

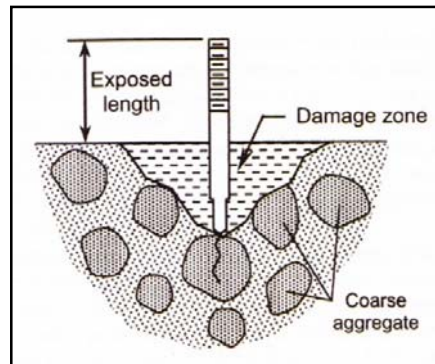
BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Metode *Non Destructive Test*

3.1.1 *Probe Penetration*

Probe penetration test menggunakan sebuah alat tembak yang didesain khusus untuk menembakkan sebuah batang besi (*probe*) sampai menembus ke dalam beton. Kedalaman penetrasi dari batang besi tersebut mengindikasikan nilai kekuatan beton yang diuji. Metode ini hampir sama dengan *hammer test*, yang membedakan adalah gaya *impact* (tumbukan) *probe* terhadap beton lebih besar daripada *plunger* pada *hammer test*. Pengujian dengan metode ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 3.1 *Ilustrasi probe penetration test*

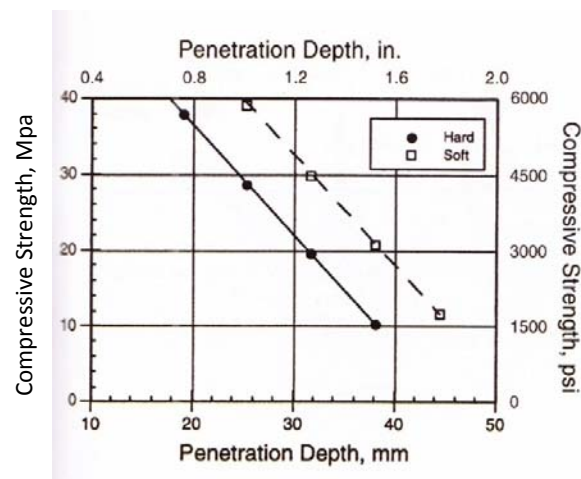


Gambar 3.2 *Contoh alat probe penetration*

Standar atau prosedur yang mengatur metode ini ada pada *ASTM C 803/C 803M*), dimana disyaratkan :

1. Energi kinetik awal dari *probe* mempunyai nilai yang konsisten.
2. Koefisien dari variasi kecepatan keluarnya *probe* pada saat ditembak tidak lebih dari 3% berdasarkan 10 kali tes yang disetujui metode *ballistic*.

Hal yang paling mempengaruhi nilai kekuatan suatu beton yang dihasilkan dengan metode ini adalah kekerasan dari agregat kasarnya (*ACI Committee Report*). Seperti yang terlihat pada Gambar 3.3



(Sumber : *ACI Committee 228 Report*)

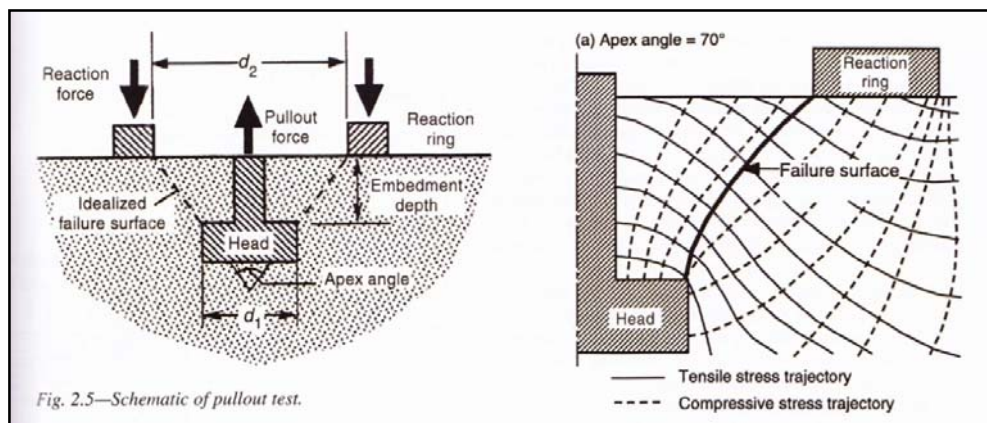
Gambar 3.3 *Efek dari tipe agregat dalam hubungan antara kuat tekan beton dengan kedalaman penetrasi Probe*

3.1.2 *Pull Out Test*

Pull out test adalah metode yang digunakan untuk mengukur besarnya gaya maksimum yang dibutuhkan untuk mencabut logam/besi yang ditanam ke dalam suatu beton. Logam ini dapat ditanam sebelum maupun sesudah proses *casting*. Menurut *Malhotra* (1991) kuat tekan beton yang dihasilkan oleh *pull out test* adalah $\pm 20\%$ dari kuat tekan yang dihasilkan oleh uji *compression*.

Standar atau prosedur dalam menggunakan metode ini dapat dilihat pada *ASTM C 900*, dimana disyaratkan :

1. Kedalaman penanaman logam (*embedment depth*) dan ukuran diameter *head* (d_1) haruslah sama, tetapi tidak ada persyaratan mengenai berapa besarnya.
2. Besarnya diameter antara kedua *reaction ring* (d_2) bisa antara 2 sampai 2,4 kali dari besarnya *head*.
3. Dari kedua syarat di atas, dapat diketahui bahwa *apex angle*nya berkisar antara 54° dan 70° .



(Sumber : *ACI Committee 228 Report*)

Gambar 3.4 Ilustrasi *pull out test*



Gambar 3.5 Contoh pengujian *cabut* dengan alat *Proceq Edm Electromotor*

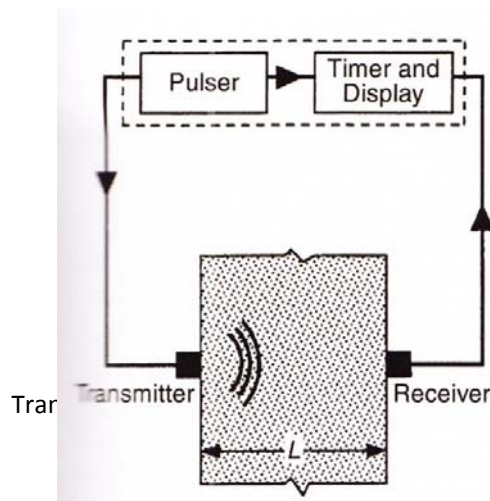
3.1.3 Ultrasonic Pulse Velocity

Ultrasonic pulse velocity adalah metode yang digunakan untuk mengukur kecepatan hantaran dari gelombang (*pulse velocity*) ultrasonik yang melewati suatu beton. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada *ASTM C 597*.

Alur yang terjadi pada saat pengujian ini dilakukan adalah sebagai berikut (*ACI Committee Report*) :

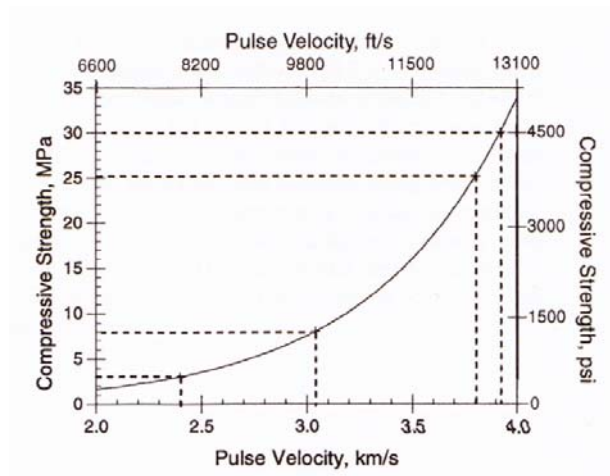
1. Sebuah pengirim gelombang mengirimkan sebuah gelombang tegangan tinggi berdurasi pendek kepada sebuah *transducer*.
2. Pada saat yang sama sebuah pengukur waktu elektrik menyala.
3. Gelombang ultrasonic tersebut dihantarkan melalui *viscous coupling fluid*, yang kemudian masuk menjalar ke dalam beton dan diterima oleh sebuah *receiver transducer*.
4. Ketika gelombang tersebut diterima, alat pengukur waktu elektrik secara otomatis mati, dan memperlihatkan waktu yang dibutuhkan gelombang tersebut dari mulai dikirim sampai dengan diterima.
5. Waktu inilah yang mengindikasikan berapa kekuatan beton tersebut.

Skema alur ini dapat dilihat pada Gambar 3.6



(Sumber : *ACI Committee 228 Report*)

Gambar 3.6 Skema pengujian ultrasonic pulse velocity



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 3.7 Skema contoh hubungan antara pulse velocity dengan compressive strength

3.1.4 Rebound Hammer

3.1.4.1 Rebound Hammer Manual

Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban *impact* (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut akibat tumbukan yang terjadi dapat memberikan indikasi kekerasan beton tersebut. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada :

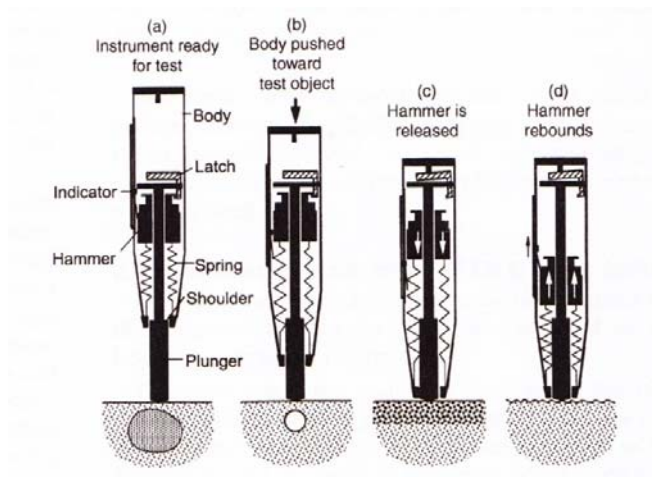
- a) *ASTM C 805* (North American Standard)
- b) *EN12504-2* (European Standard)
- c) *JGJ/T 23-2001* (Chinese Standard)
- d) *BS 1881, part 202* (British Standard)
- e) *DIN 1048 Part 2* (German Standard)

Alur yang terjadi pada saat pengujian ini dilakukan adalah sebagai berikut (*ACI Committee Report*) :

1. *Plunger* diposisikan secara tegak lurus pada permukaan beton.
2. Ketika badan alat ditekan ke beton, pegas yang menghubungkan antara *hammer* (sistem massa) dengan badan alat menjadi memanjang.

3. Dan ketika penekanan terjadi secara sempurna, *latch* (palang penahan) terlepas, dan pegas tersebut menarik sistem massa menuju beton.
4. Sistem massa tersebut menumbuk bahu *plunger* dan kemudian memantul.
5. Sistem massa yang memantul menggerakkan sebuah indikator geser, yang mana indikator tersebut mencatat nilai *rebound*.

Skema alur ini dapat dilihat pada Gambar 3.8



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 3.8 Skema ilustrasi pengujian rebound hammer

Pada pengujian *hammer*, nilai *rebound* hanya dipengaruhi beton yang berada di dekat *plunger*. *Plunger* yang diletakkan di atas partikel agregat keras akan menghasilkan nilai *rebound* yang tinggi, sedangkan jika *plunger* diletakkan di atas agregat lunak dan mempunyai rongga udara yang besar akan menghasilkan nilai *rebound* yang rendah. Dalam mengatasi hal ini, maka disyaratkan mengambil 10 nilai *rebound* dengan jarak 2,5 cm untuk tiap tembakan pada tiap tes area. Beton yang akan dites harus mempunyai ketebalan 100 mm (4 in) dan harus mempunyai kekakuan yang cukup.

Secara umum alat ini bisa digunakan untuk:

- a) Memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur.
- b) Mendapatkan perkiraan kuat tekan beton.

Kelebihan *hammer test* :

- a) Murah.
- b) Pengukuran bisa dilakukan dengan cepat.
- c) Praktis (mudah digunakan).
- d) Tidak merusak.

Kekurangan *hammer test* :

- a) Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, kelembaban beton, sifat dan jenis agregat kasar, derajat karbonisasi dan umur beton. Oleh karena itu perlu diingat bahwa beton yang akan diuji haruslah dari jenis dan kondisi yang sama.
- b) Hanya memberikan informasi mengenai karakteristik beton pada permukaan.

3.1.4.2 Rebound Hammer Digital

Secara umum sistem kerja *hammer* digital hampir sama dengan *hammer* manual. Hanya saja *hammer* digital memiliki beberapa kelebihan khusus, diantaranya :

1. Tidak memerlukan faktor koreksi terhadap arah tembakan, arah vertikal maupun horisontal tidak mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan *hammer* digital tidak menggunakan lagi sistem massa seperti pada *hammer* manual.
2. Penembakan pada satu titik (misal: sembilan pembacaan) bisa dilakukan *continue* tanpa jeda. Kemudian menghasilkan satu nilai *mean* (nilai rata-rata) atau *median* (nilai tengah) yang dapat dipilih salah satu.
3. Memiliki *option menu* untuk memasukkan kedalaman karbonasi ataupun faktor bentuk benda uji, yang tentu saja mempengaruhi nilai yang dihasilkan.
4. Dapat mengkonversi nilai *rebound* (*R-value*) secara otomatis terhadap satuan pengukuran yang diinginkan (N/mm^2 , kg/cm^2 , psi).

5. Dapat merekam banyak penembakan sekaligus (± 1000 pembacaan) yang tersimpan dalam memory hammer tersebut. Kemudian dapat ditransfer ke dalam komputer untuk digunakan lebih lanjut.
6. Dapat digunakan untuk mengukur kekuatan beton muda dengan menggunakan *plunger* yang didesain khusus, yaitu *mushroom plunger*.



Gambar 3.9 Contoh alat hammer manual dan digital dari proceq

3.1.5 *Break Off Number*

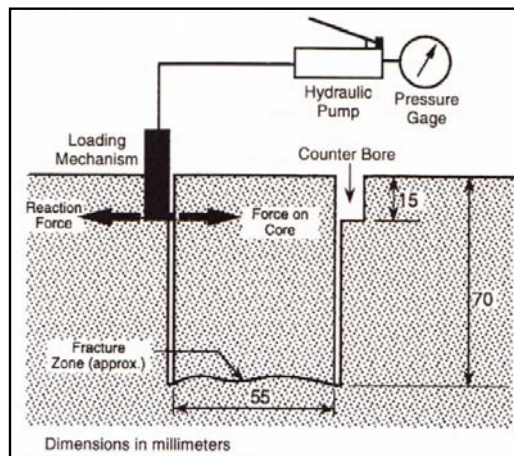
Break off number adalah metode yang digunakan dengan cara mengukur gaya maksimum yang dibutuhkan untuk memutus (*break off*) bagian bawah sebuah *core* silinder dalam suatu *slab* beton. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini diuraikan pada *ASTM C 1150*.

Alur yang terjadi pada saat pengujian ini dilakukan adalah sebagai berikut (*ACI Committee Report*) :

1. Membuat *core* pada suatu bagian struktur. Pada *existing building*, *core* didapatkan dengan cara seperti *core drill* biasa tetapi bagian bawah *core* tidak boleh terputus. Sedangkan pada *new construction*, *core* bisa didapatkan dengan cara menaruh tabung silinder pada bagian struktur yang akan dicor.
2. Membuat *counter bore* pada salah satu sisi *core*, kemudian memasang suatu alat *loading* di dalam *counter bore* tersebut. Alat *loading* tersebut terhubung dengan sebuah pompa hidrolis dan pengukur tekanan.

3. Kemudian pengujian dilakukan dengan cara memompa cairan hidrolis ke alat *loading* secara perlahan-lahan, sehingga menimbulkan gaya tekan horisontal terhadap *core* sampai dengan bagian bawah *core* terputus. Gaya yang dibutuhkan untuk memutus (*break off*) *core* inilah yang mengindikasikan nilai kuat tekan struktur tersebut.

Skema alur ini dapat dilihat pada Gambar 3.10.



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 3.10 Skema ilustrasi pengujian *break off test*

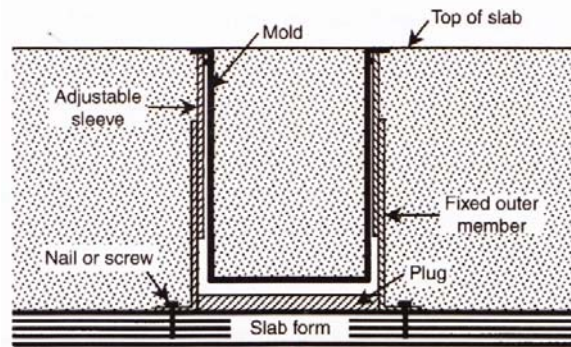
3.1.6 *Cast In Place Cylinders*

Cast in place cylinders adalah metode yang digunakan dengan cara mendapatkan benda uji silinder dari *slab* beton yang baru dicor tanpa melakukan pengeboran seperti *core drill*. Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada *ASTM C 873*.

Alur yang terjadi pada saat pengujian ini dilakukan adalah sebagai berikut (*ACI Committee Report*) :

1. Memasukkan cetakan silinder ke dalam *slab* beton yang akan dicor. Kemudian setelah mengeras dan berumur cukup, cetakan silinder diangkat keluar.
2. Silinder yang didapat, diuji dengan mesin *compressive test* biasa. Sehingga nilai kuat tekan yang dihasilkan tidak perlu dikonversi terhadap kuat tekan sesungguhnya seperti pada metode NDT lain.

3. Tentu saja metode ini meninggalkan lubang yang cukup besar pada struktur yang diuji.



(Sumber : ACI Committee 228 Report)

Gambar 3.11 Cetakan dan pendukung yang didesain khusus untuk metode cast in place cylinders

Perbandingan atau perbedaan dari beberapa pengujian *non destructive test* dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Perbandingan antara beberapa non destructive test

No	Hal yang dibandingkan	Alat Pengujian			
		Rebound Hammer	Ultrasonic Pulse Velocity	Probe Penetration	Pull Out Test
1	Biaya pembelian alat	Tidak mahal	Mahal	Mahal	Mahal
2	Biaya operasional alat	Tidak mahal	Tidak Mahal	Mahal	Mahal
3	Waktu yang dibutuhkan untuk pengujian	Sekitar 10~20 detik per tembakan	Sekitar 1~2 menit per pembacaan	Sekitar 3~4 menit per tembakan	Sekitar 2~3 menit per pencabutan
4	Pengaruh permukaan beton	Permukaan yang dihaluskan memberikan hasil yang lebih tinggi	Membutuhkan permukaan yang dihaluskan	Tidak mempengaruhi	Tidak mempengaruhi
5	Keadaan permukaan beton setelah pengujian	Meninggalkan lekukan kecil pada permukaan	Minyak gemuk yang digunakan meninggalkan noda	Meninggalkan lubang kecil & mungkin menyebabkan retak minor	Meninggalkan lubang yang cukup besar & kerusakan yang disebabkan harus diperbaiki
6	Kadar kelembaban pada beton	Beton yang kering memberikan nilai yang lebih besar	Kecepatan gelombang meningkat jika kelembaban juga meningkat	Beton yang kering memberikan nilai yang lebih besar	Beton yang kering memberikan nilai yang lebih besar

No	Hal yang diperbandingkan	Alat Pengujian			
		<i>Rebound Hammer</i>	<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	<i>Probe Penetration</i>	<i>Pull Out Test</i>
7	Temperatur	Beton beku memberikan nilai yang sangat tinggi dan temperatur pada hammer juga memberikan pengaruh pada rebound	Tidak sensitif pada temperatur 5~30°C. Pada temperatur tinggi, kecepatan gelombang menurun, dan pada temperatur beku, terjadi sebaliknya.	Belum diinvestigasi mendalam	Belum diinvestigasi mendalam
8	Efek karbonasi pada permukaan beton	Bisa meningkatkan nilai kekerasan sampai 50%	Tidak memiliki pengaruh besar	Relatif tidak berpengaruh	Sama sekali tidak memberikan efek
9	Efek ukuran agregat kasar	Perbedaan ukuran agregat memberikan efek pada rebound	Membutuhkan grafik kalibrasi yang berbeda dari setiap agregat	Cenderung memberikan nilai yang lebih tinggi pada agregat yang lebih besar	Kadang-kadang meningkatkan nilai yang dihasilkan pada agregat yang lebih besar
10	Panjang & ukuran benda uji	Benda uji yang kecil memberikan nilai rebound yang kecil & penyebaran hasil yang terlalu besar	Kecepatan gelombang tergantung pada panjangnya benda uji	Tidak cocok untuk benda uji yang kecil	Tidak cocok untuk benda uji yang kecil
11	Keberadaan tulangan pada struktur	Tidak memberikan efek yang besar	Cenderung meningkatkan kecepatan gelombang	Tidak memberikan efek yang besar	Tidak memberikan efek yang besar
12	Kesimpulan umum	Berguna untuk mengecek keseragaman beton & pembanding antara beton yang satu dengan yang lain	Effisien untuk menentukan kualitas beton	Alat harus selalu dikalibrasi sesuai material yang diuji	Memberikan pengukuran kuat tekan secara langsung, dan cocok untuk menguji <i>existing structure</i>

(Sumber : Hasil dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya)

Masing-masing NDT juga mempunyai kisaran besar kuat tekan atau *limit* yang dapat dipikul, seperti terlihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 *Besaran kuat tekan yang dapat dipikul oleh metode non destructive test*

Metode NDT	Besaran Kuat Tekan	
	Mpa	Psi
<i>Rebound Number Manual</i>	10 ~ 40	1500 ~ 6000
<i>Rebound Number Digital</i>	10 ~ 100	1500 ~ 15000
<i>Probe Penetration</i>	10 ~ 120	1500 ~ 17000
<i>Pull Out</i>	2 ~ 130	300 ~ 19000
<i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	1 ~ 70	100 ~ 10000
<i>Break Off</i>	3 ~ 50	500 ~ 7000
<i>Cast in Place Cylinders</i>	<i>No limit</i>	

(Sumber : ACI Committee Report)

3.2 Metode Semi Destructive Test

3.2..1 Core Drill

Pengujian *core* adalah metode yang secara langsung mendeterminasi kekuatan beton yang sebenarnya pada suatu struktur. Umumnya *core* diperoleh untuk mengevaluasi dan menilai apakah kekuatan suatu struktur beton sesuai dengan mutu yang direncanakan, karena sampel *core* itu sendiri diambil secara langsung dari struktur yang diamati (*ACI 214.4R-03*). Standar atau prosedur dalam menggunakan metode pengujian ini dapat dilihat pada *ASTM C 42*.

Walaupun *core* terlihat sangat mewakili kekuatan suatu struktur daripada benda uji silinder yang dicetak terpisah, tetapi menurut *ACI 214.4R-03* ada beberapa faktor koreksi yang harus diwaspadai dalam menggunakan metode *core testing*. Faktor-faktor tersebut adalah :

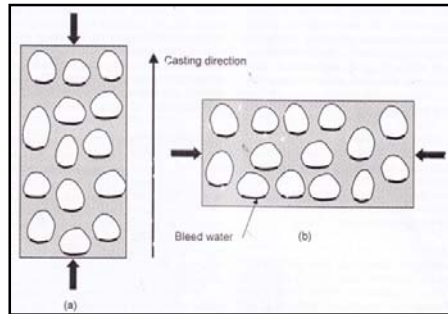
1. *Length to diameter ratio (l/d)*. Ukuran standar *l/d* adalah 2, jika $l/d \neq 2$ maka kuat tekan dari *core* tersebut harus dikenai faktor koreksi. Faktor koreksi ini diatur dalam *ASTM C 42/C 42M* maupun *BS 1881* seperti terlihat pada tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 *Faktor koreksi length to diameter ratio*

l/d	ASTM C 42/C 42M	BS 1881
2.00	1.00	1.00
1.75	0.98	0.97
1.50	0.96	0.92
1.25	0.93	0.87
1.00	0.87	0.80

(Sumber : ACI Committee Report)

2. *Diameter*, ukuran diameter standar yang biasa digunakan adalah 100 dan 150 mm (4 dan 6 in). Selain kedua ukuran tersebut, ada juga ukuran 50 mm (2 in) yang mana menurut *Bartlett and MacGregor* (1994) kuat tekan *core* 50 mm bernilai 6% lebih kecil daripada ukuran *core* standar 100 mm.
3. *Moisture condition*, perbedaan kondisi kelembaban memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada kuat tekan *core*. *Core* yang langsung dikeringkan di udara terbuka mempunyai kuat tekan 10~14% lebih tinggi daripada *core* yang direndam terlebih dahulu 40 jam sebelum pengujian.
4. *Presence of reinforcing bars or other inclusions*. Adanya tulangan yang ikut terpotong di dalam *core* menimbulkan efek yang tidak bisa diukur, hal ini sesuai aturan *ASTM C 42* yang melarang adanya tulangan di dalam *core*. Dan hasil kuat tekan yang diperoleh dari *core* tersebut tidak boleh digunakan.
5. *Coring direction*, pengeboran yang dilakukan secara horisontal menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan pengeboran vertikal. Hubungan lekatan agregat – mortar lemah pada bagian bawah agregat akibat *bleeding*, sehingga *core* dari pengujian horisontal ketika diuji tekan akan lebih cepat hancur. Hal ini dikarenakan posisi lekatan yang lemah berada sejajar dengan gaya tekan pada saat pengujian.



(Sumber : ASTM STP 169D, 1994)

Gambar 3.12 Pola kelemahan akibat bleeding (a) core vertikal dan (b) core horisontal

Selain faktor koreksi yang telah disebutkan di atas, menurut *ACI 214.4R-03* dan *Bartlett and Macgregor (1994)* ada juga faktor-faktor lain yang cukup mempengaruhi hasil kuat tekan *core*. Faktor-faktor tersebut adalah :

1. Timbulnya rongga-rongga udara yang terlalu banyak, akibat tidak baiknya proses konsolidasi yang dapat menyebabkan menurunnya kuat tekan *core*.
2. Proses pengeboran yang mungkin menyebabkan kerusakan pada *core* maupun struktur yang dibor, sehingga menurunkan nilai kuat tekan *core*. Salah satu kerusakan yang mungkin terjadi adalah terlepasnya ikatan agregat dengan mortar akibat getaran pengeboran.
3. Lokasi pengeboran, *core* yang diambil pada bagian atas struktur akan menghasilkan nilai yang lebih rendah dari *core* yang diambil pada bagian bawah struktur. Hal ini dikarenakan agregat lebih banyak tertumpuk pada bagian bawah struktur. Pada penelitian yang dilakukan *Bartlett and Macgregor (1994)* dengan benda uji *slab* 16 in (400 mm), disimpulkan bahwa *core* yang diambil dari bagian bawah *slab* bernilai $\pm 17\%$ lebih tinggi daripada *core* bagian atas *slab*.
4. *Microcracking* atau keretakan kecil pada suatu struktur akan menyebabkan *core* yang diambil dari struktur tersebut mengalami penurunan nilai kuat tekan. *Microcracking* ini umumnya disebabkan

oleh beban yang telah diterima oleh struktur ataupun deformasi yang terjadi pada struktur tersebut.

3.3 Metode *Destructive Test*

3.3.1 *Compression Test*

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji diantaranya silinder ($\varnothing=15$ cm, $h=30$ cm) ataupun kubus ($15 \times 15 \times 15$ cm) pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*. Standar yang digunakan ialah *ASTM C-39* untuk benda uji silinder dan *BS-1881 Part 115; Part 16* untuk benda uji kubus.

3.4 Beberapa Penelitian Yang Telah Dilakukan Sebelumnya

3.4.1 Penelitian oleh Y. Tanigawa, K. Baba, dan H. Mori

Dengan judul “*Estimation of Concrete Strength by Combined Non Destructive Testing Method*”.

Metode NDT yang digunakan pada penelitian ini adalah *Schmidt hammer* dan *ultrasonic pulse velocity*. Ada tiga tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui pengaruh dari FAS, kondisi curing, umur beton, perbandingan volume campuran beton, dan tipe agregat pada pengujian terhadap kedua metode tersebut.
2. Mengetahui akurasi estimasi kuat tekan dari kedua metode tersebut, dan memilih persamaan (rumus) yang paling tepat untuk membangun hubungan kuat tekan perkiraan (*schmidt hammer & pulse velocity*) dengan kuat tekan sesungguhnya (*compression test*).
3. Mengetahui apakah persamaan (rumus) yang didapat dapat diaplikasikan pada evaluasi kuat tekan yang sesungguhnya.

Hasil dan kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah :

1. Pada *Schmidt hammer*; nilai rebound meningkat seiring dengan meningkatnya umur dan perbandingan volume agregat kasar, tetapi nilai rebound menurun seiring dengan meningkatnya FAS. Nilai *rebound* yang lebih tinggi didapat pada beton dengan *water curing* daripada dengan *air curing*.
2. Pada *pulse velocity*; terjadi hal yang hampir sama seperti *Schmidt hammer*.
3. Akurasi estimasi kuat tekan dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan penggunaan metode *schmidt hammer* dan *pulse velocity*.
4. Kuat tekan beton hampir dapat diestimasi secara akurat dengan menggunakan persamaan :

$$F_c = k_1 R + k_2 V_{pc} + C \quad (\text{linear}) \quad (3.1)$$

$$\text{Log}(F_c) = k_1 R + k_2 V_{pc} + C \quad (\text{logaritma}) \quad (3.2)$$

Dimana : F_c = kuat tekan,

R = *rebound*,

V_{pc} = *pulse velocity*,

k dan C = konstanta empiris.

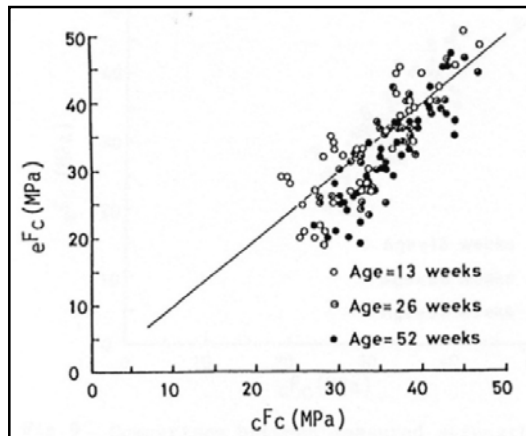
5. Pada campuran beton standar, menggunakan *ordinary portland cement*, pasir kali dan batu kali (ukuran max 20 mm). Dengan berat semen = 300 kg/m^3 , dan volume agregat kasar = 390 l/m^3 . Didapatkan persamaan :

$$F_c = kR + 22V_{pc} - 94 \quad (3.3)$$

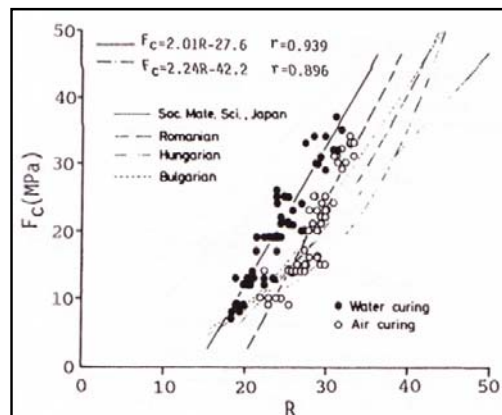
Dimana, k = faktor koreksi akibat umur beton.

$k = 1$ untuk umur di bawah 13 minggu

$k = 0,9$ untuk umur di atas 26 minggu



Gambar 3.13 Perbandingan antara estimasi kuat tekan (cF_c) dan kuat tekan sesungguhnya (eF_c)



Gambar 3.14 Perbandingan hubungan rebound - kuat tekan dengan grafik kalibrasi yang direkomendasikan di beberapa Negara

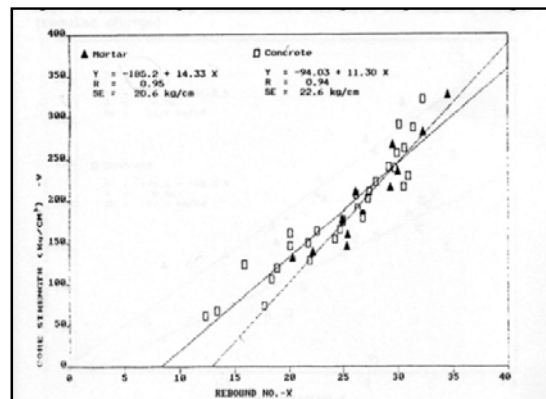
3.4.2 Penelitian oleh Yun Et Al

Dengan judul “*Comparative Evaluation of Nondestructive Test Methods for In-Place Strength Determination*”.

Metode NDT yang digunakan pada penelitian ini adalah *rebound hammer*, *ultrasonic pulse velocity*, *pull out test*, *probe penetration*, dan *Capo (cut and pull out)*. Menggunakan *compression test* silinder dan *core* sebagai control atau acuan. Tujuan dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil yang didapat dari masing-masing metode, dan membuat grafik hubungan antara metode tersebut terhadap kuat tekan *compression*.

Hasil dan kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini adalah :

1. Kuat tekan yang dihasilkan dari metode NDT lebih besar 2-5 kali dari kuat tekan *compression*, kecuali untuk metode *pull out test*.
2. Volume agregat kasar dan ukurannya memberikan efek terhadap koefisien variasi nilai kuat tekan metode NDT, kecuali *pulse velocity*.
3. Untuk metode *pull out test*, *probe penetration*, *Capo* dibutuhkan jumlah pengujian yang lebih banyak jika beton mengandung agregat > 25 mm.
4. Terbentuk hubungan (grafik) yang baik antara kuat tekan NDT dengan kuat tekan *compression*.
5. Derajat korelasi yang terbentuk paling baik dari *pull out test*, diikuti *Capo*, kemudian *rebound hammer*, *probe penetration*, dan terakhir *pulse velocity*.
6. Metode yang paling baik untuk memprediksi kuat tekan beton muda adalah *pull out test*.
7. Metode yang baik untuk memprediksi beton dengan umur yang cukup adalah *Capo*, *probe penetration*, dan *rebound hammer*, tetapi tentu saja setelah tercipta grafik korelasi terhadap kuat tekan *compression* silinder dan *core*.
8. *Pulse velocity* sangat baik digunakan untuk mengevaluasi keseragaman beton dan juga mengevaluasi dimana daerah yang rusak dari suatu struktur.



Gambar 3.15 Hubungan antara nilai rebound dengan kuat tekan core

3.4.3 Penelitian oleh Karim W. Nasser dan Akthem A. Al-Manaseer

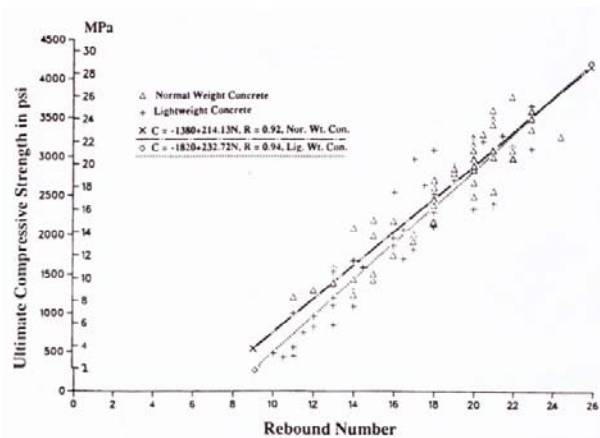
Dengan judul “*Comparison of Nondestructive Tester of Hardened Concrete*”.

Metode NDT yang digunakan pada penelitian ini adalah *rebound hammer*, *ultrasonic pulse velocity*, *pull out test*, *probe penetration*, dan *pin penetration*. Menggunakan *compression test* silinder sebagai control atau acuan. Tujuan dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil yang didapat dari masing-masing metode, dan membuat grafik hubungan antara metode tersebut terhadap kuat tekan *compression*.

Hasil dan kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini adalah :

1. Terbentuk hubungan terhadap kuat tekan beton dari masing-masing metode.
2. Analisa regresi dari setiap data dicari dengan menggunakan berbagai macam pendekatan atau persamaan (rumus), yaitu linear, logaritma, eksponensial, dan power.

Dan kesimpulan yang didapat, bahwa persamaan yang paling mewakili untuk metode *rebound hammer* dan *pin penetration* adalah persamaan linear dengan bentuk $Y = A + BX$, sedangkan untuk metode *pull out test*, *ultrasonic pulse velocity*, dan *probe penetration* adalah persamaan power dengan bentuk $Y = AX^B$.



Gambar 3.16 Hubungan antara nilai rebound dengan kuat tekan