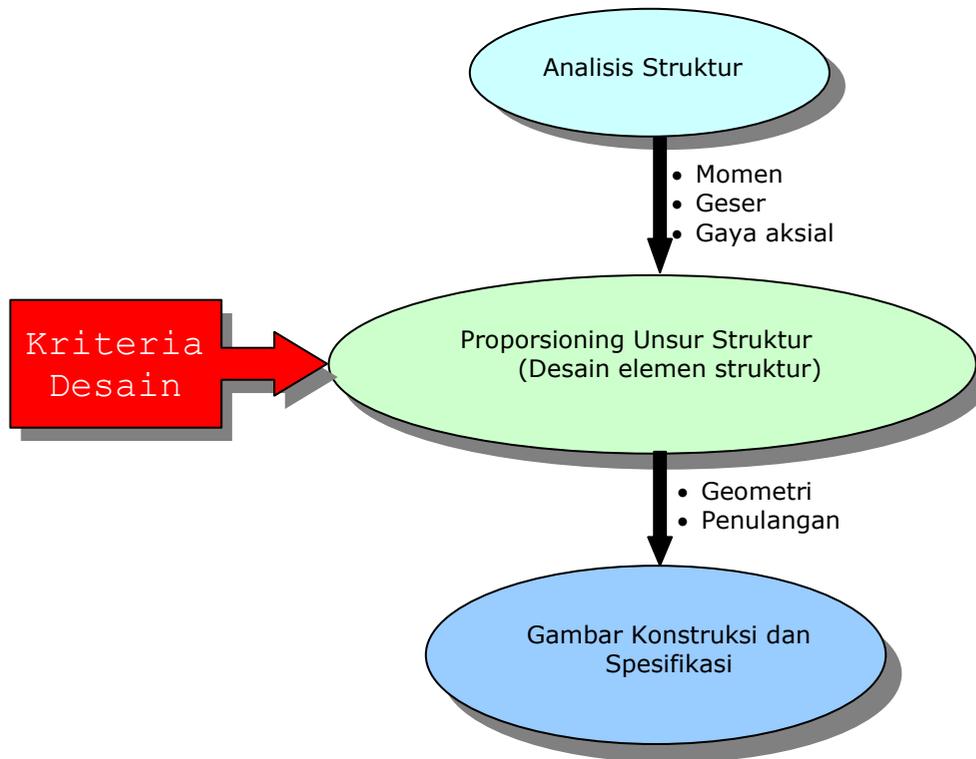
Pada dasarnya langkah-langkah dalam perencanaan struktur seperti terlihat pada gambar di bawah.

2.3.2 Kondisi Batas Struktur

Dalam evaluasi elemen beton bertulang ada beberapa kondisi batas yang dapat dijadikan pedoman, yaitu:

- 1) Kondisi batas ultimit dapat disebabkan oleh beberapa faktor dibawah ini yaitu:
 - hilangnya keseimbangan lokal atau global
 - rupture, yaitu hilangnya ketahanan lentur dan geser elemen-elemen struktur
 - keruntuhan progresif akibat adanya keruntuhan lokal pada daerah sekitarnya
 - pembentukan sendi plastis
 - ketidakstabilan struktur
 - fatigue

Diagram 2.2.
Garis besar langkah perencanaan struktur



- 2) Kondisi batas kemampuan layanan yang menyangkut berkurangnya fungsi struktur, dapat berupa:
 - defleksi yang berlebihan pada kondisi layan
 - lebar retak yang berlebih
 - vibrasi yang mengganggu
- 3) Kondisi batas khusus, yang menyangkut kerusakan/keruntuhan akibat beban abnormal, dapat berupa:
 - keruntuhan pada kondisi gempa ekstrim
 - kebakaran, ledakan atau tabrakan kendaraan
 - korosi atau jenis kerusakan lainnya akibat lingkungan

Konsep perencanaan batas dan evaluasi kondisi batas digunakan sebagai prinsip dasar Peraturan Beton Indonesia (SNI 03-2847-2002).

2.3.3 Prosedur Desain Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia

Elemen struktur dan struktur harus selalu didesain untuk dapat memikul beban berlebih dengan besar tertentu, diluar beban yang diharapkan terjadi dalam kondisi normal. Kapasitas cadangan tersebut diperlukan untuk mengantisipasi kemungkinan adanya faktor-faktor “overload” dan faktor “undercapacity”.

Overload dapat terjadi akibat:

- Perubahan fungsi struktur
- Underestimate pengaruh beban karena penyederhanaan perhitungan
- Urutan dan metoda konstruksi

Undercapacity dapat terjadi akibat:

- Variasi kekuatan material
- Workmanship
- Tingkat pengawasan

Berdasarkan prosedur desain yang baku, kekuatan (resistance) elemen struktur harus lebih besar daripada pengaruh beban, sehingga:

$$\underline{\text{Resistance} \geq \text{Pengaruh Beban}}$$

Untuk mengantisipasi kemungkinan lebih rendahnya resistensi (kekuatan) elemen struktur daripada yang diperhitungkan/direncanakan dan kemungkinan lebih besarnya pengaruh beban daripada yang direncanakan maka diperkenalkan faktor reduksi kekuatan, yang nilainya <1, dan faktor beban yang nilainya >1, sehingga:

$$\phi R_n \geq \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots \quad (1.3)$$

Dimana : R_n = kekuatan nominal

S = pengaruh beban

ϕ = faktor reduksi

α_i = faktor beban

Prosedur desain yang memperhitungkan adanya faktor-faktor beban dan resistance diatas disebut sebagai desain kekuatan ultimit. Prosedur desain ini pada dasarnya merupakan metoda perencanaan kondisi batas dimana perhatian utama ditekankan pada kondisi batas ultimit. Kondisi batas serviceabilitas (kemampuan layanan) kemudian dicek setelah desain awal diperoleh.

Filosofi dasar metoda perencanaan ini terdapat pada SNI 03-2847-2002 yang bunyinya adalah:

- 1) Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kekuatan rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara ini.

Dalam butir 1 diatas, kuat rencana adalah identik dengan ΦR_n ; sedangkan kuat perlu mengacu pada pengaruh beban terfaktor, yaitu $\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots$

- 2) Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantum dalam tata cara ini untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja.

Butir 2 diatas mengharuskan adanya pengontrolan lendutan dan lebar retak pada komponen struktur yang sudah didesain.

Beban Terfaktor dan Kuat Perlu

SNI 03-2847 menguraikan tentang faktor-faktor beban dan kombinasi beban terfaktor untuk perhitungan pengaruh beban.

Kombinasi beban terfaktor tersebut adalah:

- Kombinasi beban mati dan beban hidup:

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (1.4)$$

- Jika pengaruh angin ikut diperhitungkan:

$$U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W) \quad \text{atau} \quad (1.5)$$

$$U = 0,9 D + 1,3 W \quad (1.6)$$

- Jika pengaruh gempa harus diperhitungkan:

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \quad \text{atau} \quad (1.7)$$

$$U = 0,9 (D \pm E) \quad (1.8)$$

Kuat perlu atau pengaruh beban terfaktor (seperti momen, geser, torsi dan gaya aksial) dihitung berdasarkan kombinasi beban terfaktor U diatas. Kuat perlu atau pengaruh-pengaruh beban terfaktor tersebut ditulis dengan simbol-simbol M_u , V_u , T_u dan u , dimana subscript u menunjukkan bahwa nilai-nilai M, V, T dan u tersebut didapat dari beban terfaktor U.

2.3.4 Investigasi Penanganan Struktur Gedung Yang Mengalami Retak-Retak Dan Penurunan

Penyelidikan terhadap Bangunan Gedung dilakukan untuk mengetahui Kelayakan dan Keamanan Bangunan dan segi kekuatan strukturnya. Penyelidikan yang akan dilakukan meliputi penyelidikan lapangan dan laboratoniun. Hal ini dilakukan untuk mengetahui Kelayakan dan Keamanan Bangunan struktur eksisting. Disamping itu, penyelidikan ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi tentang metoda perbaikan atau perkuatan bilamana diperlukan.

Sebagai tahapan pertama sebelum dilakukannya analisis faktor keamanan struktur, perlu dilakukan terlebih dahulu evaluasi yang mendalam mengenai kondisi aktual struktur, termasuk pengukuran geometri struktur dan karakteristik material bangunan eksisting. Hal ini perlu dilakukan mengingat tidak tersedianya *as built drawing* bangunan eksisting. Untuk tujuan ini akan dilakukan serangkaian pengujian yang sifatnya tidak merusak dengan menggunakan alat-alat *non destruktif* seperti *covermeter*, *pulse echo/georaclar*, *ultrasonic* dan serangkaian pengujian yang sifatnya semi-merusak seperti *core drill*, *breaking out* dan *test sondir*. Dengan pengujian-pengujian tersebut akan dapat diketahui kondisi, diameter dan jumlah tulangan terpasang, kualitas material beton dan kondisi struktur beton serta kedalaman pondasi dan daya dukung pondasi.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur eksisting dengan menggunakan data material dan struktural yang telah diperoleh. Analisis struktur ini bertujuan untuk mengetahui tingkat faktor keamanan struktur eksisting. Bilamana tingkat faktor keamanan struktur tidak memadai maka struktur perlu diperkuat. Bentuk-bentuk perkuatan yang sesuai akan direkomendasikan untuk mengembalikan fungsi struktur kembali seperti semula, Bentuk-bentuk perkuatan yang direkomendasikan tersebut kemudian dituangkan dalam gambar rencana, spesifikasi teknis dan BOQ.

Tabel 2.3
Lingkup Pekerjaan (Waktu Pelaksanaan Berdasarkan Lingkup Pekerjaan)

Tahapan Pekerjaan	Tujuan	Metodologi, Kerja, dan Pendekatan Teknis	Keluaran Laporan
Studi Awal	Untuk mengumpulkan sebanyak mungkin data yang diperlukan agar studi yang akan dilakukan nantinya dapat berjalan dengan efisien dengan memanfaatkan seoptimal mungkin data yang tersedia tersebut.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan data sekunder: <ol style="list-style-type: none"> a. Data desain terdahulu <ul style="list-style-type: none"> - kriteria desain - gambar dan perhitungan - spesifikasi b. Data pelaksanaan <ul style="list-style-type: none"> - as built drawing - catatan perubahan dan desain awal dan spesifikasi - data material c. Data kajian terdahulu 	a. Kumpulan dokumen data/informasi mengenai geometri struktur dan material
survai/Pemeriksaan Global	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk memahami kondisi eksisting struktur - Untuk menentukan teknik dan metoda pengujian yang optimal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemeriksaan visual dan pengambilan dokumentasi sehubungan dengan kondisi struktur: <ol style="list-style-type: none"> a. Pengamatan geometri struktur b. Pengamatan kerusakan/retak path komponen struktur/nonstruktural c. Deformasi berlebih d. Sarang tawon (honey comb) e. Pengambilan foto 	<ol style="list-style-type: none"> a. Peta kerusakan b. Kondisi geometri aktual struktur C. Dokumentasi
		<ol style="list-style-type: none"> 2. Pengukuran geometri elemen-elemen struktur 	a Geometri aktual elemen-elemen struktur
Pemeriksaan Detail	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mendapatkan karakteristik material eksisting, kondisi penulangan dan kondisi kerusakan - Untuk mendapatkan kedalaman pondasi dan perkiraan daya dukung 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengukuran kondisi aktual material pada struktur <ol style="list-style-type: none"> a. Core test b. Covermeter test/Rebar detection c. Breaking out d. Ultrasonic 2. Pengukuran pondasi dengan menggunakan georadan/pulse echo 3. Pengukuran daya dukung tanah (Tes Sondir) 	<ol style="list-style-type: none"> a. Properties aktual material b. Perkiraan lokasi dan ukuran tulangan c. Tebal selimut beton d. Kondisi kerusakan e. Daya dukung tanah f. Perkiraan sistem pondasi
Analisis Kondisi eksisting Struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk menentukan tingkat keamanan struktur eksisting terhadap kondisi pembebanan rencana dan mencari penyebab kerusakan pada struktur 	<ol style="list-style-type: none"> a. Analisis struktur Eksisting b. Kajian faktor keamanan struktur c. Analisis daya dukung pondasi dan settlement 	<ol style="list-style-type: none"> a. Kondisi eksisting struktur b. Faktor keamanan struktur c. Kapasitas cadangan struktur d. Penyebab kerusakan
Kesimpulan dan Saran	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk menentukan langkah- langkah selanjutnya yang dianggap perlu. 	<ol style="list-style-type: none"> a. Analisis struktur b. Analisis pondasi 	<ol style="list-style-type: none"> a. Rekomendasi mengenai metoda pethaikan atau perkuatan struktur bilamana diperlukan b. Gambar rencana perbaikan perkuatan

2.3.5 Penilaian Material/Struktur Beton Bertulang Eksisting

1) Pendahuluan

Penilaian struktur beton bertulang eksisting (struktur yang sudah berdiri) diperlukan jika ada kekuatiran mengenai tingkat keamanan struktur atau bagian-bagian struktur tersebut akibat adanya faktor-faktor yang sebelumnya tidak diperhitungkan seperti:

a) Kesalahan perencanaan/pelaksanaan

Hal yang berhubungan dengan kemungkinan kesalahan perencanaan/pelaksanaan dapat terdeteksi dari:

- Hasil pengamatan lapangan dimana terlihat adanya retak-retak lendutan yang berlebihan pada bagian-bagian struktur.
- Sifat material yang diuji selama pelaksanaan pembangunan struktur, yang menunjukkan hasil-hasil yang tidak memenuhi syarat baik dan segi kekuatan maupun *durabilitas* (misal sifat kekedapan terhadap air yang di syaratkan untuk bangunan seperti kolam renang).
- Hasil perhitungan (dengan memakai kekuatan material yang aktual) yang menunjukkan adanya penurunan kapasitas kekuatan struktur atau komponen-komponen struktur.

b) Penurunan kinerja material/struktur eksisting yang diakibatkan oleh pengaruh internal-eksternal seperti:

- adanya pelapukan material pada struktur karena usianya yang sudah tua. Atau karena serangan zat-zat kimia tertentu yang merusak (seperti jenis-jenis senyawa asam).
- adanya kerusakan pada struktur/bagian-bagian struktur karena bencana kebakaran, banjir atau gempa atau karena struktur mengalami pembebanan tambahan akibat adanya ledakan di sekitar struktur ataupun beban berlebih lainnya yang belum diantisipasi dalam perencanaan.

c) Rencana redesain/perubahan peruntukan struktur yang menimbulkan konsekuensi pada perubahan :

- perubahan fungsi/penggunaan struktur
- penambahan tingkat (pengembangan struktur)

d) Sarat untuk proses jual-beli atau asuransi suatu struktur bangunan. Untuk hal ini biasanya cukup dilakukan penyelidikan secara visual kecuali jika ada tanda-tanda yang mencurigakan pada struktur.

Pada umumnya, tujuan penilaian struktur adalah untuk menentukan salah satu di bawah ini:

- (1) Kemampuannya untuk tetap berfungsi sebagaimana yang diharapkan berdasarkan desain awal.
- (2) Jika kemampuannya sudah berkurang, maka perlu ditentukan fungsi/beban yang cocok untuk kondisi struktur saat ini.
- (3) Sisa umur layanannya.
- (4) Kemampuannya untuk menerima beban yang lebih besar atau melayani fungsi yang lain.
- (5) Kelayakan untuk memodifikasi struktur sehingga sesuai dengan peraturan/code yang berlaku
- (6) Kondisi/tingkat kerusakan yang dialami struktur

Selain itu, penilaian struktur eksisting merupakan bagian terpenting dari tahapan perencanaan pekerjaan perbaikan/perkuatan struktur.

2) Prosedur Penilaian Struktur Beton Eksisting

Tujuan utama penilaian struktur adalah untuk mendapatkan gambaran yang realistis mengenai kondisi struktur yang sedang dikaji. Hal-hal yang dinilai diantaranya adalah kapasitas pembebanan struktur, kemampuan layanan dan durabilitas.

Prosedur penilaian dapat dilakukan sesuai dengan kebutuhan teknis pada pekerjaan penilaian yang sedang dilakukan. Secara umum, ada enam tahapan utama yang harus dilalui (lihat Tabel 4.4)

Dari keenam tahapan tersebut, tahapan survey/pemeriksaan global dan pemeriksaan detail merupakan tahapan-tahapan yang terpenting dalam prosedur penilaian material/struktur beton bertulang eksisting. Bagian selanjutnya dari makalah ini akan lebih difokuskan pada pembahasan mengenai pemeriksaan/pengujian material/struktur beton bertulang eksisting.

Tabel 2.4
Prosedur Penilaian Struktur Eksisting

Tahapan	Tujuan	Aktivitas
1. Studi awal	Untuk mengkonfirmasi kualitas material yang digunakan atau data-data penting lainnya yang berkaitan dengan struktur yang sedang dikaji	Mengumpulkan/mereview data skunder seperti as built drawing, data material, laporan perhitungan/desain. Data konstruksi dll. Site observations.
2. Survei / Pemeriksaan Global	Untuk memahami karakteristik struktur, memilih area yang akan diperiksa secara detail dan menentukan teknik pengujian yang cocok/optimal	Pemeriksaan visual Pengambilan dokumen video Pengukuran geometry, defleksi, retak dan kerusakan lainnya Pengujian NDT terbatas Pengambilan Sampel
3. Pemeriksaan Detail	Untuk mengumpulkan data yang cukup dan terpercaya sehingga pemeriksaan struktur dapat dilakukan dengan tingkat keyakinan yang tinggi	Uji beban Pengujian NDT yang efektif Pengujian fisik kimiawi
4. Presentasi Hasil	Untuk mempermudah penilaian	Plot Analisis stasistik
5. Interpretasi Hasil	Untuk menilai kinerja struktur eksisting saat ini dan yang akan datang dan membandingkannya dengan persyaratan yang ada	Analisis struktur Analisis kerusakan dengan bantuan pengalaman sebelumnya
6. Rekomendasi	Untuk menentukan aksi selanjutnya yang diperlukan seperti perbaikan/perkuatan, treatment untuk pencegahan, demolisi atau survey lanjut yang lebih komprehensif	

3) Pemeriksaan/Pengujian Struktur Eksisting

Pemeriksaan struktur biasanya bertujuan untuk mendapatkan informasi yang mendalam mengenai kondisi material/struktur dalam bangunan. Hal-hal yang dilakukan dalam pemeriksaan struktur diantaranya adalah:

- Mengidentifikasi semua cacat dan kerusakan
- Mendiagnosa penyebabnya
- Mengevaluasi kerusakan/cacat yang sudah diidentifikasi

Beberapa bentuk metoda pengujian dapat digunakan untuk hal tersebut, diantaranya pengujian-pengujian setempat yang bersifat tidak merusak seperti pengujian *ultrasonik*, *hammer* dan lain-lain. Hasil pengujian tersebut (yang merupakan

parameter struktur yang aktual) kemudian dapat dimanfaatkan untuk analisis kapasitas struktur atau komponen-komponen struktur.

Bentuk lainnya dapat berupa *'load test'* (pengujian pembebanan) yang dapat bersifat setengah merusak ataupun merusak total komponen-komponen bangunan yang diuji. Pada kebanyakan Situasi biasanya hasil yang didapat dan *"load test"* lebih meyakinkan dibanding hasil dari bentuk-bentuk pengujian lainnya. Namun walaupun begitu, bentuk *"load test"* memerlukan waktu dan biaya yang besar dan tidak mudah untuk di lakukan.

Informasi—informasi yang diperoleh dan pemeriksaan/pengujian struktur eksisting tersebut dapat digunakan untuk menentukan apakah tindakan perbaikan/perkuatan struktur yang perlu dilakukan atau layak secara ekonomis untuk dilakukan (dibandingkan misalnya dengan biaya demolisi/penghancuran) Seiaian itu. berdasarkan informasi-informasi tersebut juga dapat ditentukan metoda terbaik jika perbaikan/perkuatan tersebut memang diperlukan.

Pada makalah ini akan dibahas secara ringkas tahapan—tahapan dalam pemeriksaan/pengujian dan beberapa bentuk pemeriksaan/pengujian struktur, eksisting yang umum diterapkan. Pemahasan akan ditekankan pada bentuk-bentuk pengujian yang tidak memerlukan adanya pra-rencana pengujian dimana alat-alat sensor pengukuran harus terlebih dahulu ditanamkan pada struktur pada saat struktur sedang dikonstruksi.

2.3.6 Tahapan Dalam Pemeriksaan/Pengujian Struktur Eksisting

Secara garis besar, pemeriksaan/pengujian struktur eksisting terdiri atas tiga tahapan. yaitu:

- Perencanaan
- Pelaksanaan
- Interpretasi

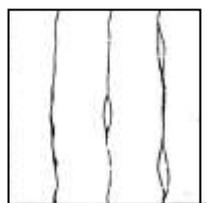
1) Tahapan Perencanaan

Tahapan ini mencakup pendefinisian masalah, pemilihan metoda pengujian yang akan dilakukan yang tentunya sesuai dengan masalah yang dihadapi, penentuan banyaknya pengujian yang akan dilakukan, dan pemilihan lokasi pengujian pada struktur/komponen struktur yang tentunya diharapkan dapat mewakili kondisi struktur yang sebenarnya. Tahapan-tahapan yang umumnya dilakukan pada tahapan perencanaan ini diuraikan pada bagian berikut ini:

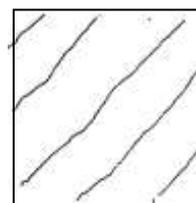
a) Penyelidikan Visual

Pengamatan visual diperlukan sebagai tahapan awal untuk mendefinisikan permasalahan yang ada di lapangan. Berdasarkan pengamatan visual ini bisa didapatkan informasi mengenai tingkat kemampuan layanan (*service ability*) komponen struktur (seperti lendutan), baik-tidaknya pengerjaan pada saat pembangunan struktur/komponen struktur (misal ada tidaknya bagian keropos dan “*honeycombing*” pada beton) dan jenis kerusakan yang dialami baik pada tingkat material (misal pelapukan beton) maupun tingkat struktural (seperti retak-retak akibat lenturan pada struktur beton). Untuk tahapan ini diperlukan adanya tenaga ahli yang terlatih yang dapat mendeteksi hal-hal yang tidak normal yang terjadi pada struktur dan dapat membedakan jenis-jenis kerusakan yang terjadi dan penyebabnya.

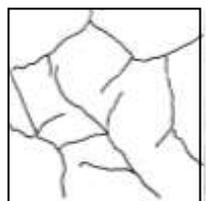
Sebagai contoh tenaga ahli tersebut harus mampu membedakan jenis-jenis retak yang mungkin terjadi pada struktur beton (Gambar 4.1). Untuk dapat membedakan jenis—jenis retak tersebut beserta penyebabnya, perlu dilakukan penyelidikan yang mendalam mengenai pola retak yang terjadi. berdasarkan penyelidikan 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. Pada session sebelumnya telah diberikan secara detail bentuk-bentuk kerusakan yang umum pada material/struktur beton bertulang eksisting beserta penyebabnya.



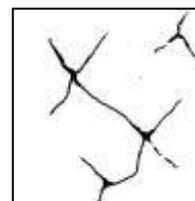
(a) Korosi



(b) Susut elastik



(c) serangan



(d) Reaksi Alkali

Tabel 2.5
Diagnosis Kerusakan Yang Terjadi pada Beton

Penyebab	Gejala			Jangka Waktu Pemunculan	
	Retak	Pengelupasan	Pengikisan	Segera	Lama
Defisiensi Struktur	X	X		X	X
Korosi Tulangan		X			X
Serangan Kimiawi	X	X	X		X
Kebakaran	X	X		X	
Reaksi Internal	X	X			X
Pengaruh Suhu	X	X		X	X
Susut	X			X	X
Rangkak	X	X			X
Proses Pengeringan yang Abnormal	X			X	
Kerusakan Fisik	X	X	X	X	X

Diadaptasi dari artikel *D. D. Higgins* berjudul “*Diagnosing the Causes of Defects or Deterioration in Concrete Structures*”

b) Pemilihan Jenis Pengujian

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis metoda pengujian untuk struktur eksisting terdiri atas:

- Tingkat kerusakan struktur eksisting yang diizinkan
- Waktu pengerjaan
- Biaya yang tersedia
- Tingkat keandalan hasil pengujian
- Jenis permasalahan yang dihadapi
- Peralatan yang tersedia

Kemungkinan besar jenis pengujian yang tersedia tidak dapat memenuhi semua hal diatas secara optimal, sehingga perlu adanya suatu kompromi. Sebagai ilustrasi disampaikan disini bahwa metoda-metoda pengujian beton yang sifatnya tidak merusak (seperti halnya *ultrasonik* dan *hammer test* yang dapat digunakan untuk mengetahui kuat tekan beton pada struktur) biasanya merupakan bentuk pengujian yang sangat sederhana, cepat dan murah. Namun, tingkat kesulitan dalam mengkalibrasi hasil pengujian, misalnya untuk proses interpretasi nilai kuat tekan beton, adalah tergolong tinggi. Disamping itu, jika kalibrasi ini tidak

dilakukan secara baik dan benar, maka tingkat keandalan hasil pengujian dengan menggunakan alat-alat tersebut akan menjadi rendah.

Sementara itu jenis pengujian lain yang tersedia seperti pengambilan sampel core dan struktur beton eksisting yaitu kemudian dilanjutkan dengan pengujian tekan dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai nilai kuat tekan beton. Jadi, tingkat keandalan hasil pengujian core tersebut adalah tergolong tinggi. Namun, cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dan memerlukan waktu pengerjaan yang relatif lebih lama. Selain itu, cara ini juga menimbulkan kerusakan pada struktur. Jadi dapat dilihat disini bawa sebagai langkah awal dalam memilih jenis pengujian yang paling sesuai dengan situasi dan kondisi yang ada perlu disusun terlebih dahulu tingkat prioritas hal-hal yang akan dijadikan sebagai dasar pemilihan. Namun perlu diperhatikan bahwa biasanya tingkat akurasi hasil pengukuran merupakan kriteria yang paling penting dalam pemilihan jenis pengujian.

Biasanya, untuk mengatasi kelemahan pengujian-pengujian yang disebutkan pada ilustrasi diatas, dapat dilakukan penggabungan beberapa jenis/metoda pengujian. Sebagai contoh, karena dapat memberikan hasil yang akurat, pengujian core dapat digabungkan dengan bentuk-bentuk pengujian yang lain seperti pengujian *ultrasonic* atau *hammer*. Disini, pengujian core dapat dilakukan untuk mengkalibrasi hasil pengujian *ultrasonic* dan *hammer*. Karena sifatnya yang hanya mengkalibrasi, jumlah *sample core* yang diperlukan tentu saja dapat diperkecil. Sehingga kerusakan yang timbul pun dapat diminimumkan.

c) Jumlah dan Lokasi Pengujian

- Jumlah pengujian yang dibutuhkan ditentukan oleh :
- Tingkat akurasi yang diinginkan (hubungannya dengan statistic)
- Biaya yang dibutuhkan
- Tingkat kerusakan yang ditimbulkan

Sebagai contoh, pada pengujian *hammer*, untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan tingkat akurasi yang tinggi biasanya diperlukan dalam jumlah yang besar yang lokasi pengujiannya dapat disebarakan sehingga mencakupi semua daerah komponen struktur yang kan diuji.

2) Tahapan Pelaksanaan

Pada tahap pelaksanaan perlu diperhatikan tingkat kesulitan dalam mencapai lokasi-lokasi yang telah ditentukan sebagai lokasi pengujian. System perancah dapat digunakan, namun sistemnya harus direncanakan dan dipersiapkan dengan baik. Penanganan peralatan pengujian harus dilakukan dengan baik selama pelaksanaan. Selain itu, keselamatan tenaga pelaksana harus benar-benar diperhatikan (tenaga pekerja perlu dilengkapi dengan peralatan keselamatan seperti topi pengaman (“*hard hat*”), tali pengikat dan lain-lain). Pada saat pelaksanaan, perlu diperhatikan pengaruh gangguan yang mungkin timbul dari pengujian tersebut terhadap lingkungan (baik terhadap orang maupun terhadap gedung-gedung struktur-struktur disekitar lokasi struktur yang sedang diuji).

- metode pengujian kekerasan permukaan (*hammer test*)
- kelebihan dan kekurangan pengujian hammer test
- kalibrasi pengukuran kuat tekan beton



Gambar 2.3. Instrumen Dan Pelaksanaan Pengujian Kekuatan Beton

3) Tahapan Interpretasi

Tahap interpretasi dapat dibagi menjadi tiga tahapan yang berbeda.

- Kalibrasi
- Peninjauan variasi hasil pengukuran
- Analisis Perhitungan

2.3.7 Metoda Pengujian

Metoda pengujian untuk mengevaluasi kerusakan beton pada umumnya dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- Metoda langsung

Sebagai contoh: pengamatan visual, analisis dan pengujian bahan.

- Metoda tidak langsung

Pada metoda ini, dilakukan pengukuran parameter-parameter yang dapat dikorelasikan dengan kekuatan, perilaku elastik atau kondisi kerusakan bahan

Selain itu metoda pengujian dapat juga dikelompokkan atas dasar tingkat kerusakan yang ditimbulkan pada struktur, yaitu pengujian **Non-Destructive**, pengujian **Semi-Destructive**, dan pengujian **Destructive**.

Metoda pengujian *non-destructive* adalah metode pengujian yang tidak merusak struktur/komponen struktur yang ditinjau. Yang tergolong dalam jenis pengujian ini diantaranya adalah pengujian hammer, ultrasonic, dan lain-lain.

Metoda pengujian *semi-destructive* adalah pengujian yang menimbulkan kerusakan minor sampai sedang pada struktur/komponen struktur yang diuji. Contoh dari pengujian ini diantaranya adalah pengujian *pull-out*, pengujian *core*, pengujian beban batas (*ultimate/collapse load test*) pada komponen-komponen struktur.

1) Metoda Pengujian Kekerasan Permukaan (Schmidt Hammer)

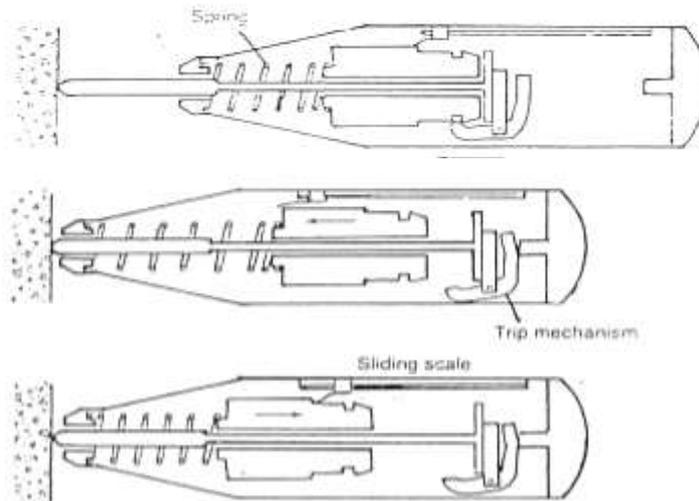
Metoda pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban *impact* (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan memberikan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberi indikasi kekerasan dan juga, juga setelah kalibrasi, dapat memberikan indikasi nilai kuat tekan beton benda uji. Jenis hammer yang umum dipakai untuk pengujian ini adalah "*Schmidt rebound hammer*" (Gambar 2.4). Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur. Karena kesederhanaannya, pengujian dengan menggunakan alat ini dapat dilakukan dengan cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang singkat. Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalkan keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran di sekitar 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 (jarak antara 2 lokasi pengukuran tidak boleh dari pada 20 mm).

Secara umum alat yang digunakan untuk :

- Memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur
- Mendapatkan perkiraan nilai kuat tekan beton
- Mendapatkan informasi mengenai ketahanan beton terhadap abrasi

Spesifikasi mengenai penggunaan alat ini bisa dilihat pada BS4408 pt. 4 atau ASTM C805-89.



Gambar 2.4. Alat Ukur *Schmidt Rebound Hammer*

a) **Kelebihan dan kekurangan ”*Schmidt Rebound Hammer*”**

Kelebihan :

- Murah
- Pengukuran bisa dilakukan dengan cepat
- Praktis (mudah digunakan)
- Tidak merusak

Kekurangan :

- Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan/kehalusan permukaan. Kelembaban beton. Sifat-sifat dan jenis agregat kasar, drajad karbonasi, ukuran dan umur beton. Oleh karena itu perlu diingat bahwa beton yang akan diuji haruslah dari jenis dan dengan kondisi sama.
- Sulit mengkalibrasi hasil pengukuran
- Tingkat keandalan rendah
- Hanya memberikan informasi mengenai karakteristik beton pada permukaan.

b) Kalibrasi

Seperti yang disebutkan sebelumnya. banyak sekali variabel yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran dengan menggunakan “*Schmidt Rebound Hammer*”. Oleh karena itu sangat sulit untuk mendapatkan diagram kalibrasi yang bersifat umum yang dapat menghubungkan parameter tegangan beton sebagai fungsi nilai skala pemantulan “*rebound hammer*” dan dapat diaplikasikan untuk sembarang beton. Jadi dengan kata lain diagram Kalibrasi sebaiknya berbeda untuk setiap jenis campuran beton yang berbeda. Oleh karena itu untuk setiap jenis beton yang berbeda, perlu diperoleh diagram kalibrasi tersendiri. Untuk mendapatkan diagram kalibrasi tersebut perlu dilakukan pengujian tekan sample hasil *Coring* untuk setiap jenis beton Yang berbeda pada struktur yang sedang ditinjau. Hasil uji coring tersebut kemudian dijadikan sebagai konstanta untuk mengkalibrasi bacaan yang didapat dari peralatan *hammer* tersebut.

Perlu diberi catatan disini bahwa penggunaan diagram kalibrasi yang dibuat oleh produsen alat uji hammer sebaiknya dihindarkan. karena diagram kalibrasi tersebut diturunkan atas dasar pengujian beton dengan jenis dan ukuran agregat tertentu. bentuk benda uji yang tertentu dan kondisi test tertentu.

Angka Pantulan Rata—rata	Kualitas Selimut Beton
>40	Baik, Lapisan keras
30-40	Cukup Baik
20-30	Kurang Baik
<20	Ada Retak/Delaminasi dekat permukaan

2) Metoda Pengujian Ultrasonik

Metoda pengujian ini dikembangkan berdasarkan prinsip bahwa kecepatan rambat gelombang yang melalui suatu media padat bergantung pada sifat-sifat elastik media padat tersebut. Jika digunakan dengan baik dan benar, alat ini dapat memberikan informasi yang banyak mengenai kondisi bagian permukaan ataupun bagian dalam beton. Alat ini secara tak langsung juga dapat memberikan informasi mengenai nilai kuat tekan beton jika hubungan antara sifat-sifat elastik suatu benda padat dengan nilai kuat tekannya diketahui.

Alat ini pada dasarnya terdiri atas pembangkit signal gelombang, transducer pengirim (*transmitter*) dan transducer penerima (*receiver*). Alat ini juga dilengkapi oleh alat pengukur dan perekam waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk merambat dan *transmitter* ke *receiver* (Gambar 2.5). Jika panjang lintasan jarak antara transmitter dan receiver) diketahui, maka kecepatan rambat gelombang yang terjadi bisa dihitung. Jenis transducer yang sesuai untuk aplikasi pada material beton adalah transducer dengan frekuensi pribadi berkisar antara 20 Khz dan 150Khz. Standar metoda pengujian ultrasonik ini dapat dilihat pada BS 4408 pt.5 atau ASTM C 597.

a) Prinsip Pengukuran

Alat ini seperti disebutkan sebelumnya memanfaatkan prinsip perambatan gelombang pada media padat. Seperti diketahui ada tiga jenis gelombang yang timbul pada saat suatu massa padat diberikan suatu *impulse* (getaran) yaitu, gelombang permukaan, gelombang *transversal* dan gelombang *longitudinal*. Dari ketiga gelombang tersebut, gelombang longitudinal merupakan gelombang yang mempunyai kecepatan tinggi dan yang memberikan banyak informasi mengenai sifat-sifat fisik bahan padat yang dilaluinya. Dari teori fisika diketahui bahwa :

$$V^2 = \frac{KE_d}{\rho}$$

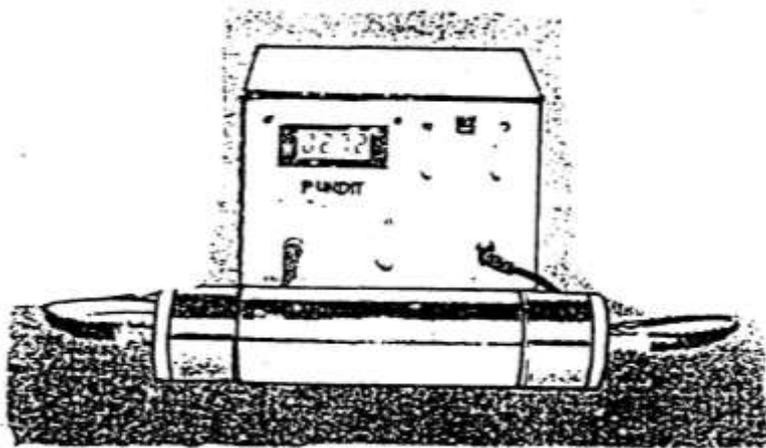
Dimana : V = kecepatan gelombang longitudinal

K = konstanta

ρ = berat jenis solid

E_d = Modulus elastic dinamik bahan

Jika kecepatan perambatan gelombang longitudinal dan berat jenis benda padat yang dilaluinya diketahui, maka harga modulus elastik dinamik dari bahan padat tersebut bisa dihitung berdasarkan persamaan (1). Seperti diketahui untuk beton-beton yang terbuat dari jenis batuan alam, nilai berat jenis dan poisson's rasionya relatif mirip satu sama lain. Sehingga untuk setiap beton untuk campuran yang berbeda (namun menggunakan batuan alam) hubungan antara kecepatan gelombang dan nilai modulus elastis betonnya dapat diasumsikan tetap.



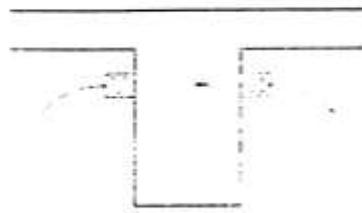
Gambar 2.5. Alat Ultrasonic Pulse velocity

b) Penempatan Transducer

Sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan tiga macam cara yang bisa dilakukan untuk menempatkan transducer penyampai dan penerima pada benda uji. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.6 dan ketiga cara-cara tersebut cara langsung (*direct*) merupakan pilihan yang terbaik. Sedangkan cara tidak langsung (*indirect*) merupakan cara yang kurang baik. Pada cara yang tidak langsung tingkat kepekaan gelombang yang terbaca oleh *receiver* jauh lebih kecil daripada yang dihasilkan dengan cara langsung. Oleh karena itu gelombang tersebut *bersifat* sangat rentan terhadap gangguan yang mungkin didapat selama perambatannya. Hal ini tentunya dapat memperkecil tingkat akurasi hasil pengukuran.

Selain itu, pada cara yang tidak langsung, karena pola penempatan transducernya, kecepatan gelombang akan dipengaruhi secara dominan oleh kondisi permukaan solid. sehingga hasil yang didapat tentunya tidak akan mewakili kondisi solid yang sebenarnya. Kelemahan lain pada cara yang tidak

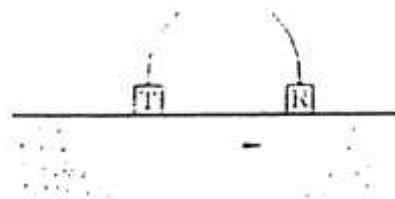
langsung ini adalah sulitnya mengetahui secara pasti berapa sebenarnya panjang lintasan yang dilalui oleh perambatan gelombang yang diukur. Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan pengukuran yang berulang-ulang dengan cara memindah-mindahkan posisi transducer penerima. sedang posisi transducer penyampai dijaga tetap (sehingga didapat jarak antara transducer yang berubah-ubah). Hasil pencatatan waktu perambatan gelombang untuk masing-masing pengukuran kemudian diplot pada grafik yang menggambarkan hubungan waktu perambatan sebagai fungsi jarak antara transducer. Dengan regresi linear bisa didapat persamaan yang linear untuk kedua parameter tersebut. Kemiringan (*slope*) persamaan tersebut merupakan kecepatan rata-rata perambatan gelombang yang dicari. Namun, cara ini sangat bergantung pada kondisi permukaan solid di sepanjang penempatan transducer penerima. Jika, sebagai contoh ada suatu diskontinuitas (retak-retak) maka ketelitian hasil yang didapat menjadi berkurang.



(a) Konfigurasi Langsung



(b) Konfigurasi

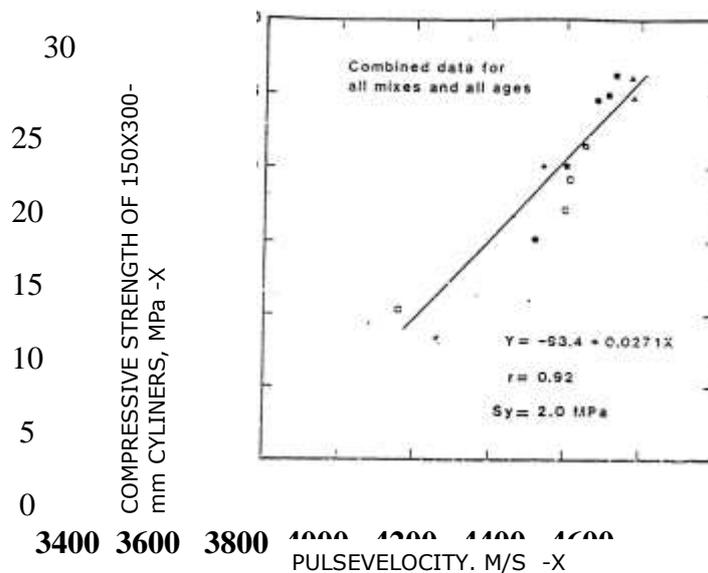


(b) Konfigurasi Transducer

Gambar 2.6. Konfigurasi Transducer

c) **Kalibrasi untuk Penukuran Nilai Kuat Tekan beton**

Seperti disebutkan sebelumnya, pengukuran dengan menggunakan alat ultrasonik ini hanya memberikan informasi mengenai modulus elastisitas beton. Untuk bisa mengkorelasikan hasil pengukuran dengan nilai kuat tekan beton, maka diperlukan suatu diagram kalibrasi. Seperti diketahui hubungan modulus elastisitas beton dengan nilai kuat tekannya sangat sulit dimodelkan. Banyak variabel-variabel dalam campuran beton yang berpengaruh. Sehingga ada kemungkinan bahwa beton yang memiliki nilai kuat tekan yang sama ternyata memiliki modulus elastisitas yang berbeda. Oleh karena itu, sama seperti halnya dengan pengukuran *hammer*, diperlukan diagram kalibrasi tersendiri untuk setiap jenis campuran beton.



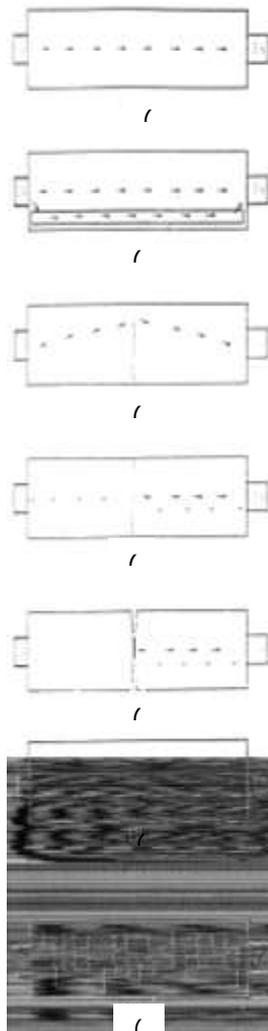
Gambar 2.7. Hubungan antara Nilai Kuat Tekan Beton dan Kecepatan Rambat Gelombang

Untuk pengujian lapangan, kalibrasi ini bisa dilakukan dengan mengambil sample core yang dapat mewakili kondisi beton pada lokasi yang hendak diuji. Sebelum diuji tekan, sample tersebut terlebih dahulu diuji ultrasonik. Korelasi yang didapat dari uji *ultrasonic* dan uji tekan *sample core* ini kemudian dijadikan dasar untuk pembuatan diagram kalibrasi untuk jenis beton tersebut. Gambar 2.7 menunjukkan contoh hubungan antara nilai kuat tekan beton dan kecepatan rambat gelombang *ultrasonic*.

d) Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Hasil Pengukuran

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap hasil pengukuran dengan menggunakan Ultrasonik. Yaitu :

- suhu
- kelembaban beton
- posisi tulangan pada beton bertulang



- (a) Beton dalam kondisi bagus
Gelombang akan melintasi jarak terpendek antara Tx dan Rx, yaitu :

$$V_a = \frac{L}{L_a}$$

- (b) Baja Tulangan
Gelombang yang merambat melalui baja akan tiba lebih dahulu dari pada gelombang yang merambat melalui beton
- (c) Retak Dangkal
Gelombang akan merambat diluar bidang retakan
- (d) Retakan Penuh tapi dengan Lebar Retak yang Sempit
Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan diteruskan. Amplitudo gelombang akan berkurang banyak namun hanya terjadi peningkatan yang kecil pada t_o
- (e) Retak Penuh tapi dengan Lebar Retak yang Besar
Seluruh gelombang akan dipantulkan. Tidak ada gelombang yang diterima oleh Rx (f&g) Rongga dan Retak Mikro

Gambar 2.8. Kondisi-kondisi yang Berpengaruh terhadap Rambatan Gelombang di Dalam Beton

Gelombang akan merambat mengelilingi rongga-rongga/retak-retak (jika rongga-rongga tersebut terisi air). Oleh karena itu akan terjadi peningkatan waktu perambatan.

e) Aplikasi

Banyak aplikasi yang dapat dilakukan dengan alat ukur ultrasonik terutama yang berkaitan dengan pemeriksaan retak/kerusakan, diantaranya:

- Memeriksa keseragaman kualitas bahan
- Mendeteksi retak-retak dan *honeycombing*.

Karena pulse tidak bisa merambat melalui udara. adanya retak atau rongga kosong pada lintasan rambatan dapat memperbesar panjang lintasan (karena gelombang akan menjalar mengelilingi retak-retak atau rongga kosong tersebut) sehingga waktu rambatan untuk sampai ke *transducer* penerima menjadi lebih lama. Berdasarkan prinsip ini, retak-retak atau rongga kosong pada beton atau benda padat lainnya dapat dideteksi dan dapat di perkirakan dimensinya (misal, kedalaman retakannya) (gambar 2.9).

- Memperkirakan nilai kuat beton
- Memperkirakan ketebalan beton yang sudah lapuk dibawah permukaan pelat pantai.

Alat ultrasonik juga dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat tenal pelapukan yang sudah dialami pelat beton yang timbul akibat kebakaran atau serangan zat kimiawi dengan cara penempatan transducer yang tidak langsung (gambar 2.9)

- Mengukur ketebalan
- Mengukur modulus elastis bahan
- Memonitor proses pengerasan beton
- Memperkirakan ketebalan bagian yang lapuk pada balok kolom

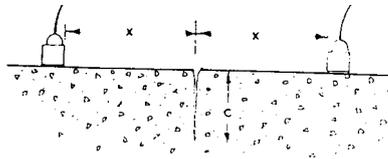
Untuk aplikasi ini perlu diasumsikan bahwa kecepatan rambat gelombang dipermukaan paling luar pada bagian beton yang sudah lapuk akibat serangan kimia kebakaran adalah nol. Sedangkan kecepatan rambat gelombang pada bagian/lapisan dalam (interior) yang masih baik diasumsikan dapat diwakili oleh kecepatan rambat gelombang pada bagian-bagian struktur lainnya yang kondisi betonnya masih baik (tidak terkena pengaruh kebakaran dan serangan zat kimia). Sebagai contoh jika diperoleh waktu T yang diperlukan gelombang berjalan pada lintasan L (termasuk tebal bagian yang lapuk) maka tebal bagian elemen struktur yang lapuk/rusak. Adalah :

$$t = (TV -$$

Dimana V_c = kecepatan rambat gelombang pada bagian beton yang kondisinya masih baik. Cara ini sudah terbukti memberikan estimasi yang cukup baik pada investigasi kerusakan beton bertulang akibat kebakaran.

Tabel 2.6
Kriteria Penilaian Hasil Ultrasonic

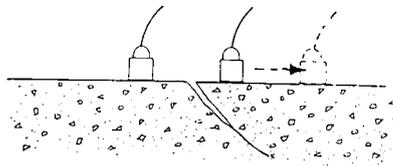
Kecepatan Gelombang (Km/det)	Kualitas Selimur Beton
>4	Baik
3-4	Cukup Baik
<3	Kurang Baik



(a) Estimation of crack depth. Crack perpendicular to concrete surface.

Let first value of x chosen be X_1 and second value be $2X_1$ and the transit times corresponding to these be T_1 and T_2 respectively, then

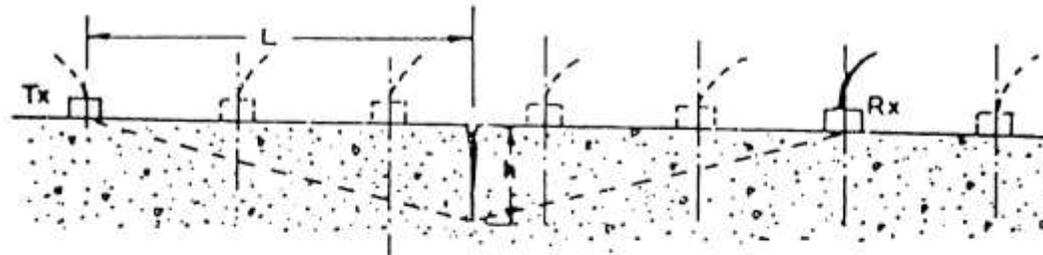
$$\text{crack depth, } c = X_1 \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}}$$



(b) Check on inclination of crack

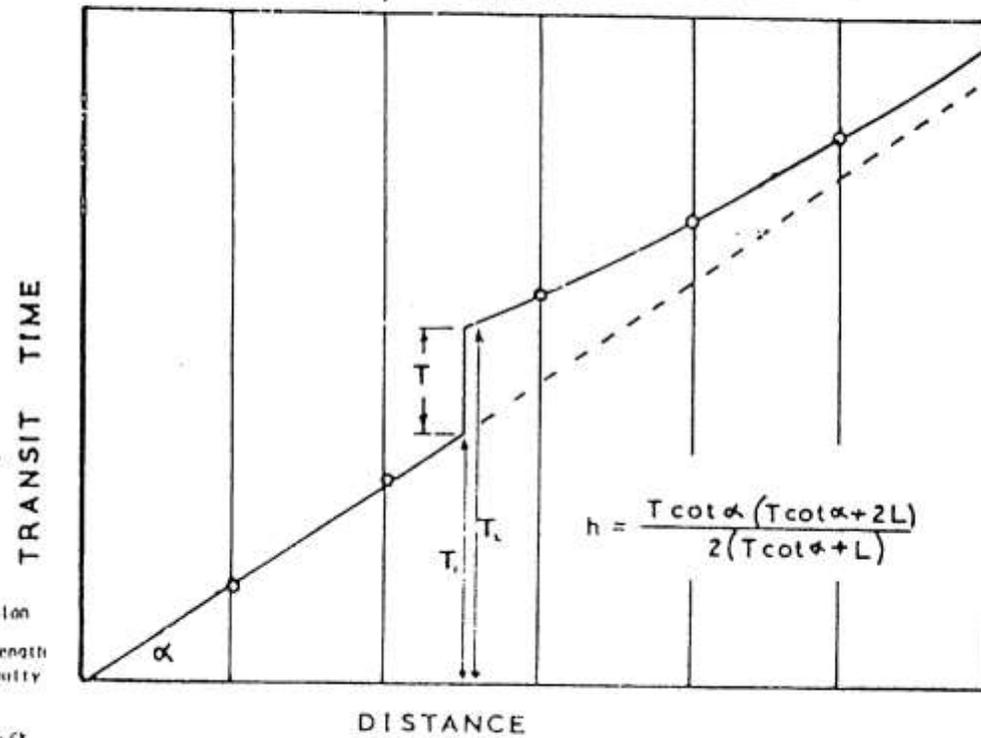
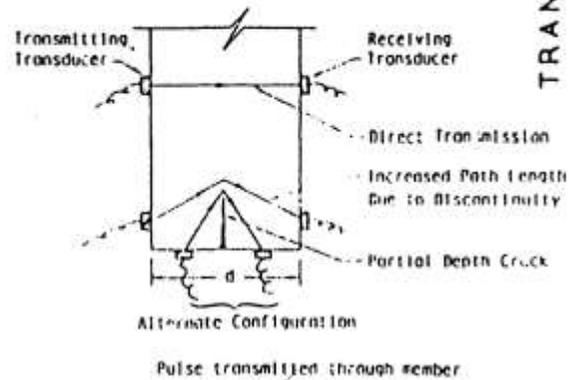
Place both transducers near to the crack and on opposite sides of it. Move one of them away from crack. If the transit time decreases this indicates that the crack slopes towards the direction in which the transducer was moved.

Gambar 2.9. Penentuan Kedalaman Retakan



- (c) Another method of test is that shown, using the indirect method where discontinuity appears in the graph.
- (d) An easier formula for the above method is

$$h = \frac{L}{2} \left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2} \right)$$



Gambar 8 (Lanjutan)

f) Uji Pembebanan (*load test*)

Uji pembebanan (*load test*) perlu dilakukan jika ternyata hasil pengujian material, baik *non-destructive* maupun *semi-destructive* yang kemudian diikuti dengan perhitungan analitis dengan menggunakan dimensi dan sifat-sifat bahan yang sebenarnya, belum memuaskan pihak-pihak terkait.

Tujuan *load test* pada dasarnya adalah untuk membuktikan bahwa tingkat keamanan suatu struktur atau bagian struktur sudah memenuhi persyaratan peraturan bangunan yang ada, yang tujuannya untuk menjamin keselamatan umum. Oleh karena itu biasanya *load test* hanya dipusatkan pada bagian-bagian struktur yang dicurigai tidak memenuhi persyaratan tingkat keamanan berdasarkan data-data hasil pengujian material dan pengamatan.

Uji pembebanan biasanya perlu dilakukan untuk kondisi-kondisi berikut ini

- Perhitungan analitis tidak memungkinkan untuk dilakukan karena keterbatasan informasi mengenai detail dan geometri struktur.
- Kinerja struktur yang sudah menurun karena adanya penurunan kualitas bahan, akibat serangan zat kimia, ataupun karena adanya kerusakan fisik yang dialami bagian-bagian struktur, akibat kebakaran, gempa, pembebanan yang berlebihan, dan lain-lain.
- Tingkat keamanan struktur yang sangat rendah akibat jeleknya kualitas pelaksanaan ataupun akibat adanya kesalahan pada perencanaan yang sebelumnya tidak terdeteksi.
- Struktur direncanakan dengan metoda-metoda yang non standart, sehingga menimbulkan kekhawatiran mengenai tingkat keamanan struktur tersebut.
- Perubahan fungsi struktur, sehingga menimbulkan pembebanan tambahan yang belum diperhitungkan saat perencanaan.
- Diperlukannya pembuktian mengenai kinerja suatu struktur yang baru saja direnovasi/diperkuat.

(1) Jenis-Jenis Load Test

Uji pembebanan dikategorikan dalam 2 kelompok, yaitu :

- Pengujian di tempat (*in-situ*) yang biasanya bersifat *non-destructive*
- Pengujian bagian-bagian struktur yang diambil dari struktur utamanya.
Pengujian biasanya dilakukan di laboratorium yang bersifat merusak.

Pemilihan jenis uji pembebanan ini bergantung pada situasi dan kondisi. Tetapi biasanya cara kedua dipilih jika cara pertama tidak praktis (tidak mungkin) untuk dilaksanakan.

Selain itu pemilihan jenis pengujian pembebanan ini bergantung pada tujuan diadakannya load test. Kalau tujuannya hanya ingin mengetahui tingkat layanan struktur, maka pilihan pertama tentunya paling baik. Tetapi jika ingin mengetahui kekuatan batas dari suatu bagian struktur, yang nantinya akan digunakan sebagai kalibrasi untuk bagian-bagian struktur lainnya yang mempunyai kondisi yang sama, maka cara kedua yang dipilih.

(2) Pengujian Pembebanan di Tempat (*In-Situ Load Test*)

Ujian utama dan pengujian ini adalah untuk memperlihatkan apakah perilaku suatu struktur pada saat diberi beban kerja (*working load*) memenuhi persyaratan bangunan yang ada yang pada dasarnya dibuat agar keamanan masyarakat umum terjamin. Perilaku struktur tersebut dinilai berdasarkan pengukuran lendutan yang terjadi. Selain itu penampakan struktur pada saat dibebani juga diukur/dievaluasi. Sebagai contoh, apakah retak-retak yang terjadi selama pengujian masih dalam batas-batas yang wajar. Beberapa hal yang patut menjadi perhatian dalam pelaksanaan loading test akan diberikan dalam uraian berikut ini.

(a) Persiapan dan Tatacara Pengujian

ACI-318-'89 mengisyaratkan bahwa uji pembebanan hanya bisa dilakukan jika struktur beton sudah berumur lebih dan 56 hari. Pemilihan bagian struktur yang akan diuji dilakukan dengan mempertimbangkan:

- permasalahan yang ada
- tingkat keutamaan bagian struktur yang akan diuji
- kemudahan pelaksanaan

Bagian struktur yang akan memikul bagian struktur yang akan diuji dan beban ujinya juga harus dipertimbangkan/dilihat apakah kondisinya baik dan kuat. Selain itu "scaffolding" juga harus dipersiapkan untuk mengantisipasi beban-beban yang timbul jika terjadi keruntuhan pada bagian struktur yang diuji.

Beban pengujian harus direncanakan sedemikian rupa sehingga bagian struktur yang dimaksud benar-benar mendapatkan beban yang sesuai dengan yang direncanakan. Hal ini kadangkala sulit dilaksanakan, terutama untuk pengujian struktur lantai. Hal ini dikarenakan adanya keterkaitan antara bagian struktur yang diuji dengan bagian struktur lain yang ada disekitarnya. Sehingga timbul apa yang disebut pengaruh pembagian pembebanan ("load sharing effect"). Pengaruh ini juga bisa ditimbulkan oleh elemen-elemen non struktural yang menempel pada bagian struktur yang akan diuji, sebagai contoh "ceiling board". Elemen non struktural ini dapat berfungsi mendistribusikan beban pada komponen-komponen struktur dibawahnya yang sebenarnya tidak saling berhubungan. Untuk menghindari terjadinya distribusi beban yang tidak diinginkan, maka bagian struktur yang akan diuji sebaiknya disolasikan dari bagian struktur yang ada di sekitarnya.

ACI 318-'89 mengisyaratkan bahwa besarnya beban yang harus diaplikasikan selama "load test" (termasuk beban mati yang sudah ada pada struktur) adalah:

$$\text{Beban total} \geq 0,85 (1,4D+1.L)$$

Dimana D=beban mati

L=benda hidup (termasuk faktor reduksinya)

Beban mati harus diaplikasikan selama 48 jam sebelum 'load test' dimulai. Sebelum beban diterapkan terlebih dahulu di dahului pembacaan lendutan awal yang nantinya dijadikan sebagai acuan untuk pembacaan lendutan setelah penerapan beban harus dilakukan secara bertahap dan perlahan-lahan. Sehingga tidak menimbulkan beban kejutan pada struktur. Setelah beban-beban yang direncanakan berada pada struktur yang diuji selama 24 jam, pembacaan lendutan bisa dilakukan, setelah pembacaan, beban-beban bisa di lepaskan dari struktur. Dua puluh empat jam setelah itu, pembacaan lendutan dilakukan kembali.

Kriteria umum yang harus dipenuhi dan hasil load test ini adalah struktur tidak boleh memperlihatkan tanda-tanda kerumuhan seperti

terbentuknya retak-retak yang berlebihan atau terjadi lendutan yang besar yang bisa terlihat oleh mata atau terjadi lendutan yang melebihi persyaratan keamanan yang telah ditetapkan dalam peraturan-peraturan bangunan.

(b) Teknik Pembebanan

Pembebanan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga laju dan distribusi pembebanan dapat dikontrol. Beban-beban yang bisa digunakan diantaranya air, bata/batako, kantong semen/pasir, pemberat baja dan lain-lain. Pemilihan beban yang akan digunakan tergantung dengan distribusi pembebanan yang diinginkan, besarnya total beban yang dibutuhkan, ketersediaan, dan kemudahan pemindahannya.

(c) Pengukuran

Parameter yang biasanya di ukur dalam “load test” adalah lendutan, lebar retak dan renggangan. Lebar retak yang terjadi biasanya diukur dengan menggunakan mikroskop tangan yang dilengkapi dengan lampu dan mempunyai lensa yang diberi garis-garis berskala yang ketebalannya berbeda-beda. cara pengukuran adalah dengan membandingkan lebar retak yang terjadi lewat pencropongan dengan mikroskop, dengan lebar garis-garis berskala tersebut, pola retak-retak yang terjadi biasanya ditandai dengan menggambarkan garis-garis yang mengikuti pola retak yang ada dengan menggunakan spidol berwarna (diujung garis-garis retak tersebut kemudian dituliskan informasi mengenai tingkat pembebanan dan lebar retak yang sudah terjadi). Pengukuran lendutan biasanya dilakukan dengan menggunakan LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*) Sedangkan pengukuran regangan dilakukan dengan menggunakan *strain gage*.

3) Uji Beban Merusak (Beban Batas)

Uji merusak biasanya ditempuh jika pengujian di tempat (in-situ) tidak mungkin dilakukan atau jika tujuan utama pengujian adalah mengetahui kapasitas suatu bagian struktur yang nantinya akan dijadikan sebagai

acuan dalam menilai bagian-bagian struktur lainnya yang identik dengan bagian yang diuji. Pengujian jenis ini biasanya memakan waktu dan biaya yang besar, terutama untuk pemindahan dan penggantian bagian struktur yang akan diuji dilaboratorium. Namun, walaupun begitu hasil yang bisa diharapkan dari pengujian jenis ini tergolong sangat akurat dan informatif.

2.4 PENDEKATAN ASPEK LINGKUNGAN

Sarana dan bangunan umum merupakan tempat dan atau alat yang dipergunakan oleh masyarakat umum untuk melakukan kegiatannya, untuk itu perlu dikelola demi kelangsungan kehidupan dan penghidupannya untuk mencapai keadaan sejahtera dari badan, jiwa dan sosial, yang memungkinkan penggunaanya hidup dan bekerja dengan produktif secara sosial ekonomis. Untuk itu sarana dan bangunan umum tersebut harus memenuhi persyaratan kesehatan. Hal ini telah diamanatkan pada UU No 23 Tahun 1992 tentang Kesehatan.

Sarana dan bangunan umum dinyatakan memenuhi syarat kesehatan lingkungan apabila memenuhi kebutuhan fisiologis, psikologis dan dapat mencegah penularan penyakit antar pengguna, penghuni dan masyarakat sekitarnya, selain itu harus memenuhi persyaratan dalam pencegahan terjadinya kecelakaan.

Dalam rangka melindungi, memelihara dan mewujudkan lingkungan yang sehat pada sarana dan bangunan umum perlu dilakukan berbagai upaya pengendalian faktor risiko penyebab timbulnya penyakit sebagai bagian dari kegiatan surveilans epidemiologi.

2.4.1 Komponen Lingkungan

Indikator penilaian Sarana Sanitasi bangunan meliputi beberapa parameter sebagai berikut :

- a. Sarana air bersih
- b. Drainase gedung
- c. Sarana pembuangan air limbah
- d. Sarana pembuangan sampah.

a. Sarana air bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari baik domestik (rumah tangga) maupun non domestik (perkantoran, industri, komersial dan fasilitas umum lainnya) yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman, karena pencemaran air minum/air bersih dapat terjadi mulai dari sumber air, selama proses pengolahan maupun selama pengaliran di dalam pipa distribusi. Beberapa sarana air bersih yang umum digunakan untuk keperluan domestik ataupun non domestik diantaranya: sumur dangkal (sumur gali, sumur pompa tangan dangkal), sumur dalam (sumur artesis), terminal air, PDAM. Demikian pula dalam suatu bangunan, pencemaran dalam sumber air bersihnya pun dapat terjadi, oleh karena itu, sumber/sarana air bersih dalam suatu bangunan perlu direncanakan. Misalnya jika menggunakan sarana air bersih dari sumur, maka persyaratan konstruksi bangunan sumur harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar, sehingga harus dilengkapi dengan pagar keliling, selain itu bangunan pengambilan harus dapat dikonstruksikan secara mudah dan ekonomis serta dimensi sumur harus memperhatikan kebutuhan maksimum harian.

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis dan radiologis. Syarat kualitas air ini menunjukkan bahwa kadungan unsur-unsur fisik, kimia, biologi dan radiologi harus berada di bawah ambang batas yang diatur menurut Surat Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/Menkes/SK/VII/2002, sehingga tidak membahayakan tingkat kesehatan manusia.

Tabel 2.8
Persyaratan Kualitas Air Minum

Parameter	Satuan	Maximum Diperbolehkan
FISIKA		
Warna	TCU	15
Temperatur	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
Kekeruhan	NTU	5
Rasa dan Bau	-	Tidak berasa dan berbau
KIMIA		
Tembaga		2
Nitrat	mg/l	50
Nitrit	mg/l	3

Ammonia	mg/l	1,5
Klorida	mg/l	250
Tembaga	mg/l	1
Kesadahan	mg/l	500
Besi	mg/l	0,3
Mangan	mg/l	0,1
pH	mg/l	6,5 – 8,5
Sulfat	-	250
Total zat padat	mg/l	1000
terlarut	mg/l	3
Seng	mg/l	5,377
Zat organik	mg/l	
BIOLOGI		
<i>E. Coli</i> atau <i>fecal coli</i>		0
Total bakteri <i>Coliform</i>	Jumlah per 100 ml sampel	0
	Jumlah per 100 ml sampel	

Sumber : SK Menkes No. 907 tahun 2002

Batasan-batasan air yang bersih dan aman antara lain :

1. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit.
2. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun.
3. Tidak berasa dan tidak berbau.
4. Dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
5. Memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI.

Adapun syarat-syarat Kualitas Air Minum diantaranya seperti terlihat pada **Tabel 2.8** berikut

Keterangan:

- mg = miligram;
- l = liter
- NTU = Nephelometric Turbidity Units
- TCU = True Colour Units

b. Drainase Gedung

Bangunan yang dilengkapi dengan sistem plambing harus dilengkapi dengan sistem drainase untuk pembuangan air hujan yang berasal dari atap maupun jalur terbuka yang mengalirkan air. Air hujan yang dibawa dalam sistem plambing ini harus disalurkan ke dalam lokasi pembuangan untuk air hujan. Hal ini karena tidak boleh air hujan

disalurkan ke dalam sistem plambing air buangan yang hanya bertujuan untuk menyalurkan air buangan saja atau disalurkan ke suatu tempat sehingga air hujan tersebut akan mengalir ke jalan umum, menyebabkan erosi atau genangan air. Bila terdapat sistem plambing air buangan dan air hujan dalam satu gedung maka tidak dianjurkan untuk digabungkan kecuali hanya pada lantai paling bawah saja. Sistem plambing air hujan yang digabung dengan air buangan pada lantai terbawah harus dilengkapi dengan perangkat untuk mencegah keluarnya gas dan bau tidak enak dari sistem tersebut.

Setiap gedung yang direncanakan/dibangun harus mempunyai perlengkapan drainase untuk menyalurkan air hujan dari atap dan halaman (dengan pengerasan) di dalam persil ke saluran pembuangan campuran kota. Adapun sistem pengaliran air hujan dapat dilakukan dengan 2 Cara:

1. Sistem Gravitasi : yaitu melalui pipa dari atap dan balkon menuju lantai dasar dan dialirkan langsung ke saluran kota
2. Sistem Bertekanan (*Storm Water*) : yaitu air hujan yang masuk ke lantai *basement* melalui *ramp* dan air buangan lain yang berasal dari cuci mobil dan sebagainya dalam bak penampungan sementara (*sump pit*) di lantai basement terendah untuk kemudian dipompakan keluar menuju saluran kota.

Gutter (talang atap) dan leader (talang tegak) air hujan digunakan untuk menangkap air hujan yang jatuh ke atas atap atau bidang tangkap lainnya di atas tanah. Dari leader kemudian dihubungkan ke titik-titik pengeluaran, umumnya ke permukaan tanah atau sistem drainase bawah tanah (*underground drain*). Tidak diperkenankan menghubungkannya dengan system saluran saniter. Talang tegak dapat ditempatkan di dalam ruangan (*conductor*) maupun di luar bangunan (*leader*).

Berdasarkan rekomendasi dari *Copper & Brass Research Association* beberapa prinsip berkenaan dengan penentuan ukuran gutter & leader adalah :

1. Ukuran leader dibuat sama dengan outletnya, untuk menghindari kemacetan aliran yang ditimbulkan oleh daun dan kotoran lainnya.
2. Jarak maksimum antar leader adalah 75 ft (22,86 m). Aturan yang paling aman adalah untuk 150 ft² (13,94 m²) luas atap dibutuhkan 1 inci luas leader. Angka-angka tersebut dapat berubah akibat kondisi-kondisi local.
3. Ukuran outlet tergantung pada jumlah & jarak antar outlet, kemiringan atap dan bentuk gutter.

4. Jenis gutter terbaik adalah jika punya kedalaman minimal sama dengan setengah kali lebarnya dan tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ lebarnya.

Gutter berbentuk setengah lingkaran merupakan bentuk yang paling ekonomis dalam kebutuhan materialnya dan menjamin adanya proporsi yang tepat antara kedalaman dan lebar gutter. Ukuran gutter tidak boleh lebih kecil dari leadernya dan tidak boleh lebih kecil dari 4 inci.

c. Sarana Pembuangan Air Limbah

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri, maupun tempat – tempat umum lainnya.

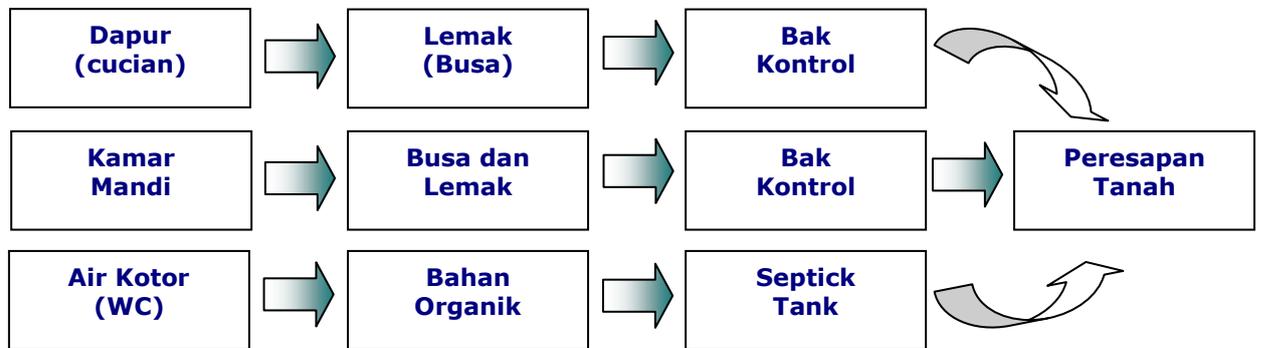
Jenis dan macam air limbah dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil, yang terdiri dari:

- 1) Air limbah domestic : berasal dari kegiatan penghunian, seperti rumah tinggal, hotel, sekolah, perkantoran, pertokoan, pasar dan fasilitas pelayanan umum. Air limbah domestik dapat dikelompokkan menjadi:
 - air buangan kamar mandi
 - air buangan WC : air kotor/tinja
 - air buangan dapur dan cucian
- 2) Air limbah Industri : berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik tekstil, pabrik pangan, industri kima, dll.
- 3) Air limbah limpasan hujan : berasal dari air hujan yang melimpas di atas permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah.

Pada umumnya air limbah mengandung bahan-bahan atau zat – zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup Meskipun merupakan sisa air , namun volumenya besar, karena lebih kurang 80 % dari air yang digunakan kegiatan manusia sehari – hari dibuang dalam bentuk yang sudah kotor (tercemar). Untuk kemudian air limbah ini akan mengalir ke sungai dan laut dimana air ini digunakan manusia kembali. Oleh sebab itu air buangan ini harus dikelola dan atau diolah secara baik. Buruknya kualitas sanitasi juga tercermin dari rendahnya persentase penduduk yang terkoneksi dengan sistem pembuangan air limbah (*sewerage system*).

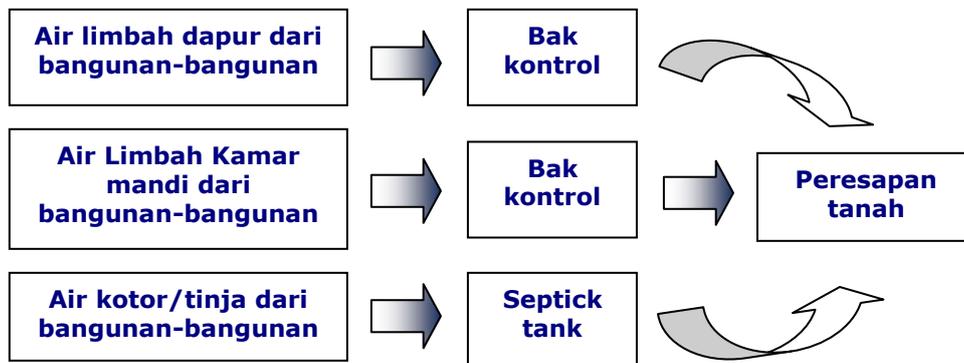
Sistem pengolahan air limbah dapat dilakukan melalui proses pengolahan secara:

- 1) Pengolahan individual : pengolahan yang dilakukan sendiri-sendiri oleh masing-masing rumah terhadap limbah domestic yang dihasilkan. Secara diagramatis penanganan air limbah secara individual ditunjukkan dalam gambar berikut:



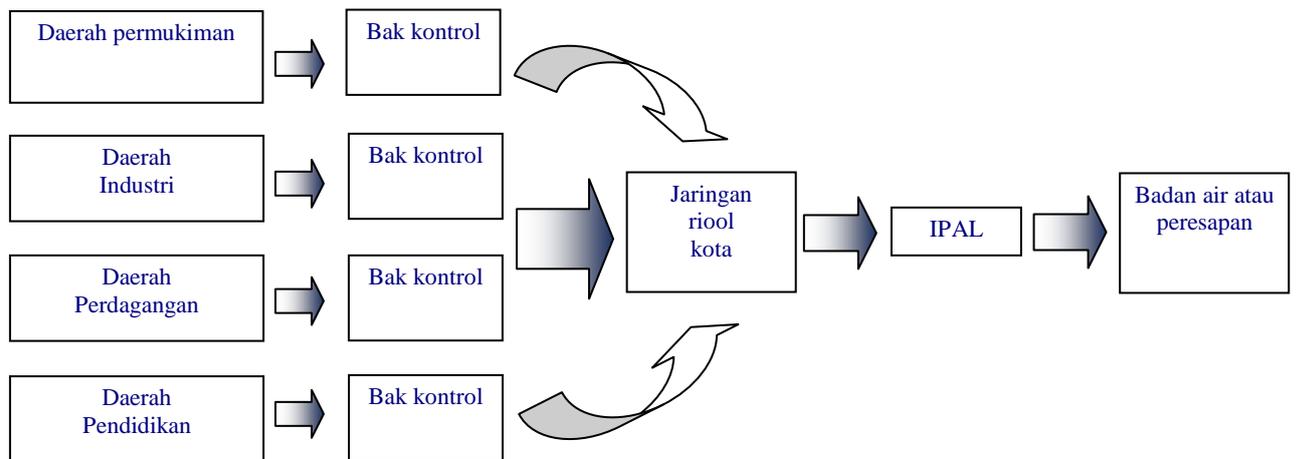
Gambar 2.10. Pengelolaan Individual

- 2) Pengolahan Individu pada Lingkungan Terbatas : dilakukan secara terpadu dalam wilayah yang kecil, seperti hotel, rumah sakit, bandara dan fasilitas umum. Secara diagramatis penanganan air limbah secara individual pada lingkungan terbatas ditunjukkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.11. Pengelolaan Individu Pada Lingkungan Terbatas

- 3) Pengolahan Komunal : dilakukan pada suatu kawasan pemukiman, industri, perdagangan, yang pada umumnya dibuang melalui jaringan riol kota untuk kemudian dialirkan ke suatu Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Secara diagramatis penanganan air limbah secara komunal ditunjukkan dalam gambar berikut:

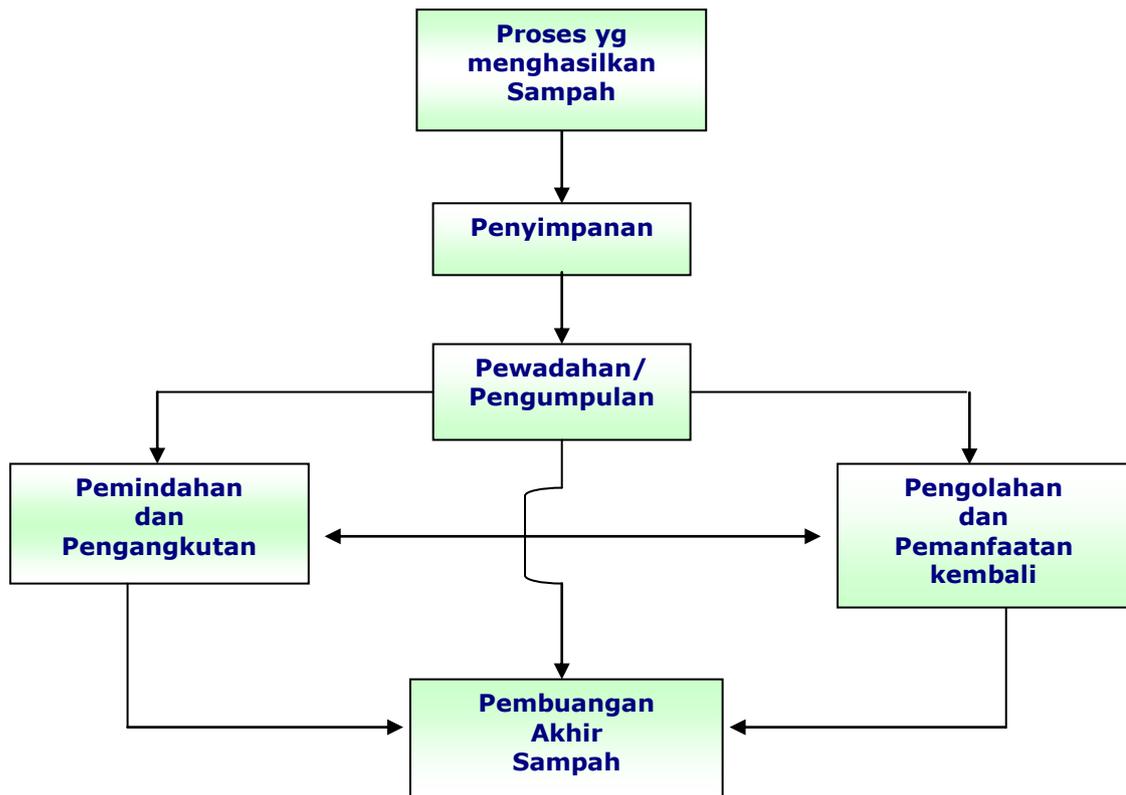


Gambar 2.12. Pengelolaan Individu Pada Lingkungan Terbatas

d. Sarana Pembuangan Sampah

Sampah merupakan sisa hasil kegiatan manusia, yang keberadaannya banyak menimbulkan masalah apabila tidak dikelola dengan baik. Apabila dibuang dengan cara ditumpuk saja maka akan menimbulkan bau dan gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Apabila dibakar akan menimbulkan pengotoran udara. Kebiasaan membuang sampah disungai dapat mengakibatkan pendangkalan sehingga menimbulkan banjir. Dengan demikian sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menjadi sumber pencemar pada tanah, badan air dan udara. Selain itu juga sudah harus dimulai penerapan prinsip-prinsip pengurangan volume sampah dengan menerapkan prinsip 4 R yaitu (Reduce, Reuse, Recycle dan Replace).

Secara umum system pengelolaan sampah ditinjau dari aspek teknis operasional dapat ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.13. Pengelolaan Sampah

Berdasarkan gambar tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sistem pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan berbagai jalur, misalnya timbulan wampah masuk ke pewadahan kemudian di bawa oleh kendaraan pengumpul langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir, atau jalur lain, misalnya setelah melalui bagian pengumpulan kemudian dibawa ke bagian pemilahan dan pengolahan, setelah itu dibuang ke tempat pembuangan akhir.

2.4.2 Pengumpulan Data, Peralatan dan Analisis Data

a. Pengumpulan Data

Data yang terkait dengan aspek lingkungan terdiri dari data sekunder maupun data primer. Data sekunder yang akan dipergunakan dikumpulkan dari berbagai sumber yang representative dan mewakili, terutama dokumen yang berkaitan dengan upaya pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan dari masing-masing pemilik bangunan.

Data primer dikumpulkan dari hasil observasi lapangan dan pengambilan sampel serta pengukuran di lokasi yang telah ditetapkan. Untuk sarana air bersih, drainase dan air limbah, sampel air diamati dan diambil sampelnya di titik-titik antara lain pada sumber air, saluran air/drainase dan outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sarana pembuangan sampah diamati terutama mengenai sistem pengelolaan sampah secara umum yang meliputi: pewadahan/penyimpanan, pengangkutan, pengolahan dan pembuangan akhir.

b. Peralatan

Untuk menunjang kegiatan monitoring penyehatan sarana dan bangunan umum diperlukan instrumen berupa formulir pengamatan dan peralatan yaitu :

i. Formulir Pengamatan

- 1) Formulir pemeriksaan
- 2) Formulir Inspeksi Sanitasi

ii. Peralatan pengukuran kualitas lingkungan antara lain :

- 1) Sanitarian Kit
- 2) Peralatan lain yang dipergunakan untuk mengukur kualitas lingkungan pada penyehatan sarana dan bangunan umum.

c. Analisis Data

Analisis aspek sanitasi mengacu pada KepMenkes No. 288/Menkes/SK/III/2003 tentang Pedoman Penyehatan Sarana dan Bangunan Umum. Beberapa form Inspeksi sanitasi seperti tertera di lampiran.

BAB III

GAMBARAN UMUM OBYEK BANGUNAN

3.1 KONDISI SARANA DAN PRASARANA KAWASAN

3.1.1. Sarana

4. Yang dimaksud dengan sarana disini adalah fasilitas sosial suatu kota. Sarana yang ada di Kota Semarang antara lain:

a. Sarana Pendidikan

Perkotaan Semarang memiliki fasilitas pendidikan formal baik negeri maupun swasta mulai dari jenjang terendah hingga tertinggi, meliputi TK, SD, SMP, SMA hingga Perguruan Tinggi. Kondisi sarana pendidikan di Perkotaan Semarang relatif baik. Skala pelayanan pendidikan untuk perguruan tinggi telah mencapai skala nasional.

b. Sarana Kesehatan

Perkotaan Semarang memiliki fasilitas kesehatan yang relatif lengkap, meliputi puskesmas, puskesmas pembantu, polindes, posyandu, rumah sakit, dan rumah sakit bersalin.

c. Sarana Peribadatan

Fasilitas peribadatan yang terdapat di Perkotaan Semarang meliputi masjid, musholla, gereja dan Vihara, yang tersebar di kawasan perencanaan.

Jumlah fasilitas peribadatan pada tahun 2005 dilihat dari data BPS Kota Semarang 2006 ; Masjid : 969 ; Musholla/Langgar : 1694 ; Gereja : 251 ; Vihara/Kuil/Pura : 36. Fasilitas peribadatan terbanyak di Kota Semarang adalah musholla yaitu sebanyak 1694 buah.

d. Sarana Perekonomian

Sarana perekonomian yang dimiliki Perkotaan Semarang berupa sarana perdagangan, seperti pasar, toko/kios/warung, warung makan yang tersebar di kawasan perencanaan.

e. Sarana Transportasi

Sistem transportasi suatu wilayah adalah sistem pergerakan manusia dan barang antar suatu zona asal ke zona tujuan dalam Wilayah yang bersangkutan. Pergerakan yang dimaksud dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai sarana atau moda,

dengan menggunakan berbagai sumber tenaga dan dilakukan untuk keperluan tertentu. Sarana transportasi baik penumpang dan barang yang ada di Kota Semarang adalah:

- Dalam kota: angkutan penumpang yang ada berupa angkota station, colt, becak dan ada beberapa daerah yang menggunakan dokar. Untuk angkutan barang berupa pick up atau mobil box, dan gerobag dorong, dll.
- Luar kota: angkutan barang berupa bus, mikrobus, colt. Untuk angkutan barang berupa pick up atau mobil box, dll.

Selain sarana transportasi umum di atas, juga terdapat sarana transportasi perorangan berupa mobil, motor, sepeda yang dapat melalui seluruh jaringan jalan yang ada. Untuk angkutan umum terdapat ketentuan jaringan jalan mana saja yang dapat dilalui. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah kemacetan dan menunjang keamanan serta ketertiban pergerakan di Kota Semarang. Untuk angkutan antar kota dapat melalui jaringan jalan provinsi yang menghubungkan Semarang - Purwodadi dan Surabaya – Solo dan Yogyakarta sedangkan jalan lokal hanya ditentukan bagi angkutan yang mempunyai rute dalam kota.

f. Sarana Ruang Terbuka Hijau

Ruang Terbuka adalah ruang-ruang dalam kota atau wilayah yang lebih luas baik dalam bentuk areal/kawasan maupun, bentuk areal memanjang/Jalur dimana dalam penggunaannya lebih bersifat terbuka yang pada dasarnya tanpa bangunan. Dengan mengacu pada pengertian tersebut, maka pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau (RTH) lebih bersifat pengisian tanaman hijau atau tumbuh-tumbuhan hijau seperti pada kawasan lahan pertanian, perkebunan, pertamanan, jalur hijau dan hutan kota.

Wujud dari ruang terbuka (open space) adalah berupa lahan tanpa atau dengan sedikit bangunan atau dengan jarak bangunan yang saling berjauhan; ruang terbuka ini dapat berupa Pertamanan, tempat olah raga, tempat bermain anak-anak, pekuburan dan daerah hijau pada umumnya. Daerah hijau pada umumnya meliputi median jalan; sempadan jalan, sungai, pantai, jalur Kereta Api atau area di bawah SUTET. Ruang Terbuka Hijau yang ada di Perkotaan Semarang berupa alun-alun kota yang berfungsi sebagai ruang publik kota, halaman halaman rumah penduduk, sawah dan ladang yang juga termasuk dalam ruang terbuka hijau kota.

3.2 KONDISI BANGUNAN DI KOTA SEMARANG

Kota Semarang sebagaimana adalah pusat ibukota Kabupaten Semarang memiliki kondisi bangunan gedung yang sangat kompleks. Corak, Ragam dan Bentuk bangunan gedung yang berbeda-beda mencerminkan fungsi dan kegunaan bangunan yang berbeda pula. Bangunan gedung didirikan tidak hanya mempertimbangkan faktor sejarah masa lalu, tetapi juga memperhitungkan kemajuan kota itu di masa yang akan datang. Upaya pelestarian dan pengembangan dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu penanganan secara fisik dan non fisik.

Dari aspek arsitektural, kota Semarang sangat bervariasi. Adanya bangunan-bangunan baru dengan desain bangunan modern dan penggunaan bahan bangunan yang beragam sangat menunjang untuk melestarikan dan mengembangkan arsitektur kota Semarang. Penggunaan struktur pada bangunan gedung yang memiliki ketinggian bangunan lebih dari 3 lantai dapat ditemukan pada beberapa bangunan seperti bangunan Hotel, Perkantoran dan Supermarket dengan skala besar.

3.2.1. Lokasi Kegiatan

Kawasan perencanaan terletak di pusat kota Semarang terdiri dari beberapa obyek bangunan yang memiliki fungsi dan bentuk yang berbeda. *Secara fisik*, bangunan gedung harus memiliki persyaratan teknis untuk suatu bangunan gedung baik persyaratan administratif dan persyaratan teknis. Beberapa Kriteria yang telah disyaratkan dalam penyelidikan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Bangunan gedung > 8 lantai, sebanyak 2 buah; atau
2. Bangunan gedung 8 lantai, sebanyak 1 buah dan bangunan gedung 1 s/d 4 lantai sebanyak 8 buah ; atau
3. Bangunan gedung 4 s/d 8 lantai, sebanyak 2 buah dan bangunan gedung 1 s/d 4 lantai, sebanyak 8 buah; atau
4. Bangunan gedung 1 s/d 4 lantai, sebanyak 10 – 20 buah tergantung luas bangunan.

Objek yang dipilih terbagi berdasarkan fungsi bangunan yang ada di Kota Semarang, antara lain bangunan dengan fungsi perkantoran, perdagangan, perbankan, pendidikan, hotel dan fasilitas kesehatan.

Adapun objek bangunan dapat dilihat pada **Tabel 3.1** berikut ini:

Tabel 3.1. Objek Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung di Kota Semarang

NO	BANGUNAN	ALAMAT
1	- GEDUNG MOCH. IKHSAN PEMKOT SEMARANG	Jalan Pemuda No. 146
2	- GEDUNG PANDANARAN	Jalan Pemuda No. 175

A). Perkantoran

1. Gedung Moch. Ikhsan Pemkot Semarang

Merupakan bangunan yang berada di kompleks Balaikota terdiri dari beberapa unit bangunan gedung, dengan data-data secara umum sebagai berikut :

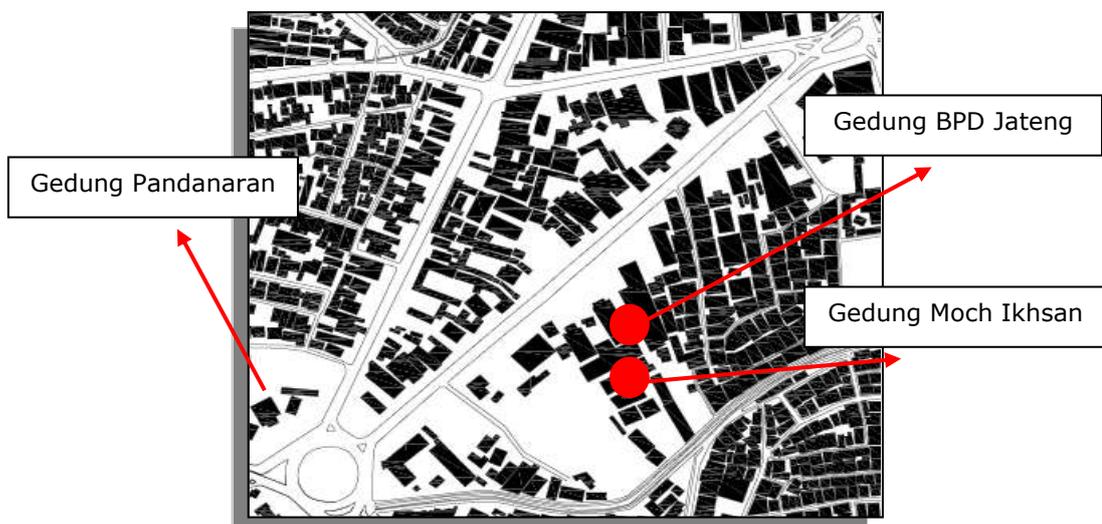
- a. Lokasi Bangunan : Jalan Pemuda No.146
- b. Nama Gedung : Gedung Kantor
- c. Fungsi Bangunan : Pelayanan Umum dalam bidang Pemerintahan
- d. Jml Lt. Bangunan : 8 lantai



2. Gedung Pandanaran

Merupakan bangunan yang berada di pusat Kota Semarang yaitu di jalan Pemuda NO. 175, dengan data pokok fisik sebagai berikut :

- a. Lokasi Bangunan : Jalan Pemuda No.175
- b. Nama Gedung : Gedung Pandanaran
- c. Fungsi Bangunan : Pelayanan Umum
- d. Jml Lt Bangunan : 8 lantai



3.2.2. Permasalahan Pokok Obyek Bangunan Studi

Kondisi dan permasalahan yang dihadapi oleh setiap obyek bangunan akan berbeda-beda sesuai dengan jenis dan fungsi bangunan yang dipakai. Pada umumnya permasalahan-permasalahan timbul akibat adanya penyimpangan antara lain :

1. Penyimpangan atau pengalihan fungsi bangunan/ ruang dan pemanfaatannya.
2. Perubahan bentuk dan struktur bangunan pada saat perencanaan maupun pelaksanaan pekerjaan.
3. Kurangnya maintenance/ perawatan bangunan.

BAB IV

TINJAUAN OBYEK BANGUNAN

4.1 KONDISI UMUM OBYEK BANGUNAN

4.1.1 Bangunan Gedung Perkantoran

A. Gedung Moch. Ikhsan Pemkot Semarang

Bangunan gedung perkantoran yang akan dijadikan objek adalah salah satu bangunan yang berada di kompleks perkantoran Balaikota Kota Semarang. Komplek perkantoran Gedung Moch. Ikhsan berada di tengah-tengah pusat kota Semarang, terdiri dari beberapa unit bangunan gedung dengan corak arsitektur dan fungsi yang beragam. Salah satu bangunan gedung yang akan dijadikan objek studi adalah bangunan dengan 8 (delapan) lantai, memiliki fungsi sebagai ruang kantor bagian Pelayanan Umum dalam bidang Pemerintahan.



Gambar 4.1. Tampak Bangunan Gedung Moch. Ikhsan Kota Semarang

B. Gedung Pandanaran

Gedung Kantor Pandanaran adalah salah satu bangunan gedung perkantoran yang akan dijadikan objek berada di pusat Kota Semarang. Salah satu bangunan gedung yang akan dijadikan objek studi adalah bangunan dengan 8 (delapan) lantai, memiliki fungsi sebagai ruang kantor bagian Pelayanan Umum.



Gambar 4.1.b Tampak Bangunan Gedung Pandanaran Kota Semarang

4.2 ANALISIS DAN EVALUASI HASIL PENGAMATAN OBYEK BANGUNAN

Berdasarkan Surat Ketetapan dari Walikota Semarang dengan Nomor 640/2194 tanggal 04 Juni 2009 bahwa telah ditetapkan beberapa obyek bangunan gedung yang akan dijadikan sebagai obyek Pemeriksaan Keandalan Bangunan Gedung di Kota Semarang. Dengan menggunakan metoda evaluasi dan kriteria yang ditetapkan, obyek bangunan adalah sebagai berikut :

1. Gedung Moch. Ikhsan Pemkot Semarang
2. Gedung Pandanaran

Survei dan pengambilan data di lapangan terhadap kondisi bangunan telah dilakukan untuk mengumpulkan :

1. Data perencanaan dan perancangan bangunan berupa IMB dan *as built drawings*,
2. Data visual berupa foto
3. Data pengukuran berupa rekaman angka atau diagram

Kondisi komponen bangunan dievaluasi berdasarkan kriteria kondisi fisik dan kinerja bangunan aktualnya.

Dengan menggunakan metoda dan kriteria evaluasi yang ditetapkan, kedua obyek bangunan tersebut yang di-observasi secara langsung di lapangan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan, yaitu:

1. Data perencanaan dan perancangan bangunan berupa IMB dan *as built drawings*,

2. Data visual berupa foto.
3. Data pengukuran berupa rekaman angka atau diagram.

Selama survey berlangsung juga dilakukan *snowball interview* antara tim pemeriksa dengan pihak pengelola. Selain bertujuan untuk menggali informasi tentang riwayat dan kondisi bangunan selama dioperasikan juga untuk menentukan secara tepat bagian dari bangunan yang harus diperiksa.

4.2.1 Bangunan Gedung Perkantoran

A. GEDUNG MOH IKSHAN

Gedung Moh. Ikshan merupakan bangunan utama yang berada di dalam kompleks balai kota Semarang. Fungsi bangunan adalah sebagai perkantoran pemerintahan. Dengan jumlah lantai 8, ruang-ruang pada bangunan ini diorganisasikan dengan secara grid sesuai dengan modul struktur yang digunakan. Akses utama diletakkan di bagian tengah dengan titik-titik sirkulasi vertikal di kedua ujung bangunan dan tengah. Berdasarkan analisis terhadap perancangan bangunan tersebut, kedua akses vertikal tersebut dimaksudkan sebagai tangga darurat. Sedangkan pada bagian tengah diletakkan lift dan tangga.

ASPEK STRUKTUR

Kondisi struktur secara umum pada gedung Moh Ikshan adalah struktur beton bertulang dengan sistim rangka, dimana kesatuan bangunan dirangkai dengan balok-balok yang terhubung ke setiap kolom. Dinding geser hanya terdapat pada ruangan lift. Berdasarkan data gambar perencanaan, pondasi utama gedung Moh Ikshan adalah pondasi *Foot Plat*. Mutu beton K225 biasanya digunakan sebagai acuan dalam desain struktur beton bertulang, terutama untuk struktur 2 (dua) lantai ke atas.

Pengujian Kekuatan Beton ini dilakukan sebagai Evaluasi Struktur gedung Moh Ikshan dalam kondisi eksisting, yang meliputi pengujian Non-Destruktive test memakai Hammer test. Alat pengujian yang dipakai adalah Hammer test Original Swiss Made Schmidt, Proceq. Pengujian kekuatan beton dengan Hammer test yang dilakukan pada struktur kolom, balok, dan plat.

Site ID Gedung Pandanaran
 Alamat Jl. Pemuda Kota Semarang
 Tanggal Uji 02.07.2009

Sample	Kolom	Kolom	Kolom	Balok	Balok	Balok	Plat	Plat
	K1	K2	depan	B1	B2	B3	P1	P2
Dimensi	100/100	30/30	100/100	50/70	30/50	100/30	T=15	T=12
1	442	467,5	442	442	442	425	382,5	476
2	442	467,5	348,5	467,5	382,5	382,5	306	399,5
3	408	484,5	442	467,5	399,5	399,5	323	476
4	374	484,5	391	425	416,5	382,5	382,5	425
5	408	425	340	467,5	357	416,5	382,5	382,5
6	408	340	408	425	374	442	408	442
7	391	484,5	467,5	484,5	357	382,5	382,5	510
8	442	391	374	484,5	374	442	382,5	416,5
9	391	425	340	391	382,5	459	408	382,5
10	374	374	374	374	340	382,5	365,5	416,5
Posisi Hammer (a)	0°	0°	0°	0°	-90°	- 90°	+ 90°	- 90°
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)	408	434,35	392,7	442,85	382,5	411,4	372,3	432,65
Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	442	484,5	467,5	484,5	442	459	408	510
Kuat Tekan Minimum (kg/cm ²)	374	340	340	374	340	382,5	306	382,5
Kuat Tekan Karakteristik (kg/cm ²)	366,64728	353,4379	321,4013	382,908	335,4331	365,5037	320,5903	365,9562

Komponen	Sub Komponen	Nilai Maks Keandalan (%)	Nilai keandalan komponen struktur	Faktor Reduksi						Nilai Keandalan Total (%)		
				Kondisi Andai	N.K (%)	Kurang Andai	N.K (%)	Tidak Andai	N.K (%)			
				95 - 100		85 - <95		< 85				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
Struktur Bawah	Pondasi, Kepala Pondasi, Balok Pondasi	25	95,00	Kuat, Kaku, Stabil	95,00	Kuat, Kurang Kaku, Stabil		Tidak stabil, retak, tidak kuat, pecah			23,7	
	Sub Total										23,7	
Struktur Atas	Join Kolom - Balok	15	94,26	Kuat, Kaku, Daktail		Kuat, tetapi telah retak rambut	94,26	Tidak kaku, retak sudah tampak			14,14	
	Kolom	20	100,00	Kuat, Kaku, Daktail	100,0	Kuat, retak lentur		Retak lentur/geser			20,00	
	Balok	15	94,26	Kuat, Kaku, Daktail		Kuat, retak lentur	94,26	Retak lentur/geser			14,14	
	Slab Lantai	4,5	94,26	Kuat, Awet, Aman		Retak rambut	94,26	Retak 1-3 mm			4,24	
	Slab Atap	0,5	100,00	Kuat, Awet, Aman	100,0	Retak rambut		Retak, bocor			0,50	
	Rangka Atap, Ikatan Angin, Gording	5	96,00	Kuat, Kaku, Aman	96,00	Lendut > L/300		Retak, bocor			4,80	
	Sub Total											57,8
Struktur Pelengkap	Peggantung Langit-langit	1	94,11	Kuat, Rata/Datar		Kuat, kurang rata	94,11	Kurang rata, ada lendutan			0,94	
	Dinding Pasangan Bata/Batako	2	94,11	Kuat, tanpa retak		Batang jangkar lemah, retak rambut	94,11	Tanpa jangkar ikat dinding retak/belah			1,88	
	Balok Anak, Leufel, Canopy	6	95,00	Kuat, kaku, daktail	95,00	Kuat, retak lentur		Retak lentur/geser			5,70	
	Tangga beton/baja/kayu	6	90,80	Kuat, kaku		Retak rambut, kuat, lendut	90,80	Rusak, tidak kaku, melendut			5,45	
	Sub Total											13,9
TOTAL NILAI KEANDALAN BANGUNAN											95,5	

ASPEK LINGKUNGAN

Air Bersih

Gedung Moch Ikhsan menggunakan sumber air bersih yang berasal dari 1 (satu) buah sumur dalam (artesis) dan air minum menggunakan air dalam kemasan/gallon. Jika dilihat dari konstruksi bangunan sumur, tidak dimungkinkan air hujan masuk ke dalam bangunan. Bangunan sumur juga telah dilengkapi pipa penguras dan peluap dan bangunan dilengkapi dengan lubang pemeriksaan (*manhole*). Air sumur ini kemudian dipompa dan ditampung di bak penampung bawah kapasitas 120 m³, serta tandon atas kapasitas 90 m³. Pompa instalasi, pompa distribusi dan alat kontrol serta kran masih dalam kondisi baik. Bangunan tandon bawah (tangki penampung air) maupun tandon atas (tangki atap) memenuhi syarat dan tidak mudah terkena pencemaran. Air yang berasal dari tandon sumur untuk kemudian didistribusikan dengan sistem perpipaan ke masing-masing lantai dengan sistem gravitasi. Kebutuhan air ini digunakan untuk kegiatan institusional seperti untuk keperluan kamar mandi/WC, mencuci/membersihkan ruang dan peralatan kantor dan penyiraman taman.

Drainase Gedung

Gedung Moch Ikhsan sudah dilengkapi dengan sistem plambing untuk menangkap/menampung air hujan yang jatuh ke atas atap dan balkon atau bidang tangkap lainnya di atas tanah. Penyaluran air hujan/ sistem pembuangan air hujan menggunakan sistem gravitasi melalui pipa talang tegak (*leader*), talang datar dan saluran persil. Talang tegak ada yang diletakkan di dalam bangunan ataupun di luar bangunan. Sistem penyaluran air hujan dilakukan dengan cara gravitasi melalui pipa air hujan dari atap menuju lantai dasar (*floor drain*) kemudian dihubungkan ke titik-titik pengeluaran, di luar gedung, di halaman mulai 1 (satu) meter dari dinding paling luar gedung sampai ke riol umum. Pipa air hujan dan komponen utilitas drainase lain dalam kondisi baik dan masih berfungsi.

Air Limbah

Air limbah atau air buangan yang dihasilkan dari kegiatan gedung Moch. Ikhsan Semarang terdiri dari 1). air kotor, yaitu buangan yang berasal dari kloset, peturasan dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat plumbing lainnya; 2). air bekas, seperti dari bak mandi, bak cuci tangan (*wastafel*). Pengelolaan seluruh air buangan/ air limbah dari kegiatan dengan cara dimasukkan ke dalam saluran pembuangan air limbah terpisah dengan sistem pembuangan air hujan. Kondisi saluran limbah cair ke air, ada

yang tertutup, ada pula yang terbuka dan limbah cair dapat mengalir dengan lancar. Sistem pembuangan di luar gedung merupakan sistem pembuangan campuran air limbah dan air hujan. Di belakang gedung masih dijumpai penempatan pipa hidran, pipa air bersih yang memungkinkan terjadinya *cross connection* (hubungan pintas) pada jaringan dengan air limbah. Ketersediaan peralatan plumbing seperti jamban, urinal, lavatory (bak cuci tangan) cukup tersedia untuk digunakan sejumlah karyawan maupun kunjungan masyarakat umum yang berhubungan dengan pelayanan public. Toilet untuk karyawan pria dipisahkan dengan toilet karyawan wanita. Di tiap lantai masing-masing tersedia 3 unit. Pembersihan peralatan toilet diserahkan pada jasa *cleaning service*, tetapi di beberapa tempat kondisinya kurang terawat.



Gambar 4.2 Sistem pembuangan di luar gedung : terbuka (a); penempatan pipa hidran, pipa air bersih yang memungkinkan terjadinya *cross connection* dengan air limbah (b)



Gambar 4.3 Toilet untuk karyawan wanita di lantai 1

Pengelolaan Sampah

Kegiatan perkantoran di Gedung Moch. Ikhsan, seperti gedung perkantoran lain, banyak menghasilkan limbah padat (sampah) berupa kertas, plastik dan kardus. Pengumpulan sampah di dalam gedung menggunakan kotak kayu yang dilapisi seng, akan tetapi kotak sampah dari kayu, ada yang dialih fungsikan untuk meletakkan pot bunga. Bin plastic yang diletakkan di luar gedung bagian belakang (sebagai tempat penampungan sementara/TPS) sudah diupayakan adanya pemilahan jenis sampah, meskipun masih banyak juga sampah yang dikumpulkan tidak sesuai antara jenis sampah dan bin yang tersedia, bahkan tidak sedikit pula yang masih berceceran, meskipun pengambilan sampah dilakukan rutin tiap hari. Hal ini tentu saja dapat mengganggu estetika, apalagi TPS yang ada terbuka tanpa pembatas dan berdekatan dengan areal parkir.



Gambar 4.4 Tempat sampah yang dialihfungsikan untuk tempat pot bunga (a); Tempat sampah dari kayu berpelapis seng dan masih berfungsi (b)



Gambar 4.5 Tempat penampungan sementara (TPS) menggunakan bin plastik untuk memisahkan sampah basah dan kering

Rekomendasi :

- Perlu perawatan untuk system plumbing, terutama peralatan toilet
- Sedapat mungkin menghindari terhubungnya pipa air bersih/minum dengan pipa lainnya
- TPS dibuat lebih tertutup, untuk menghindari penyebaran vector penyakit

ASPEK UTILITAS

I. Nilai Keandalan Utilitas Pencegahan Kebakaran

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Pencegahan Kebakaran	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
1A	SISTEM DETEKSI ALARM KEBAKARAN	NF = 20			100,00
	1. Alat-alat deteksi	3	100	3	
	2. Titik Panggil manual	3	100	3	
	3. Panel control Kebakaran	4	100	4	
	4. Catu daya	3	100	3	
	5. Alarm Kebakaran	3	100	3	
	6. Kabel Instalasi	4	100	4	
1B	SPRINKLER OTOMATIS	NF = 20			100,00
	1. Pompa Air	4	100	0	
	2. Kepala Sprinkler	4	100	0	
	3. kran Uji	4	100	0	
	4. Tangki Air	4	100	0	
	5. Pipa Instalasi	4	100	0	
1C	GAS PEMADAM API	NF = 20			100,00
	1. Kumpulan Tabung Gas Pemadam Api	3	0	0	
	2. Alarm Kebakaran	2	0	0	
	3. Stater Otomatis	2	0	0	
	4. Catu Daya	2	0	0	
	5. Panel Kontrol	2	0	0	
	6. Kotak Operasi Manual	2	0	0	
	7. Alat-alat Deteksi kebakaran	3	0	0	
	8. Nosel Gas	2	0	0	
9. Kran Pemilih Otomatis	2	0	0		
1D	HIDRAN	NF = 20			100,00
	1. Pompa Air	3	100	3	
	2. Pipa Instalasi	3	100	3	
	3. Tangki Penekan Atas/Alat Kontrol	3	100	3	
	4. Hidran Kotak	3	100	3	
	5. Hidran Pilar	3	100	3	
	6. Sumber Air	3	100	3	
7. Tangki Penampung Air	2	100	2		
1E	TABUNG PEMADAM API RINGAN	NF = 20			100,00
	1. Tabung Gas Tersegel	10	100	10	
	2. Selang	10	100	10	

Sistem instalasi pencegahan kebakaran di gedung M. Ikhsan Balai Kota Semarang sudah di bangun yang terdiri dari beberapa komponen utilitas pencegahan kebakaran, seperti sistem deteksi kebakaran, hidran dan tabung pemadam api ringan. Komponen utilitas sprinkler otomatis tidak terdapat di semua lantai bangunan, namun hanya terdapat di lantai 7 (tujuh) saja. Dari sistem pencegahan kebakaran yang ada, belum terdapat komponen utilitas *Gas Pemadam Api*.

II. Nilai Keandalan Utilitas Transportasi Vertikal

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Transportasi Vertikal	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
2A	LIF (LIFT)	NF = 50			100,00
	1. Motor Penggerak	8	100	8	
	2. Sangkar dan alat Kontrol	7	100	7	
	3. Motor Penggerak Pintu	7	100	7	
	4. Kabel dan Panel Listrik	7	100	7	
	5. Rel	7	100	7	
	6. Alat Penyeimbang Sangkar	7	100	7	
	7. Peredam Sangkar	7	100	7	
2B	ESKALATOR	NF = 50			100,00
	1. motor Penggerak	8	100	8	
	2. Alat Kontrol	7	100	7	
	3. Kabel dan Panel Listrik	7	100	7	
	4. Rantai Penarik	7	100	7	
	5. Roda-roda gigi Penarik	7	100	7	
	6. Badan Eskalator	7	100	7	
	7. Anak Tangga/lantai	7	100	7	

Gedung M. Ikhsan merupakan bangunan yang mempunyai lebih dari empat lantai, sehingga sangat dibutuhkan adanya transportasi vertikal berupa lift. Pada gedung ini, terdapat tiga buah lift yang dioperasikan.

III. Nilai Keandalan Utilitas Plumbing

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Plumbing	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi ϕ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
3A	AIR BERSIH	NF = 50			100,00
	1.Sumber air dari PAM *) dan Meter Air	5	100	5	
	2. Sumber Air dari sumur dala, pompa air, alat control, Meter Air *)	5	100	5	
	3.Tangki Penampung Air	6	100	6	
	4. Tangki Air Atas : Menara	6	100	6	
	5. Pompa Penampung air dan alat kontrol	6	100	6	
	6. Pompa Distribusi dan Tangki Hidrofor dan alat control	6	100	6	
	7. Listrik untuk Panel Pompa	5	100	5	
	8. Pompa Instalasi	6	100	6	
	9. Kran	5	100	5	
3B	AIR KOTOR	NF = 50			100,00
	1. Kloset/ bidet/ Urinoir	7	95	6,65	
	2. saluran ke Tangki Septik	6	100	6	
	3. Kran Air gelontor	6	100	6	
	4. Tangki Septik	7	100	7	
	5. Bak cuci, tempat cuci tangan	6	100	6	
	6. saluran dari Bak cuci ke saluran terbuka	6	100	6	
	7. Lobang/ saluran pengurasan lantai	6	100	6	
	8. Pipa Air Hujan	6	100	6	

IV. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Listrik

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Listrik	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
4A	SUMBER DAYA PLN	NF = 50			100,00
	1. Panel Tegangan Menengah	8	100	8	
	2. Trafo	7	100	7	
	3. Panel Tegangan Tengah	7	100	7	
	4. Panel Distribusi	7	100	7	
	5. Lampu TL/ Pijar/ Halogen/ SL	7	100	7	
	6. Armatur	7	100	7	
	7. Kabel Instalasi	7	100	7	
4B	SUMBER DAYA GENSET	NF= 50			100,00
	1. motor Penggerak	7	100	7	
	2. Alternator	7	100	7	
	3. Alat pengisi aki	4	100	4	
	4. Radiator/ pendingin	6	100	6	
	5. Kabel Instalasi	7	100	7	
	6. AMF	7	100	7	
	7. Daily Tank	6	100	6	
	8. Panel	6	100	6	

Gedung M. Ikhsan Balai kota Semarang mendapatkan suplai listrik sistem tiga fasa dengan tegangan sistem 20 kV/380 V. Sumber listrik dari PLN ini melalui dua buah trafo distribusi yang masing – masing trafo mempunyai kapasitas 1100 kVA dan 630 kVA. Trafo dengan kapasitas 1100 kVA digunakan untuk mensuplai listrik ke beban AC Central (Ciller) sedangkan sumber listrik yang digunakan untuk keperluan gedung mendapatkan suplai dari trafo 630 kVA.

Selain dari PLN, gedung M. Ikhsan mempunyai energi listrik cadangan yang berasal dari satu buah genset yang kapasitas 770 kVA, yang digunakan hanya untuk mem-backup sumber listrik yang digunakan untuk pelayanan gedung saja. Operasional Genset tersebut sudah menggunakan sistem Automatic Main Failure (AMF) dan Automatic Transfer Switch (ATS), di mana pada saat Sumber PLN mati atau OFF, Genset otomatis langsung hidup, kemudian secara otomatis pula beban akan disuplai oleh Genset.

Va. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Tata Udara (Sentral)

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Tata Udara (Sentral)	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi ϕ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
5A	SISTEM PENDINGIN LANGSUNG (Media Air)	NF=50			100,00
	1. Kompresor	4	100	4	
	2. Evaporator	4	100	4	
	3. Kondensor	4	100	4	
	4. Panel Distributor	3	100	3	
	5. Kipas Udara Evaporator	3	100	3	
	6. Kipas Udara Kondensator	3	100	3	
	7. Media Pendingin	3	100	3	
	8. Pipa Instalasi Media Pendingin	3	100	3	
	9. Alat Kontrol	3	100	3	
	10. Difuser gril	4	100	4	
	11. Cerobong Udara	3	100	3	
	12. Menara Pendingin	4	100	4	
	13. Pipa Instalasi air pendingin kondensor	3	100	3	
	14. Pompa sirkulasi air pend kondensor	3	100	3	
15. Panel Kontrol	3	100	3		
5B	SISTEM PENDINGIN TIDAK LANGSUNG (Media Udara)	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	4	100	4	
	2. Evaporator	4	100	4	
	3. Pipa Instalasi Air Es	4	100	4	
	4. Pipa Sirkulasi Air Es	3	100	3	
	5. Kondensor	3	100	3	
	6. Kipas Udara Kondensor	3	100	3	
	7. Media Pendingin	3	100	3	
	8. Media Pendingin Air Es	3	100	3	
	9. Unit Pengolah Udara	5	100	5	
	10. Alat Kontrol Cerobong Udara	3	100	3	
	11. Difuser gril	5	100	5	
	12. pipa instalasi air pendingin Kondensor	3	100	3	
	13. pompa sirkulasi Pendingin Kondensor	4	100	4	
14. Panel Kontrol	3	100	3		

Vb. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Tata Udara (Non Sentral)

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Tata Udara (Non Sentral)	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
5A	SISTEM AC WINDOW	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	18	100	18	
	2. Evaporator	16	100	16	
	3. Kondensor	16	100	16	
5B	SISTEM AC SPLIT /FCU	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	13	100	13	
	2. Evaporator	13	100	13	
	3. Pipa Instalasi	12	100	12	
	4. Kondensor	12	100	12	

Gedung M. Ikhsan mempunyai sistem tata udara sentral yang menggunakan ciller dan tata udara non sentral yang menggunakan AC Split untuk ruangan-ruangan tertentu saja.

VI. Nilai Keandalan Utilitas Penangkal Petir

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Penangkal Petir	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
6A	INSTALASI PROTEKSI PETIR EKSTERNAL	NF = 50			100,00
	1. Kepala Penangkal Petir	16	100	16	
	2. Hantaran Pem-bumi-an	16	100	16	
	3. Elektroda Pem-bumi-an	18	100	18	
6B	INSTALASI PROTEKSI PETIR	NF = 50			100,00
	1. Arester Tegangan Lebih	13	100	13	
	2. Stri Pengikat Ekuipotensial	12	100	12	
	3. Hantaran Pem-bumi-an	12	100	12	
	4. Elektroda Pem-bumi-an	13	100	13	

Terdapat sistem instalasi penangkal petir pada gedung M. Ikhsan, yang menggunakan jenis Thomas. Pengukuran tahanan pentanahan penangkal petir, didapatkan nilai resistansi 0,44 Ohm yang masih sesuai dengan standar yang ditetapkan.

VII. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Komunikasi

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Komunikasi	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Nilai tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
7A	INSTALASI TELEPON	NF = 50			100,00
	1. Pesawat telepon	16	100	16	
	2. PABX	18	100	18	
	3. Kabel Instalasi	16	100	16	
7B	INSTALASI TATA SUARA	NF = 50			100,00
	1. Mikropon	12	100	12	
	2. Panel system tata suara	13	100	13	
	3. Speaker	13	100	13	
	4. Kabel Instalasi	12	100	12	

Untuk sistem keandalan utilitas instalasi komunikasi, gedung M. Ikhsan Semarang telah dilengkapi dengan Instalasi Telepon dengan PABX dan instalasi tata suara yang lengkap.

VIII. Nilai Keandalan Kelompok Utilitas

No. Kode Komp Utilitas K-U	Kondisi Kefungsian Komponen Utilitas	Nilai Maksimum Keandalan (%)	Faktor Reduksi Φ (%)	Nilai Keandalan	
				Bag Komp. Utilitas (3) x (4)	Komp. Utilitas μ_{ku}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	INSTALASI PENCEGAHAN KEBAKARAN				
1A	Sist.Alarm Kebak. berfungsi baik/kurang/tidak berfungsi	20	100,00	20	
1 B	Sprinkler, berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	20	100,00	20	
1 C	Gas pemadam, berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	0	0,00	0	
1 D	Hidran, kapasitas %	20	100,00	20	
1 E	Tabung PAR%	20	100,00	20	
	Sub Total				80,00
2	TRANSPORTASI VERTIKAL				
2 A-1	Motor Penggerak kondisinya	8	100,00	8	
2a-2-7	Bagian lain kondisinya baik/ kurang/ tidak berfungsi	42	100,00	42	
2B-1-7	Eskalator ada/ tidak ada, kondisinya	50	100,00	50	
	Sub Total				100,00
3A	PLAMBING AIR BERSIH				
3A-1	Supply Air PAM kapasitas %	5	100,00	5	
3A-4	Tangki Air Kapasitas %	6	100,00	6	
3A-5	Kapasitas Pompa Air %	6	100,00	6	
3A-9	Kran kondisi %	5	100,00	5	
	Bag. Komp. Util. lain baik/ kurang/tidak berfungsi	28	100,00	28	
3B	PLAMBING AIR KOTOR				
3B-1	Kloset kondisi baik %	7	100,00	7	
3B-2	Saluran kondisi baik %	6	100,00	6	
3B-8	Pipa Air hujan kondisi baik %	6	100,00	6	
	Bag. Komp. Util. Sisa lain baik/kurang/tidak berfungsi	31	100,00	31	
	Sub Total				100,00
4A	INSTALASI LISTRIK PLN				
4A-7	Kabel-kabel kondisi %	7	100,00	7	
4A-5	Lampu-lampu TL kondisi baik %	7	100,00	7	
4A-lain	Bag. Komp. Lain baik/ kurang/tidak berfungsi	36	100,00	36	
4B	GENSET, kondisi %				
	Bag. Pelengkap kondisi baik/kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50	
	Sub Total				100,00
5	TATA UDARA (AC)				
5A	System pendingin langsung, ada/ tidak ada	50	100,00	50	

	Sistem pendingin tidak langsung :			
5B-1	Kompresor kondisi %	4	100,00	4
5B-6	Kipas Sirkulasi kondisi, %	3	100,00	3
5B-9	Unit pengolah udara, baik/kurang baik/tidak berfungsi	5	100,00	5
	Bagian lain berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	38	100,00	38
	Sub Total			100,00
6	INSTALASI PROTEKSI PETIR			
	Eksternal : berfungsi baik/kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50
	Internal : Berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50
	Sub Total			100,00
7	INSTALASI KOMUNIKASI			
	Telefon : Berfungsi baik/ kurang/ tidak berfungsi	50	100,00	50
	Tata suara : Berfungsi baik/ kurang/ tidak berfungsi	50	100,00	50
	Sub Total			100,00
TOTAL NILAI KEANDALAN UTILITAS BANGUNAN				

- **HASIL PENGUKURAN KUALITAS DAYA LISTRIK**

- Pengukuran dengan alat Power Quality Analyzer tidak dapat dilakukan karena tata letak peralatan dan konstruksi Panel Listrik Utama tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran. Untuk pengukuran terhadap transformator juga tidak dapat dilakukan, karena sulitnya akses masuk ke ruangan trafo.



- Detektor Kebakaran



- Hidran Kotak & Alarm

Nilai Keandalan Utilitas Bangunan Gedung

No. Komp. Util. i	Jenis Komponen Utilitas Gedung Instalasi:	Nilai Maks. Keandalan (%)	μ_{ku} (%)	Kondisi Andal, Kurang Andal, Tidak Andal (%)			Keandalan N_{ku} (%)
				Andal 99 -100	KA 95 - <99	TA <95	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Intalasi Pencegahan Kebakaran	20	80,00	x	x	80	
2	Transportasi Vertikal	15	100,00	100	x	x	
3	Plumbing	15	99,65	99,65	x	x	
4	Instalasi Listrik	20	100,00	100	x	x	
5	Tata Udara, AC	15	100,00	100	x	x	
6	Instalasi Penangkal Petir	5	100,00	100	x	x	
7	Instalasi Komunikasi	10	100,00	100	x	x	
Total Nilai Keandalan seluruh Komponen Utilitas $\Sigma (\mu_{ku}.i)$			97,09	Maka Utilitas gedung secara keseluruhan : Andal/ Kurang/Tidak Andal			KURANG ANDAL

B. Gedung Pandanaran

Fungsi awal gedung Pandanaran adalah untuk kantor perbankan. Peralihan kepemilikan sebagai perkantoran pemerintahan memiliki konsekuensi dalam hal tata ruangnya. Hal ini terlihat dari perubahan lantai dasar bangunan dari lobby bank menjadi perpustakaan umum daerah. Orientasi akses masuk ke dalam bangunan juga mengalami perubahan yang mendasar karena penempatan *entrance* utama menjadi kurang jelas.

ASPEK STRUKTUR

Kondisi struktur secara umum pada Gedung Pandanaran adalah struktur beton bertulang dengan sistim rangka, dimana kesatuan bangunan dirangkai dengan balok-balok yang terhubung ke setiap kolom. Struktur kuda-kuda menggunakan rangka baja. Berdasarkan data gambar perencanaan, pondasi utama Gedung Pandanaran adalah pondasi Tiang Pancang.

Pengujian Kekuatan Beton ini dilakukan sebagai Evaluasi Struktur Gedung Pandanaran dalam kondisi eksisting, yang meliputi pengujian Non-Destruktive test memakai Hammer test. Alat pengujian yang dipakai adalah Hammer test Original Swiss Made Schmidt, Proceq. Pengujian kekuatan beton dengan Hammer test yang dilakukan pada struktur Kolom, balok, dan plat.

Perhitungan Kekuatan Beton

Langkah Perhitungan mencari besarnya kekuatan beton menggunakan pengujian Hammer test adalah Hammer Rebound yang terdapat di alat tersebut pada saat pelaksanaan di plotkan pada table dengan arah sudut pada pelaksanaan yang telah disesuaikan sehingga didapatkan kekuatan tekan beton kubus.

Lokasi Pengujian

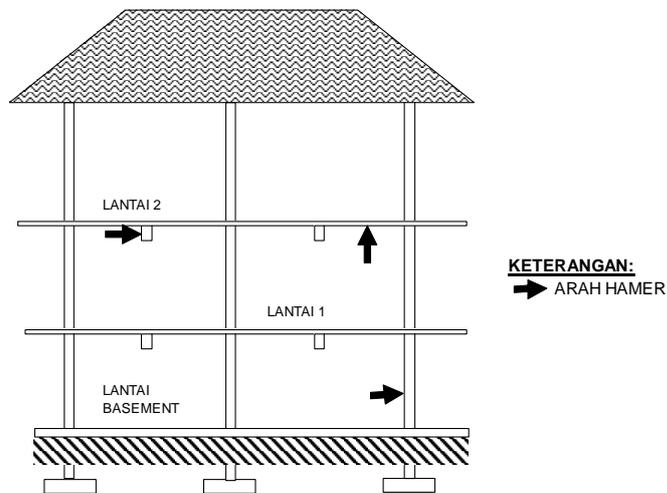
Lokasi pengujian Hammer Test diambil secara acak yang terdiri dari kolom, balok (lihat gambar di bawah).. Penentuan sampel dilakukan berdasarkan keterangan/data yang diperoleh bahwa dalam desain maupun pelaksanaan fisik bangunan Gedung Pandanaran ini dilakukan dalam waktu yang relatif serentak. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa kualitas beton antara komponen struktur dengan jenis yang sama satu sama lain (misal kolom saja atau balok saja) adalah tidak jauh berbeda.

Hasil Perhitungan Hammer Test

Setiap pengujian dilakukan test sebanyak 10 kali percobaan di setiap titik dengan posisis hammer test (0° , $+90^\circ$, dan -90°). Foto-foto hasil pengamatan visual dan pengujian terdapat pada lampiran.

Berdasarkan Hasil pengujian diperoleh kuat tekan karakteristik rata-rata sebagai berikut:

- Kolom = K417,6 (Kuat tekan karakteristik $417,6 \text{ kg/cm}^2$)
- Balok = K265,2 (Kuat tekan karakteristik $265,2 \text{ kg/cm}^2$)
- Plat = K302,2 (Kuat tekan karakteristik $302,2 \text{ kg/cm}^2$)



Gambar Lokasi pengujian Hammer test

Tabel Sampel Hasil pengujian Hammer Test Gedung Pandanaran

Site ID
 Alamat
 Tanggal Uji

Gedung Pandanaran
 Jl.Pemuda Kota Semarang
 /07/2009

Sample	Kolom	Kolom	Balok	Balok	Plat	Plat
	K1	K2	B basment	B1	P1	P 2
Dimensi	80/80	80/80	40/60	30/50	T=12	T=12
1	425	467.5	467.5	280.5	348.5	399.5
2	391	484.5	382.5	450.5	433.5	255
3	484.5	459	467.5	399.5	484.5	467.5
4	391	459	297.5	331.5	297.5	399.5
5	484.5	484.5	450.5	238	450.5	331.5
6	484.5	467.5	416.5	272	416.5	280.5
7	484.5	484.5	450.5	221	450.5	399.5
8	391	484.5	467.5	221	467.5	416.5
9	467.5	484.5	416.5	382.5	416.5	450.5
10	484.5	459	433.5	314.5	433.5	433.5
Posisi Hammer (α)	0°	0°	90°	90°	90°	90°
Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)	448.8	473.45	425	311.1	419.9	383.35
Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)	484.5	484.5	467.5	450.5	484.5	467.5
Kuat Tekan Minimum (kg/cm ²)	391	459	297.5	221	297.5	255
Kuat Tekan Karakteristik (kg/cm ²)	380.56516	454.6956	343.0025	187.4812	331.9122	272.4503

Pembahasan

Pengamatan Visual

Berdasarkan pengamatan secara visual terlihat bagian struktur tertentu telah mengalami retak rambut serta pelapukan (foto lampiran). Namun demikian secara kuantitas retak-retak yang terjadi masih sangat sedikit dibandingkan dengan luas bangunan eksisting. Khusus pada struktur lantai dasar diindikasikan terjadi penurunan bangunan, dimana hal ini terlihat dari sisi luar bangunan yang mengalami retak cukup lebar.



Kolom terkelupas dan keropos



Pelapukan pada dinding



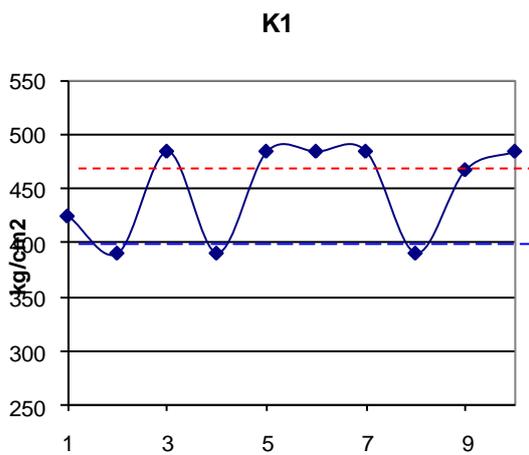
Retak lebar bagian bawah bangunan, indikasi penurunan sebagian bangunan



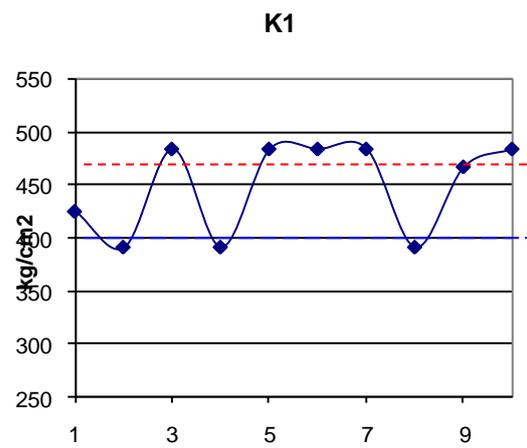
Retak pada dinding

Hasil Hammer Test

Berdasarkan hasil Hammer Test di atas menunjukkan bahwa kuat tekan karakteristik kolom dan balok eksisting mempunyai nilai yang sangat tinggi (di atas K300). Mutu beton balok juga mempunyai nilai karakteristik yang cukup baik, yaitu di atas K250. Gambar 5 dan 6 menunjukkan nilai kuat tekan beton di berbagai titik pengujian yang terlihat sangat fluktuatif satu sama lain. Besarnya fluktuasi tersebut terutama disebabkan oleh letak pengujian yang dimungkinkan Hammer mengenai permukaan mortar maupun batuan.



Nilai kuat tekan beton setiap titik; Kolom K1



Nilai kuat tekan beton setiap titik; balok K2

Keandalan Struktur

Hasil perhitungan nilai keandalan struktur Gedung Pandanaran diperoleh nilai 94,89; yang berarti struktur masuk kategori KURANG ANDAL.

Komponen	Sub Komponen	Nilai Maks Keandalan (%)	Nilai keandalan komponen struktur	Faktor Reduksi						Nilai Keandalan Total (%)	
				Kondisi Andai	N.K (%)	Kurang Andai	N.K (%)	Tidak Andai	N.K (%)		
				95 - 100		85 - <95		< 85			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Struktur Bawah	Pondasi, Kepala Pondasi, Balok Pondasi	25	95,00	Kuat, Kaku, Stabil	95,00	Kuat, Kurang Kaku, Stabil		Tidak stabil, retak, tidak kuat, pecah		23,75	
	Sub Total										23,75
Struktur Atas	Join Kolom - Balok	15	97,89	Kuat, Kaku, Daktail	97,89	Kuat, tetapi telah retak rambut		Tidak kaku, retak sudah tampak		14,68	
	Kolom	20	97,64	Kuat, Kaku, Daktail	97,64	Kuat, retak lentur		Retak lentur/geser		19,53	
	Balok	15	95,68	Kuat, Kaku, Daktail	95,68	Kuat, retak lentur		Retak lentur/geser		14,35	
	Slab Lantai	4,5	90,88	Kuat, Awet, Aman		Retak rambut	90,88	Retak 1-3 mm		4,09	
	Slab Atap	0,5	93,11	Kuat, Awet, Aman		Retak rambut	93,11	Retak, bocor		0,47	
	Rangka Atap, Ikatan Angin, Gording	5	100,00	Kuat, Kaku, Aman	100,00	Lendut > L/300		Retak, bocor		5,00	
	Sub Total										58,12
Struktur Pelengkap	Penggantung Langit-langit	1	84,08	Kuat, Rata/Datar		Kuat, kurang rata		Kurang rata, ada lendutan	84,08	0,84	
	Dinding Pasangan Bata/Batako	2	88,48	Kuat, tanpa retak		Batang jangkar lemah, retak rambut	88,48	Tanpa jangkar ikat dinding retak/belah		1,77	
	Balok Anak, Leufel, Canopy	6	85,00	Kuat, kaku, daktail		Kuat, retak lentur	85,00	Retak lentur/geser		5,10	
	Tangga beton/baja/kayu	6	88,48	Kuat, kaku		Retak rambut, kuat, lendut	88,48	Rusak, tidak kaku, melendut		5,31	
	Sub Total										13,02
TOTAL NILAI KEANDALAN BANGUNAN											94,89

ASPEK UTILITAS

I. Nilai Keandalan Utilitas Pencegahan Kebakaran

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Pencegahan Kebakaran	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
1A	SISTEM DETEKSI ALARM KEBAKARAN	NF = 20			100,00
	1. Alat-alat deteksi	3	100	3	
	2. Titik Panggil manual	3	100	3	
	3. Panel control Kebakaran	4	100	4	
	4. Catu daya	3	100	3	
	5. Alarm Kebakaran	3	100	3	
1B	SPRINKLER OTOMATIS	NF = 20			100,00
	1. Pompa Air	4	100	0	
	2. Kepala Sprinkler	4	100	0	
	3. kran Uji	4	100	0	
	4. Tangki Air	4	100	0	
1C	GAS PEMADAM API	NF = 20			100,00
	1. Kumpulan Tabung Gas Pemadam Api	3	100	3	
	2. Alarm Kebakaran	2	100	2	
	3. Stater Otomatis	2	0	0	
	4. Catu Daya	2	0	0	
	5. Panel Kontrol	2	0	0	
	6. Kotak Operasi Manual	2	100	2	
	7. Alat-alat Deteksi kebakaran	3	100	3	
	8. Nosel Gas	2	100	2	
9. Kran Pemilih Otomatis	2	0	0		
1D	HIDRAN	NF = 20			100,00
	1. Pompa Air	3	100	3	
	2. Pipa Instalasi	3	100	3	
	3. Tangki Penekan Atas/Alat Kontrol	3	100	3	
	4. Hidran Kotak	3	100	3	
	5. Hidran Pilar	3	100	3	
	6. Sumber Air	3	100	3	
7. Tangki Penampung Air	2	100	2		
1E	TABUNG PEMADAM API RINGAN	NF = 20			100,00
	1. Tabung Gas Tersebel	10	100	10	
	2. Selang	10	100	10	

Gedung Pandanaran yang merupakan milik Pemerintah Kota Semarang atau dulu lebih dikenal dengan nama gedung BDNI telah dilengkapi dengan instalasi sistem pencegahan kebakaran. Di mana sistem tersebut telah mencakup sistem deteksi alarm kebakaran, Hidran dan tabung pemadam api ringan, sprinkler otomatis, dan sistem gas pemadam api.

Namun untuk sistem gas pemadam api masih dilakukan secara manual, belum menggunakan sistem yang otomatis.

II. Nilai Keandalan Utilitas Transportasi Vertikal

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Transportasi Vertikal	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
2A	LIF (LIFT)	NF = 50			100,00
	1. Motor Penggerak	8	100	8	
	2. Sangkar dan alat Kontrol	7	100	7	
	3. Motor Penggerak Pintu	7	100	7	
	4. Kabel dan Panel Listrik	7	100	7	
	5. Rel	7	100	7	
	6. Alat Penyeimbang Sangkar	7	100	7	
	7. Peredam Sangkar	7	100	7	
2B	ESKALATOR	NF = 50			100,00
	1. motor Penggerak	8	100	8	
	2. Alat Kontrol	7	100	7	
	3. Kabel dan Panel Listrik	7	100	7	
	4. Rantai Penarik	7	100	7	
	5. Roda-roda gigi Penarik	7	100	7	
	6. Badan Eskalator	7	100	7	
	7. Anak Tangga/lantai	7	100	7	

Gedung Pandanaran merupakan bangunan yang mempunyai 8 lantai, sehingga sangat dibutuhkan adanya transportasi vertikal berupa lift. Pada gedung BPD tower ini, terdapat dua buah lift yang dioperasikan untuk melayani penghuni gedung dan masyarakat.

III. Nilai Keandalan Utilitas Plumbing

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Plumbing	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
3A	AIR BERSIH	NF = 50			100,00
	1. Sumber air dari PAM *) dan Meter Air	5	100	5	
	2. Sumber Air dari sumur dala, pompa air, alat control, Meter Air *)	5	100	5	
	3. Tangki Penampung Air	6	100	6	
	4. Tangki Air Atas : Menara	6	100	6	
	5. Pompa Penampung air dan alat kontrol	6	100	6	
	6. Pompa Distribusi dan Tangki Hidrofor dan alat control	6	100	6	
	7. Listrik untuk Panel Pompa	5	100	5	
	8. Pompa Instalasi	6	100	6	
	9. Kran	5	100	5	
3B	AIR KOTOR	NF = 50			100,00
	1. Kloset/ bidet/ Urinoir	7	100	7	
	2. saluran ke Tangki Septik	6	100	6	
	3. Kran Air gelontor	6	100	6	
	4. Tangki Septik	7	100	7	
	5. Bak cuci, tempat cuci tangan	6	100	6	
	6. saluran dari Bak cuci ke saluran terbuka	6	100	6	
	7. Lobang/ saluran pengurasan lantai	6	100	6	
	8. Pipa Air Hujan	6	100	6	

IV. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Listrik

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Listrik	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
4A	SUMBER DAYA PLN	NF = 50			100,00
	1. Panel Tegangan Menengah	8	100	8	
	2. Trafo	7	100	7	
	3. Panel Tegangan Tengah	7	100	7	
	4. Panel Distribusi	7	100	7	
	5. Lampu TL/ Pijar/ Halogen/ SL	7	100	7	
	6. Armatur	7	100	7	
	7. Kabel Instalasi	7	100	7	
4B	SUMBER DAYA GENSET	NF= 50			100,00
	1. motor Penggerak	7	100	7	
	2. Alternator	7	100	7	
	3. Alat pengisi aki	4	100	4	
	4. Radiator/ pendingin	6	100	6	
	5. Kabel Instalasi	7	100	7	
	6. AMF	7	100	7	
	7. Daily Tank	6	100	6	
8. Panel	6	100	6		

Gedung Pandanaran Semarang mendapatkan suplai listrik sistem tiga fasa dengan tegangan sistem 20 kV. Sumber listrik dari PLN ini melalui satu buah trafo distribusi yang mempunyai kapasitas 750 kVA, di mana trafo tersebut menurunkan tegangan PLN 20 kV menjadi 380/220 V. Dari Trafo Suplai listrik menuju MDP yang selanjutnya dibagi ke panel SDP – SDP.

Selain dari PLN, gedung Pandanaran mempunyai energi listrik cadangan yang berasal dari satu buah genset dengan kapasitas 500 kVA. Dimana Genset mempunyai spesifikasi 500 kVA, pf 0,8 lag, 380 V, 1500 rpm, Exitasi 40 V, merk AVK. Operasional Genset tersebut sudah menggunakan sistem Automatic Main Failure (AMF) dan Automatic Transfer Switch (ATS), di mana pada saat Sumber PLN mati atau OFF, Genset otomatis langsung hidup, kemudian secara otomatis pula beban akan disuplai oleh Genset.

Dilakukan pengukuran terhadap isolasi dari instalasi pada suatu panel penerangan lantai 9, didapatkan bahwa isolasi untuk semua fasa kurang baik, karena di bawah 0,25 Mohm, yaitu:

$$L1 - N = 0 \text{ MOhm}$$

L2 – N = 0,18 Mohm

L3 – N = 0,18 Mohm

L1 – L2 = 0 Mohm

L2 – L3 = 0 Mohm

Va. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Tata Udara (Sentral)

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Tata Udara (Sentral)	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi ϕ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
5A	SISTEM PENDINGIN LANGSUNG (Media Air)	NF=50			100,00
	1. Kompresor	4	100	4	
	2. Evaporator	4	100	4	
	3. Kondensor	4	100	4	
	4. Panel Distributor	3	100	3	
	5. Kipas Udara Evaporator	3	100	3	
	6. Kipas Udara Kondensator	3	100	3	
	7. Media Pendingin	3	100	3	
	8. Pipa Instalasi Media Pendingin	3	100	3	
	9. Alat Kontrol	3	100	3	
	10. Difuser gril	4	100	4	
	11. Cerobong Udara	3	100	3	
	12. Menara Pendingin	4	100	4	
	13. Pipa Instalasi air pendingin kondensor	3	100	3	
	14. Pompa sirkulasi air pend kondensor	3	100	3	
15. Panel Kontrol	3	100	3		
5B	SISTEM PENDINGIN TIDAK LANGSUNG (Media Udara)	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	4	100	4	
	2. Evaporator	4	100	4	
	3. Pipa Instalasi Air Es	4	100	4	
	4. Pipa Sirkulasi Air Es	3	100	3	
	5. Kondensor	3	100	3	
	6. Kipas Udara Kondensator	3	100	3	
	7. Media Pendingin	3	100	3	
	8. Media Pendingin Air Es	3	100	3	
	9. Unit Pengolah Udara	5	100	5	
	10. Alat Kontrol Cerobong Udara	3	100	3	
	11. Difuser gril	5	100	5	
	12. pipa instalasi air pendingin Kondensator	3	100	3	
13. pompa sirkulasi Pendingin Kondensator	4	100	4		

14. Panel Kontrol	3	100	3
-------------------	---	-----	---

Vb. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Tata Udara (Non Sentral)

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Tata Udara (Non Sentral)	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
5A	SISTEM AC WINDOW	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	18	100	18	
	2. Evaporator	16	100	16	
	3. Kondensor	16	100	16	
5B	SISTEM AC SPLIT /FCU	NF = 50			100,00
	1. Kompresor	13	100	13	
	2. Evaporator	13	100	13	
	3. Pipa Instalasi	12	100	12	
	4. Kondensor	12	100	12	

Gedung Pandanaran Semarang mempunyai sistem tata udara sentral yang menggunakan ciller dan tata udara non sentral yang menggunakan AC Split untuk tempat-tempat tertentu.

VI. Nilai Keandalan Utilitas Penangkal Petir

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Penangkal Petir	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
6A	INSTALASI PROTEKSI PETIR EKSTERNAL	NF = 50			100,00
	1. Kepala Penangkal Petir	16	100	16	
	2. Hantaran Pem-bumi-an	16	100	16	
	3. Elektroda Pem-bumi-an	18	100	18	
6B	INSTALASI PROTEKSI PETIR	NF = 50			100,00
	1. Arester Tegangan Lebih	13	100	13	
	2. Stri Pengikat Ekuipotensial	12	100	12	
	3. Hantaran Pem-bumi-an	12	100	12	
	4. Elektroda Pem-bumi-an	13	100	13	

Terdapat sistem instalasi penangkal petir pada gedung Pandanaran, yang menggunakan jenis konvensional. Pengukuran terhadap tahanan pentanahan didapatkan nilai 1,54 Ohm, di mana masih sesuai dengan standar yang ditentukan (PUIL-2000).

VII. Nilai Keandalan Utilitas Instalasi Komunikasi

Nomor Kelompok Utilitas	Komponen Utilitas Instalasi Komunikasi	Bobot Fungsi (100%)	Nilai Tingkat Keandalan NKU (μ)		
			Tingkat keandalan (%)	Nilai tingkat keandalan	F. Reduksi Φ (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(8)	(9)
7A	INSTALASI TELEPON	NF = 50			100,00
	1. Pesawat telepon	16	100	16	
	2. PABX	18	100	18	
	3. Kabel Instalasi	16	100	16	
7B	INSTALASI TATA SUARA	NF = 50			100,00
	1. Mikropon	12	100	12	
	2. Panel system tata suara	13	100	13	
	3. Speaker	13	100	13	
	4. Kabel Instalasi	12	100	12	

Untuk sistem keandalan utilitas instalasi komunikasi, gedung Pandanaran Semarang telah dilengkapi dengan Instalasi Telepon dengan PABX dan instalasi tata suara yang lengkap.

Nilai Keandalan Kelompok Utilitas

No. Kode Komp Utilitas K-U	Kondisi Kefungsian Komponen Utilitas	Nilai Maksimum Keandalan (%)	Faktor Reduksi Φ (%)	Nilai Keandalan	
				Bag Komp. Utilitas (3) x (4)	Komp. Utilitas μ_{ku}
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	INSTALASI PENCEGAHAN KEBAKARAN				
1A	Sist. Alarm Kebak. berfungsi baik/kurang/tidak berfungsi	20	100,00	20	
1 B	Sprinkler, berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	20	100,00	20	
1 C	Gas pemadam, berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	12	100,00	12	
1 D	Hidran, kapasitas %	20	100,00	20	
1 E	Tabung PAR%	20	100,00	20	
	Sub Total				92,00
2	TRANSPORTASI VERTIKAL				
2 A-1	Motor Penggerak kondisinya	8	100,00	8	
2a-2-7	Bagian lain kondisinya baik/ kurang/ tidak berfungsi	42	100,00	42	
2B-1-7	Eskalator ada/ tidak ada, kondisinya	50	100,00	50	
	Sub Total				100,00
3A	PLAMBING AIR BERSIH				
3A-1	Supply Air PAM kapasitas %	5	100,00	5	
3A-4	Tangki Air Kapasitas %	6	100,00	6	
3A-5	Kapasitas Pompa Air %	6	100,00	6	
3A-9	Kran kondisi	5	100,00	5	
	Bag. Komp. Util. lain baik/ kurang/tidak berfungsi	28	100,00	28	

3B	PLAMBING AIR KOTOR			
3B-1	Kloset kondisi baik %	7	100,00	7
3B-2	Saluran kondisi baik %	6	100,00	6
3B-8	Pipa Air hujan kondisi baik %	6	100,00	6
	Bag. Komp. Util. Sisa lain baik/kurang/tidak berfungsi	31	100,00	31
	Sub Total			100,00
4A	INSTALASI LISTRIK PLN			
4A-7	Kabel-kabel kondisi %	7	100,00	7
4A-5	Lampu-lampu TL kondisi baik %	7	100,00	7
4A-lain	Bag. Komp. Lain baik/ kurang/tidak berfungsi	36	100,00	36
4B	GENSET, kondisi %			
	Bag. Pelengkap kondisi baik/kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50
	Sub Total			100,00
5	TATA UDARA (AC)			
5A	System pendingin langsung, ada/ tidak ada	50	100,00	50
	Sistem pendingin tidak langsung :			
5B-1	Kompresor kondisi %	4	100,00	4
5B-6	Kipas Sirkulasi kondisi, %	3	100,00	3
5B-9	Unit pengolah udara, baik/kurang baik/tidak berfungsi	5	100,00	5
	Bagian lain berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	38	100,00	38
	Sub Total			100,00
6	INSTALASI PROTEKSI PETIR			
	Eksternal : berfungsi baik/kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50
	Internal : Berfungsi baik/ kurang/tidak berfungsi	50	100,00	50
	Sub Total			100,00
7	INSTALASI KOMUNIKASI			
	Telefon : Berfungsi baik/ kurang/ tidak berfungsi	50	100,00	50
	Tata suara : Berfungsi baik/ kurang/ tidak berfungsi	50	100,00	50
	Sub Total			100,00
TOTAL NILAI KEANDALAN UTILITAS BANGUNAN				100,00

HASIL PENGUKURAN KUALITAS DAYA LISTRIK

1. Pengukuran Tegangan, Arus dan Frekuensi

▶ II Volts/Amps/Hertz 2009-07-06, 11:50
⇨ L123 In 0.047 kA 49.73 Hz

	V rms	kA rms
L1	223.0	0.574
L2	227.0	0.574
L3	225.5	0.546

▶ II Volts/Amps/Hertz 2009-07-06, 11:51
⇨ L2

		min	max
U	227.0 V _{rms}	226.4	227.7
I	0.574 kA _{rms}	0.559	0.577
F	49.73 Hz	49.42	49.73

▶ II Volts/Amps/Hertz 2009-07-06, 11:51
⇨ L1

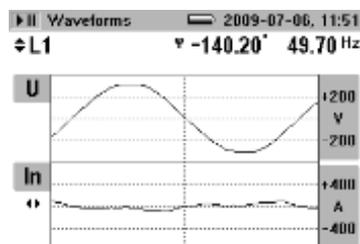
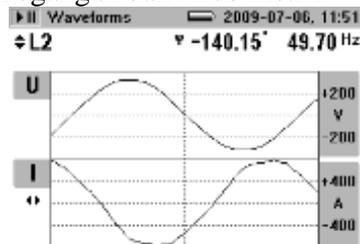
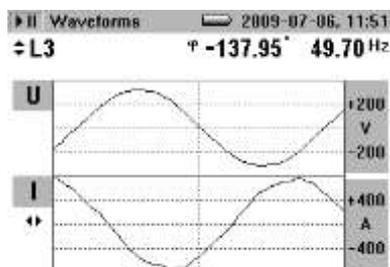
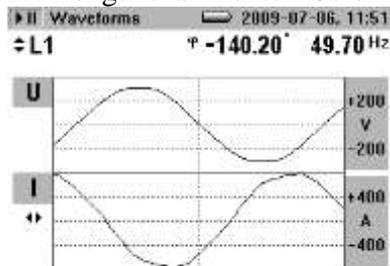
		min	max
U	223.0 V _{rms}	222.3	223.8
I	0.574 kA _{rms}	0.559	0.578
F	49.73 Hz	49.42	49.73

▶ II Volts/Amps/Hertz 2009-07-06, 11:51
⇨ L3

		min	max
U	225.5 V _{rms}	224.8	226.2
I	0.546 kA _{rms}	0.529	0.550
F	49.73 Hz	49.42	49.73

1. Tegangan tiga fasa dapat dikatakan seimbang, dengan nilai di atas 220 V setiap fasanya.
2. Frekuensi 49,73 Hz masih dalam batas normal
3. Arus listrik setiap fasa kurang seimbang, terutama pada fasa L3 atau T, dengan selisih 28 A
4. Pada netral terdapat arus mengalir yang besar 47 A, karena ketidak seimbangan beban
5. Disarankan untuk pengaturan kembali pembebanan untuk setiap fasanya

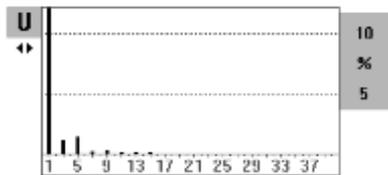
2. Pengukuran Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Listrik



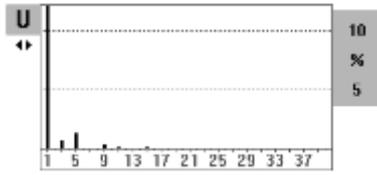
1. Bentuk gelombang tegangan sinusoidal untuk semua fasa
2. Bentuk gelombang arus pada semua fasa terlihat baik berbentuk sinusoidal sempurna
3. Terdapat gelombang arus netral yang seharusnya tidak ada

3. Pengukuran Harmonisa

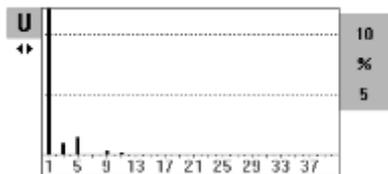
Harmonics 2009-07-06, 11:52
 L1 THD 1.8%
 Urms 223.1 V



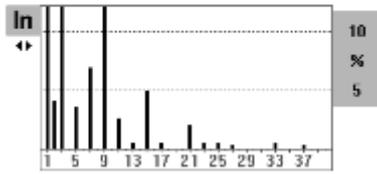
Harmonics 2009-07-06, 11:52
 L2 THD 1.4%
 Urms 227.0 V



Harmonics 2009-07-06, 11:52
 L3 THD 1.7%
 Urms 225.5 V



Harmonics 2009-07-06, 11:52
 N THD 68.2%
 Irms 0.048 kA



1. Semua harmonisa tegangan dibawah 5%, masih dalam kategori aman.
2. Pada arus netral terdapat harmonisa dengan THD 68,2%, dapat dikatakan bahwa THD grounding kurang baik

4. Pengukuran Daya dan Faktor Daya

Power 2009-07-06, 11:53
 L123 Ptot 0.289 MW 49.75 Hz

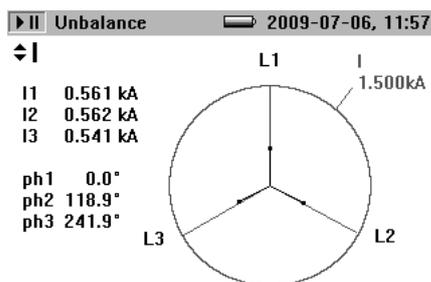
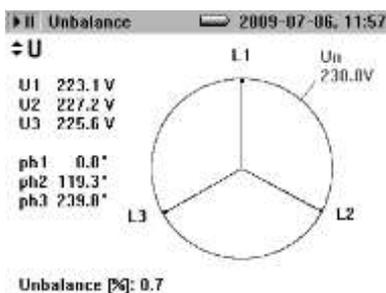
	kW	kVA	PF
L1	97.1	125.7	0.772
L2	99.5	128.1	0.777
L3	92.8	123.1	0.754

Power 2009-07-06, 11:54
 L123 Ptot 0.289 MW 49.75 Hz

	kW	kVA	cosφ
L1	97.1	125.7	0.773
L2	99.5	128.1	0.778
L3	92.8	123.1	0.753

1. Semua fasa mempunyai cosQ dan pf kurang dari 0,8, sehingga dapat dikatakan kurang bagus.
2. Daya L3 atau T mempunyai perbedaan jika dibandingkan dengan kedua fasa yang lain

5. Pengukuran Ketidak-seimbangan Sistem



1. Ketidak seimbangan tegangan 0,7%
2. Arus listrik kurang seimbang terutama pada fasa L3 yang kurang

No. Komp. Util. i	Jenis Komponen Utilitas Gedung Instalasi:	Nilai Maks. Keandalan (%)	μ_{ku} (%)	Kondisi Andal, Kurang Andal, Tidak Andal (%)	
				Andal 99 -100	KA 95 - <99
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Intalasi Pencegahan Kebakaran	20	92,00	x	x
2	Transportasi Vertikal	15	100,00	100	x
3	Plumbing	15	100,00	100	x
4	Instalasi Listrik	20	100,00	100	x
5	Tata Udara, AC	15	100,00	100	x
6	Instalasi Penangkal Petir	5	100,00	100	x
7	Instalasi Komunikasi	10	100,00	100	x
Total Nilai Keandalan seluruh Komponen Utilitas $\Sigma (\mu_{ku.i})$			98,86	Maka Utilitas gedung secara keseluruhan : A Kurang/Tidak Andal	

ASPEK LINGKUNGAN

Air Bersih

Gedung Pandanaran menggunakan sumber air bersih yang berasal dari 1 (satu) buah sumur dalam (artesis) dengan kedalaman ± 30 m dan air minum menggunakan air dalam kemasan/gallon. Kapasitas sumur tiap musim fluktuatif, karena pada musim kemarau debit air sumur sering mengalami penurunan. Jika dilihat dari konstruksi bangunan sumur, masih dimungkinkan air hujan masuk ke dalam. Bagian terbuka seperti peluap, pipa hawa tidak terlindung dari gangguan binatang, sehingga hal ini memungkinkan terkena pencemaran. Air sumur ini kemudian dipompa dan ditampung di bak penampung bawah kapasitas 30 m³, serta tandon atas kapasitas 15 m³. Bangunan tandon bawah maupun tandon atas memenuhi syarat dan tidak mudah terkena pencemaran. Air yang berasal dari tandon sumur untuk kemudian didistribusikan dengan sistem perpipaan ke masing-masing lantai dengan sistem gravitasi. Kebutuhan air ini digunakan untuk kegiatan institusional seperti untuk keperluan kamar mandi/WC, mencuci/membersihkan ruang dan peralatan kantor dan penyiraman taman.



Gambar 4.6 Sumur tidak dilengkapi bangunan pelindung (a); pompa penampung air dan pompa distribusi serta alat control (b); tandon atas (c)

Drainase Gedung

Drainase air hujan gedung Pandanaran berupa talang tegak, talang datar dan saluran persil. Talang tegak ada yang diletakkan di dalam bangunan ataupun di luar bangunan. Sistem penyaluran air hujan dilakukan dengan cara gravitasi melalui pipa air hujan dari atap maupun *roof drain* menuju lantai dasar (*floor drain*) kemudian dihubungkan ke titik-titik pengeluaran, umumnya ke permukaan tanah atau sistem drainase bawah tanah (*underground drain*) dan dialirkan ke saluran kota. Pipa air hujan dan komponen utilitas drainase lain dalam kondisi baik dan masih berfungsi.



(a)



(b)

Gambar 4.7 (a) Roof drain ; (b) floor drain

Air Limbah

Air limbah atau air buangan yang dihasilkan dari kegiatan gedung Pandanaran Semarang terdiri dari 1). air kotor, yaitu buangan yang berasal dari kloset, peturasan dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat plumbing lainnya; 2). air bekas, seperti dari bak mandi, bak cuci tangan (wastafel); 3). air hujan. Pengelolaan seluruh air buangan/ air limbah dari kegiatan dengan cara dimasukkan ke dalam saluran pembuangan air limbah terpisah dengan sistem pembuangan air hujan. Kondisi saluran limbah cair kedap air, ada yang tertutup, ada pula yang terbuka dan limbah cair dapat mengalir dengan lancar.

Ketersediaan peralatan plumbing seperti WC, urinal, lavatory cukup tersedia untuk digunakan sejumlah karyawan maupun masyarakat umum yang berkunjung ke perpustakaan ataupun yang berhubungan dengan pelayanan public. Di tiap lantai masing-masing tersedia 2 unit dan dibedakan untuk pria dan wanita (Gambar 3).



Gambar 4.8 Kloset wanita (a); peturasan di toilet untuk pria (b) dan wastafel di toilet wanita (c)

Pengelolaan Sampah

Kegiatan perkantoran di Gedung Pandanaran, seperti gedung perkantoran lain, banyak menghasilkan limbah padat (sampah) berupa kertas, plastik dan kardus. Pengelolaan sampah dilakukan dengan pengumpulan sampah menggunakan bin plastic dan kotak kayu yang dilapisi seng. Akan tetapi kotak sampah dari kayu ada yang dialih fungsikan untuk meletakkan pot bunga, sedangkan bin plastic yang diletakkan di luar gedung, dimana sudah diupayakan adanya pemilahan jenis sampah, tetapi kenyataannya saat ini pemilahan sudah tidak dilakukan lagi.



Gambar 4.9 Tempat sampah yang dialihfungsikan untuk tempat pot bunga (a);
Bin plastic untuk pemilahan sampah (b)

Kesimpulan

No	Aspek Yang dinilai	Kategori Penilaian						Bobot Penilaian (%)	Ke
		Andal	NK (%)	Kurang Andal	NK (%)	Tidak Andal	NK (%)		
(1)	(2)	(3)	(3)		(4)		(5)		
1	Arsitektur	95% -	96,75	75% - <95%	-	<75%	-	10	
2	Struktur Rangka Beton dan Dinding Pasangan	100% 95% -	-	85% - <95%	94,89	<85%	-	30	2
3	Utilitas & Proteksi Kebakaran	100%	-	95% - <100%	98,86	<95%	-	50	4
4	Aksesibilitas	95% -	-	75% - <95%	-	<75%	55,71	5	
5	Tata Bangunan & Lingkungan	100% 95% -	100,00	75% - <95%	-	<75%	-	5	
Jumlah Total								100	5

Bangunan yang diperiksa masuk kategori

ANDAL

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

4.3 KESIMPULAN OBYEK BANGUNAN

4.3.1 Bangunan Gedung Moch. Ikhsan

No	Aspek Yang dinilai	Kategori Penilaian						Bobot Penilaian (%)	Nilai Keandalan Total (%)
		Andal	NK (%)	Kurang Andal	NK (%)	Tidak Andal	NK (%)		
(1)	(2)	(3)	(3)		(4)		(5)	(6)	(7)
1	Arsitektur	95% - 100%	99,38	75% - <95%	-	<75%	-	10	9,94
2	Struktur Rangka Beton dan Dinding Pasangan	95% - 100%	95,54	85% - <95%	-	<85%	-	30	28,66
3	Utilitas & Proteksi Kebakaran	100%	-	95% - <100%	97,09	<95%	-	50	48,55
4	Aksesibilitas	95% - 100%	-	75% - <95%	-	<75%	34,71	5	1,74
5	Tata Bangunan & Lingkungan	95% - 100%	100,00	75% - <95%	-	<75%	-	5	5,00
Jumlah Total								100	93,88

Bangunan yang diperiksa masuk kategori

KURANG ANDAL

- Aspek Struktur Rangka Beton dan Dinding Pasangan masuk dalam kategori ANDAL dengan nilai keandalan 95,54
- Aspek Utilitas dan Proteksi Kebakaran masuk dalam kategori KURANG ANDAL dengan nilai keandalan 97,09
- Aspek Aksesibilitas masuk dalam kategori TIDAK ANDAL dengan nilai keandalan 34,71
- Aspek Bangunan & Lingkungan masuk dalam kategori ANDAL dengan nilai keandalan 100

5.1.2 Bangunan Gedung Pandanaran

No	Aspek Yang dinilai	Kategori Penilaian						Bobot Penilaian (%)	Nilai Keandalan Total (%)
		Andal	NK (%)	Kurang Andal	NK (%)	Tidak Andal	NK (%)		
(1)	(2)	(3)	(3)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
1	Arsitektur	95% - 100%	96,75	75% - <95%	-	<75%	-	10	9,67
2	Struktur Rangka Beton dan Dinding Pasangan	95% - 100%	-	85% - <95%	94,89	<85%	-	30	28,47
3	Utilitas & Proteksi Kebakaran	100%	-	95% - <100%	98,86	<95%	-	50	49,43
4	Aksesibilitas	95% - 100%	-	75% - <95%	-	<75%	55,71	5	2,79
5	Tata Bangunan & Lingkungan	95% - 100%	100,00	75% - <95%	-	<75%	-	5	5,00
Jumlah Total								100	95,35

Bangunan yang diperiksa masuk kategori

ANDAL

- Aspek Struktur Rangka Beton dan Dinding Pasangan masuk dalam kategori KURANG ANDAL dengan nilai keandalan 94,89
- Aspek Utilitas dan Proteksi Kebakaran masuk dalam kategori KURANG ANDAL dengan nilai keandalan 98,86
- Aspek Bangunan & Lingkungan masuk dalam kategori ANDAL dengan nilai keandalan 100

4.4 REKOMENDASI UNTUK TIAP OBYEK BANGUNAN

4.4.1 Bangunan Gedung Moch. Ikhsan

- **Aspek Struktur**

Meskipun hasil penilaian keandalan struktur gedung M. Ikhsan Balai kota adalah ANDAL, namun perlu pemeliharaan serta perbaikan di beberapa bagian struktur. Berdasarkan data keretakan yang terjadi di beberapa bagian struktur dan sebagian ada yang mengalami pelapukan, maka perlu segera dilakukan perbaikan, dapat berupa grouting atau sistem perbaikan lainnya, agar kondisi struktur masih cukup baik dalam waktu yang relatif lama. Selain itu perlu pemeliharaan kondisi struktur, misalnya dengan evaluasi berkala berdasarkan pengamatan visual pada beberapa bagian tertentu.

- **Aspek Utilitas**

- - Utilitas Instalasi Pencegahan Kebakaran :
 - a. - Perlu penguatan (pengadaan) sistem gas pemadam api
 - b. - Perawatan untuk instalasi pencegahan kebakaran, agar tetap berfungsi dengan baik
- - Utilitas Transportasi Vertikal :
 - a. - Sistem transportasi vertikal dalam keadaan baik
- - Utilitas Instalasi Listrik :
 - a. - Perlu perawatan pada panel utama (Cubicel)
 - b. - Perlu diperhatikan kembali kebersihan dan perawatan pada ruang panel, agar fungsinya lebih optimal
- - Utilitas Tata Udara :
 - a. - Perlu perawatan untuk tata udara agar tetap berfungsi dengan baik
 - - Utilitas Instalasi Penangkal Petir :
 - b. - Sistem Penangkal petir baik
 - - Utilitas Instalasi Komunikasi :
 - c. - Sistem instalasi komunikasi dalam keadaan baik

- **Aspek Bangunan & Lingkungan**

- Perlu perawatan untuk system plumbing, terutama peralatan toilet
- Sedapat mungkin menghindari terhubungnya pipa air bersih/minum dengan pipa lainnya
- TPS dibuat lebih tertutup, untuk menghindari penyebaran vector penyakit

4.4.2 Bangunan Gedung Pandanaran

- **Aspek Struktur**

Perlu pemeliharaan serta perbaikan di beberapa bagian struktur. Berdasarkan data keretakan yang terjadi di beberapa bagian struktur dan sebagian ada yang mengalami pelapukan, maka perlu segera dilakukan perbaikan, dapat berupa grouting atau sistim perbaikan lainnya, agar kondisi struktur masih cukup baik dalam waktu yang relatif lama. Selain itu perlu pemeliharaan kondisi struktur, misalnya dengan evaluasi berkala berdasarkan pengamatan visual pada beberapa bagian tertentu.

- **Aspek Utilitas**

- - Utilitas Instalasi Pencegahan Kebakaran :

- a. - Perlu penguatan (pengadaan) gas pemadam api yang bersifat otomatis
- b. - Perawatan untuk instalasi pencegahan kebakaran, agar tetap berfungsi dengan baik
 - - Utilitas Transportasi Vertikal :
- c. - Sistem transportasi vertikal dalam keadaan baik
 - - Utilitas Instalasi Listrik :
- d. - Diperiksa kembali kondisi kabel (isolasi) pada instalasi, khususnya panel penerangan lantai 9
- e. - Perlu pengaturan kembali pembebanan untuk setiap fasanya, sehingga keseimbangan beban-beban listrik dapat tercapai, karena dari hasil pengukuran PQ meter terukur fase L3 lebih kecil dari fase lainnya
- f. - Diperhatikan grounding system, kalau perlu diukur kembali dan harap diperbaiki
 - - Utilitas Tata Udara :
- g. - Perlu perawatan untuk tata udara agar tetap berfungsi dengan baik
 - - Utilitas Instalasi Penangkal Petir :
- h. - Perlu perawatan sistem penangkal petir
 - - Utilitas Instalasi Komunikasi :
- i. - Sistem instalasi komunikasi dalam keadaan baik

- **Aspek Bangunan & Lingkungan**

- Perlu bangunan pelindung untuk sumur, supaya terhindar dari pencemaran dan gangguan hewan
- Perlu pengendalian pengambilan air bawah tanah yang berlebihan terutama pada musim kemarau untuk menjaga ketersediaan air baku, missal dengan pemasangan meter air atau pembuatan sumur resapan.
- Perlu perawatan untuk sistem plumbing, terutama pompa yang berkarat untuk menghindari pencemaran dan menjaga keutuhan serta kebersihan, juga mengikuti aturan pemakaian yang benar
- Perlu memfungsikan kembali tempat sampah secara benar dan upaya pemilahan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ditjen Cipta Karya (2006); Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
2. Departemen Pekerjaan Umum (2002); Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.
3. Departemen Pekerjaan Umum (2002); Tata Cara Perhitungan Struktur Tahan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002.
4. Imran, Iswandi (1996); Penilaian Kondisi Struktur Eksisting; PPAU Ilmu Rekayasa ITB.
5. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971.