BerAKHLAK
Berorientasi Pelayanan Akuntabel Kompeten
Harmonis Loyal Adaptif Kolaboratif

iProVe

PUPR
SIGAP MEMBANGUN NEGERI

PENGKAJIAN TEKNIS ASPEK BAHAN DAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG

Ir. Faiz Sulthan, S.T., M.T.
Balai Bahan dan Struktur Bangunan Gedung

JW Marriott Medan - Kamis, 15 September 2022

BATUR PINTAR

Kang BaTur

OUTLINE PAPARAN

01 Pendahuluan

02 Pengujian Beton

03 Analisis Pengujian Beton

04 Pengujian Lainnya

05 Pengantar Pemeriksaan Seismik Bangunan Eksisting

06 Latihan

1 Pendahuluan

Sumber Gambar: Vecteezy

Dasar hukum terkait

1. UU Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung
2. UU Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja
3. PP Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan UU No. 28 Tahun2002
4. Peraturan Presiden RI Nomor 73 Tahun 2011 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara
5. Peraturan Menteri PUPR Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara

Dasar hukum terkait

UU Cipta Kerja Pasal 24 tentang perubahan UU No 28 Tahun 2002 Pasal 34

Pasal 34

(1) Penyelenggaraan bangunan gedung meliputi kegiatan pembangunan, pemanfaatan, pelestarian, dan pembongkaran.

(2) Dalam penyelenggaraan bangunan gedung sebagaimana dimaksud pada ayat (1), penyelenggara berkewajiban memenuhi standar teknis bangunan gedung.

(3) Penyelenggara bangunan gedung terdiri atas pemilik bangunan gedung, Penyedia Jasa Konstruksi, Profesi Ahli, Penilik, pengkaji teknis, dan pengguna bangunan gedung.

(4) Dalam hal terdapat perubahan standar teknis bangunan gedung, pemilik bangunan gedung yang belum memenuhi standar teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (2) tetap harus memenuhi ketentuan standar teknis secara bertahap.

Dasar hukum terkait

PP 16-2021 Paragraf 6 Pasal 282 (SLF Bangunan Gedung)

(16) Proses analisis, evaluasi, dan rekomendasi kelaikan fungsi Bangunan Gedung yang sudah ada *(existing)* untuk penerbitan SLF sebagaimana dimaksud pada ayat (7) huruf b meliputi tahapan:

a. melakukan analisis terhadap kondisi Bangunan Gedung terbangun dengan Standar Teknis pada saat dibangun; atau

b. dalam hal Bangunan Gedung terbangun ingin disesuaikan dengan Standar Teknis terbaru, perlu dilakukan evaluasi; dan

c. menyusun laporan dan rekomendasi kondisi Bangunan Gedung.

Dasar hukum terkait

PP 16-2021 Pasal 295

Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung

Pasal 295

(1) Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung dilakukan oleh Pemilik atau Pengguna untuk mengetahui kelaikan fungsi seluruh atau sebagian Bangunan Gedung.

(2) Pemeriksaan Berkala sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat dilakukan pada komponen, peralatan, dan/atau prasarana dan sarana Bangunan Gedung.

(3) Komponen sebagaimana dimaksud pada ayat (2) meliputi:

a. komponen arsitektural Bangunan Gedung;

b. komponen . . .

b. komponen struktural Bangunan Gedung;

c. komponen mekanikal Bangunan Gedung;

d. komponen elektrikal Bangunan Gedung;

e. komponen perpipaan *(plumbing)* Bangunan Gedung; dan

f. komponen tata ruang luar Bangunan Gedung.

(4) Pemilik atau Pengguna dapat menggunakan penyedia jasa pengkajian teknis untuk melakukan Pemeriksaan Berkala sebagaimana dimaksud pada ayat (1) sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

(5) Pemeriksaan Berkala sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan sesuai dengan periode yang ditentukan oleh Standar Teknis untuk setiap jenis elemen Bangunan Gedung atau paling sedikit setiap 6 (enam) bulan sekali.

(6) Pemeriksaan Perkala dapat dilakukan dengan metode:

a. pengamatan visual;

b. pemeriksaan mutu bahan;

c. analisa model; dan/atau

d. uji beban.

(7) Hasil Pemeriksaan Berkala dituangkan dalam bentuk laporan.

Kebutuhan Pemeriksaan Struktur Bangunan

1 Quality control material

2 Renovasi Bangunan

Perubahan pembebanan beban
Relayout bangunan
dsb

3 Mitigasi Risiko Bangunan Eksisting

- Berlakunya standar teknis baru
- SLF
- dll

4 Pemeriksaan Pasca Bencana

- Gempa bumi
- Kebakaran
- Angin
- dll

Lingkup Bahasan

1. Pengujian mutu beton terpasang
2. Pengolahan dan analisis data hasil uji mutu beton terpasang
3. Pengujian lainnya
4. Pemeriksaan Seismik Bangunan Eksisting

2 Pengujian mutu beton terpasang

Sumber Gambar: Vecteezy

Kapan dibutuhkan melakukan pemeriksaan/evaluasi mutu beton?

Pada bangunan tahap konstruksi

Jika terdapat indikasi **dropnya mutu beton** berdasarkan hasil uji silinder control yang **dirawat secara standar** maupun silinder beton yang **dirawat di lapangan.**

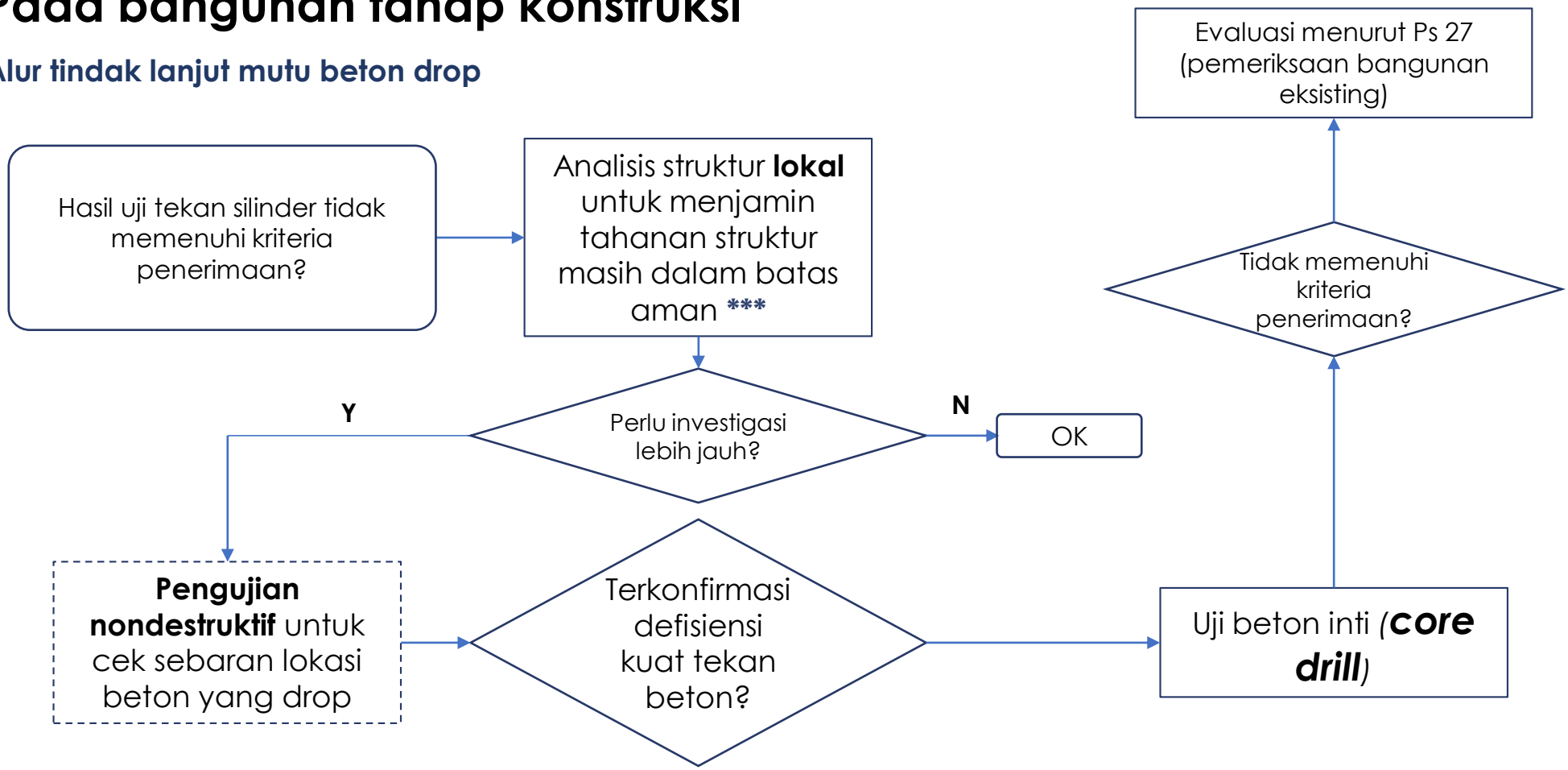
Jika **sampel perawatan standar** tidak memenuhi **kriteria penerimaan : SNI 2847:2019 Ps 26.12.3.1b**
→ Peningkatan kontrol dalam mix desain dan pembuatan campuran beton

Jika **sampel perawatan di lapangan** tidak memenuhi **kriteria penerimaan : SNI 2847:2019 Ps 26.5.3.2e**
→ Perawatan beton perlu ditingkatkan

Kapan dibutuhkan melakukan pemeriksaan/evaluasi mutu beton?

Pada bangunan tahap konstruksi

Alur tindak lanjut mutu beton drop



Pengambilan sampel beton inti (*core*)

1. Dilakukan jika kekuatan tekan beton *standard cured* < fc'
2. Mengukur mutu beton terpasang pada bangunan eksisting
3. Pengujian yang bersifat **semi destruktif** (sedapat mungkin jumlah sampel **dibatasi**)
4. Metoda pengambilan sampel : **SNI 2492-2018/ASTM C42M** tentang metode pengambilan benda uji beton inti di lapangan
5. Metode pengujian : **SNI 1974-2011** tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder

Pengambilan sampel beton inti (*core*)

Ketentuan pengambilan beton inti

1. Diameter core sebaiknya 2 s.d 3 agregat maksimum, atau > 94 mm, maka disarankan menggunakan mata core 100 – 150 mm
2. Rasio l/d antara 1,5 s.d 2
3. Core drill menggunakan mata berlian (diamond-bit), diangkur kuat pada struktur yang diambil agar tidak goyang dan menyebabkan variasi diameter benda uji
4. Beton inti (core) yang diambil, harus **dijaga kelembabannya** dalam kontainer atau tempat yang kedap air, diantarkan ke tempat pengujian, dan diuji sesuai **SNI 1974-2011**.
5. Beton inti **harus diuji** dalam waktu antara **48 jam dan 7 hari** setelah coring

Kriteria penerimaan kuat tekan beton inti

Beton dalam zona yang diuji beton inti dianggap cukup apabila:

1. Rata-rata tiga beton inti sama dengan atau **sekurangnya 85% nilai fc '** dan
2. **Tidak ada satupun** hasil beton inti yang **kurang dari 75% fc'**.

(SNI 2847:2019 Ps 26.12.4.1(d))

Pengambilan sampel beton inti (*core*)

Commentary SNI 2847:2019
Pasal R26.12.4.1 d)

Kekuatan tekan beton inti rata-rata sebesar 85 persen dari kekuatan tekan spesifik adalah nilai yang realistis (Bloem 1968).

Namun, **tidak realistis jika mengharapkan kekuatan tekan rata-rata beton inti sama dengan** f_c', karena perbedaan ukuran, kondisi, derajat konsolidasi spesimen dan kondisi perawatan.

Pengambilan sampel beton inti (*core*)

Jumlah Sampel *Core*

Reference	Method	Minimum number of core/tests
ACI 369.1M-17 / **ASCE 41:17**	Minimum, use specified default material properties	None
	Usual (specified design strength known)	One per concrete class Three per building
	Usual (specified design strength not known)	One per component type Six per building
	Comprehensive (specified design strength known)	**Three for each element type per floor level or 300m^3 or 930 m^2**
	Comprehensive (specified design strength known)	**Six for each element type per floor level or 300m^3 or 930 m^2**
Eurocode 8	Limited level of inspection and testing	One per component per floor
	Extended level of inspection and testing	Two per component per floor
	Comprehensive level of inspection and testing	Three per component per floor
ACI 214.4R-10	Engineer should select core locations (per ASTM C823)	ASTM C823 recommendation : min. five per concrete class
ACI 364.1R-07	More samples may be required in different parts of structure	Three per location in structure
ACI 437R-03	Number of tests are related to degree of confidence	No minimum specified

(Sumber : Imran)

Kapan dibutuhkan melakukan pemeriksaan/evaluasi mutu beton?

Pada bangunan eksisting

SNI 2847:2019 Pasal 27

Bila terdapat keraguan bahwa sebagian atau semua bagian struktur memenuhi persyaratan keamanan yang diakibatkan oleh :

- Material dianggap kurang berkualitas
- Ada bukti yang menunjukan terjadinya kesalahan dalam konstruksi
- Bangunan digunakan untuk fungsi baru
- Alasan sejenis lainnya

- Evaluasi kekuatan dengan analisis → Verifikasi kondisi terbangun
  - Pengukuran konfigurasi struktur terpasang
  - Cek tulangan terpasang
  - Pengukuran sifat material terpasang (*lower bound vs expected*)
- Evaluasi kekuatan dengan uji beban → Hanya relevan untuk system pelat lantai , balok, dan pelat atap.

Kapan dibutuhkan melakukan pemeriksaan/evaluasi mutu beton?

Pada bangunan eksisting

SNI 2847:2019 **Pasal 27**

Kuat Perlu dan **Load Combination → ketentuan desain**

Syarat Demand to Capacity Ratio :

Untuk bangunan yang mengalami deteriorasi atau kesalahan konstruksi, kondisi tidak aman terjadi bila DCR > 1

$$\left(\frac{U_o}{\phi_o R_{cn}} > 1.0\right)$$

Ketentuan Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor Reduksi Kekuatan Desain

Tabel 27.3.2.1 – Faktor reduksi kekuatan maksimum yang diizinkan

Kekuatan	Klasifikasi	Tulangan transversal	Maksimum izin ϕ
Lentur, aksial, atau keduanya	Terkontrol tarik	Semua kasus	1,0
	Terkontrol tekan	Spiral[1]	0,9
		Lainnya	0,8
Geser, torsi, atau keduanya			0,8
Tumpu			0,8

[1]Tulangan spiral harus memenuhi 10.7.6.3, 20.2.2 dan 25.7.3.

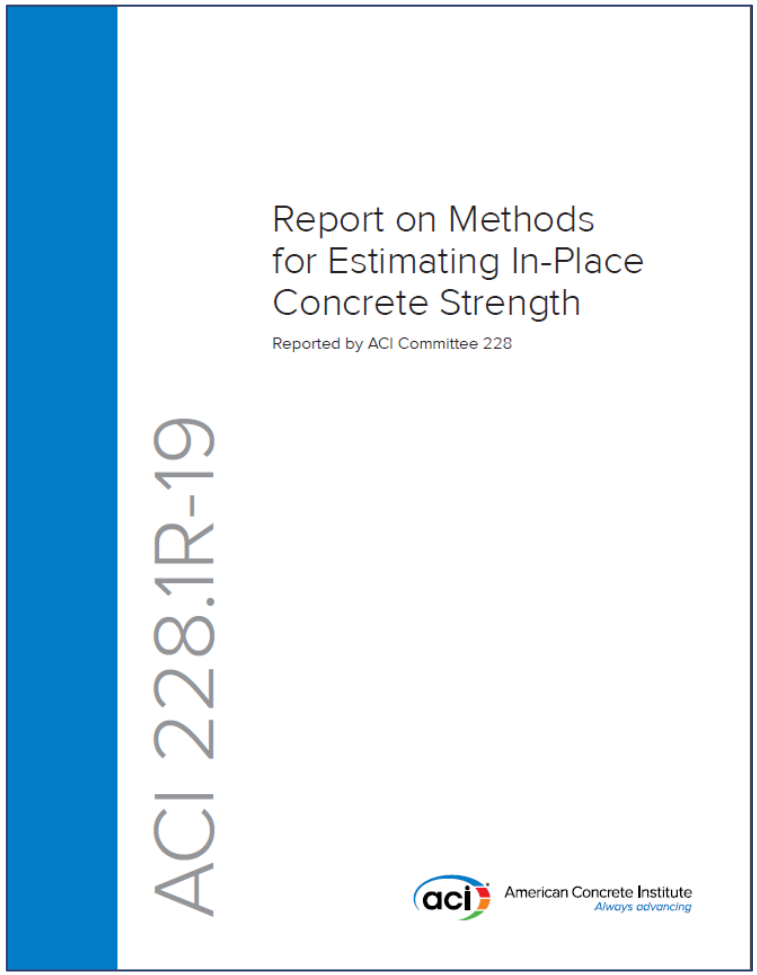
Faktor Reduksi Kekuatan Evaluasi

Tabel 21.2.1 – Faktor reduksi kekuatan (ϕ)

Gaya atau elemen struktur		ϕ	Pengecualian
a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik (*pretension*) dimana *strand* belum sepenuhnya bekerja, ϕ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c)	Torsi	0,75	-
d)	Tumpu (*bearing*)	0,65	-

Keterangan : FRK desain tetap digunakan bila sifat material dan penampang **tidak terkonfirmasi melalui pengukuran**

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT



Dokumen ACI 228.1R-19 menggunakan terminology ***In-place tests*** menggantikan terminology ***nondestruktif test***.

Sifatnya **bukan mengukur kuat tekan** beton secara langsung

Dapat digunakan untuk **mengevaluasi keseragaman** mutu beton terpasang atau **menentukan titik *core***

Nilai NDT perlu **dikorelasikan** terhadap kuat tekan beton jika digunakan untuk evaluasi mutu beton **MPa**

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Beberapa contoh metode uji beton non-destruktif :

Hammer test

SNI ASTM C805:2012

UPV

SNI ASTM C597:2012

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Batasan Uji Nondestruktif Beton

- ACI 301-99 pada sec.1.6.6.1, bahwa hasil in-place tests "hanya akan **valid** jika pengujian telah dilakukan dengan menggunakan **peralatan yang sudah dikalibrasi**".
- ACI 301-99 pada sec.1.6.7.2, "Uji NDT **tidak boleh** digunakan sebagai **dasar** untuk **menerima atau menolak beton**," tetapi dapat digunakan untuk "**mengevaluasi**" beton saat kekuatan *standard-cured cylinder* gagal memenuhi kriteria kekuatan yang ditentukan
- ACI 562M-19.Sec.6.4.3.2.p-43 NDT untuk mengevaluasi *in-place strength* (kekuatan ditempat) dapat **diizinkan jika korelasi yang valid** dibuat berdasarkan hasil uji kuat tekan sampel **core** dan hasil uji **NDT**. Kuantifikasi dengan **NDT saja** **tidak diperbolehkan** digunakan sebagai **pengganti pengambilan** dan pengujian sampel core
- Dalam ACI 301-20, sec.1.7.4.2 Penggunaan **rebound hammer (palu pantul)** atau **pulse-velocity** dapat ditentukan oleh Engineer untuk **mengevaluasi keseragaman beton in-place** (di tempat) atau untuk **memilih area yang akan di core**. Metode ini **tidak boleh** digunakan untuk **mengevaluasi in-place strength** (kekuatan di tempat).
- SNI 2847:2019 pasal 26.12.4, metode NDT di tempat seperti uji penetrasi (ASTM C803M), *hammer rebound* (ASTM C805M), atau uji cabut (ASTM C900) **dapat digunakan** untuk memprediksi nilai kuat tekan di tempat (terpasang) **jika dibuat suatu korelasi** yang valid antara hasil pengukuran non-destruktif terhadap nilai kuat tekan beton

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Hammer Test

Hammer test mengukur angka pantul alat yang merepresentasikan **kekerasan permukaan beton**.

Ketentuan :

1. Area pengujian min 150 mm
2. **Kupas/chipping plesteran/acian** hingga permukaan beton
3. Permukaan dengan tekstur yang kasar, lunak atau terkelupas mortarnya harus **diratakan** dengan batu penggosok.
4. Bagi dan tandai areal pengujian untuk **minimal 10 titik** dengan **jarak antar titik minimal 25 mm**.
5. Elemen beton yang akan diuji harus memiliki **tebal minimum 100 mm** dan menyatu dengan struktur.
6. Hindari pengujian pada daerah yang menunjukkan adanya keropos, permukaan beralur (*scaling*), permukaan kasar atau daerah dengan porositas yang tinggi
7. Pengujian **tidak diijinkan** selimut beton < 20 mm.
8. Perhatikan **arah pengambilan** data (horizontal, vertikal) dan koreksi datanya
9. **Buang data** dengan nilai bacaan yang **berselisih > 6 unit** dari nilai rata-rata dan bila > 2 bacaan yang dibuang maka uji ulang.

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Hammer Test

Reminder
SNI ASTM C805:2012 Ps 9

Hasil pembacaan yang **berbeda lebih dari 6 satuan** dari rata-rata 10 titik bacaan **diabaikan** dan **tentukan nilai rata-rata dihitung dari pembacaan data yang memenuhi syarat**. Bila **lebih dari 2 titik bacaan memiliki perbedaan lebih dari 6 satuan dari nilai rata-rata, maka seluruh rangkaian pembacaan harus dibatalkan** dan tentukan angka pantul pada 10 titik bacaan baru pada daerah pengujian.

Contoh :

No Lokasi	Angka Pantul (R) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R Rata-rata Sebelum Koreksi	R Rata-rata Setelah Koreksi
1	45	**33**	43	39	44	**32**	45	35	35	45		
	OK	**NOK**	OK	OK	OK	**NOK**	OK	OK	OK	OK	39.60	41.38
1'	45		43	39	44		45	35	35	45		
2	**32**	43	**45**	**32**	40	38	35	42	43	37		
	NOK	OK	**NOK**	**NOK**	OK	OK	OK	OK	OK	OK	38.70	
2'	**NOK > 2, Data tidak bisa diterima**											

Max 38.70 + 6 = 44.7
Min 38.70 – 6 = 32.7

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Hammer Test

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI ASTM C805:2012

Metode uji angka pantul beton keras
(ASTM C 805-02, IDT)

ICS 91.100.30

Badan Standardisasi Nasional

BSN

Copy ini dibuat oleh BSN untuk Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

Lampiran D
(informatif)
Contoh formulir isian Pengujian angka pantul beton keras

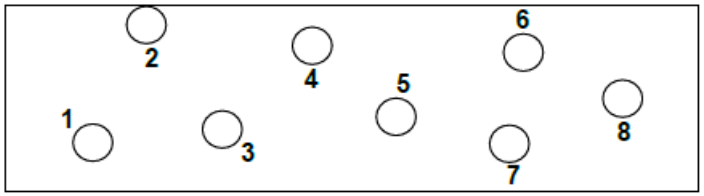
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN
BALAI JEMBATAN DAN BANGUNAN PELENGKAP JALAN
Jalan A.H Nasution No.264 Kotak Pos 2 Ujungberung Telp. (022) 7811884 Fax. (022) 7811884 Bandung 40294 e-mail:puslal@melsa.net.id

Pengujian angka pantul beton keras

Nama kegiatan : Pemeriksaan Jembatan Ciujung
Elemen struktur : Pilar I
Sudut pengambilan : 0° (mendatar), Tipe : N ,Angka kalibrasi anvil : 78
Diuji oleh : KGS Rasyidi
Diperiksa oleh : Bagus Aditya W., ST
R koreksi : 80/78 = 1,03

No Lokasi	ANGKA PANTUL (R) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σr	Faktor Koreksi Alat	R koreksi	Keterangan
1	34	40	36	39	40	38	38	42	43	37	38,70	1,03	39,69	
2	40	42	38	32	38	43	45	39	43	41	40,10	1,03	41,13	
3	45	33	43	39	44	32	45	35	35	45	39,60			R > (Σr ± 6), data dibuang
3'	45		43	39	44		45	35	35	45	41,38	1,03	42,44	33 dan 32 tidak
4	37	40	36	42	37	39	39	41	40	38	38,90	1,03	39,90	
5	40	35	45	38	40	42	41	42	42	40	40,50	1,03	41,54	
6	40	40	42	45	42	41	42	35	43	38	40,80	1,03	41,85	
7	45	41	37	43	40	39	43	40	39	42	40,90	1,03	41,95	
8	39	36	40	39	42	41	39	42	38	40	39,60	1,03	40,62	
...														
...														
...														
n														

Sketsa gambar:



Diperiksa oleh penyelia
Tanggal : 27 Agustus 2008

(Bagus Aditya W., ST.)

Diuji oleh teknisi
Tanggal : 26 Agustus 2008

(KGS Rasyidi)

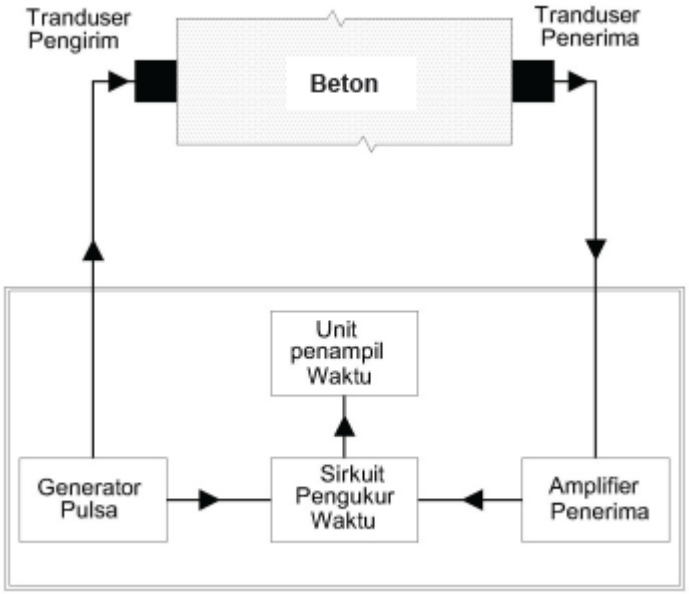
© BSN 2012

SNI ini dibuat oleh BSN untuk Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan "

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Metode ini mengukur cepat rambat gelombang longitudinal (yang dipancarkan dari transduser alat) melalui beton yang merepresentasikan **keseragaman dan mutu relative beton**.



SNI ASTM C597:2012

Kegunaan :

1. Mengetahui keseragaman/homogenitas dan mutu relative beton
2. Mendeteksi adanya rongga dan retak
3. Perkiraan tingkat kerusakan dan keretakan pada beton
4. Evaluasi efektivitas perbaikan retak

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI ASTM C597:2012

Metode uji
kecepatan rambat gelombang melalui beton
(ASTM C 597 - 02, IDT)

ICS 91.100.30

Badan Standardisasi Nasional

" Copy SNI ini dibuat oleh BSN untuk Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan "

Lampiran C
(informatif)
Contoh formulir isian Pengujian kecepatan rambat gelombang melalui beton

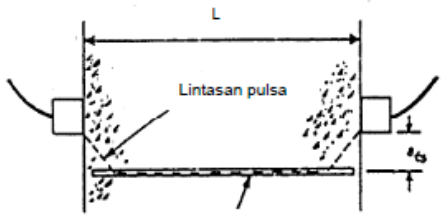
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN
BALAI JEMBATAN DAN BANGUNAN PELENGKAP JALAN
Jalan A.H Nasution No.264 Kotak Pos 2 Ujungberung Telp. (022) 7811884 Fax. (022) 7811884 Bandung 40294 e-mail:pucjal@melsa.net.id

Pengujian kecepatan rambat gelombang melalui beton

Nama kegiatan : Pemeriksaan Jembatan
Elemen struktur : Gelagar
Lokasi Pengujian : Jembatan Sei Gambus
Arah Pemeriksaan : Medan – Aceh Timur
Diuji oleh : Rubby Mastra, ST
Diperiksa oleh : Setyo Hardono, ST, MT

No	Panjang (L) m	Waktu Tempuh (T) s	Kecepatan rambat gelombang (m/s)	Lokasi Pengujian
1	0,5	130,6	3830	G1
2	0,5	130,7	3830	
3	0,5	132,0	3790	G2
4	0,5	135,8	3680	
5	0,5	135,9	3680	G3
6	0,5	133,8	3740	
7	0,5	137,9	3630	G4
8	0,5	139,6	3580	
9	0,5	135,9	3680	G5
10	0,5	131,5	3800	

Sketsa gambar:



Diperiksa oleh penyelia
Tanggal : 14 Agustus 2009

(Setyo Hardono, ST, MT)

Diuji oleh teknisi
Tanggal : 14 Agustus 2009

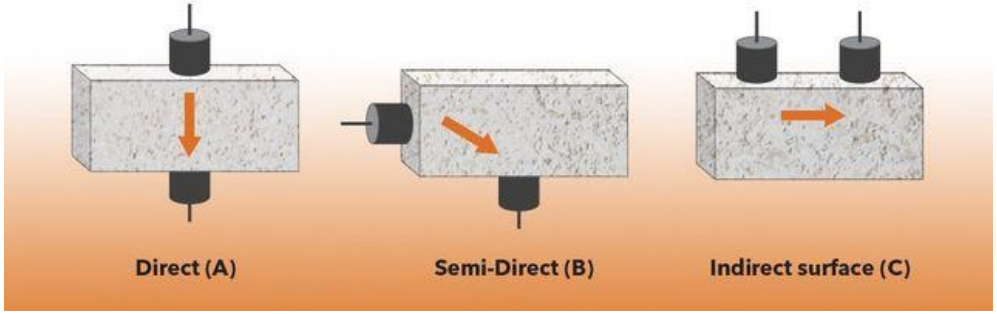
(Rubby Mastra, ST)

© BSN 2012

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

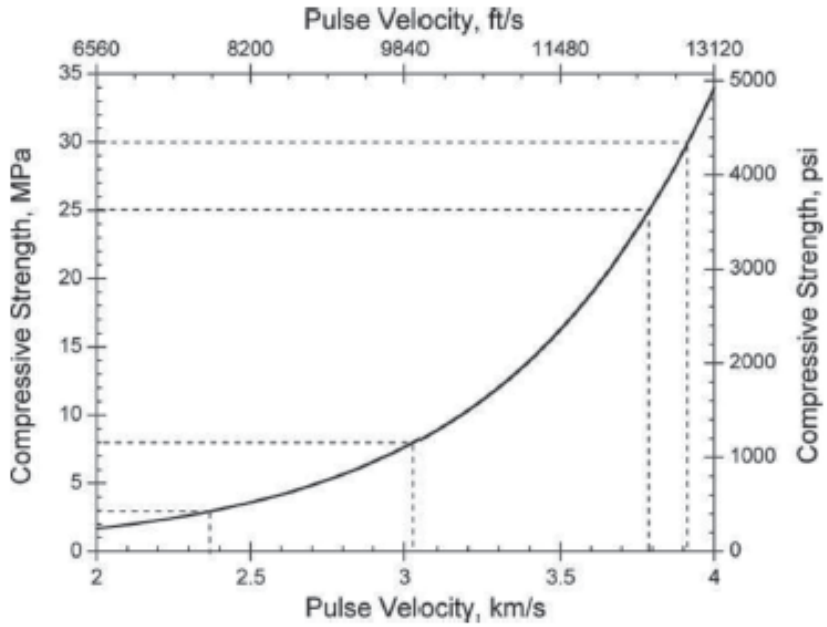
Metode :
Direct, semi direct, indirect



Untuk perkiraan mutu beton sebaiknya menggunakan Direct method

Estimasi Homogenitas

V (km/det)	Estimasi Homogenitas
< 2.13	Kurang
2.14 – 3.05	Cukup
3.06 – 3.66	Cukup Baik
3.67 – 4.57	Baik
> 4.58	Sangat Baik



ACI 228.1R-19

Fig. 3.6b—Schematic of typical relationship between pulse velocity and compressive strength of a given concrete mixture.

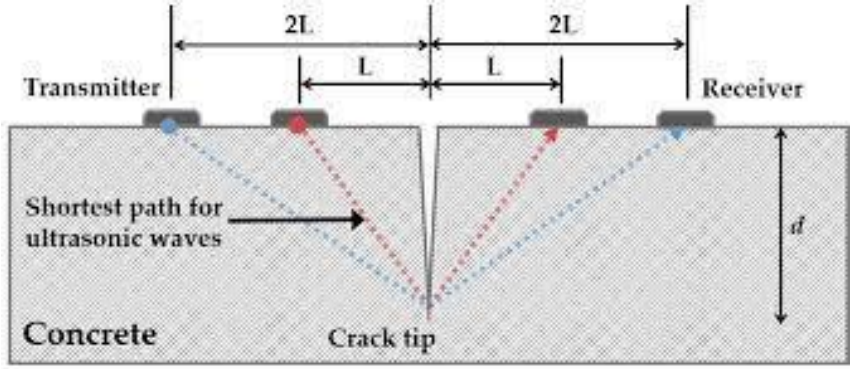
Hubungan antara cepat rambat gelombang (v) vs kuat tekan beton (fc) memiliki sifat nonlinear yang sangat tinggi
(ACI 228.1R-19 Ch 3.6)

Ket : gambar di atas hanya ilustratif, kuantifikasi fc berdasarkan v tetap harus melalui hubungan korelasi yang dibuat spesifik.

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

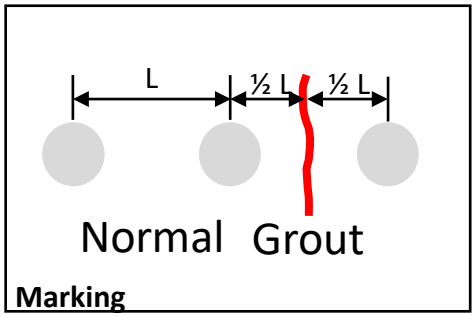
Perkiraan Kedalaman Retak

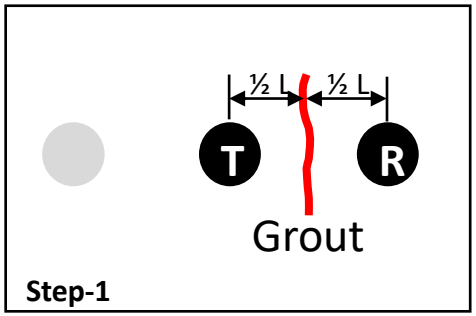


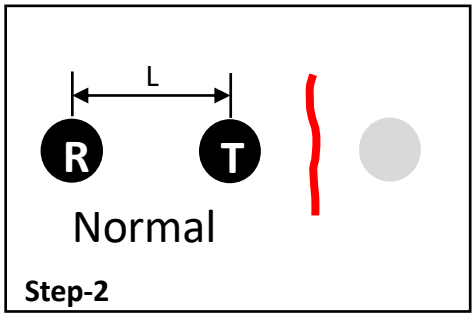
British Standard (*BS Method*).

Pengujian Beton Nondestruktif / NDT

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)







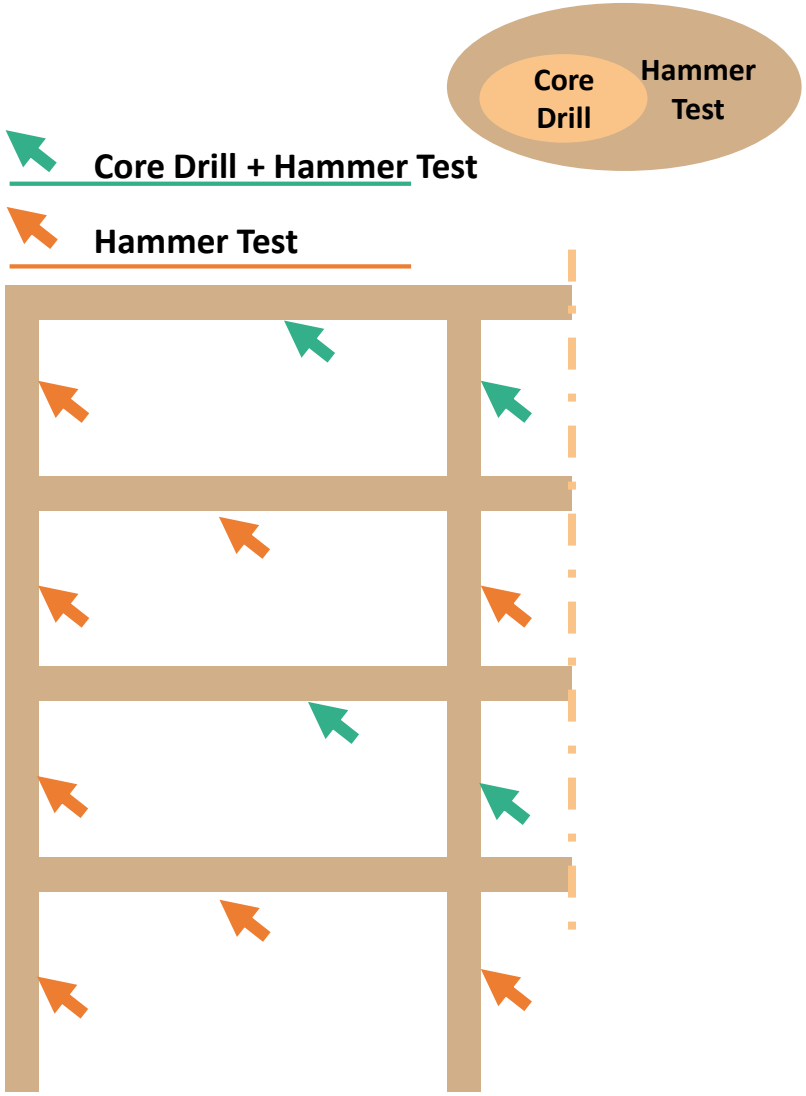
Evaluasi efektivitas perbaikan retak

V (km/det)	Estimasi Homogenitas
< 2.13	Kurang
2.14 – 3.05	Cukup
3.06 – 3.66	Cukup Baik
3.67 – 4.57	Baik
> 4.58	Sangat Baik

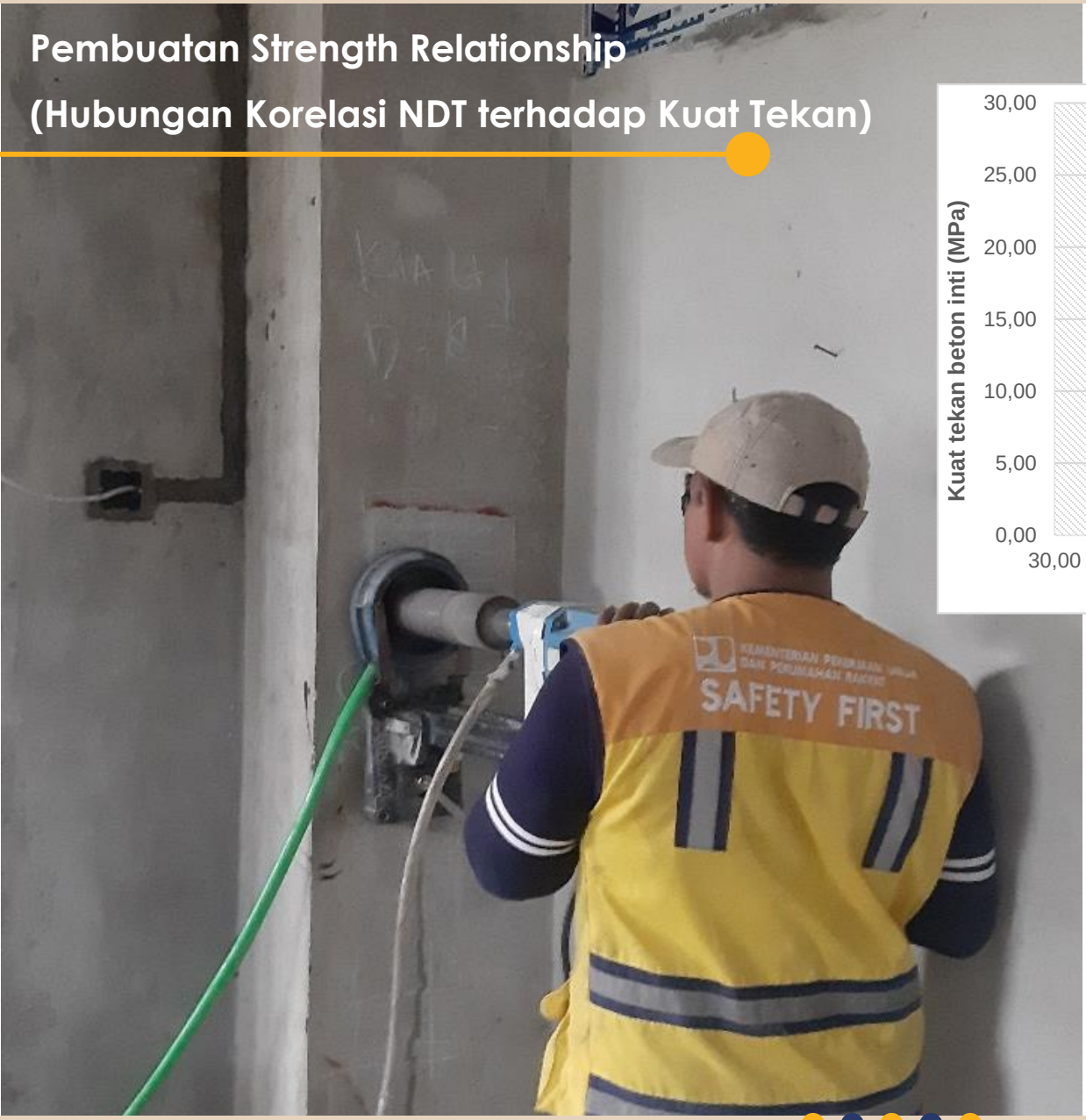
3 Pengolahan dan analisis data hasil uji mutu beton terpasang

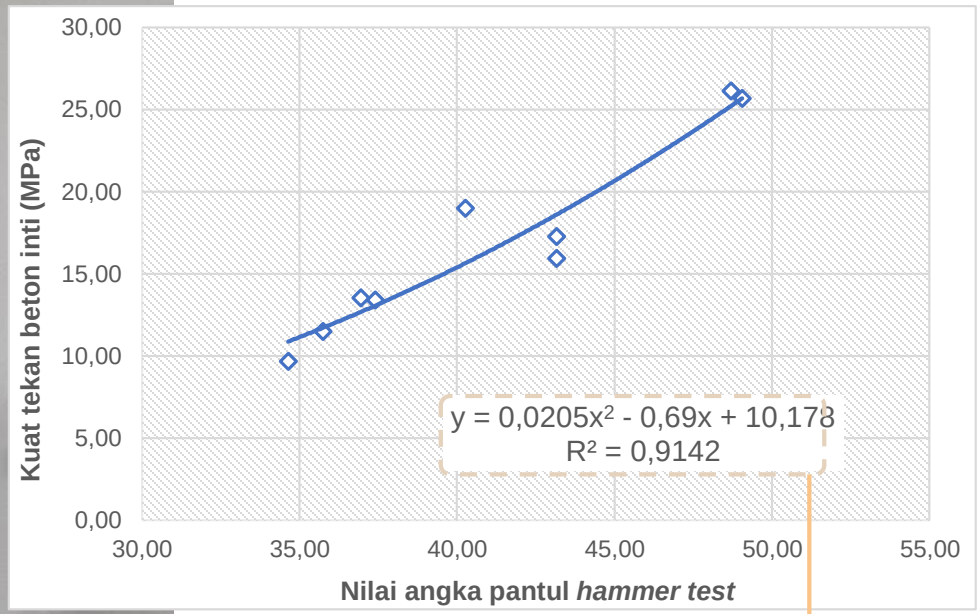
Sumber Gambar: Vecteezy

Pembuatan Strength Relationship (Hubungan Korelasi NDT terhadap Kuat Tekan)



Pembuatan Strength Relationship (Hubungan Korelasi NDT terhadap Kuat Tekan)





Kurva *strength relationship* diperoleh dari kurva regresi terbaik yang dapat dibuat, yang diindikasikan dengan nilai R^2 yang paling besar.

Selanjutnya peramaan regresi yang diperoleh dapat digunakan untuk memperkirakan mutu beton terpasang dari keseluruhan sampel *hammer test/NDT* lainnya.

Pengecekan Outliers

Kelompok uji	
	Core Drill
Jumlah Outlier	0
Rata-rata	10.25
Standar Deviasi	4.99
Jumlah sampel (n)	13
Tc	2.607

No.	Test Value	Tn	Outlier
1	3.94	1.26	No
2	10.69	0.09	No
3	11.32	0.21	No
4	6.68	0.72	No
5	5.76	0.90	No
6	9.03	0.24	No
7	16.66	1.28	No
8	7.14	0.62	No
9	9.87	0.08	No
10	19.12	1.78	No
11	8.66	0.32	No
12	5.73	0.91	No
13	18.69	1.69	No

Acuan : ASTM E178

Contoh Perhitungan

$$T_n = (x_n - \bar{x})/s$$

$$= (11.12 - 10.10)/4.91$$

$$= 0.21$$

Cek Outlier :

$$n_{sampel} = 13 \rightarrow Tc = 2.607$$

$$If\ Tn > Tc \rightarrow sampel\ Outlier$$

$$Tn = 0.21 < Tc = 2.607$$

$$\rightarrow \textbf{\textit{Bukan Outlier}}$$

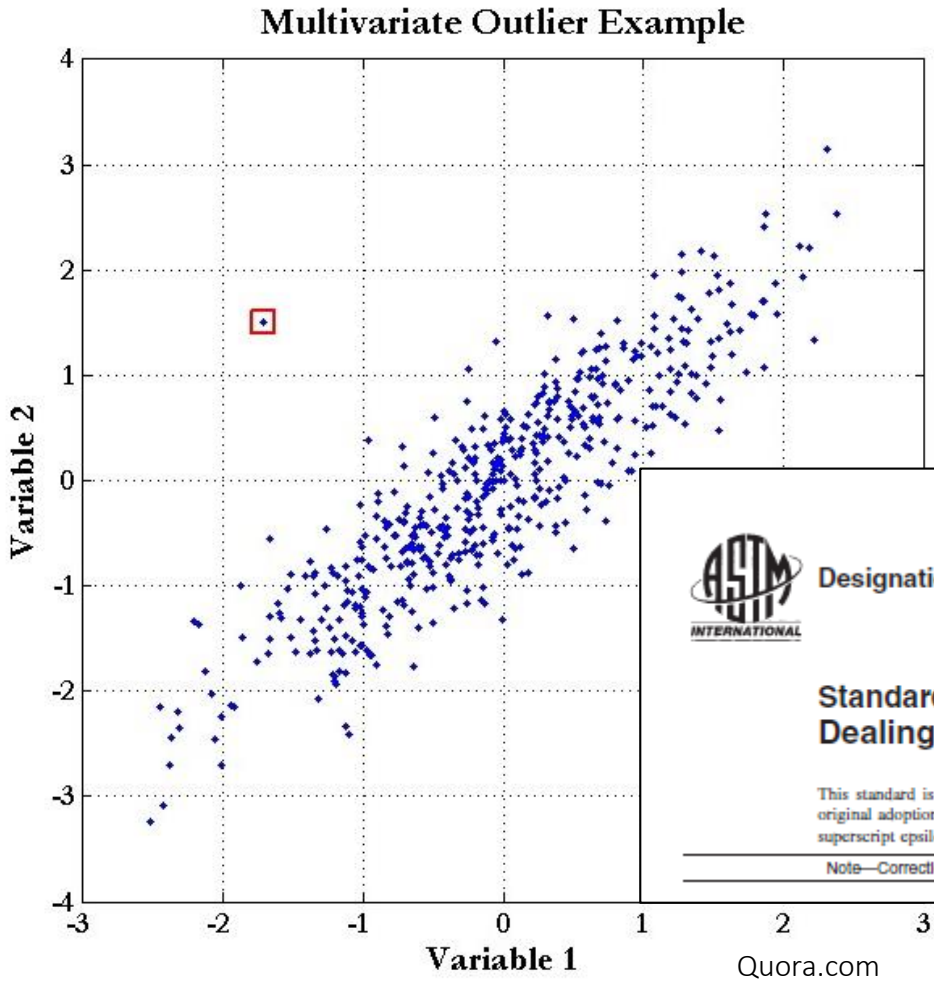
TABLE 1 Critical Values for *T* (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample[A]

Number of Observations, *n*	Upper 10 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level
3	1.1484	1.1531	1.1546
4	1.4250	1.4625	1.4925
5	1.602	1.672	1.749
6	1.729	1.822	1.944
7	1.828	1.938	2.097
8	1.909	2.032	2.221
9	1.977	2.110	2.323
10	2.036	2.176	2.410
11	2.088	2.234	2.485
12	2.134	2.285	2.550
13	2.175	2.331	2.607
14	2.213	2.371	2.659
15	2.247	2.409	2.705
16	2.279	2.443	2.747
17	2.309	2.475	2.785
18	2.335	2.504	2.821
19	2.361	2.532	2.854
20	2.385	2.557	2.884
21	2.408	2.580	2.912
22	2.429	2.603	2.939
23	2.448	2.624	2.963
24	2.467	2.644	2.987
25	2.486	2.663	3.009
26	2.502	2.681	3.029
27	2.519	2.698	3.049
28	2.534	2.714	3.068
29	2.549	2.730	3.085
30	2.563	2.745	3.103
35	2.628	2.811	3.178
40	2.682	2.866	3.240
45	2.727	2.914	3.292
50	2.768	2.956	3.336

[A] Values of *T* are taken from Grubbs (1),[3] Table 1. All values have been adjusted for division by $n - 1$ instead of n in calculating s. Use Ref. (1) for higher sample sizes up to $n = 147$.

Untuk pengecekan *Outlier* dalam sampel NDT (seperti Hammer Test dan UPV) dapat dilakukan dengan cara yang sama.

Pengecekan Outliers

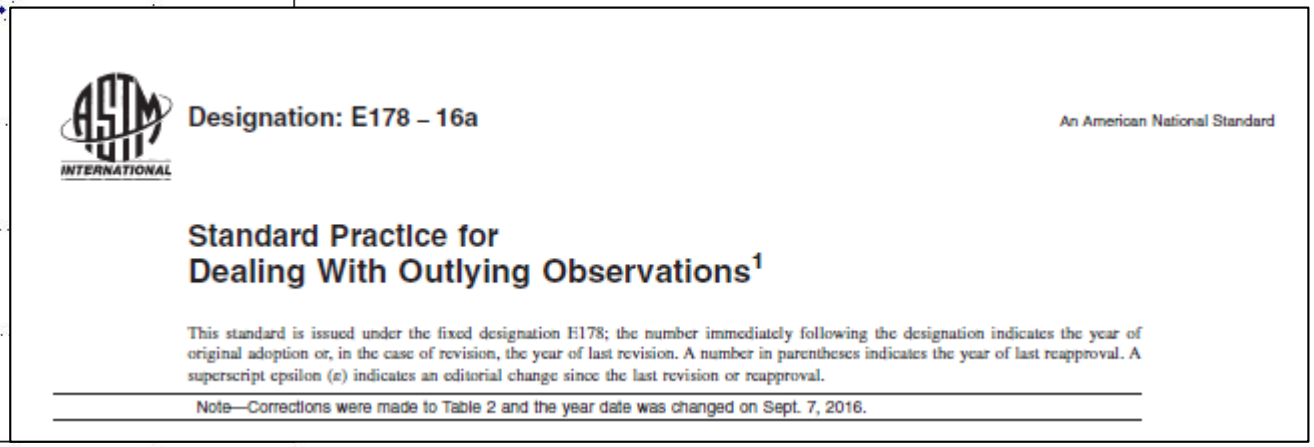


Quora.com

Tujuan : Observasi keberadaan data yang berdeviasi signifikan dari data-data lainnya.

$$T_n = (x_n - \bar{x})/s$$

$$If\ Tn > Tc \rightarrow sampel\ Outlier$$



Designation: E178 – 16a

An American National Standard

Standard Practice for
Dealing With Outlying Observations[1]

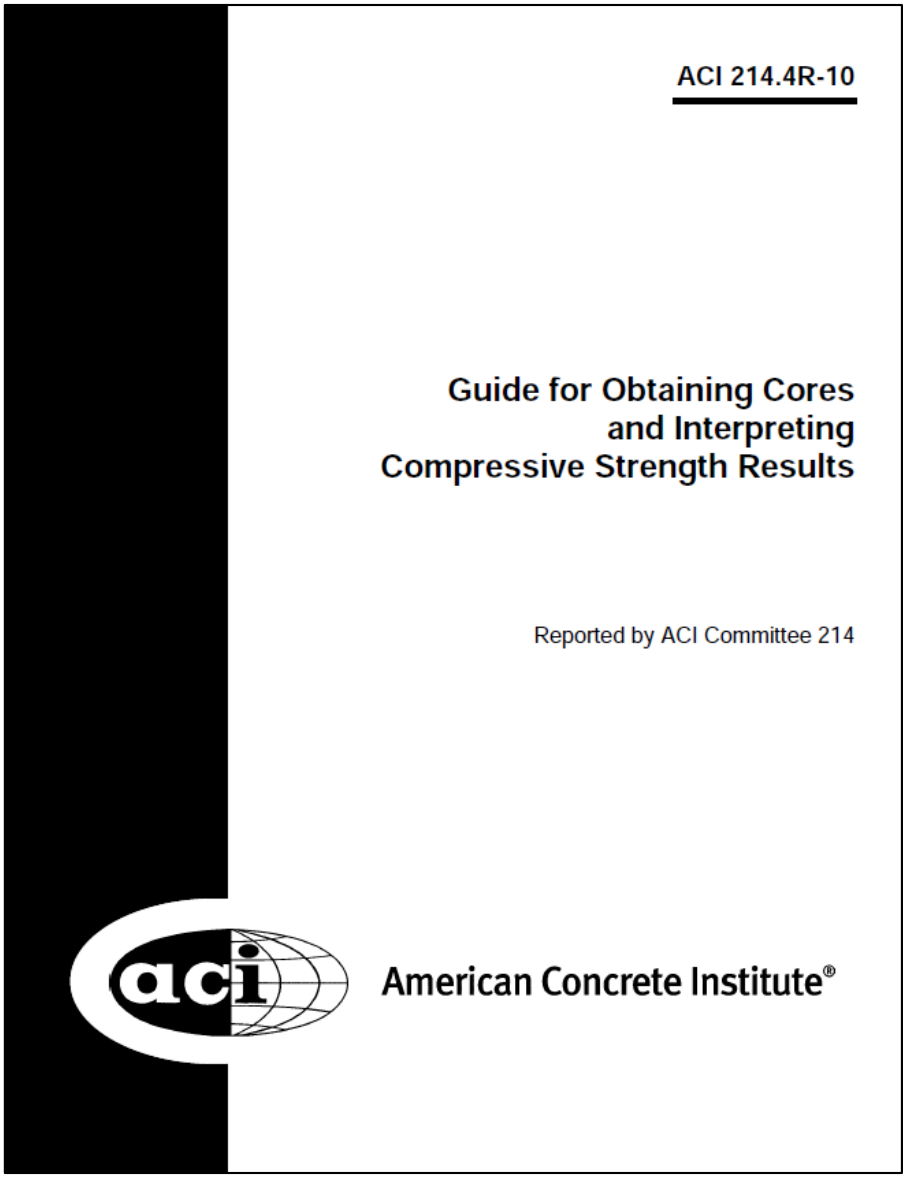
This standard is issued under the fixed designation E178; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

Note—Corrections were made to Table 2 and the year date was changed on Sept. 7, 2016.

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

SNI 2847:2019 Pasal R27.3.1.3

Komite ACI 214 telah mengembangkan dua metode untuk menentukan f_c' ekuivalen dari beton inti yang diambil dari struktur yang ada. Metode ini dijelaskan dalam ACI 214.4R dan bergantung pada teknik analisis statistik.


ACI 214.4R-10

Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results

Reported by ACI Committee 214

American Concrete Institute®

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

$$f_c = F_{l/d} F_{dia} F_{mc} F_d f_{core}$$

Keterangan :

f_c	:	**Kuat tekan ekivalen di tempat (terpasang)**
f_{core}	:	Kuat tekan *core*
$F_{l/d}$	:	Faktor koreksi rasio l/d *core*
F_{dia}	:	Faktor koreksi diameter *core*
F_{mc}	:	Faktor koreksi kondisi kelembaban *core*
F_d	:	Faktor koreksi untuk kerusakan akibat bor

Table 9.1—Magnitude and accuracy of strength correction factors for converting core strengths into equivalent in-place strengths*

	Factor	Mean value	Coefficient of variation V, %
$F_{\ell/d}$: ℓ/d ratio†	Standard treatment‡:	$1-\{0.130-\alpha f_{core}\}\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$	$2.5\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$
	Soaked 48 hours in water:	$1-\{0.117-\alpha f_{core}\}\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$	$2.5\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$
	Dried§:	$1-\{0.144-\alpha f_{core}\}\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$	$2.5\left(2-\frac{\ell}{d}\right)^2$
F_{dia}: core diameter	2 in. (50 mm)	1.06	11.8
	4 in. (100 mm)	1.00	0.0
	6 in. (150 mm)	0.98	1.8
F_{mc}: core moisture content	Standard treatment‡:	1.00	2.5
	Soaked 48 hours in water:	1.09	2.5
	Dried§:	0.96	2.5
F_d: damage due to drilling		1.06	2.5

*To obtain equivalent in-place concrete strength, multiply the measured core strength by appropriate factor(s) in accordance with Eq. (9-1).

†Constant α equals $3(10^{-6})$ 1/psi for f_{core} in psi, or $4.3(10^{-4})$ 1/MPa for f_{core} in MPa.

‡Standard treatment specified in ASTM C42/C42M.

§Dried in air at 60 to 70°F (16 to 21°C) and relative humidity less than 60% for 7 days.

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

Contoh :

$$f_c = F_{l/d} F_{dia} F_{mc} F_d f_{core}$$

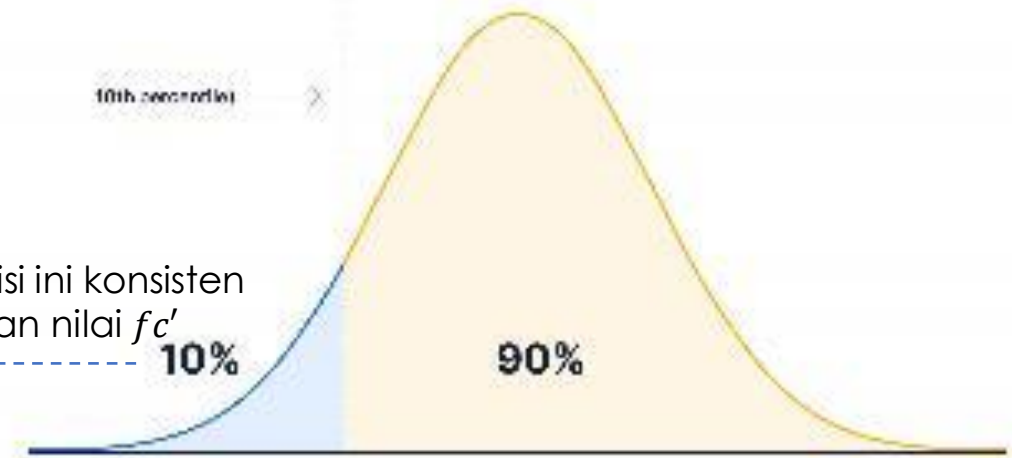
No.	Komponen	Lantai	Lokasi	fc core (MPa)	l/d	$F_{l/d}$	F_{dia}	F_{mc}	F_d	*fc*
1	Kolom	4	2-D	3.94	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	4.28
2	Kolom	4	2-C	10.69	1.80	0.99	1.03	1.00	1.06	11.61
3	Balok	Atap	D-2,3	11.32	1.77	0.99	1.03	1.00	1.06	12.28
4	Kolom	3	2-D	6.68	1.81	1.00	1.03	1.00	1.06	7.26
5	Balok	Atap	C-2,3	5.76	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	6.25
6	Kolom	3	2-C	9.03	1.75	0.99	1.03	1.00	1.06	9.78
7	Balok	4	D-2,3	16.66	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	18.09
8	Balok	4	E,F-2	7.14	1.80	0.99	1.03	1.00	1.06	7.76
9	Balok	3	D-2,3	9.87	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	10.72
10	Balok	2	D-2,3	19.12	1.82	1.00	1.03	1.00	1.06	20.79
11	Kolom	2	2-D	8.66	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	9.40
12	Kolom	3	2-F	5.73	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	6.22
13	Kolom	1	2-D	18.69	1.79	0.99	1.03	1.00	1.06	20.30

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

Perhitungan Nilai f_C *Lower Bound /Equivalent Specified Strength*

Konsep : Memperkirakan nilai **10%** ***fractile*** dari hasil uji beton terpasang.

Reminder : Definisi ini konsisten dengan ketentuan nilai fc' desain.



ACI 214.4R-10 menjelaskan dua metode untuk perhitungan *Equivalent Specified Strength:*

1. fc'_{eq} ***Tolerance Factor Method***
2. fc'_{eq} ***Alternate Method***

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

1 $f c'_{eq}$ *Tolerance Factor Method*

$$f'_{c,eq.1} = \overline{f_c} - \sqrt{(Ks_c)^2 + (Zs_a)^2}$$

Memperhitungkan ketidakpastian dalam penggunaan factor koreksi sampel *core*

$$s_a = \overline{f_c}\sqrt{\underbrace{V_{l/d}{}^2 + V_{dia}^2 + V_{mc}^2 + V_d^2}_{\text{Tabel 9.1}}}$$ (ACI 214.4R-10 Pers 9-4)

$\overline{f_c}$ → Rata-rata perkiraan ***fc***, Y (MPa)

S_c → Standar deviasi (MPa)

Table 9.2—*K*-factors for one-sided tolerance limits on the 10% fractile (Natrella 1963)

n	Confidence level 75%	90%	95%
3	2.50	4.26	6.16
4	2.13	3.19	4.16
5	1.96	2.74	3.41
6	1.86	2.49	3.01
8	1.74	2.22	2.58
10	1.67	2.06	2.36
12	1.62	1.97	2.21
15	1.58	1.87	2.07
18	1.54	1.80	1.97
21	1.52	1.75	1.90
24	1.50	1.71	1.85
27	1.49	1.68	1.81
30	1.48	1.66	1.78
35	1.46	1.62	1.73
40	1.44	1.60	1.70

Note: n = number of specimens tested.

Table 9.3—*Z*-factors for use in Eq. (9-7) and (9-8) (Natrella 1963)

Confidence level, %	Z
75	0.67
90	1.28
95	1.64

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

1 fc'_{eq} *Tolerance Factor Method*

Rekomendasi pengambilan angka tingkat kepercayaan (Hindo dan Bergstorm, 1985)

ACI 214.4R-10

Jenis bangunan	Tingkat kepercayaan, p
Struktur biasa (*ordinary structures*)	75%
Bangunan penting (*important buildings*)	90%
Bagian krusial pembangkit tenaga nuklir (*crucial part of nuclear power plants*)	95%

Interpretasi Hasil Uji *Core* Menurut ACI 214.4R-10

2 $f'c_{eq}$ *Alternate Method*

Perhitungan fc.eq dilakukan dengan pendekatan perkiraan nilai *lower-bound* $(\bar{f}_c)_{CL}$ dari rata-rata kuat tekan beton terpasang

Table 9.4—One-sided *T*-factors for use in Eq. (9-8) (Natrella 1963)

n	Confidence level 75%	90%	95%
3	0.82	1.89	2.92
4	0.76	1.64	2.35
5	0.74	1.53	2.13
6	0.73	1.48	2.02
8	0.71	1.41	1.90
10	0.70	1.38	1.83
12	0.70	1.36	1.80
15	0.69	1.34	1.76
18	0.69	1.33	1.74
21	0.69	1.33	1.72
24	0.69	1.32	1.71
30	0.68	1.32	1.70

Note: n = number of specimens tested.

$$f'_{c,eq.2} = C(\bar{f}_c)_{CL}$$

$$(\bar{f}_c)_{CL} = \bar{f}_c - \sqrt{\frac{(Ts_c)^2}{n} + (Zs_a)^2}$$

Table 9.3—*Z*-factors for use in Eq. (9-7) and (9-8) (Natrella 1963)

Confidence level, %	Z
75	0.67
90	1.28
95	1.64

Table 9.5—*C*-factors for use in Eq. (9-9)

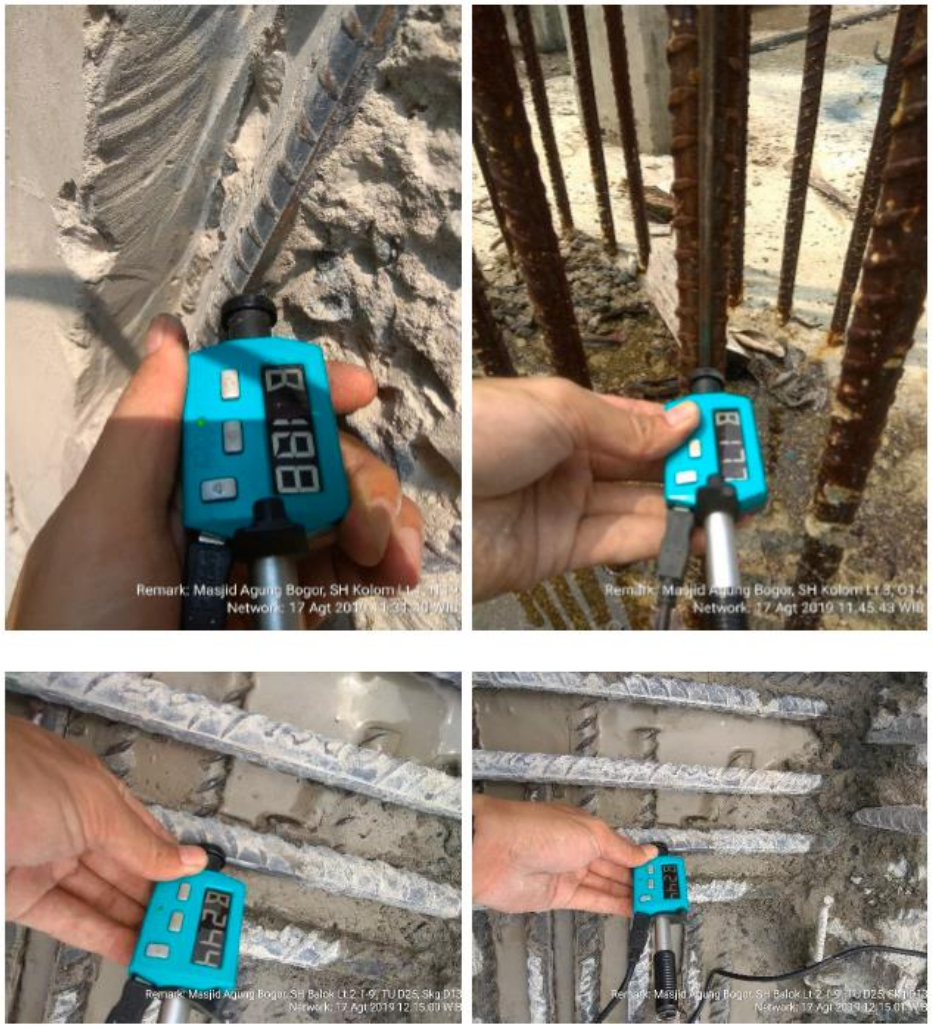
Structure composed of:		One member	Many members
One batch of concrete		0.91	0.89
Many batches of concrete	Cast-in-place	0.85	0.83
	Precast	0.88	0.87

"Bartlett and MacGregor (1995) suggest ***that a 90% confidence level is probably conservative*** *for general use".*

4 Pengujian lainnya

Sumber Gambar: Vecteezy

Steel Hardness Test



Tujuan : mengetahui suatu nilai kekerasan sebagai salah satu sifat mekanik material.

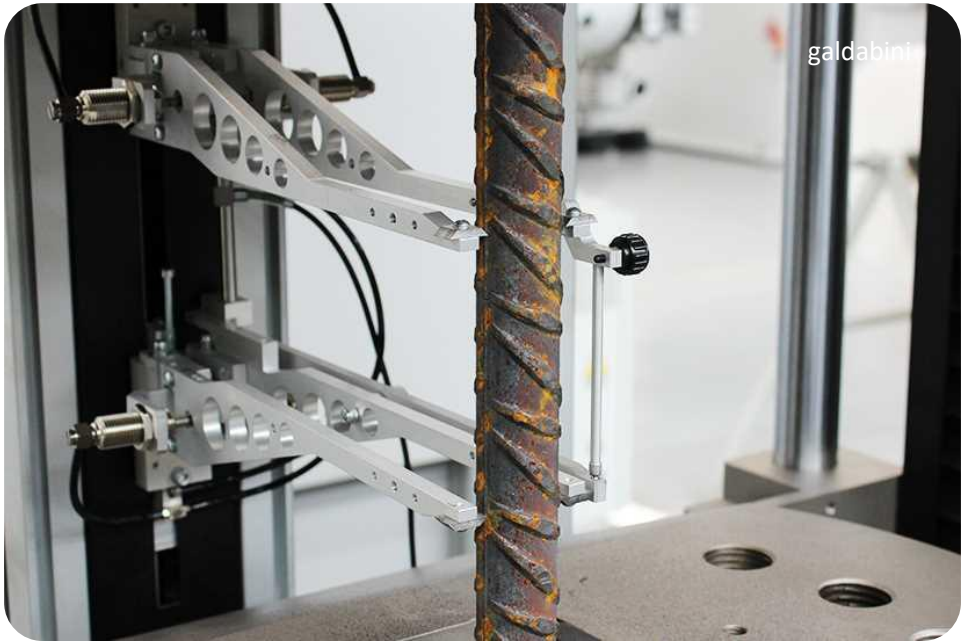
Jenis : Brinell hardness, Vickers hardness, Rockwell hardness.

Analisis Hasil Uji : Mengkonversi angka kekerasan ke dalam *Tensile Strength* menggunakan Conversion Table

HARDNESS CONVERSION TABLE

Tensile Strength (N/mm^2)	Brinell Hardness (BHN)	Vickers Hardness (HV)	Rockwell Hardness (HRB)	Rockwell Hardness (HRC)
285	86	90		
320	95	100	56,2	
350	105	110	62,3	
385	114	120	66,7	
415	124	130	71,2	
450	133	140	75,0	
480	143	150	75,7	
510	152	160	81,7	
545	162	170	85,0	
575	171	180	87,1	
610	181	190	89,5	
640	190	200	91,5	
675	199	210	93,5	
705	209	220	95,0	
740	219	230	96,7	

Uji Tarik Tulangan



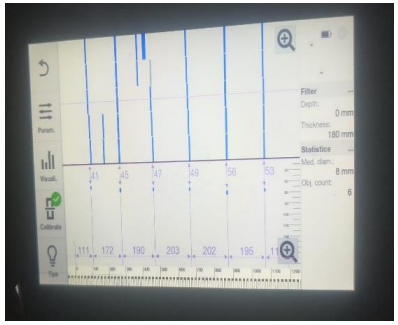
Pengambilan sampel tulangan di lapangan dapat dilakukan jika memungkinkan, untuk pengujian tarik di laboratorium.

Rebar Scanning

Pengujian menggunakan alat rebar scanning merupakan pengujian untuk mengidentifikasi konfigurasi tulangan,

Prinsip kerja: induksi gelombang elektromagnetik yang beraksi terhadap material yang mengandung unsur besi.

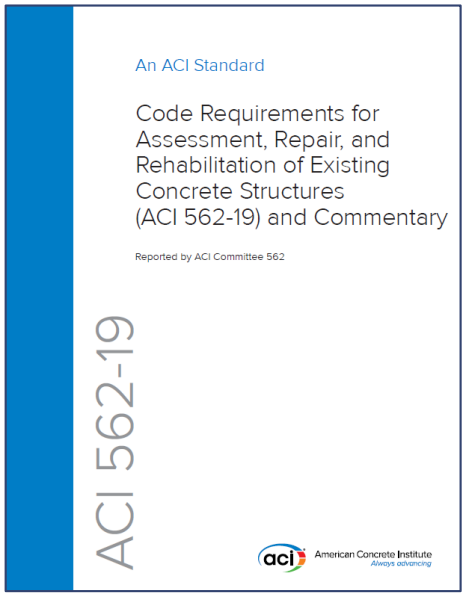
Output: Kedalaman selimut beton, konfigurasi tulangan utama dan sengkang berupa jumlah dan jarak antar tulangan

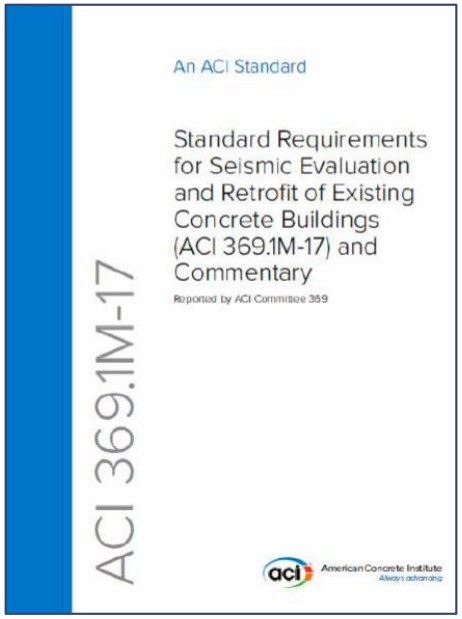


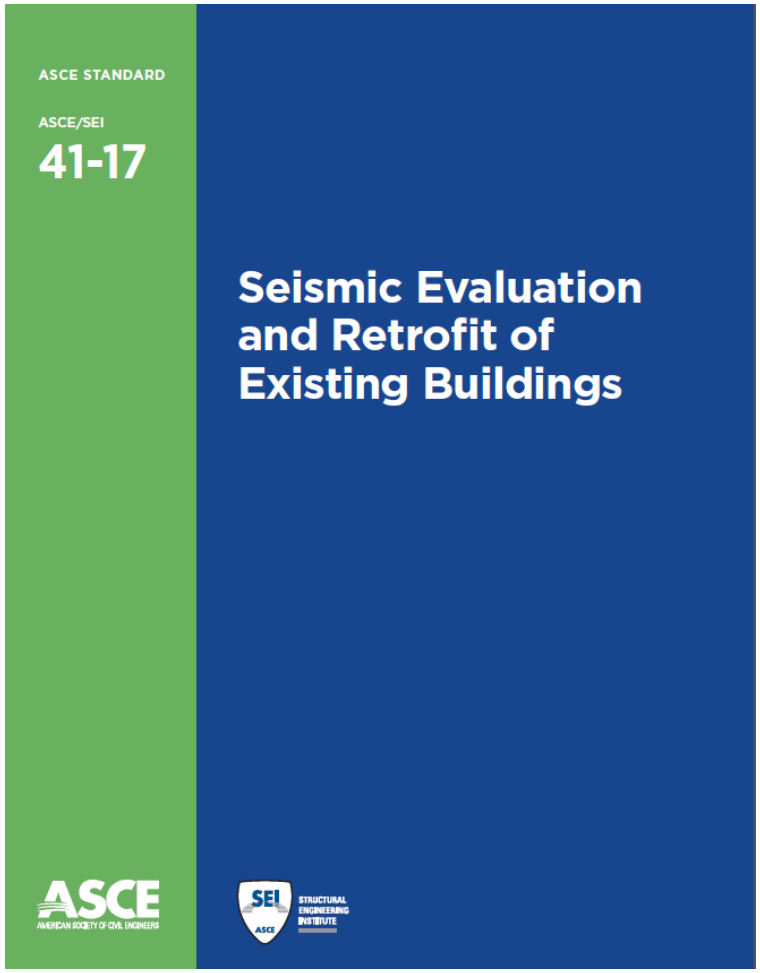
5 Pengantar Pemeriksaan Seismik Bangunan Eksisting

Sumber Gambar: Vecteezy

Referensi Utama



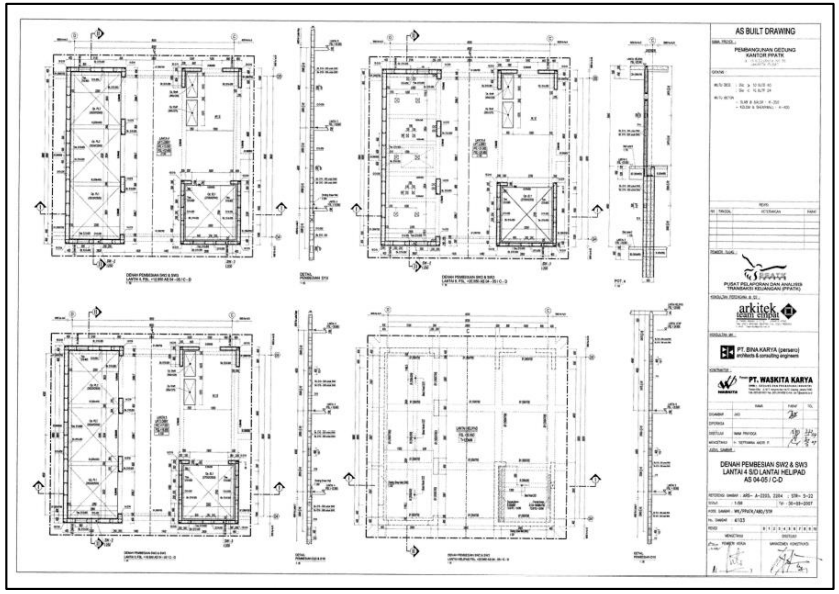




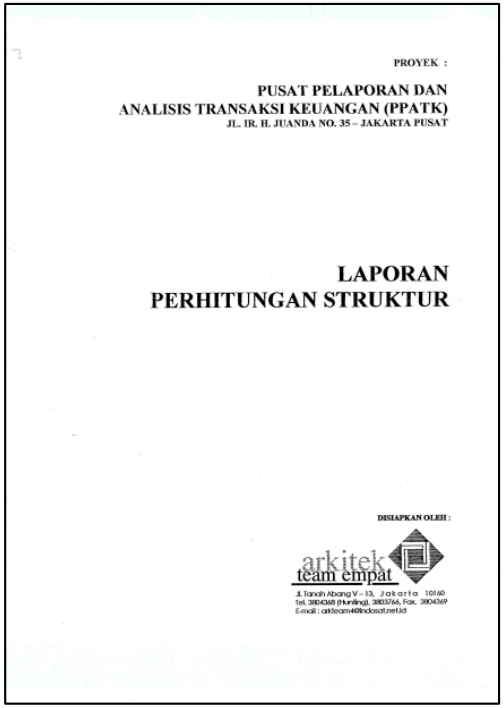
Sedang diadopsi ke SNI

Data yang diperlukan

Contoh As-built Informations



As-built drawing



PROYEK :

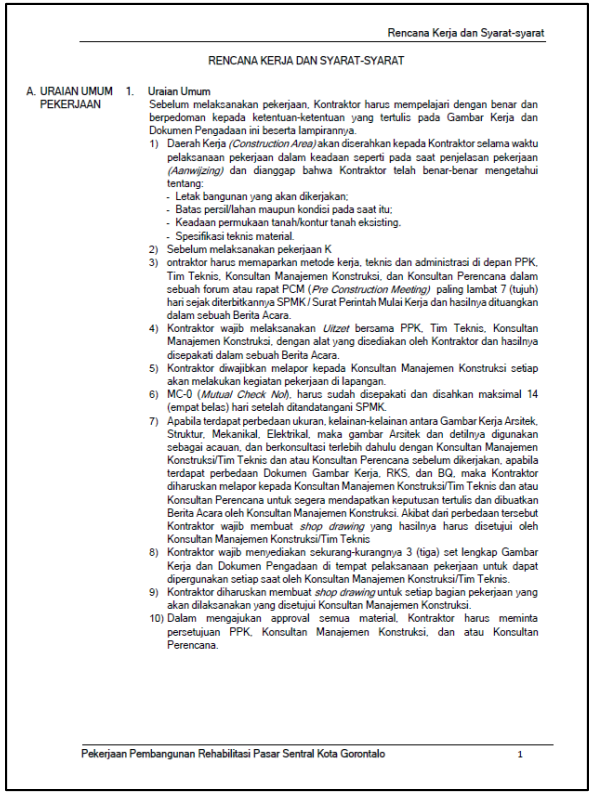
PUSAT PELAPORAN DAN
ANALISIS TRANSAKSI KEUANGAN (PPATK)
JL. IR. H. JUANDA NO. 35 – JAKARTA PUSAT

LAPORAN
PERHITUNGAN STRUKTUR

DISIAPKAN OLEH :

arkitek team empat

Laporan Perencanaan



Rencana Kerja dan Syarat-syarat

RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT

A. URAIAN UMUM PEKERJAAN

1. Uraian Umum

Sebelum melaksanakan pekerjaan, Kontraktor harus mempelajari dengan benar dan berpedoman kepada ketentuan-ketentuan yang tertulis pada Gambar Kerja dan Dokumen Pengadaan ini beserta lampirannya.

1) Daerah Kerja *(Construction Area)* akan diserahkan kepada Kontraktor selama waktu pelaksanaan pekerjaan dalam keadaan seperti pada saat penjelasan pekerjaan *(Aanwijzing)* dan dianggap bahwa Kontraktor telah benar-benar mengetahui tentang:
   - Letak bangunan yang akan dikerjakan;
   - Batas persil/lahan maupun kondisi pada saat itu;
   - Keadaan permukaan tanah/kontur tanah eksisting.
   - Spesifikasi teknis material.
2) Sebelum melaksanakan pekerjaan K
3) ontraktor harus memaparkan metode kerja, teknis dan administrasi di depan PPK, Tim Teknis, Konsultan Manajemen Konstruksi, dan Konsultan Perencana dalam sebuah forum atau rapat PCM (*Pre Construction Meeting)* paling lambat 7 (tujuh) hari sejak diterbitkannya SPMK / Surat Perintah Mulai Kerja dan hasilnya dituangkan dalam sebuah Berita Acara.
4) Kontraktor wajib melaksanakan *Ulitzet* bersama PPK, Tim Teknis, Konsultan Manajemen Konstruksi, dengan alat yang disediakan oleh Kontraktor dan hasilnya disepakati dalam sebuah Berita Acara.
5) Kontraktor diwajibkan melapor kepada Konsultan Manajemen Konstruksi setiap akan melakukan kegiatan pekerjaan di lapangan.
6) MC-0 (*Mutual Check Nol*), harus sudah disepakati dan disahkan maksimal 14 (empat belas) hari setelah ditandatangani SPMK.
7) Apabila terdapat perbedaan ukuran, kelainan-kelainan antara Gambar Kerja Arsitek, Struktur, Mekanikal, Elektrikal, maka gambar Arsitek dan detilnya digunakan sebagai acuan, dan berkonsultasi terlebih dahulu dengan Konsultan Manajemen Konstruksi/Tim Teknis dan atau Konsultan Perencana sebelum dikerjakan, apabila terdapat perbedaan Dokumen Gambar Kerja, RKS, dan BQ, maka Kontraktor diharuskan melapor kepada Konsultan Manajemen Konstruksi/Tim Teknis dan atau Konsultan Perencana untuk segera mendapatkan keputusan tertulis dan dibuatkan Berita Acara oleh Konsultan Manajemen Konstruksi. Akibat dan perbedaan tersebut Kontraktor wajib membuat *shop drawing* yang hasilnya harus disetujui oleh Konsultan Manajemen Konstruksi/Tim Teknis
8) Kontraktor wajib menyediakan sekurang-kurangnya 3 (tiga) set lengkap Gambar Kerja dan Dokumen Pengadaan di tempat pelaksanaan pekerjaan untuk dapat dipergunakan setiap saat oleh Konsultan Manajemen Konstruksi/Tim Teknis.
9) Kontraktor diharuskan membuat *shop drawing* untuk setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan yang disetujui Konsultan Manajemen Konstruksi.
10) Dalam mengajukan approval semua material, Kontraktor harus meminta persetujuan PPK, Konsultan Manajemen Konstruksi, dan atau Konsultan Perencana.

Pekerjaan Pembangunan Rehabilitasi Pasar Sentral Kota Gorontalo 1

RKS, Spek tek.

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual

- Identifikasi permasalahan konfigurasi
- Identifikasi indikasi degradasi
- Memastikan kontunuitas alur beban
- Menentukan kebutuhan pengujian tambahan jika diperlukan
- Konfirmasi konfigurasi dan geomteri struktur terbangun terhadap dokumen teknis yang tersedia.

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual

Konfirmasi konfigurasi tulangan

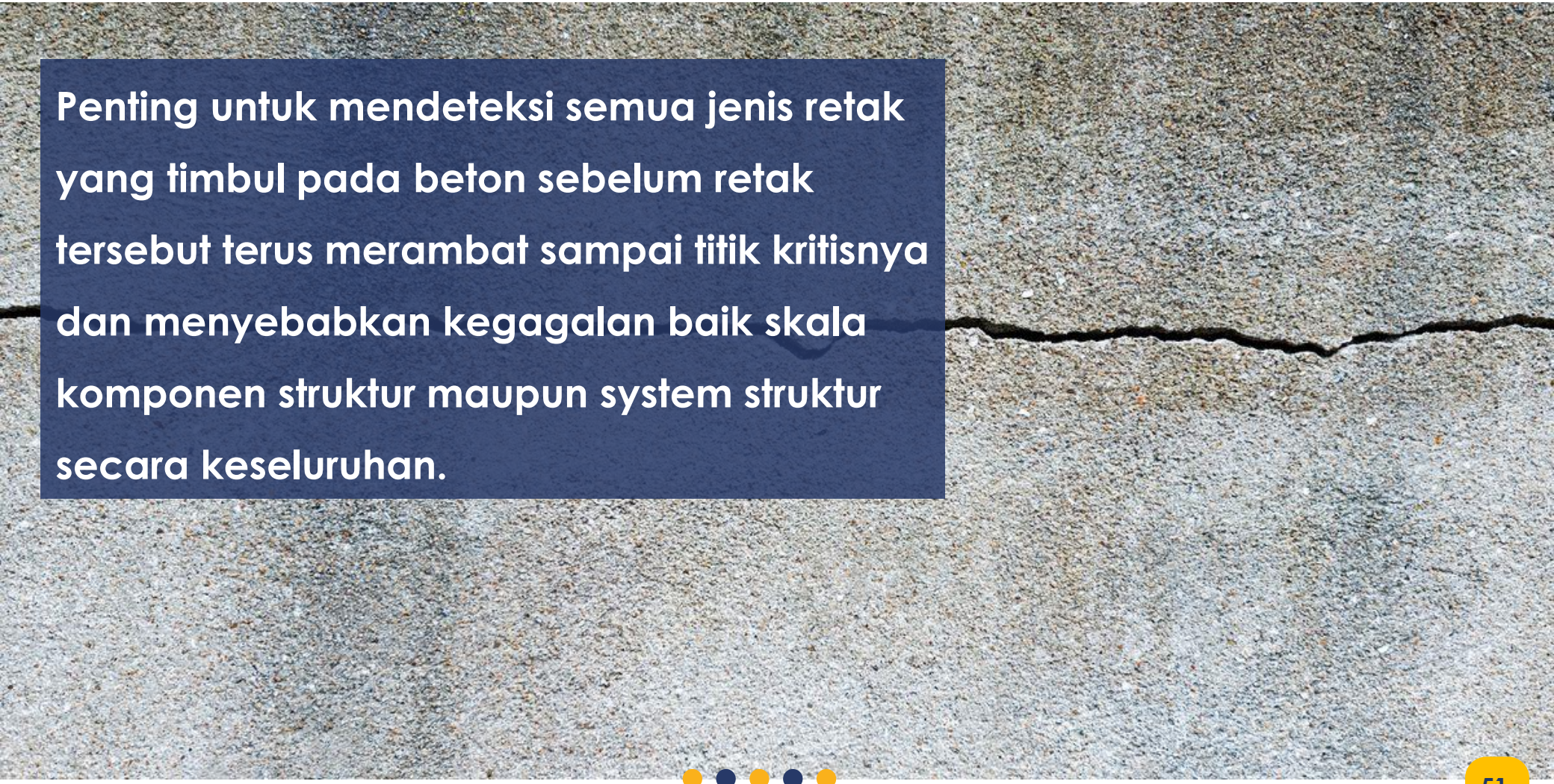
Cek Konfgurasi dan Load Path

Rebar Scanning

Cek Konfgurasi, Load Path, Korosi

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual : Observasi retak pada beton



Penting untuk mendeteksi semua jenis retak yang timbul pada beton sebelum retak tersebut terus merambat sampai titik kritisnya dan menyebabkan kegagalan baik skala komponen struktur maupun system struktur secara keseluruhan.

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual : Observasi retak pada beton

Retak dapat terjadi akibat aksi mekanis (beban luar baik statik maupun dinamik) maupun akibat proses fisika dan kimia (susut, efek termal, korosi, reaksi alkali-silika).

Tipikal proses retak akibat aksi mekanis yang berdampak pada kegagalan strutur:

Tahap Inisiasi → **Tahap Propagasi** → **Kegagalan**

Umumnya pada tahap bukaan retak berukuran lebar $100\mu m$ (cenderung inivisible).

Pada tahap ini bukaan berkembang pada arah tertentu, umumnya terjadi akibat peningkatan beban. Bukaan retak pada tahap ini umumnya berukuran 0.33-0.41 mm.

Setelah retak mencapai panjang kritisnya, maka terjadi kegagalan.

Kunjungan Lapangan

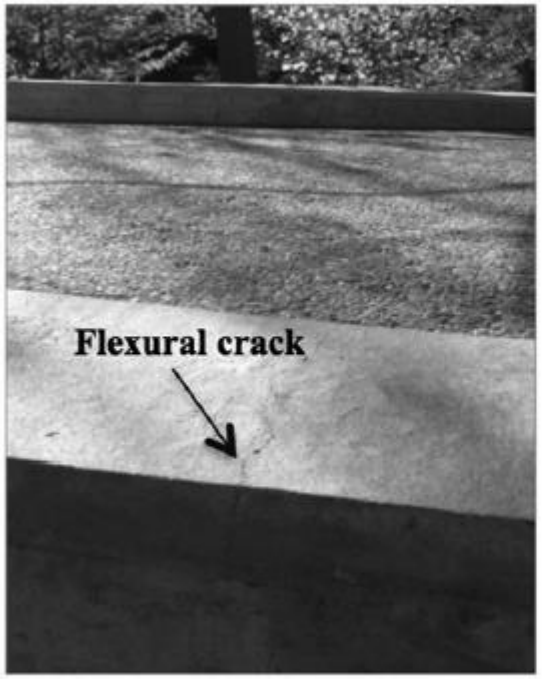
Pemeriksaan Visual : Observasi retak pada beton

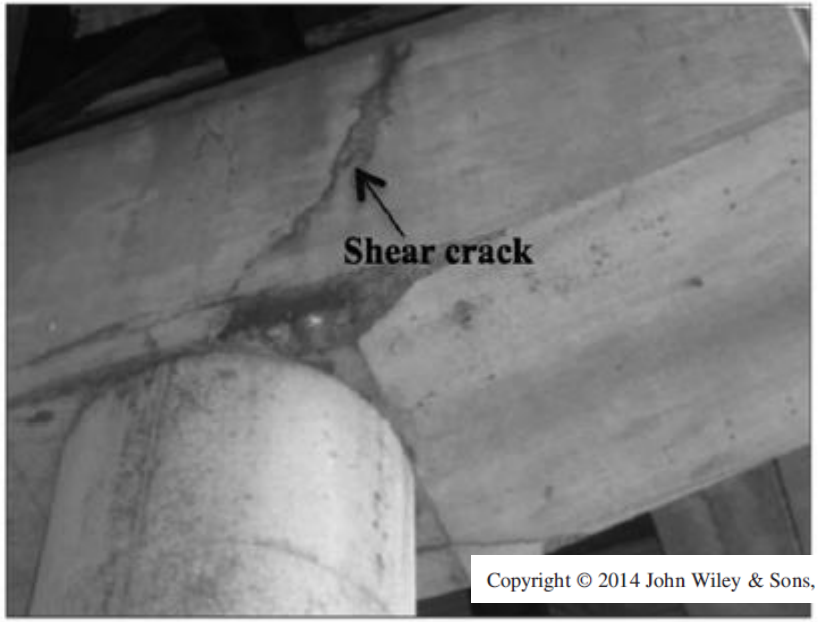
Contoh retak akibat aksi mekanis

Retak lentur (flexrure) umumnya bersifat daktail karena ada bantuan tulangan.

Retak geser cenderung bersifat terjadi tiba-tiba tanpa ada peringatan awal.

DOI: 10.1002/stc.1655





Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Ltd.

Figure 1. Left: a flexural (transverse) crack in concrete; right: a shear (slant) crack in a concrete beam.

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual : Observasi retak pada beton

Contoh retak akibat proses fisika dan kimia

- Drying shrinkage (Kategori retak susut)

Drying shrinkage dipengaruhi oleh kelembaban lingkungan dan kadar w/c ratio beton. Ketika beton basah mengering, penguapan air menimbulkan pengisapan pada pori-pori cairan, sehingga menghadirkan gaya kontraksi pada beton. Umumnya retak susut terjadi di permukaan beton. Retak susut tidak mempengaruhi kekuatan struktur secara signifikan, namun perlu diperhatikan karena dapat mempercepat proses degradasi beton akibat masuknya air atau unsur lainnya ke dalam beton → korosi.

Kunjungan Lapangan

Pemeriksaan Visual : Observasi retak pada beton

Contoh retak akibat proses fisika dan kimia

- Retak akibat korosi tulangan

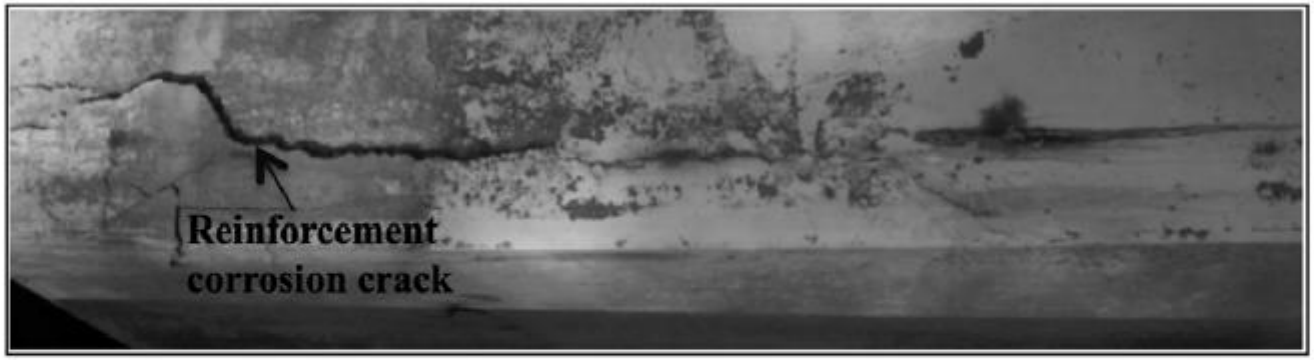


Figure 5. Reinforcement corrosion crack.

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Ltd.

Struct. Control Health Monit. (2014)
DOI: 10.1002/stc

Prosedur ASCE 41-17

Prosedur Evaluasi dan Retrofit

Prosedur Evaluasi dan Retrofit Struktur

Tier 1 Screening Procedure	Serangkaian checklist untuk identifikasi defisiensi struktur
Tier 2 Deficieny based evaluation and retrofit procedures (LSP dan LDP)	Analisis dan retrofit berdasarkan defisiensi yang diidentifikasi Tier 1
Tier 3 Systematic evaluation and retrofit procedures (LSP, LDP, NSP, NDP)	Analisis lanjut system struktur bangunan eksisting dan retrofit

Prosedur ASCE 41-17

Contoh Tier-1

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL CIPTA KARYA
DIREKTORAT BINA TEKNIK PERMUKIMAN DAN PERUMAHAN

NOMOR :
TANGGAL :
NAMA BANGUNAN :
LOKASI (KOORDINAT) :
TIM PEMERIKSA : 1.
2.
3.

ASCE 41-17 TABEL 17-22 *Collapse Prevention Structural Checklist for Building Types C1*

diterjemahkan oleh: Maya Angraini; diverifikasi oleh: Ferri Eka Putra, Ajun Hariyono

Evaluasi	Pasal Referensi	Status				Keterangan
		Sesuai	Tidak Sesuai	Tidak Berlaku	Tidak Diketahui	
Seismisitas Rendah						
Sistem Pemikul Beban Seismik						
REDUNDANSI Jumlah as rangka pemikul momen (RPM) pada setiap arah sumbu utama ≥ 2	A.3.1.1.1					
KONTROL TEGANGAN AKSIAL KOLOM Tegangan aksial yang disebabkan oleh beban gravitasi tak terfaktor pada kolom yang memikul beban guling akibat beban gempa (pada kolom terluar) < 0,20 fc', atau tegangan aksial akibat beban guling saja (pada kolom terluar), dihitung dengan prosedur pada Pasal 4.4.3.6, nilainya < 0,30 fc'	A.3.1.4.2					
Sambungan						
KOLOM BETON Semua kolom beton terangkurkan ke fondasi minimum dengan empat batang tulangan	A.5.3.2					
Seismisitas Menengah						
Sistem Pemikul Beban Seismik						
REDUNDANSI Jumlah bentang pada setiap RPM ≥ 2	A.3.1.1.1					
DINDING PENGANGGU (*INTERFERING WALL*) Semua dinding beton dan pasangan bata yang mengisi bidang RPM terisolasi dari komponen struktural RPM	A.3.1.2.1					
KONTROL TEGANGAN GESER RATA-RATA PADA KOLOM Tegangan geser rata-rata pada kolom beton (v_j^{avg}) dihitung dengan prosedur pada Pasal 4.4.3.2, harus memenuhi: $v_j^{avg} < \text{terbesar}\begin{cases}100\ \text{Psi}\ (0.69\ \text{MPa}) \\ 2\sqrt{f'_c}\end{cases}$	A.3.1.4.1					
RANGKA *FLAT SLAB* Sistem penahan gaya gempa bukan merupakan RPM yang terdiri dari kolom dan *flat slab* atau plat tanpa balok	A.3.1.4.3					
Seismisitas Tinggi						
ELEMEN RANGKA PRATEGANG Nilai tegangan rata-rata (fp) dihitung dengan prosedur pada Pasal 4.4.3.8. RPM tidak memiliki elemen prategang dengan nilai: $f_p > \text{terkecil}\begin{cases}700\ \text{Psi}\ (4.83\ \text{MPa}) \\ f'_c/6\end{cases}$	A.3.1.4.4					
KOLOM TERTAHAN (*CAPTIVE COLUMN*) Pada lantai yang ditinjau, tidak terdapat kolom dengan rasio: $\frac{h_{col}}{d_{col}} < 0.5\left(\frac{h_{col}}{d_{col}}\right)_{tipikal}$ dengan h_{col}: tinggi kolom d_{col}: tinggi penampang kolom	A.3.1.4.5					

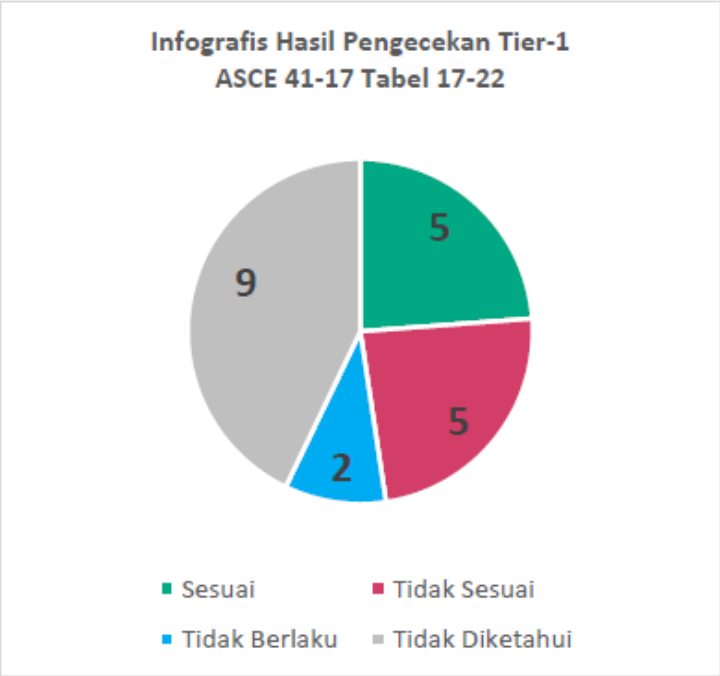
ASCE 41-17 Tabel 17-22 Ceklis Rangka Momen Beton (CP C1) - Halaman 1 dari 2

Evaluasi	Pasal Referensi	Status				Keterangan
		Sesuai	Tidak Sesuai	Tidak Berlaku	Tidak Diketahui	
TIDAK ADA KEGAGALAN GESER Kapasitas geser komponen RPM memadai untuk menjamin tercapainya kapasitas momen lentur di ujung-ujung komponen RPM	A.3.1.4.6					
KOLOM KUAT-BALOK LEMAH Jumlah kapasitas momen lentur kolom > 1.2 jumlah kapasitas momen lentur balok pada *joint-joint* RPM	A.3.1.4.7					
TULANGAN BALOK Paling tidak terdapat 2 tulangan longitudinal atas dan 2 tulangan longitudinal bawah yang menerus sepanjang balok. Paling tidak 25% masing-masing tulangan longitudinal atas dan bawah pada *joint* menerus sepanjang balok.	A.3.1.4.8					
SAMBUNGAN TULANGAN KOLOM Semua panjang lewatan tulangan kolom > $35d_b$ dan diberi sengkang dengan spasi ≤ $8d_b$, atau sambungan tulangan kolom dapat menggunakan kopler mekanikal dengan kapasitas ≥ 1.25 kuat leleh nominal tulangan yang	A.3.1.4.9					
SAMBUNGAN TULANGAN BALOK Sambungan lewatan atau kopler mekanikal tulangan longitudinal balok tidak dipasang pada: - jarak $l_n/4$ dari *joint* - daerah sendi plastis	A.3.1.4.10					
JARAK ANTAR SENGKANG KOLOM Kolom dipasangi sengkang dengan spasi: - ≤ d/4 sepanjang tinggi kolom - ≤ $8d_b$ pada daerah sendi plastis	A.3.1.4.11					
JARAK ANTAR SENGKANG BALOK Balok harus dipasang sengkang dengan spasi: - ≤ d/2 sepanjang bentangnya - ≤ terkecil $\begin{cases}8d_b \\ d/4\end{cases}$ pada daerah sendi plastis	A.3.1.4.12					
TULANGAN TRANSVERSAL *JOINT* *Joint* balok-kolom dipasangi sengkang dengan spasi ≤ $8d_b$	A.3.1.4.13					
KOMPATIBILITAS DEFLEKSI Komponen sekunder RPM (yang tidak direncanakan ikut memikul beban seismik) mempunyai kapasitas geser yang memadai untuk menjamin tercapainya kapasitas momen lentur komponen tersebut	A.3.1.6.2					
FLAT SLAB *Flat slab* atau plat yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya gempa, memiliki tulangan bawah menerus ke dalam *joint* kolom	A.3.1.6.3					
KONTINUITAS DIAFRAGMA Diafragma tidak terdiri dari lantai *split-level* dan tidak memiliki *expansion joint*	A.4.1.1					
GAYA ANGKAT (*UPLIFT*) PADA *PILE CAP* *Pile cap* memiliki tulangan atas, dan fondasi tiang (*pile*) terangkur ke *pile*	A.5.3.8					

ASCE 41-17 Tabel 17-22 Ceklis Rangka Momen Beton (CP C1) - Halaman 2 dari 2

Prosedur ASCE 41-17

Contoh Tier-1



Gambar 3-42 Infografis hasil pengecekan Tier-1 *Structural Checklist*

Tabel 3-35 Rekapitulasi butir evaluasi Tier 1 *Structural Checklist* yang dinilai Tidak Sesuai

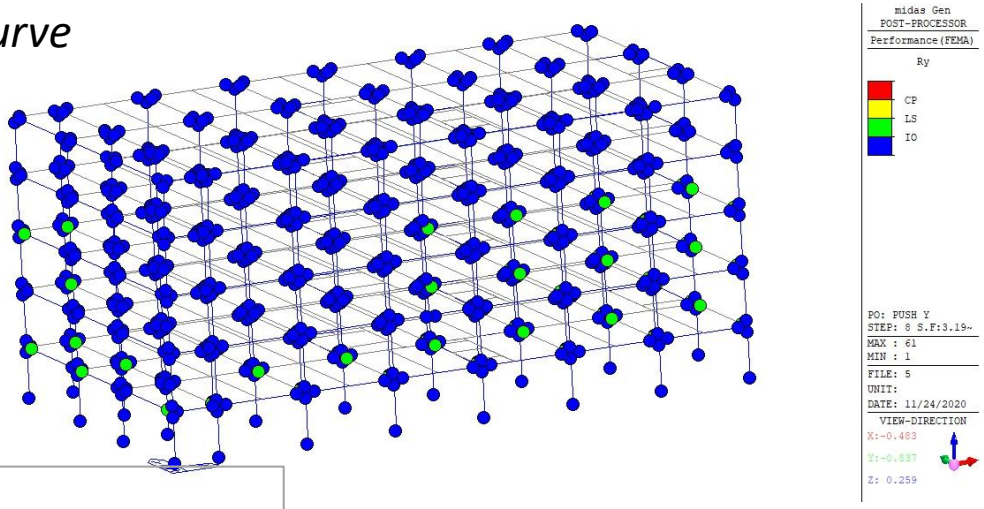
Butir Evaluasi	Penjelasan
Kontrol Tegangan Aksial Kolom	Tegangan aksial akibat beban guling saja (pada kolom terluar), dihitung dengan prosedur pada Pasal 4.4.3.6, nilainya > 0,30 fc'
Kolom Tertahan	Rasio h_{col}/d_{col} pada tinjauan portal eksterior perimeter tidak memenuhi syarat batasan maksimum
Tidak Ada Kegagalan Geser	Kapasitas geser sampel komponen RPM tidak memadai untuk menjamin tercapainya kapasitas momen lentur di ujung-ujung komponen RPM
Jarak Antar Sengkang Kolom	Terdapat jarak sengkang yang melebihi syarat batas maksimum pada sampel kolom yang ditinjau
Jarak Antar Sengkang Balok	Terdapat jarak sengkang yang melebihi syarat batas maksimum pada sampel balok yang ditinjau

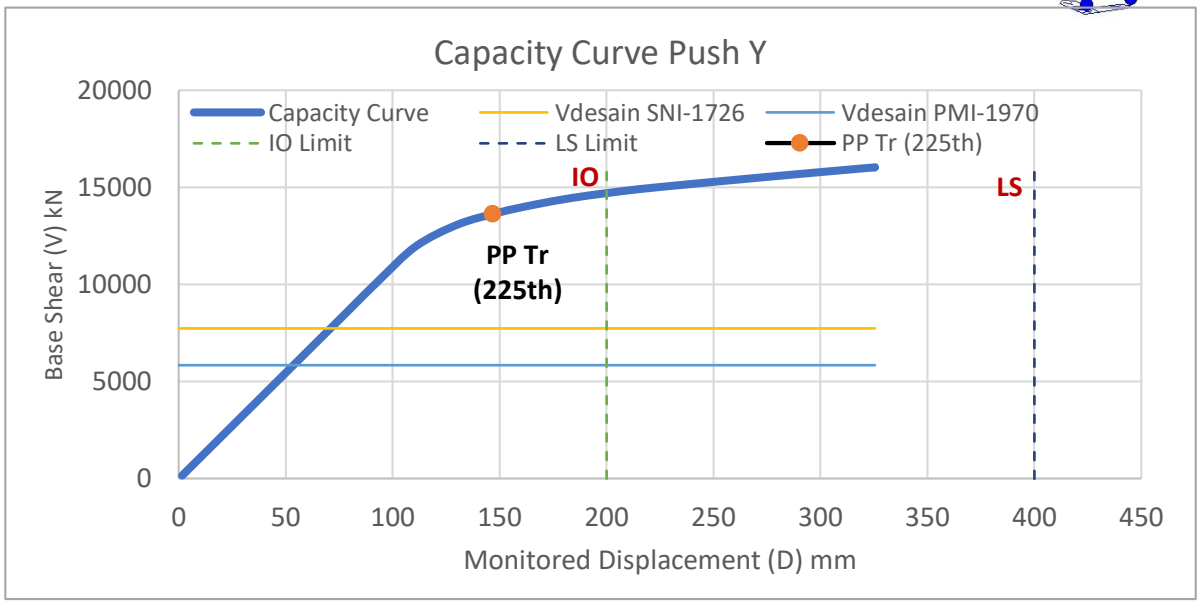
Prosedur ASCE 41-17

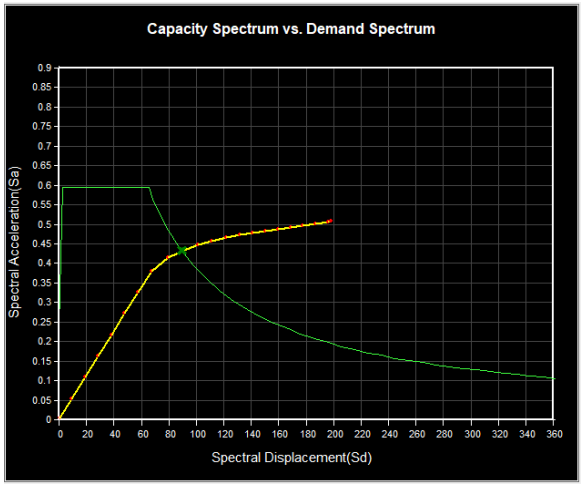
Contoh Tier-2 dan Tier-3

Pushover -> Pushover Results -> Pushover Curve

Hinge Status







(Iswandi Imran, Erwin Lim, dan Salma Shabriani R)

6a Latihan

Sumber Gambar: Vecteezy

Soal 1

Saudara diminta untuk memeriksa hasil *hammer test* salah satu titik sampel pada suatu pelaksanaan pemeriksaan bangunan eksisting seperti ditunjukan pada table di bawah. Apakah data tersebut dapat diterima?

No Lokasi	Angka Pantul (R)										R Rata-rata Sebelum Koreksi	R Rata-rata Setelah Koreksi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3	45	42	43	39	44	35	45	40	42	45	42.00	...

Soal 2

No.	Hasil Uji Core, MPa
1	22.06
2	29.44
3	30.20
4	30.82
5	31.03
6	31.72
Rata2	29.21
Sdtv.	3.59

Diberikan hasil uj tekan 6 buah sampel *core drill* dengan diameter, rasio l/d, dan pengkondisian benda uji yang sama. Terlihat bahwa data nomor 1 nilainya cenderung lebih kecil dari 5 data lainnya. Dengan mengambil nilai T kritis pada 1% level signifikan, periksalah apakan data tersebut adalah ***outlier***?

TABLE 1 Critical Values for *T* (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample[A]

Number of Observations, *n*	Upper 10 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level
3	1.1484	1.1531	1.1546
4	1.4250	1.4625	1.4925
5	1.602	1.672	1.749
6	1.729	1.822	1.944
7	1.828	1.938	2.097

6b Kunci Jawaban

Sumber Gambar: Vecteezy

Soal 1

Saudara diminta untuk memeriksa hasil *hammer test* salah satu titik sampel pada suatu pelaksanaan pemeriksaan bangunan eksisting seperti ditunjukan pada table di bawah. Apakah data tersebut dapat diterima?

3	45	42	43	39	44	**35**	45	40	42	45	42.00	42.78
	OK	OK	OK	OK	OK	**NOK**	OK	OK	OK	OK		
	45	42	43	39	44		45	40	42	45		

Soal 2

No.	Hasil Uji Core, MPa
1	22.06
2	29.44
3	30.20
4	30.82
5	31.03
6	31.72
Rata2	29.21
Sdtv.	3.59

Diberikan hasil uj tekan 6 buah sampel *core drill* dengan diameter, rasio l/d, dan pengkondisian benda uji yang sama. Terlihat bahwa data nomor 1 nilainya cenderung lebih kecil dari 5 data lainnya. Dengan mengambil nilai T kritis pada 1% level signifikan, periksalah apakan data tersebut adalah ***outlier***?

TABLE 1 Critical Values for *T* (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample[A]

Number of Observations, *n*	Upper 10 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level
3	1.1484	1.1531	1.1546
4	1.4250	1.4625	1.4925
5	1.602	1.672	1.749
6	1.729	1.822	1.944
7	1.828	1.938	2.097

$$T_n = (x_n - \bar{x})/s$$

$$T_n = \frac{abs(22.06 - 29.21)}{3.59} = 1.99$$

Karena $T_n = 1.99 > T_c = 1.94$

Maka sampel tsb adalah outlier.

PUPR
SIGAP MEMBANGUN NEGERI

Terima Kasih

we're at

ditbtpp.bbsbg@pu.go.id

pupr_bahan_struktur_bangunan

pupr_bbsbg

ciptakarya.pu.go.id/satupintu/balaibsbg

Kang Batur

Bbsbg Djck

081111114310