

## ANALISIS KUAT TEKAN BERDASARKAN PENGUJIAN BETON INTI DAN NILAI PANTUL PALU DALAM ARAH VERTIKAL

I Gusti Ngurah Eka Partama<sup>1\*</sup>, Ni Putu Silvi<sup>2</sup>, dan I Gusti Made Sudika<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai, Bali

\*E-mail: [epartama@gmail.com](mailto:epartama@gmail.com)

### Abstrak

*Hammer test* dianggap kurang akurat karena hanya menginformasikan kuat tekan beton pada permukaan saja. *Hammer test* pada pelat beton arah vertikal ke atas dilakukan untuk menghindari pembongkaran penutup lantai. Jumlah titik pantul sesuai ketentuan dalam standar minimal 10, diupayakan untuk dikurangi tanpa mengabaikan tingkat akurasi dengan variasi pola titik pantul segiempat dan radial. Eksperimen dilakukan bertujuan untuk menentukan kuat tekan pelat beton berdasarkan *hammer test* vertikal ke atas. Pelat beton ukuran 30x75x15cm disiapkan dengan komposisi perbandingan berat 1PCC:2,697Ps:2,201Kr, w/c=0,5 yang di-*core drill* untuk mengetahui kuat tekan dan di-*hammer test* pola segiempat dan radial umur 14, 21, 28 dan 35 hari untuk mendapatkan nilai pantul dan ditentukan korelasinya. Kesimpulan: kuat tekan pelat beton (*fc*<sub>m</sub>) berdasarkan *hammer test* vertikal keatas dapat ditentukan dalam tiga persamaan dalam fungsi *R<sub>n</sub>*: untuk *R<sub>n</sub>*<35: *fc*<sub>m</sub>=1,6534*R<sub>n</sub>*-26,08; 35≤*R<sub>n</sub>*≤39: *fc*<sub>m</sub>=5,0852*R<sub>n</sub>*-153,27 dan *R<sub>n</sub>*>39: *fc*<sub>m</sub>=1,7726*R<sub>n</sub>*-30,49; *R<sub>n</sub>*=rerata 5 nilai pantul arah vertikal pada pusat bidang pengujian.

**Kata kunci:** *Hammer test*, *Core drill*, Kuat tekan, Pelat beton.

### PENDAHULUAN

Kuat tekan pada elemen struktur beton bertulang dapat ditentukan melalui proses pengujian. Pengujian kuat tekan beton yang sudah mengeras dikategorikan menjadi dua yaitu: Pengujian yang merusak objek uji atau *destructive test* (DT) dan pengujian yang tidak merusak objek uji atau *non-destructive test* (NDT) (Karundeng & Steenie E. Wallah, 2015); (Ridho & Khoeri, 2015); (Simatupang *et al.*, 2016).

Pengujian kuat tekan beton inti (*core drilled test*) adalah metode pengambilan benda uji dengan pengeboran minimal 3 buah silinder pada elemen struktur yang akan ditentukan kuat tekannya (Badan Standardisasi Nasional, 1994). Pengambilan Sampel dengan pengeboran jelas akan mengurangi kekuatan elemen struktur yang berdampak pula pada penurunan kekuatan struktur bangunan, namun dengan *core drilled* dapat ditentukan mutu beton yang sebenarnya.

Pengujian dengan palu uji (*Hammer test*) adalah satu metode pengujian yang tidak merusak objek uji. Dalam RSNI 4803:20xx : Metode Uji Angka Pantul Beton Keras (ASTM C 805-02) dan NI-03-4430-1997 : Pengujian Hammer Test Tipe N dan NR disyaratkan untuk mengambil 10 nilai pantul dalam jarak minimal 25 mm yang terbaca saat pengujian, dengan

ketentuan selisih nilai pantul dengan sesilih 6 satuan lebih besar atau lebih kecil reratanya diabaikan (Badan Standardisasi Nasional, 1997), (Badan Standardisasi Nasional, 2010). *Hammer test* dapat dilakukan sendiri, penggunaan alat yang praktis dan tidak memerlukan tingkat keahlian tinggi. Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, agregat, kelembaban, umur beton, tingkat karbonisasi dan komposisi campuran beton. Dengan banyak faktor yang mempengaruhi hasil pengujian menyebabkan *hammer test* tingkat akurasinya rendah. Sampai saat ini hasil pengujian *hammer test* belum bisa digunakan sebagai hasil pengujian satu-satunya dalam menentukan kuat tekan beton. Kajian lanjutan masih terus dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor sehingga dapat menginformasikan mutu beton yang lebih akurat.

Salah satu elemen struktur yang diuji menggunakan *hammer test* adalah pelat lantai, dengan arah pantul vertikal kebawah jika pengujian dari atas permukaan pelat dan vertikal ke atas jika pengujian dilakukan dari sisi bawah. Pengujian pelat arah vertikal ke atas sering dilakukan untuk menghindari pembongkaran penutup lantai dalam pengujian dengan *hammer test*. Jumlah titik pantul sesuai ketentuan dalam standar minimal yaitu 10, ini tentunya akan memerlukan waktu pengambilan

data yang lebih lama, sehingga diupayakan untuk dikurangi dengan melakukan kajian variasi pola titik pantul segiempat dan radial yang nantinya dipilih pola titik dan jumlah pantul yang dapat mempresentasikan mutu beton pada elemen struktur yang sedang ditentukan mutunya. Presentasi mutu beton didapat berdasarkan korelasi kuat tekan beton ( $f_{cm}$ ) hasil *core drill* dan nilai pantul palu ( $R_n$ ) dengan *hammer test*.

**METODE PENELITIAN**

Data yang diperlukan dalam penelitian terdiri dari kuat tekan beton hasil *core drill* dan nilai pantul dengan *hammer test*, sehingga metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Pelat beton dengan rancangan campuran (*mix design*) sesuai SNI 03-2834-2000 dengan dimensi 30x75x15 cm dalam komposisi campuran beton normal seperti Tabel 1 atau dalam perbandingan berat PCC : Ps : Kr = 1 : 2,697 : 2,201 dengan rasio air semen (w/c) = 0,5 disiapkan untuk media pengumpulan data (Badan Standarisasi Nasional, 2000). Pola titik pantul sesuai Gambar 2 selanjutnya *Hammer test* dilakukan pada umur 14, 21, 28 dan 35 hari dalam posisi vertikal ke atas ( $\alpha=90^\circ$ ). Sampel silinder 80x150 cm yang dikeringkan dalam suhu ruangan selama 7 hari diambil dengan *core driller* dan diuji tekan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM).

Tabel 1. Komposisi campuran 1 m<sup>3</sup> beton untuk benda uji

Komponen beton	Berat (kg)
PCC ( <i>Pozzolan Composite Cement</i> )	363
Agregat halus	979
Agregat kasar	799
Air bersih	172
Jumlah	2.313

**Uji Pantul Palu (*Hammer Test*)**

Standar yang digunakan dalam menentukan nilai pantul menggunakan *hammer test* yaitu RSNI 03-4803-200xx yang mengikuti ASTM C 805-02. Jarak antar titik dalam penelitian ini tetap mengikuti ketentuan RSNI yaitu tidak kurang dari 25 mm, dengan pola segiempat dan radial dengan jarak titik pantul 25-30 mm (Badan Standardisasi Nasional, 2010).

Alat *hammer test* yang sudah dikalibrasi dengan Anvil Standar Merk Matest Tipe C380 Seri 2Y0467. Grafik hubungan nilai pantul palu (*Hammer rebound number*) sesuai buku panduan penggunaan alat (*Operating manual concrete test hammer*) untuk benda uji kubus sesuai Gambar 1. Posisi alat saat pengujian

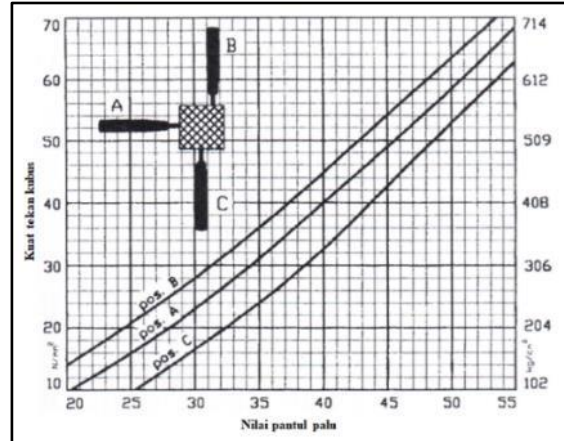
dalam arah vertikal ke atas atau  $\alpha=90^\circ$  atau sesuai posisi C (*Pos. C*). Grafik hubungan kuat tekan ( $f_{cm}$ ) dengan nilai pantul ( $R_n$ ) pada buku panduan dipresentasikan dalam Persamaan 1.

$$f_{cm} = 0,0149R_n^2 + 0,6162R_n - 15,331 \quad (1)$$

Dimana:

$f_{cm}$  = Kuat tekan kubus beton (MPa)

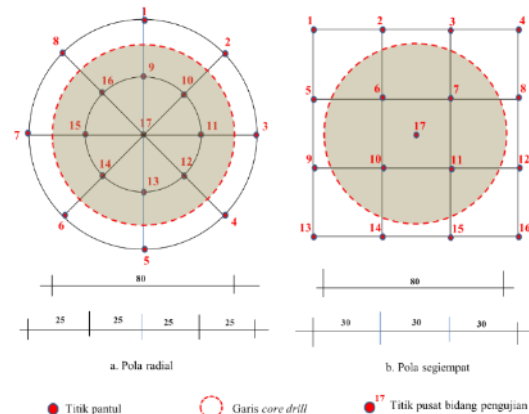
$R_n$  = Nilai pantul palu vertikal keatas



Gambar 1. Grafik korelasi  $R_n$  dan  $f_{cm}$  sesuai buku panduan alat

Tabel 2. Kode kelompok data *hammer test*

Kode	Keterangan
10VLK	Pola radial, nilai pantul terpilih 10 dari 17 (tanpa nilai pantul pusat, 3 nilai pantul tertinggi dan 3 terendah tidak digunakan)
5VCL-D	Pola radial-diagonal, 5 nilai pantul No.: 10, 12, 14, 16, 17
5VCL-S	Pola radial-salib sumbu, 5 nilai pantul No.: 9, 11, 13, 15, 17
10VSE	Pola segiempat, nilai pantul terpilih 10 dari 17 (tanpa nilai pantul pusat, 3 nilai pantul tertinggi dan 3 terendah tidak digunakan)
5VCSE	Pola segiempat, 5 nilai pantul No.: 6, 7, 10, 11, 17



Gambar 2. Grafik korelasi  $R_n$  dan  $f_{cm}$  sesuai buku panduan alat

Titik pantul untuk setiap pola dapat divisualkan seperti Gambar 2. Untuk pola segiempat jarak antar titik pantul 30 mm dan pola radial 25 mm, 17 titik pantul yang diambil dikelompokkan dan diberi kode untuk memudahkan saat analisis.

### Pengujian Beton Inti

Pada penelitian ini tabung *core driller* yang digunakan berdiameter luar 89 mm dan menghasilkan benda uji diameter 80 mm berdasarkan SNI 03-2492-2002, yang mensyaratkan panjang benda uji minimum 100 mm (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Beton inti setelah dikeringkan dalam suhu kamar selama 7 hari, selanjutnya diuji untuk mendapatkan nilai kuat tekan menggunakan CTM sesuai SNI 03-3403-1994 (Badan Standardisasi Nasional, 1994). Gambar 3 memvisualisasikan proses pengumpulan data mulai mencetak benda uji sampai pengujian kuat tekan.



Gambar 3. Penyiapan, pengujian sampel

Tabel 3 menyajikan hasil penelitian yang mempresentasikan hubungan  $f_{cm}$  dengan  $R_n$  yang mempertimbangkan faktor jenis semen dan rasio air-semen (Kumawat *et al.*, 2021). Dua persamaan regresi ini nanti juga akan dikomparasi dengan mensimulasi hasil perhitungan kuat tekan beton menggunakan  $R_n = 31-43$ .

Tabel 3. Hubungan  $f_{cm}$  dan  $R_n$  (Kumawat *et al.*, 2021)

Parameter	Mutu beton (w/c)	Uraian	R <sup>2</sup>
OPC	M15(0,50), M20(0,50), M25(0,50)	$f_{cm}=25,036+1,8167R_n$	0,65
w/c	M30(0,30), M30(0,36), M30(0,40), M30(0,50)	$f_{cm}=-16,228+1,5979R_n$	0,87

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data rerata nilai pantul ( $R_n$ ) dan kuat tekan ( $f_{cm}$ ) untuk pola radial dan segiempat untuk 10 data terpilih dari 16 nilai pantul ( $R_n$  10VSE;  $R_n$  10VLK) dan 5 nilai pantul pada pusat bidang pengujian pola radial diagonal dan radial salib sumbu ( $R_n$  5VCL-D, 5VCL-S) serta segiempat ( $R_n$  5VCSE), disajikan pada Tabel 4, sedangkan persamaan beserta grafik regresinya disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 4.

Tabel 4. Nilai rerata  $R_n$  dan  $f_{cm}$

Umur benda uji (hari)	10VLK	5VCL-D	5VCL-S	10VSE	5VCSE	$f_{cm}$ (MPa)
14	32,40	32,45	32,55	32,78	32,55	12,02
21	32,43	33,80	33,05	32,95	33,75	15,26
28	32,55	32,80	33,55	33,44	33,80	16,18
35	33,05	34,20	33,55	33,73	33,90	18,26

Tabel 5. Persamaan regresi tiap pola

Pola	Regresi	Jenis	R <sup>2</sup>
10VLK	$f_{cm} = 6,9962R_n - 212,69$	Linear	0,6773
5VCL-D	$f_{cm} = 2,4529R_n - 66,285$	Linear	0,6042
5VCL-S	$f_{cm} = 5,0852R_n - 153,27$	Linear	0,8785
10VSE	$f_{cm} = 5,4899R_n - 166,96$	Linear	0,8578
5VCSE	$f_{cm} = 0,0025e^{0,2601R_n}$	Eksp.	0,8557

Persamaan regresi pada Tabel 5 nilai determinasi ( $R^2$ ) tertinggi sebesar 0,8785 untuk pola pengambilan data 1 titik pantul pada pusat bidang dan 4 lainnya membentuk salib sumbu (5CLK-S) dengan persamaan:

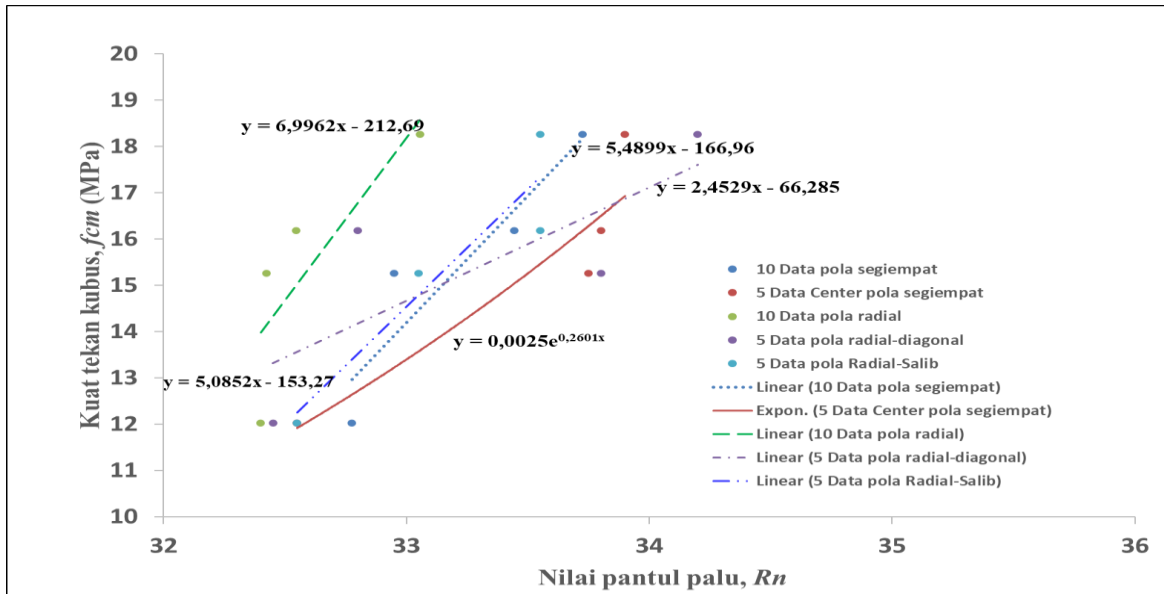
$$f_{cm} = 5,0852R_n - 153,27 \quad (1)$$

Dimana:

$f_{cm}$  = Kuat tekan kubus beton (MPa)

$R_n$  = Rerata 5 Nilai pantul palu arah vertical pada pusat bidang pengujian

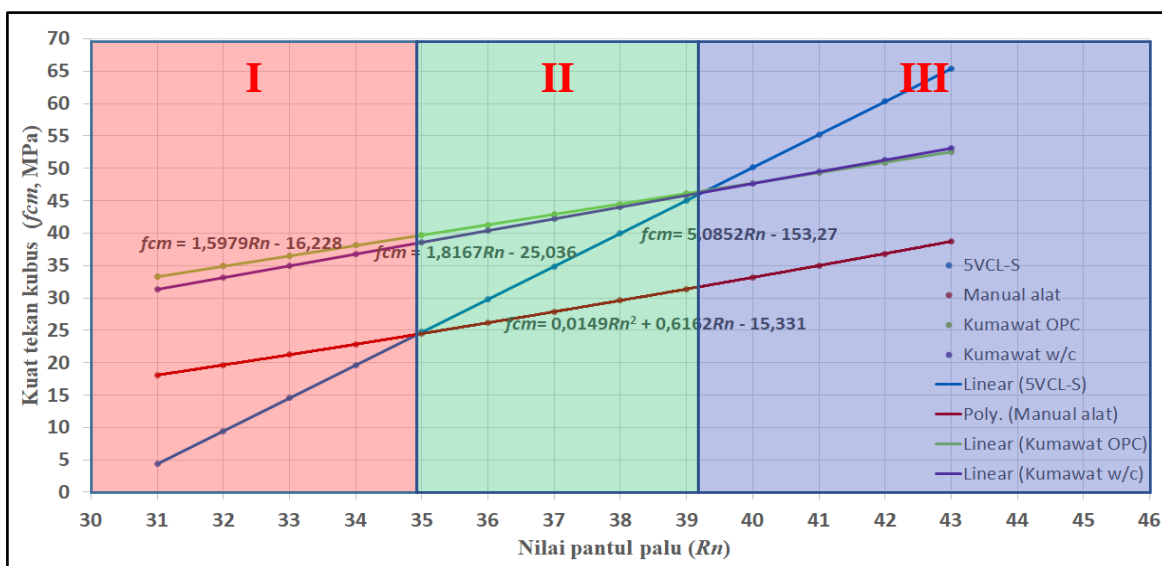
Persamaan 1 jika dikomparasi dengan persamaan pada buku manual penggunaan alat serta persamaan hasil penelitian Kumawat *et al.* (2021) menggunakan simulasi  $R_n$  31-43 hasilnya disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 5.



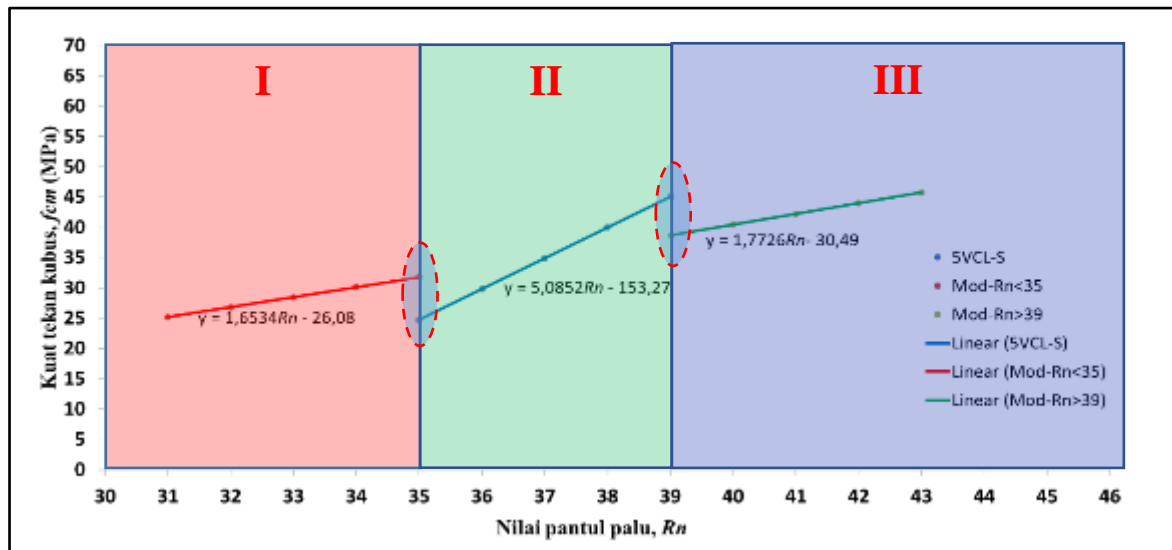
Gambar 4. Grafik hubungan  $f_{cm}$  dan  $R_n$  analisis

Tabel 6. Simulasi nilai  $f_{cm}$  (MPa) dengan  $R_n = 31 - 43$

Pola	Persamaan regresi	Rn												
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
5VCL-S	$f_{cm}=5,0852x - 153,27$	4,37	9,46	14,54	19,63	24,71	29,80	34,88	39,97	45,05	50,14	55,22	60,31	65,39
Manual alat	$f_{cm}=0,0149R_n^2+0,6162R_n-15,331$	18,09	19,65	21,23	22,84	24,49	26,16	27,87	29,60	31,36	33,16	34,98	36,83	38,72
Kumawat et al. (2021), M15-M25, OPC, w/c=0,5	$f_{cm}=-16,228+1,5979R_n$	33,31	34,90	36,50	38,10	39,70	41,30	42,89	44,49	46,09	47,69	49,29	50,88	52,48
Kumawat et al. (2021), w/c = 0,35-0,5	$f_{cm}=-25,036+1,8167R_n$	31,28	33,10	34,92	36,73	38,55	40,37	42,18	44,00	45,82	47,63	49,45	51,27	53,08



Gambar 5. Grafik Hubungan  $f_{cm}$  dan  $R_n$  komparasi



Gambar 6. Grafik hubungan  $f_{cm}$  dan  $R_n$  usulan

Visual grafik pada Gambar 5 dapat dijelaskan dalam tiga kondisi hubungan  $f_{cm}$  dengan  $R_n$ . Kondisi I ( $R_n < 35$ ):  $f_{cm}$  hasil penelitian ini berada dibawah hasil penelitian Kumawat *et al.* (2021) maupun berdasarkan grafik dari manual alat, sehingga dinilai tidak representatif. Kondisi II ( $35 \leq R_n \leq 39$ ):  $f_{cm}$  berada dibawah hasil penelitian Kumawat *et al.* (2021) dan diatas kuat tekan berdasarkan grafik manual alat. Kondisi II menunjukkan kuat tekan hasil penelitian ini cukup moderat untuk menjembatani kelemahan masing-masing kuat tekan berdasarkan grafik manual alat dan hasil penelitian Kumawat *et al.* (2021). Kondisi III ( $R_n > 39$ ):  $f_{cm}$  hasil penelitian ini berada diatas hasil penelitian Kumawat *et al.* (2021) maupun berdasarkan grafik dari manual alat, sehingga dinilai tidak representatif.

Rentang kuat tekan kubus yang dipresentasikan pada Gambar 5 dengan  $f_{cm} = 5-65\text{MPa}$ , namun hasil penelitian ini hanya dapat merekomendasikan kuat tekan berdasarkan nilai pantul palu dengan  $f_{cm} = 25-45\text{MPa}$  atau untuk mutu beton K-250 sampai K-450 menggunakan Persamaan 1, sedangkan untuk  $f_{cm} < 25\text{MPa}$  dan  $f_{cm} > 45\text{MPa}$  direkomendasikan masing-masing menggunakan Persamaan 2 dan 3 serta grafik pada Gambar 6 hasil moderasi penelitian Kumawat *et al.* (2021) dan grafik pada manual penggunaan alat *hammer test*.

$$f_{cm} = 1,6534R_n - 26,08 \quad (2)$$

$$f_{cm} = 1,7726R_n - 30,49 \quad (3)$$

Dimana:

$f_{cm}$  = Kuat tekan kubus beton (MPa)

$R_n$  = Rerata 5 Nilai pantul palu arah vertikal pada pusat bidang pengujian

Pada daerah transisi yaitu pada nilai pantul palu 35 dan 39 kuat tekan direkomendasikan untuk mengambil nilai tengah kuat tekan berdasarkan persamaan untuk masing-masing transisi.

Penggunaan merk, tipe dan jenis *hammer* yang berbeda dari penelitian mungkin berdampak pada perbedaan kesimpulan yang didapat, oleh karenanya diperlukan penelitian lanjutan dengan memperhitungkan parameter tersebut. Parameter keterampilan operator dan perbedaan mutu beton juga perlu ditambahkan untuk mendapatkan suatu formulasi yang tepat sehingga pengujian dengan *hammer test* dapat menginformasikan mutu beton yang akurat (Szilágyi *et al.*, 2013).

## PENUTUP

### Kesimpulan

Pembahasan dan analisa dalam penelitian ini menyimpulkan kuat tekan kubus beton ( $f_{cm}$ ) berdasarkan *hammer test* dengan arah pantul keatas ( $\alpha=90^\circ$ ) dapat ditentukan dalam tiga persamaan dengan fungsi nilai pantul palu ( $R_n$ ) yaitu: untuk  $R_n < 35$  persamaannya  $f_{cm} = 1,6534R_n - 26,08$  saat  $35 \leq R_n \leq 39$  digunakan  $f_{cm} = 5,0852R_n - 153,27$  dan untuk  $R_n > 39$  dengan formulasi  $f_{cm} = 1,7726R_n - 30,49$ , dengan  $R_n$  rerata 5 nilai pantul palu arah vertikal keatas ( $\alpha=90^\circ$ ) pada pusat bidang pengujian.

### Saran

Kesimpulan hasil penelitian ini bisa saja berbeda jika diulangi menggunakan merk, tipe dan jenis *hammer* yang lain, oleh karenanya kajian lanjutan masih diperlukan dengan melibatkan parameter-parameter yang belum dimasukkan dalam penelitian ini sehingga didapat suatu formulasi yang akurat untuk

menentukan kuat tekan beton berdasarkan *hammer test*.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Paper ini merupakan luaran penelitian yang dibiayai oleh Dana Penelitian Kompetitif Nasional-Penelitian Dosen Pemula (PDP), Hibah Dana Internal Universitas Ngurah Rai Tahun Anggaran 2022 melalui Lembaga Penelitian Pengabdian Kepada Masyarakat dan Pusat Kajian Universitas Ngurah Rai (LPPMPK UNR), dengan Surat Perjanjian Penelitian Kompetitif Nasional-Hibah Dana Internal Universitas Ngurah Rai Tahun Anggaran 2022 Nomor: 205.1/01.05.1/1.09/2022, Tanggal: 28 Juli 2022. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Ngurah Rai melalui LPPMPK UNR yang telah mendanai penelitian ini, mahasiswa dan tenaga pelaksana yang telah membantu di laboratorium selama proses penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1994). *SNI-03-3403-1994 : Metode-Pengujian Kuat Tekan Beton Inti Pemboran*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. (1997). *SNI-03-4430-1997 : Pengujian Hammer Test Tipe N dan NR.pdf*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-2942-2002 : Metode Metode Pegambilan dan Pengujian Beton Inti*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). RSNI 4803:20xx Metode Uji Angka Pantul Beton Keras (ASTM C 805-02). *Badan Standardisasi Nasional Indonesian*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 1–34.
- Karundeng, V. S., & Steenie E. Wallah, R. P. (2015). Penerapan Metode Schmidt Hammer Test dan Core Drilled Test untuk Evaluasi Kuat Tekan Beton pada Ruang IGD RSGM UNSRAT Guna Alih Fungsi Bangunan. *Sipil Statik*, 3(4), 221–227.  
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/8206>
- Kumavat, H. R., Chandak, N. R., & Patil, I. T. (2021). Factors Influencing The Performance of Rebound Hammer Used for Non-destructive Testing of Concrete Members: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00491.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00491>
- Ridho, F., & Khoeri, H. (2015). Perbandingan Mutu Beton Hasil UPVT Metode Indirect Terhadap Mutu Beton Hasil Hammer Test dan Core Drill. *Jurnal Konstruksia*, 6(2), 25–39.
- Simatupang, R. M., Nuralinah, D., & Remayanti, C. (2016). Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test , Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Dan Compression Test. *Rekayasa Sipil*, 10(1).
- Szilágyi, K., Borosnyói, A., & Mikó, T. (2013). Comparison Of The Inherent Variability In Rebound Hammer Tests Performed With Different Testing Instruments. *Epitoanyag - Journal Of Silicate Based And Composite Materials*, 65(3), 68–75.  
<https://doi.org/10.14382/Epitoanyag-Jsbcm.2013.14>