

DIKLAT PERAWATAN STRUKTUR

Rachmat Triharto
IRSG, 26 Februari 2025



Disampaikan pada: Pelatihan Penyegaran Teknisi dan Supervisor Perawatan Reaktor RSG-GAS

- Tujuan Pelatihan: setelah mengikuti pelatihan ini, peserta diharapkan mampu meningkatkan kemampuan dalam perawatan RND.
- Hasil Belajar: setelah mengikuti materi ini, **peserta** diharapkan mampu **melakukan perawatan Struktur Reaktor RSG-GAS, sesuai dengan program perawatan yang berlaku**

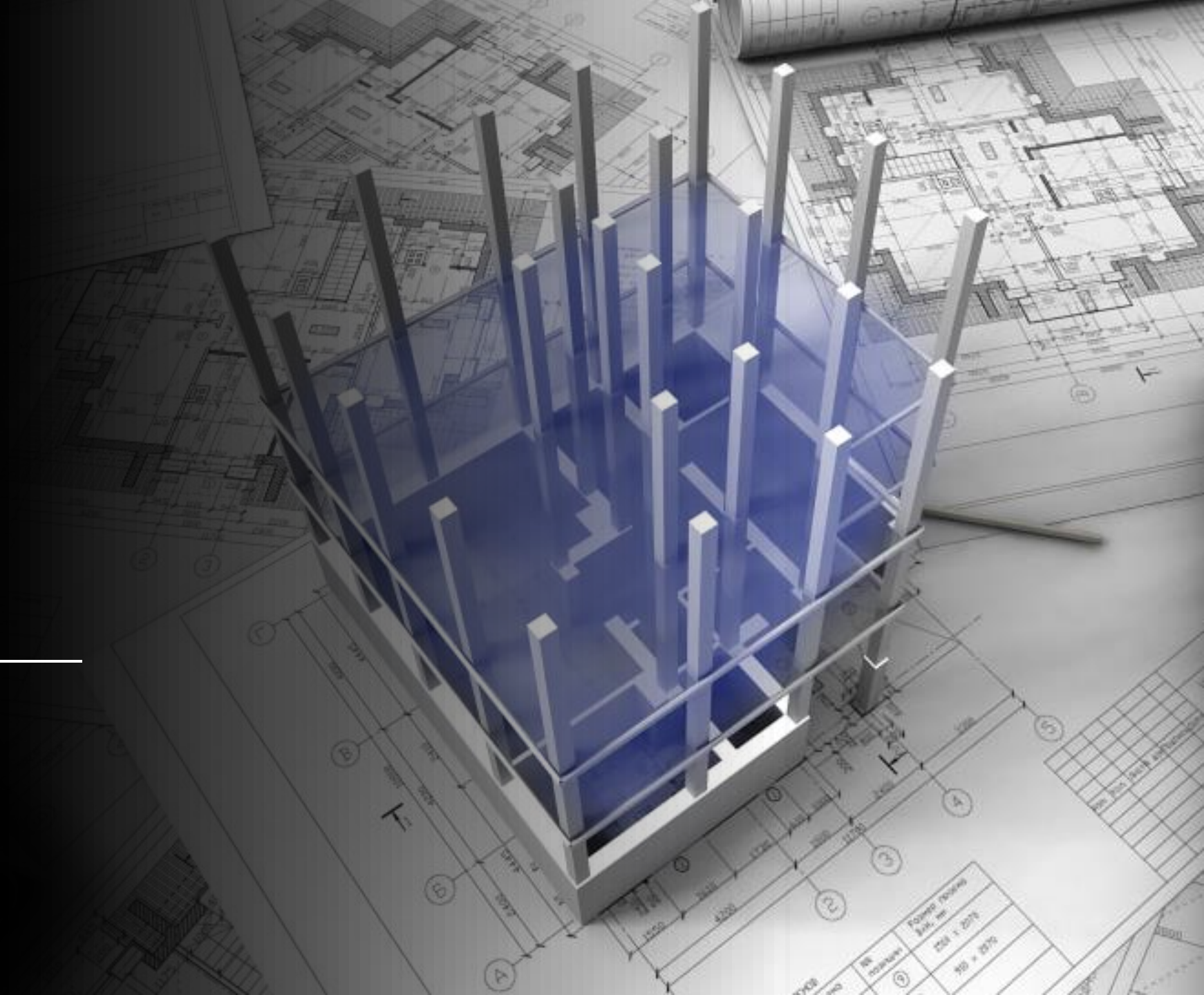
Indikator hasil belajar

Mampu melaksanakan perawatan struktur reaktor non daya [silabus] :





Struktur?



Definisi

- suatu sistem atau susunan elemen-elemen yang saling terhubung dan bekerja bersama untuk menahan beban serta memastikan stabilitas dan kekokohan suatu bangunan atau objek.
- kerangka atau sistem pendukung yang memungkinkan suatu bangunan atau konstruksi berdiri dengan aman dan fungsional

Creys-Malville Super Phénix

The Worlds Reactors No. 73

Creys-Malville nuclear power station
(Centrale Nucléaire de Creys-Malville)

Design: General Atomics (USA)
Contractor: General Atomics (USA)

Site: Creys-Malville, France
Status: Commissioned in 1985

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

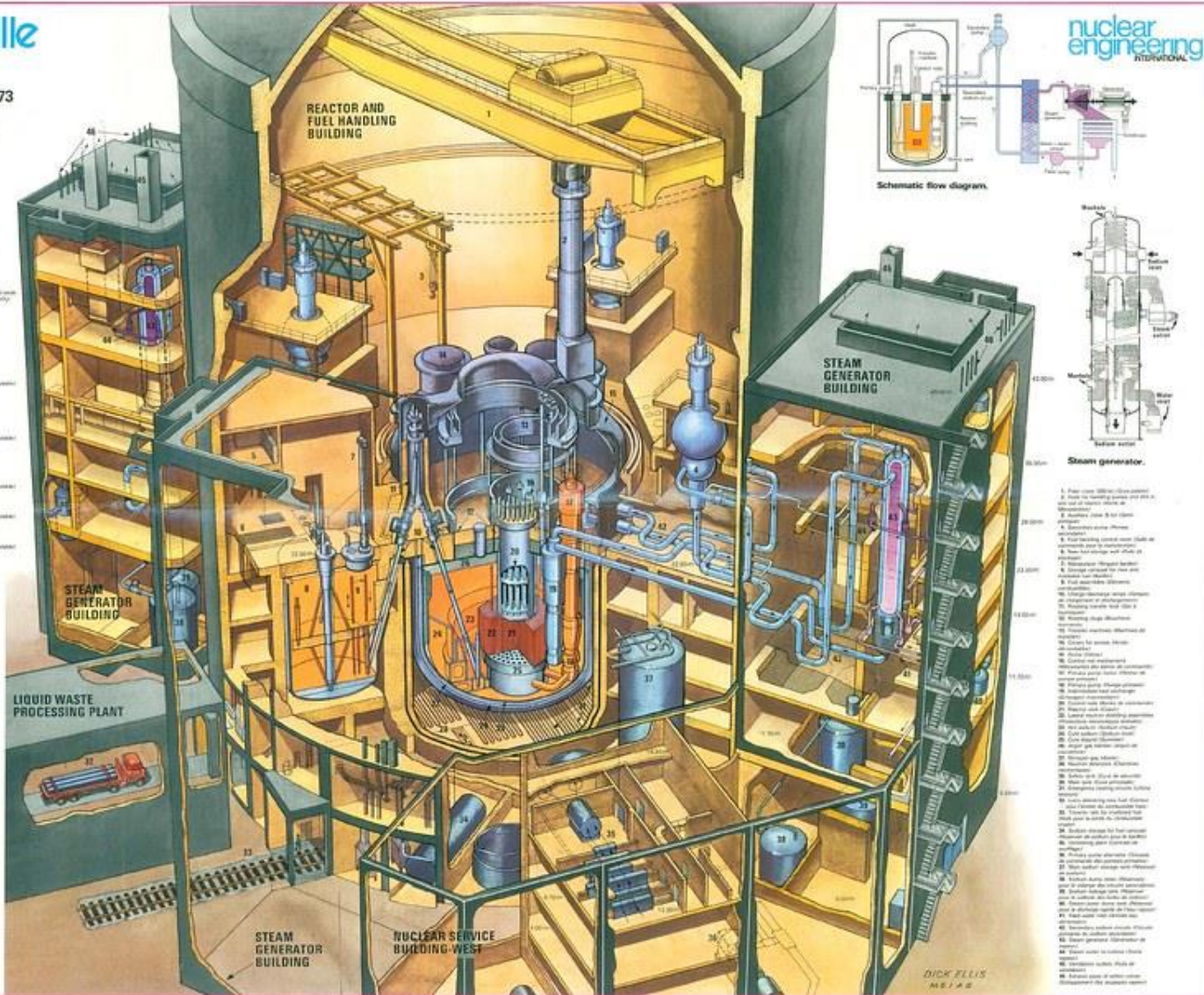
Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe

Reactor: 3000 MWth
Capacity: 1000 MWe



Penahan beban

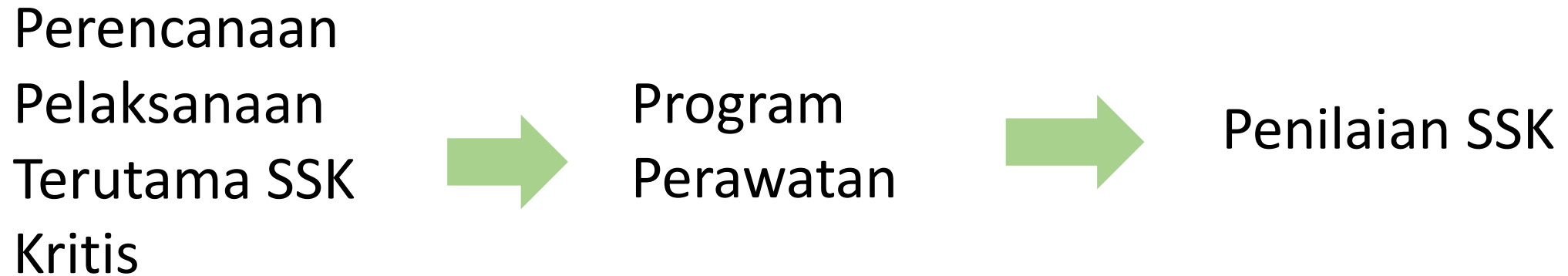
Menjamin adanya kekuatan dan kestabilan

Last barrier

Manajemen Penuaan



Program Manajemen Penuaan



Data hasil pengujian dan pemantauan untuk SSK yang menjadi objek manajemen penuaan dikumpulkan dan dilakukan trending berdasarkan data tersebut untuk memprediksi umur sisa

SSK Kritis

Berdasarkan Perka Bapeten No. 8 tahun 2008 tentang ketentuan keselamatan manajemen penuaan reaktor nondaya:

Kelompok I: SSK utama yang penting, tidak redundan, tidak mudah diperbaiki atau tidak mudah diganti.

Tangki Reaktor, teras Reaktor, Sistem Instrumentasi dan Kendali(SIK), system pendingin primer, dan Gedung reaktor / Struktur beton

Program perawatan

Survailan

Inspeksi SSK dan pemeriksaan visual



Preventif

Deteksi Gejala awal

Pemantauan



Perekaman
Parameter

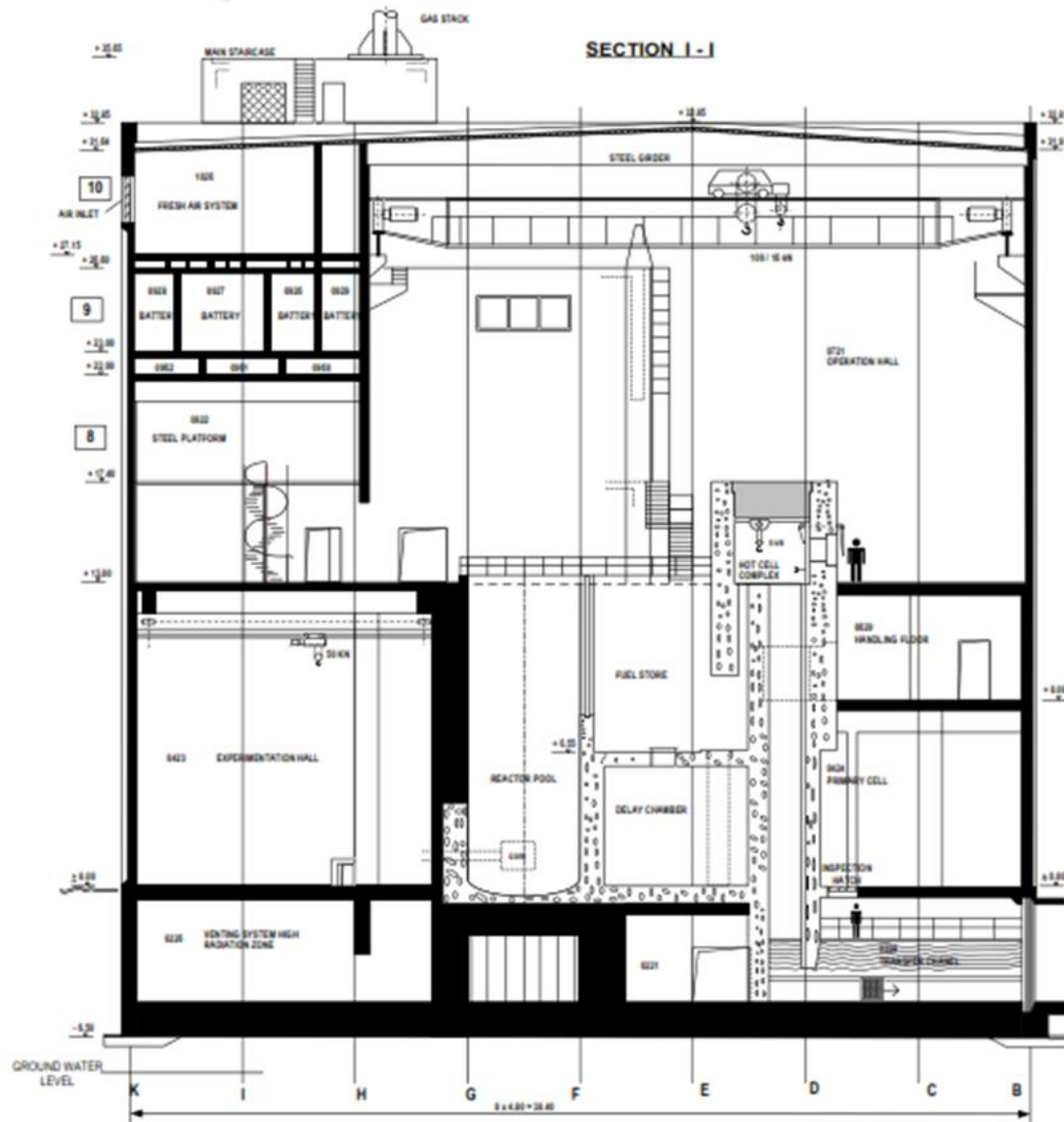
Pengujian

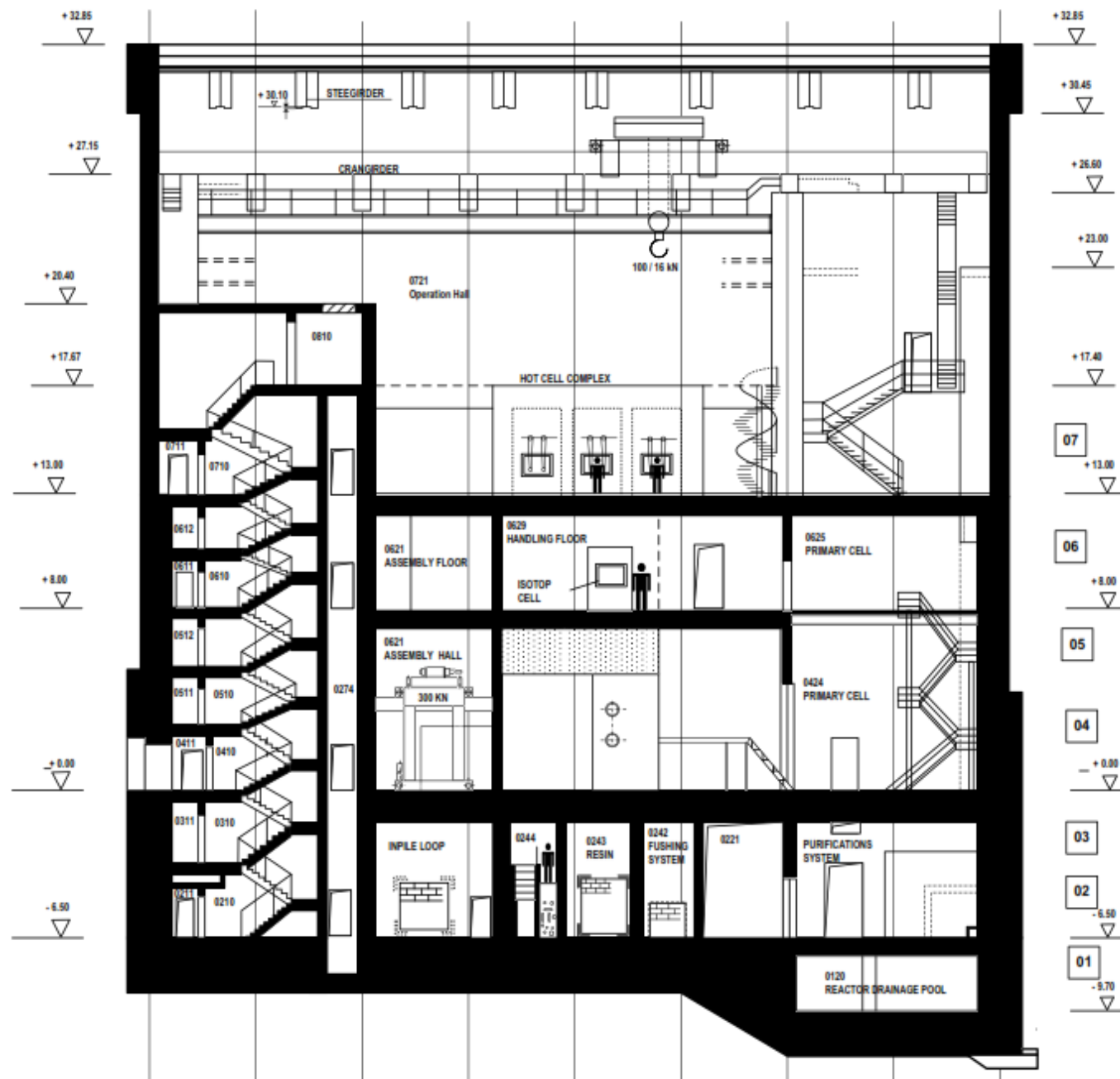
Uji Kinerja

No.	Sistem	Komponen	Deskripsi Sistem	Kelas Keselamatan	Kondisi Waktu Perawatan	Kegiatan Perawatan	Interval Waktu	Prosedur Teknis
1.	Struktur beton bertulang	Pondasi	Penguat integritas gedung	A	-	Pemeriksaan kondisi drainase di sekitar pondasi (lancar, ada genangan), kebersihan dari gangguan dari akar pohon/tanaman yang merusak termasuk lumut/jamur	6 Bulanan	SOP 017.003/R N 00 02/RSG 3.1
2.	Struktur beton bertulang	Plat lantai, dinding, kolom, tiang, plat atap, lantai basement	Penguat integritas gedung	A	-	Pemeriksaan kebersihan atap dari genangan air, tanaman, rumput, lumut, jamur, sampah dll	6 Bulanan	SOP 017.003/R N 00 02/RSG 3.1
3.	Struktur beton bertulang	Plat lantai, dinding, kolom, tiang, plat atap, lantai basement	Penguat integritas gedung	A	-	Pemeriksaan kebocoran/rembesan air, keretakan, kotoran-kotoran yang menempel (bekas olie, gemuk, jamur, dll), kondisi pelapis/cat (lantai, dinding:luar-dalam);	1 Tahunan	SOP 017.003/R N 00 02/RSG 3.1
4.	Struktur:baja	Dudukan, tiang penyangga, plat lantai, balok penyangga	Penahan beban	A	-	Pemeriksaan visual korosi, kondisi pelapisan/cat, kondisi/kekencangan mur-baut, kebersihan dari kotoran,	1 Tahunan	SOP 018.003/R N 00 02/RSG 3.1
						Pemeriksaan korosi/ sambungan rangka baja	1 Tahunan	SOP 018.003/R N 00 02/RSG 3.1
5.	Struktur:baja	Kusen, daun pintu, rangka baja	Penahan beban	B	-	Pemeriksaan korosi, kondisi pelapis/cat, fungsi engsel/handle/kunci, kebersihan	1 Tahunan	SOP 018.003/R N 00 02/RSG 3.1
6.	Struktur beton bertulang	Pondasi	Penguat integritas gedung	A	-	Pemeriksaan struktur (kekuatan, karat tulangan)	5 Tahunan	SOP 019.003/R N 00 02/RSG 3.1
7.	Struktur beton bertulang	Plat lantai, dinding, kolom, tiang, plat atap, lantai basement	Penguat integritas gedung	A	-	Pemeriksaan struktur (kekuatan/kekerasan, karat tulangan, kemiringan, kelendutan)	5 Tahunan	SOP 019.003/R N 00 02/RSG 3.1

No.	Sistem	Komponen	Deskripsi Sistem	Kelas Keselamatan	Kondisi Waktu Perawatan	Kegiatan Perawatan	Interval Waktu	Prosedur Teknis
1.	Struktur Kolam Reaktor	Perisai biologi	Pengungkung /penahan	A	-	Pemeriksaan keretakan	5 Tahunan	SOP 019.003/R N 00 02/RSG 3.1
		Al-liner	Pengungkung	A	Psd	Korosi (visual, NDT)	5 Tahunan	
		Struktur teras	Pengungkung/ penahan	A	Psd	Korosi (visual)	5 Tahunan	
2.	Kolam Bahan Bakar bekas	Perisai biologi	Pengungkung /penahan	A	-	Pemeriksaan keretakan	5 Tahunan	SOP 019.003/R N 00 02/RSG 3.1
		Al-liner	Pengungkung	A	Psd	Korosi (visual, NDT)	5 Tahunan	
		Struktur teras	Pengungkung/ penahan	A	Psd	Korosi (visual)	5 Tahunan	

Struktur Gebung





SPESIFIKASI Gedung Reaktor

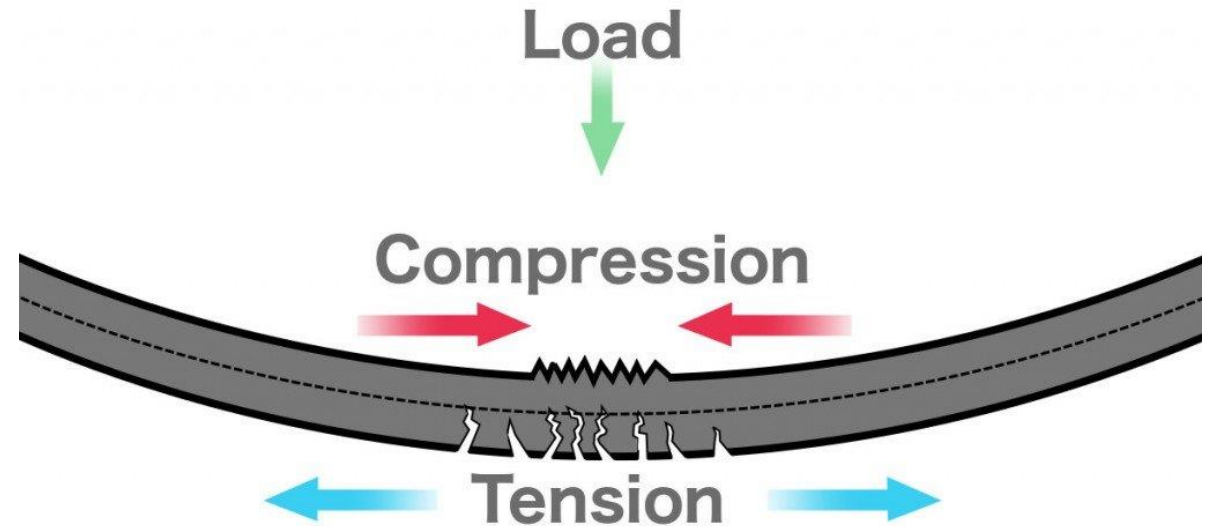
SSE (*Safe Shut-down Earthquake*)

Beton kerapatan tinggi

dilapisi dengan cat resin epoxy

Beton

- batu + pasir + semen + air
- Daya tahan tekan beban (*compression*) yang tinggi
- Lemah vs Tegangan Tarik (*tension*)
- Reinforced concrete



Degradasi / defects beton

Structural Crack



Honeycombing



Chemical attack

Water leakage

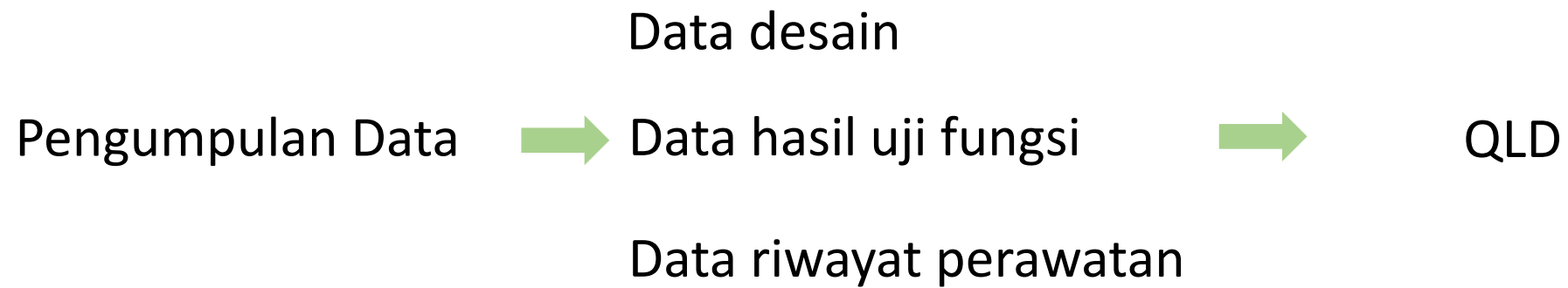
Low cover, corrosion & spalling



frekuensi

- Pemeriksaan struktur secara berkala dengan rentang 3 sampai 5 tahun dan
- pemeriksaan khusus apabila setelah gempa bumi, kebakaran atau bencana alam lainnya sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2010 tentang Pedoman Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung.

langkah2



Inspeksi Visual

NDT

Solusi / Perbaikan

Inspeksi Visual

Mendeteksi bagian yang bermasalah



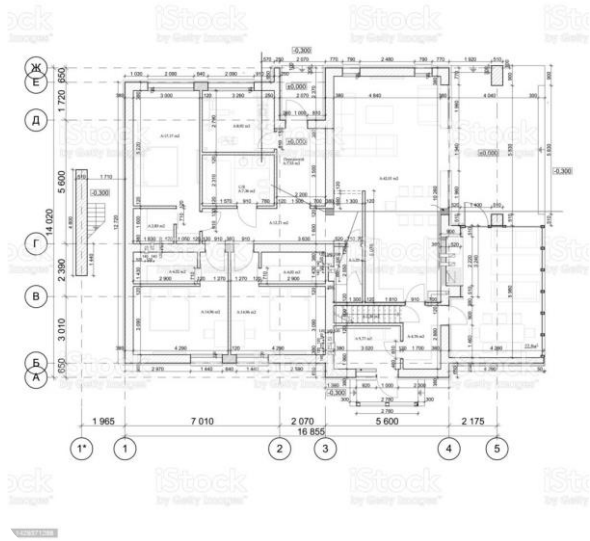
Jenis, letak, tingkat kerusakan, pola kerusakan

Pembuatan sketsa



Posisi, jenis kerusakan

Penentuan metode
Pemeriksaan



Peralatan visual inspection

- Alat ukur
- Marker
- Binocular / telescope / boroscope
- Alat perekam (camera dll)
- Gambar teknis
- Colour Chart

NDT

- Tidak merusak
- Material masih aman
- Lebih praktis
- In situ



Jenis-jenis NDT

- Teodolit
- Radiografi
- UPV (pundit)
- Hammer test
- Elektromagnetik (profometer).
- Thermografi (infra red).
- Ground penetrating radar (gpr).
- PIT – Pile intergration tester
- Soil Tester
- Vibrasi /Accelometer
- Tomografi
- Carbonansi Depth Test.
- Canin Test/ Half-cell Epm.
- Resistivity Test.
- Strain Measurement /Load Test, Sebagai Verifikasi Final.

SCHMIDT REBOUND HAMMER TEST

Perkiraan kuat tekan beton
permukaan

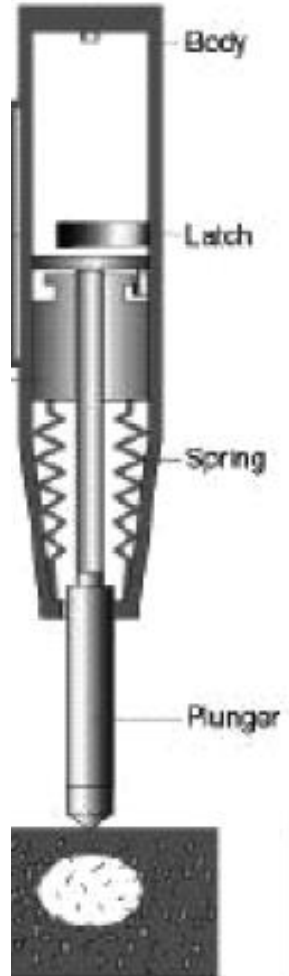
keseragaman mutu permukaan
beton

gambaran zona daerah struktur beton yang
memiliki kualitas buruk

Rebound number



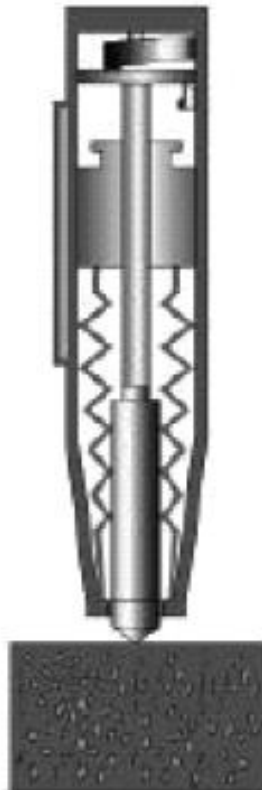
(a)
Instrument ready
for test



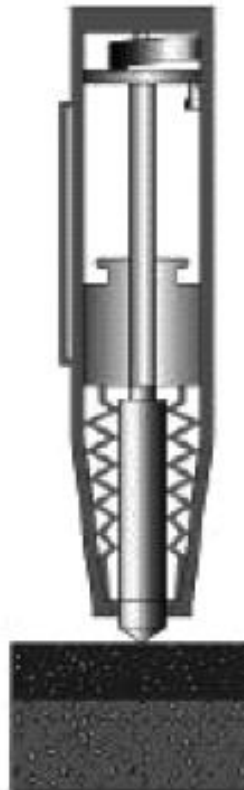
(b)
Body pushed
toward test
object



(c)
Hammer is
released



(d)
Hammer
rebounds



Syarat penggunaan

ketebalan minimal 100 mm

ASTM C 805-2 pasal 5.5

Permukaan harus rata

Berdasarkan british standard:

9-25x pada luasan maksimal
300mm² dengan jarak max
20mm

Average rebound number	Quality of concrete
>40	Very good hard layer
30 – 40	Good layer
20 – 30	Fair
< 20	Poor
0	Delaminated

UPVT – ultrasonic pulse velocity test

- Pulsa ultrasonic

- Aplikasi:

uniformity of concrete

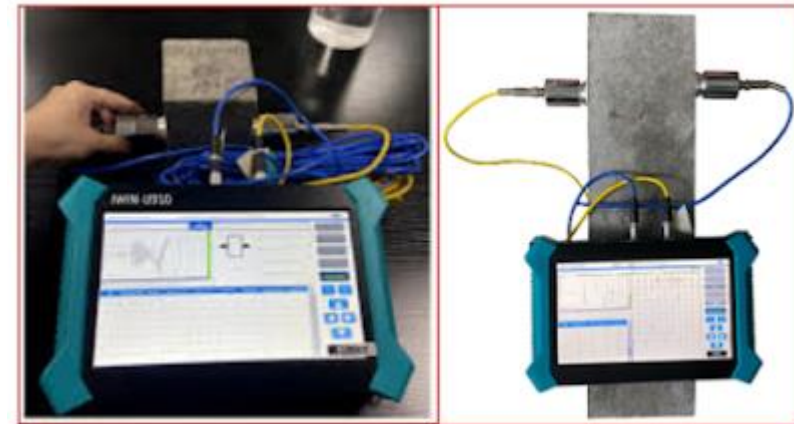
Perubahan sifat beton

Kualitas beton / kuat tekan

Modulus elastisitas dan ratio poisson's

Kedalaman retakan

Deteksi void, sizing, segregasi



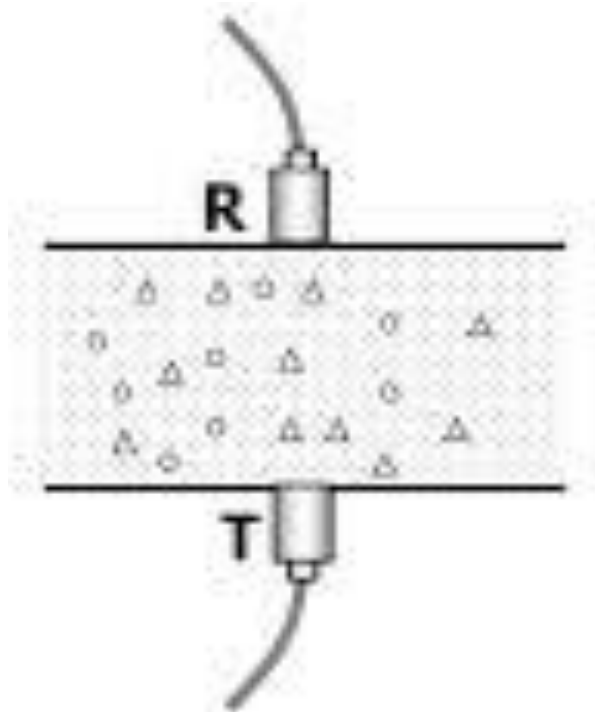
UPV test of concrete.

Prinsip kerja

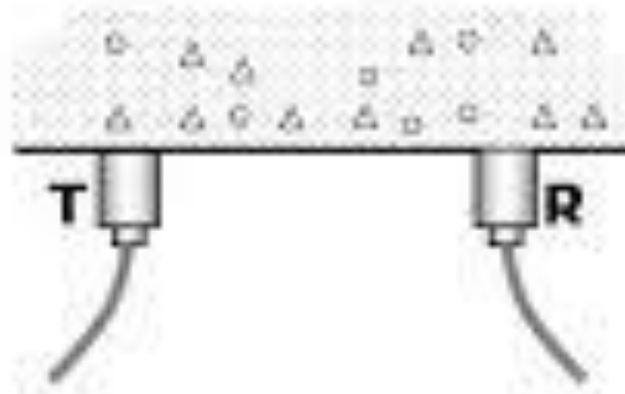


- Mengukur waktu tempuh pulsa gelombang ultrasonik.
- Pada bahan yang seragam mempunyai kecepatan gelombang ultrasonik yang sama pada setiap titik.
- Perubahan sifat bahan akan berakibat kecepatan gelombang juga berubah.

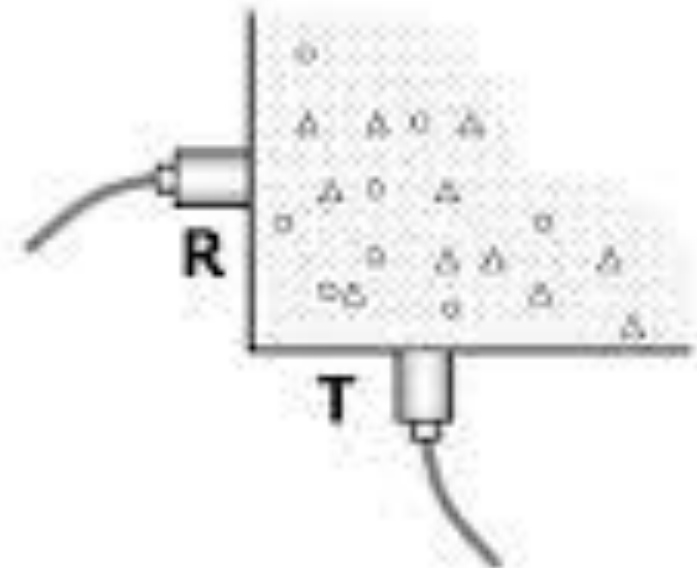
Kualitas beton / kuat tekan



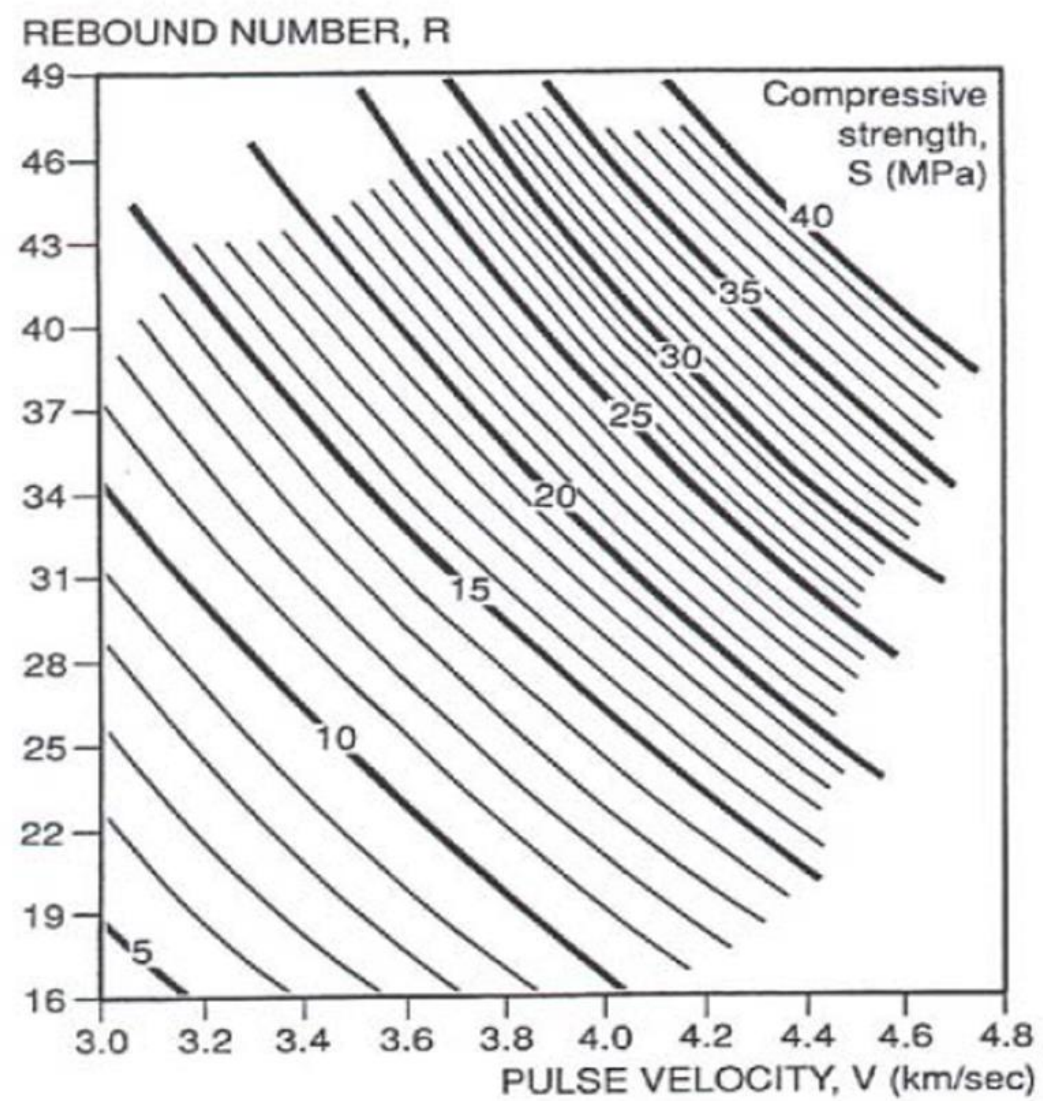
a. Direct method



b. Indirect method



c. Semi-direct method



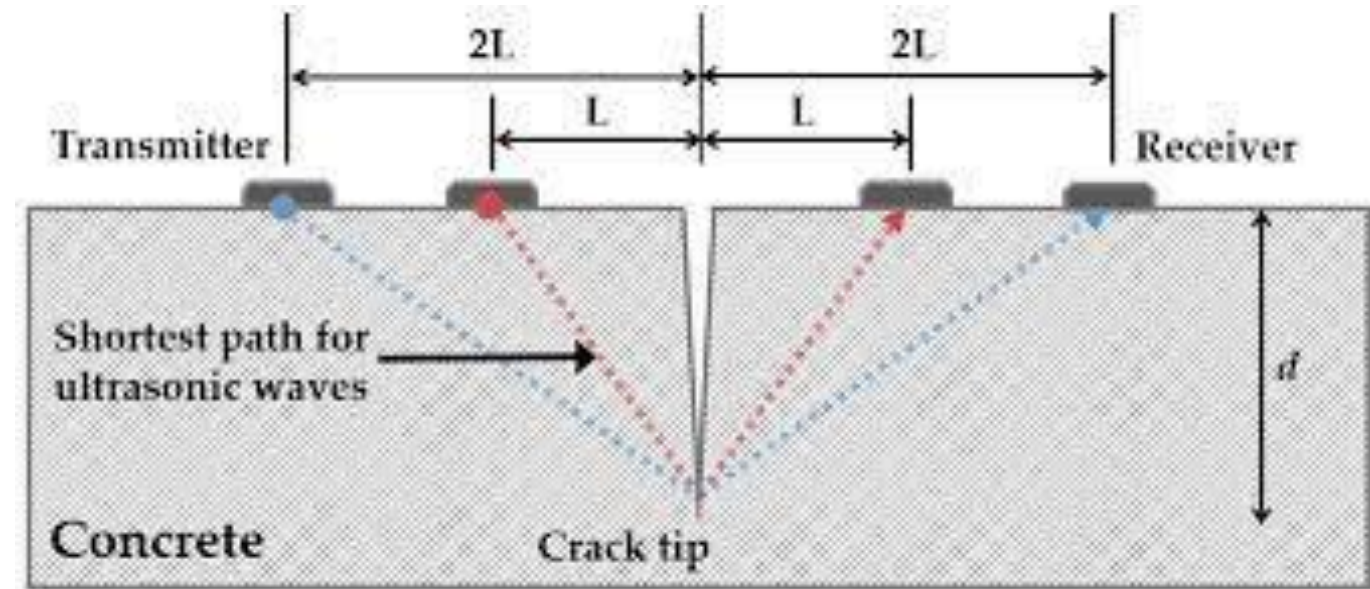
Tabel Komposisi berat semen, pasir, dan kerikil, serta volume air yang dibutuhkan untuk membuat 1 m³ beton dengan mutu tertentu

Mutu Beton	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (Liter)	w/c Ratio
7.4 Mpa (K 100)	247	869	999	215	0.87
9.8 Mpa (K 125)	276	828	1012	215	0.78
12.2 Mpa (K 150)	299	799	1017	215	0.72
14.5 Mpa (K 175)	326	760	1029	215	0.66
16.9 Mpa (K 200)	352	731	1031	215	0.61
19.3 Mpa (K 225)	371	698	1047	215	0.58
21.7 Mpa (K 250)	384	692	1039	215	0.56
24.0 Mpa (K275)	406	684	1026	215	0.53
26.4 Mpa (K 300)	413	681	1021	215	0.52
28.8 Mpa (K 325)	439	670	1006	215	0.49
31.2 Mpa (K 350)	448	667	1000	215	0.48

Reff. : SNI DT - 91 - 2007

Departemen Pekerjaan Umum

Pengukuran kedalaman retakan



Homogenitas beton

- mengukur kecepatan pulsa gelombang ultrasonik.
 - beton dikatakan homogen bila hasil pengukuran kecepatan pulsa gelombang ultrasonik mempunyai koefisien variasi $< 3\%$.
 - koefisien variasi didefinisikan : standar deviasi per kecepatan rerata di kali 100 %.
 - bila koefisien variasi $> 3\%$, ditafsirkan kemungkinan ada cacat atau ada kesalahan prosedur pengukuran. biasanya dalam menentukan jarak tempuh sebenarnya gelombang us tidak tepat.
-



Alat-alat LTKS

- Rebar locator
 - Profometer
 - UT thickness
 - UT flaw detector
-

Solusi permasalahan struktur

retak → injeksi beton

Korosi tulangan → Pelapisan anti korosi (coating)

Tulangan bengkok / putus → Penggantian / penyambungan