

PERBANDINGAN HASIL ANALISIS KAPASITAS JEMBATAN EKSISTING TERHADAP MUTU BETON

Oleh:

N. Retno Setiati

Puslitbang Jalan dan Jembatan, Jl. A.H. Nasution 264 Bandung

ABSTRAK

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan alat palu (Schmidt Hammer Test) adalah salah satu pengujian yang banyak dilakukan orang untuk mengetahui mutu suatu elemen struktur beton bertulang. Pengujian dengan alat ini sangat mudah dilakukan dan bersifat tidak merusak struktur bangunan yang sedang diuji. Pada prinsipnya pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat palu (Schmidt Hammer) digunakan untuk mengetahui tingkat kekerasan bagian permukaan beton dan homogenitas suatu elemen struktur untuk keperluan pengendalian mutu beton di lapangan bagi perencana dan/atau pengawas pelaksanaan pekerjaan. Beberapa faktor yang akan mempengaruhi hasil analisis dari pengujian dengan menggunakan alat ini di antaranya : kehalusan dan rata-rata permukaan bidang uji, arah tumbukan, maupun jumlah titik yang diambil. Oleh karena itu untuk menambah tingkat keyakinan terhadap hasil uji dengan Schmidt Hammer ini sebaiknya dilakukan juga pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat lain (misalnya Windsor Probe, Kecepatan Rambat Pulsa (PUNDIT), atau Core Drill). Dalam tulisan ini, akan diuraikan tentang bagaimana prosedur pelaksanaan pengujian kuat tekan dan cara analisis data hasil pengujian. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil yang didapat dari alat kecepatan rambat pulsa (PUNDIT).

Kata kunci : kuat tekan, angka pantul, hammer, windsor, pundit

ABSTRACT

The test of concrete compressive strength by using Schmidt Hammer is one type of non destructive tests that technicians use to investigate homogeneity of a reinforced concrete structure element. This type of test by using Schmidt Hammer is very simple to be done and it has no influence to the building structure which is being tested. The principle of the test of the compressive concrete strength by using Schmidt Hammer defects hardness of the part of concrete surface and homogeneity of the structural element for quality control assessment of concrete for engineering and / or supervisors work. The factors that influence the results of the analysis from the test by using Schmidt Hammer are: softness of surface area of concrete, direction of the testing impact, or the number of measured samples. Therefore to add confidence to the Schmidt Hammer test results, it is recommended to do other testing (for example Windsor Probe, PUNDIT, or Core drill). In this article, it will be explained how to carry out the compressive test procedure and how to analyze the compressive test results of the non destructive test. The results have to compared with other alternative testing to validate the final test results (PUNDIT).

Keywords : compression strength, values reflected, hammer, windsor, pundit

Pendahuluan

Pengujian elemen struktur beton dengan menggunakan palu beton (*Schmidt Hammer*) dilakukan tanpa merusak struktur beton yang diperiksa. Hubungan antara angka pantul dan kekuatan beton diperoleh dari sejumlah besar percobaan palu beton terhadap benda uji kubus, dimana benda uji kubus yang diuji kuat tekannya dengan alat palu tersebut langsung diuji pula dengan menggunakan mesin tekan (UTM) sampai kubus itu hancur. Untuk kubus dengan mutu normal, ketidakpastian yang menyangkut hubungan nilai kuat tekan antara palu uji dan mesin tekan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Dalam keadaan normal, pengujian kuat tekan beton dari suatu struktur dengan menggunakan palu beton akan menghasilkan ketelitian yang lebih tinggi daripada dengan membuat beberapa benda uji kubus yang diuji dengan mesin tekan (UTM). Perbandingan hubungan antara pengujian kuat tekan dengan menggunakan palu beton dan mesin tekan pada benda uji kubus akan menjadi lebih eksak dengan kondisi yang paling mendekati keadaan sebenarnya.

Pada kondisi tertentu, terkadang kekuatan beton tidak dispesifikasikan dalam hubungannya dengan tegangan (*stress*), melainkan dimaksudkan untuk mendapatkan hubungan kekuatan beton dengan ketahanan (baik terhadap keausan yang tinggi, erosi, atau pengaruh cuaca. Untuk kasus ini, tingkat kekerasan dari permukaan beton (*surface hardness*) ditentukan (diukur) dengan menggunakan palu beton. Hal ini merupakan

cara yang paling mudah daripada dengan mengambil beberapa benda uji kubus untuk diuji tekan

Tinjauan Pustaka

Alat Palu Beton Tipe N dan NR

Alat palu beton (*Schmidt Hammer*) adalah sejenis palu baja yang digerakkan oleh gaya pegas yang apabila dilepaskan akan memukul peluncur baja ke permukaan beton. Ada dua jenis alat palu beton yang biasa digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan di lapangan, yaitu palu beton tipe N dan palu baja tipe NR. Palu beton tipe N merupakan alat uji palu beton yang dapat digunakan untuk pengujian struktur beton normal yang tidak dilengkapi dengan alat pencatat data (*recorder*). Sedangkan palu beton tipe NR adalah alat uji palu beton yang dapat digunakan untuk pengujian struktur beton normal dan dilengkapi dengan alat pencatat data (*recorder*).

Kekerasan permukaan beton yang diuji dengan alat ini dinyatakan dengan nilai lenting, dimana nilai lenting ini adalah nilai pembacaan yang ditunjukkan oleh alat setelah peluncur baja memukul permukaan beton. Permukaan beton yang akan diuji harus merupakan permukaan yang padat, rata, halus, dan tidak dilapisi oleh plesteran atau bahan pelapis lainnya. Bidang uji yang dipilih harus kering dan halus, bebas dari tonjolan-tonjolan atau lubang-lubang. Lokasi-lokasi bidang uji harus ditentukan sesuai dengan dimensi elemen struktur dan jumlah nilai uji yang diperlukan untuk perhitungan perkiraan kekuatan beton.

Bagian-bagian dari Palu Uji Beton terdiri dari :

1. Peluncur baja
2. Tabung pembungkus
3. Penunjuk nilai lenting pembacaan
4. Knop pada tabung
5. Batang besi pengontrol alat pukul
6. Pelat bundar
7. Penutup
8. Cincin besi yang terdiri dari 2 bagian
9. Penutup ujung belakang
10. Pegas penekan
11. Besi pemegang batang pengontrol alat pukul
12. Pemberat
13. Pegas penahan
14. Pegas pemantul
15. Laras pemegang peluncur baja
16. Cincin pelindung
17. Lubang tempat pembacaan data
18. Mur
19. Mur pengunci
20. Jepit
21. Pegas pada besi pemegang batang pengontrol



**Gambar 1. Palu Uji Beton (Schmidt Hammer)
Tipe NR**

Cara Menentukan Kuat Tekan Beton dengan Alat Palu Beton (Schmidt Hammer)

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan nilai kuat tekan permukaan beton dengan alat palu ini, yaitu :

(a) Memilih titik-titik yang akan diukur

Bila yang diperiksa adalah bagian struktur yang tipis (lembaran-lembaran dan dinding-dinding yang tebalnya kurang dari 100 mm, kolom-kolom yang tebalnya kurang dari 130 mm) maka harus diperhatikan bahwa hasil-hasil pengukuran itu mungkin juga salah akibat pengaruh elastisitas dari bentuk struktur tersebut. Dalam memilih titik-titik yang akan diukur sebaiknya menghindari bagian-bagian sambungan atau bagian beton yang keropos

(b) Menyiapkan titik-titik yang akan diukur

Bagian permukaan beton yang tidak halus akibat pemakaian papan kayu cetakan yang tidak disugu dapat dihaluskan dengan menggunakan batu asah *carborundum*. Pada beton yang sudah lama, lapisan permukaannya harus dibuang terlebih dahulu sampai kedalaman kira-kira 13 mm. Luas permukaan yang digerinda harus cukup mewakili untuk lima sampai dengan sepuluh pengukuran (luas permukaan 100 x 100 mm dapat mewakili)

(c) Jumlah titik yang akan ditentukan

Banyaknya titik yang ditentukan dapat berjumlah lima atau sepuluh titik (lebih baik) pada bagian permukaan yang telah disiapkan. Dari sepuluh titik, ambillah

harga rata-ratanya (R). Nilai rata-rata (R) diambil dari semua hasil pengukuran, kecuali bila ada hasil pengukuran yang menyimpang jauh. Untuk hasil pengukuran yang menyimpang jauh harus diganti dengan pengukuran tambahan. Sebagai pegangan, hasil pengukuran yang harus diganti adalah yang penyimpangannya lebih dari 5 satuan skala, dari harga rata-rata yang didapat. Berdasarkan pengalaman, hasil pengukuran yang menyimpang ini biasanya diakibatkan oleh tumbukan yang mengenai partikel agregat atau mengenai daerah porous yang dekat ke permukaan beton. Harga rata-rata R ini disebut angka pantul

(d) Menentukan nilai kuat tekan

Harga yang paling mungkin ($\square_m$) dan harga minimum dari kuat tekan kubus (*cube compressive strength*) diberikan dalam Tabel 1. Nilai rata-rata R dihitung sampai dengan ketelitian $\frac{1}{2}$ satuan skala, sedangkan harga $\square$ dibulatkan sampai dengan kg/cm^2 terdekat. Umur beton 14 sampai 56 hari untuk permukaan beton yang halus dan kering. $\square_m$ adalah harga yang paling mungkin untuk kuat tekan kubus (*cube compressive strength*) dalam satuan kg/cm^2 .

**Tabel 1 Nilai Kuat Tekan Kubus (kg/cm^2)
Sebagai Fungsi dari Angka Pantul (R) untuk
Palu Beton Tipe N**

R	Umur Beton			
	14 sampai 56 hari		7 hari	
	$\square_m$	$\square_{\min}$	$\square_m$	$\square_{\min}$
20	101	54	121	74
21	113	64	132	83
22	126	75	145	94
23	139	86	157	104
24	152	98	169	115
25	166	110	183	127
26	180	122	196	138
27	195	135	210	150
28	210	149	225	164
29	225	163	239	177
30	241	178	254	191
31	257	193	269	205
32	274	209	285	220
33	291	225	300	234
34	307	240	315	248
35	324	256	331	263
36	342	273	348	279
37	360	290	365	295
38	377	307	381	311
39	395	324	398	327
40	413	341	416	344
41	432	359	434	361
42	450	377	451	378
43	469	395	470	396
44	488	414	488	414
45	507	432	507	432
46	526	451	526	451
47	546	470	546	470
48	565	489	565	489

49	584	508	584	508
50	604	527	604	527
51	623	546	623	546
52	643	565	643	565
53	663	584	663	584
54	683	603	683	603
55	703	622	703	622

Catatan : kuat tekan silinder = 0,85 x kuat tekan kubus

Apabila bidang yang diperiksa itu miring atau datar, maka hasil pembacaan harus dilakukan koreksi. Besarnya koreksi terhadap angka pantul R tergantung pada besarnya sudut kemiringan (Tabel 2)

Tabel 2 Koreksi Terhadap Penunjukkan Palu Penguji Untuk Arah Tumbukan Yang Tidak Horizontal

Angka Pantul Ra	Koreksi			
	Tumbukan ke atas		Tumbukan ke bawah	
	$\square = +90^{\circ}$	$\square = +45^{\circ}$	$\square = -45^{\circ}$	$\square = -90^{\circ}$
10	-	-	+2,4	+3,2
20	- 5,4	-3,5	+2,5	+3,2
30	- 4,7	-3,1	+2,3	+3,1
40	-3,9	-2,6	+2,0	+2,7
50	-3,1	-2,1	+1,6	+2,2
60	-2,3	-1,6	+1,3	+1,7

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan palu uji diantaranya :

- ✚ Bila beton terbuat dari agregat yang tidak kuat, ringan, atau mempunyai sifat mudah terbelah (batu apung, pecahan batu bata, dan sebagainya) maka kekuatan yang diperoleh akan lebih kecil. Angka pantul hanya tergantung pada kekuatan dari adukan ;
- ✚ Bila beton dibuat dengan jumlah pasir yang kurang, dan pengerjaannya kurang sempurna, maka dalam beton dapat terjadi pola sarang lebah (*honeycombing*). Pola ini tidak nampak dari luar, dan dapat menurunkan kekuatan beton sementara angka pantulannya tidak berubah ;
- ✚ Dengan makin turunnya kualitas beton, sebaiknya harus berhati-hati manakala harga angka pantul R di bawah 30. Untuk kasus yang kritis sebaiknya jangan hanya mengandalkan pengujian dengan alat palu beton saja, tetapi juga harus berpegang pada sekurang-kurangnya dua atau tiga kubus/silinder yang diambil dari struktur yang diperiksa.

Landasan Pemeriksa

Landasan uji dipakai untuk memeriksa baik tidaknya palu penguji. Landasan uji harus diletakkan di atas penahan yang kokoh. Bagian yang menerima tumbukan peluncur baja adalah bidang datar hasil penggerindaan.

Pada percobaan tumbukan terhadap landasan uji, penunjukkan palu Tipe N harus di antara 78 sampai 82. Setiap palu penguji hendaknya selalu diperiksa dengan landasan uji secara teratur.

Bila pada landasan uji itu dengan pantul (R_a) menyimpang sampai lebih besar dari nilai

nominal 80, maka angka R yang didapat pada pemeriksaan beton menjadi tidak akurat, dengan prosentasi ketidakakuratan yang sebanding. Dalam hal ini penilaian hasil pengujian harus ditentukan dengan rumus :

$$R = \frac{\sum r}{n} \frac{80}{R_a} \dots\dots\dots(1)$$

di mana :

n = jumlah pengukuran pada beton ;

Ra = angka pantul yang didapat pada pemeriksaan dengan landasan uji ;

Rumus tersebut dapat dipakai untuk nilai R_a sampai 72. Di bawah $R_a = 72$, instrumen ukur harus dibersihkan untuk kemudian dikalibrasi kembali.

Kalau sekiranya tidak ada landasan uji yang dapat dipakai, maka tiap palu penguji sekurang-kurangnya harus diperiksa dengan cara membandingkannya dengan hasil pembacaan palu penguji yang baru di-stel. Pengujian-pengujian tumbukan untuk tujuan membandingkan tersebut hendaknya dilakukan terhadap objek yang permukaannya sekeras mungkin. Misalnya terhadap landasan tempat pandai besi, atau terhadap blok alam yang homogen, keras, dan berat dengan permukaan yang sudah digerinda terlebih dahulu.

Metodologi

Metodologi yang dilakukan dalam pengujian kuat tekan dengan cara non destruktif (*Schmidt Hammer Test*) ini harus memperhatikan ketentuan-ketentuan dan cara uji yang benar, pengukuran nilai lenting dengan

alat palu beton, dan perkiraan besarnya kuat tekan beton pada struktur berdasarkan benda uji kubus atau silinder. Langkah-langkah persiapan pengujian yang harus dilakukan adalah :

1. Menentukan lokasi bidang uji pada elemen struktur yang akan diperiksa dan diberi tanda batas yang jelas ;
2. Membersihkan permukaan bidang uji dari plesteran atau pelapis pelindung lainnya ;
3. Meratakan permukaan bidang uji dengan gerinda

Sedangkan tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Sentuhkan ujung peluncur pada permukaan titik uji dengan posisi tegak lurus bidang uji ;
2. Secara perlahan tekankan palu beton dengan arah tegak lurus bidang uji sampai terjadi pukulan pada titik uji ;
3. Lakukan 10 kali pukulan pada satu lokasi bidang uji dengan jarak terdekat antara titik-titik pukulan 25 mm ;
4. Catat semua nilai pembacaan yang ditunjukkan oleh skala ;
5. Hitung nilai rata-rata pembacaan ;
6. Nilai pembacaan yang berselisih lebih dari 5 satuan terhadap nilai rata-rata tidak boleh diperhitungkan, kemudian hitung nilai rata-rata sisanya ;
7. Semua nilai pembacaan harus diabaikan apabila terdapat dua atau lebih nilai pembacaan yang berselisih lebih dari 5 satuan terhadap nilai rata-ratanya ;

8. Koreksi nilai akhir rata-rata sesuai inklinasi pukulan bila arah pukulan tidak horisontal ;
9. Hitung perkiraan nilai kuat tekan kubus atau silinder beton dengan menggunakan tabel atau kurva korelasi yang terdapat pada petunjuk penggunaan palu beton yang bersangkutan ;
10. Isikan semua nilai lenting dan perkiraan kuat tekan dalam formulir

Arah pukulan pada satu lokasi bidang uji harus sama. Pada pengujian dengan arah pukulan tidak horisontal, nilai lenting rata-rata harus dikoreksi dengan nilai inklinasi sesuai dengan petunjuk penggunaan alat palu uji yang bersangkutan. Kuat tekan diperkirakan berdasarkan nilai lentingan yang diperoleh atau yang telah dikoreksi nilai inklinasinya dengan menggunakan tabel atau kurva korelasi pada petunjuk penggunaan alat palu beton yang dipakai menguji.

Studi Kasus

Studi kasus yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah menganalisis perbandingan hasil pengujian kekuatan beton dengan alat palu beton (*Schmidt Hammer*) dan alat kecepatan pulsa (PUNDIT).



Gambar 1. Posisi Schmidt Hammer Untuk Arah Penembakan Vertikal

Pengujian kuat tekan dilakukan pada struktur pilar jembatan dan *abutment* (kepala jembatan)



Gambar 2. Alat Pengujian Kecepatan Pulsa (PUNDIT)

Dalam pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Schmidt Hammer* diambil sebanyak 30 titik yang dianggap dapat mewakili kekuatan pada pilar maupun *abutment*. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan pengujian kuat tekan yang menggunakan alat kecepatan pulsa (PUNDIT). Pengujian kuat tekan dengan alat kecepatan pulsa (PUNDIT) ini diambil sebanyak 20 titik yang dianggap dapat mewakili pada struktur yang akan diuji (pilar dan *abutment*).



Gambar 3. Pengujian Mutu Beton Dengan Alat Kecepatan Pulsa (PUNDIT)

Hasil pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat Schmidt Hammer dan kecepatan pulsa pada struktur pilar dan abutment dapat dilihat dalam Lampiran (Tabel 3 sampai dengan Tabel 6).

Analisis dan Pembahasan

Analisis perhitungan untuk pengujian kuat tekan dengan alat *Schmidt Hammer* pada struktur pilar terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Setelah diperoleh data hasil lima kali tumbukan pada masing-masing titik dihitunglah nilai rata-ratanya (R_a), dengan rumus :

$$R_a = \frac{\sum R}{5} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

R_a = nilai rata-rata angka pantul untuk setiap titik ;

$\sum R$ = jumlah angka pantul untuk setiap titik ;

2. Untuk arah tumbukan dengan sudut $\alpha = 0^\circ$ (arah horizontal) untuk masing-masing titik akan diperoleh nilai faktor koreksi =1 sehingga nilai pantul yang diambil (R) untuk setiap titik adalah nilai pantul rata-ratanya ;
3. Bila nilai pantul (R) yang diperoleh dari tahapan 2 tersebut dikonversikan ke dalam kuat tekan kubus (Tabel 1) maka akan di dapat masing-masing nilai kuat tekan (σ_b) untuk setiap titik ;
4. Hitung nilai rata-rata kuat tekan (σ_{bm}) untuk semua titik dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_b}{n} \dots\dots\dots(3)$$

di mana :

σ_{bm} = nilai rata-rata kuat tekan beton

$\sum \sigma_b$ = jumlah nilai kuat tekan

N = jumlah titik

5. Hitung standar deviasi (s) dengan rumus sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum \{\sigma_b - \sigma_{bm}\}^2}{n-1}} \dots\dots\dots(4)$$

6. Untuk jumlah titik $n = 30$, faktor koreksi (r) terhadap standar deviasi (s) adalah satu (1) sehingga diperoleh nilai kuat

tekan karakteristik beton (f_{bk}) sebagai berikut :

$$f_{bk} = f_{bm} - (r)(1,64)(s) \dots \dots \dots (5)$$

Untuk faktor koreksi (r) = 1, diambil

$$f_{bk} = f_{bm} - (1,64)(s) \dots \dots \dots (6)$$

7. Nilai kuat tekan karakteristik beton (f_{bk}) yang didapat dari tahapan 6 tersebut kemudian dibandingkan terhadap nilai pengujian kuat tekan yang menggunakan alat kecepatan pulsa (PUNDIT)

Analisis perhitungan hasil pengujian dengan menggunakan kecepatan pulsa (PUNDIT) dilakukan dengan tipe cara langsung (di mana nilai faktor koreksi untuk tipe ini adalah 1). Setelah data diperoleh, kecepatan rambat rata-rata (v_a) dapat dihitung dengan rumus :

$$v_a = \frac{\sum v}{n} \dots \dots \dots (7)$$

di mana :

- v_a = kecepatan rambat rata-rata (km/detik) ;
- $\sum v$ = jumlah kecepatan rambat semua titik setelah dikalikan dengan faktor koreksi
- n = jumlah titik

Catatan :

- Jika $v_a \leq 4$ km/detik maka $250 \text{ kg/cm}^2 < f_{bk} \leq 300 \text{ kg/cm}^2$
- Jika $v_a > 4$ km/detik maka $300 \text{ kg/cm}^2 < f_{bk} \leq 350 \text{ kg/cm}^2$

Analisis perhitungan yang sama juga dilakukan untuk pengujian kuat tekan beton pada struktur *abutment* (kepala jembatan). Dari hasil analisis (Tabel 3 sampai dengan Tabel 6) diperoleh bahwa nilai kuat tekan struktur pilar yang menggunakan alat *Schmidt Hammer* sebesar $339,56 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan dari hasil PUNDIT nilai kuat tekan berada pada rentang $(300 - 350) \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada *abutment* (kepala jembatan), nilai kuat tekannya adalah $256,55 \text{ kg/cm}^2$ yang berada pada rentang $(250 - 300) \text{ kg/cm}^2$ dengan menggunakan alat PUNDIT.

Kesimpulan

1. Perhitungan nilai kuat tekan beton dengan menggunakan *Schmidt Hammer* dapat dilakukan untuk beton yang berumur antara (14 – 56) hari ;
2. Penggunaan *Schmidt Hammer* dalam menentukan mutu beton dilakukan untuk memperkirakan nilai kuat tekan pada permukaan beton saja dengan umur tertentu dan homogenitas dari suatu elemen struktur.

Daftar Pustaka

A.M. Neville, *Properties of Concrete* , Fourth Edition ;

A.C.I. 315, *Manual of Standard Practice for Detailing Reinforced Concrete Structures*, American Concrete Institute ;

Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan,
Petunjuk dan Cara Menggunakan Alat Palu

Penguji Beton Type N dan NR (*Concrete Test Schmidt Hammer Type N and NR*) ;

Standar Nasional Indonesia (SNI 03-4430-1997), *Metode Pengujian Elemen Struktur Beton dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR* ;
Standar Nasional Indonesia (SNI 03-4802-1998), *Metode Kecepatan Pulsa Melalui Beton* ;