

# Pendampingan Teknis Pengujian Non Merusak dengan *Ultrasonic Pulse Velocity* dan *Hammer Test* Pada Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor di Banjarbaru

Nursiah Chairunnisa\*<sup>1</sup>, Ade Yuniati Pratiwi<sup>2</sup>, Arya Rizki Darmawan<sup>1</sup>, Ratni Nurwidayati<sup>1</sup>, Wiku Adhiwicaksana Krasna<sup>1</sup>, Ahmad Cahyadi<sup>1</sup>, Muhammad Zackyudin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

\*Penulis korespondensi: [nursiah.chairunnisa@ulm.ac.id](mailto:nursiah.chairunnisa@ulm.ac.id)

Received: 16 Juli 2023 / Accepted: 31 Juli 2023

## Abstract

*This activity aims to provide services in the form of assistance and outreach to project owners and workers in the construction of PT. GTN Banjarbaru as concrete quality control for buildings under construction. Non-destructive testing, such as hammer tests and ultrasonic pulse velocity (UPV tests), is employed on numerous structural elements, including the poer, sloof, columns, beams, and plates. This activity included structural experts lecturing in the Civil Engineering Study Program and the Civil Engineering Masters Study Program, as well as structural and material laboratory instructors, civil engineering study program students, and project developers. As shown in Figure 6, the analysis results of the Hammer Test and UPV tests show that all structural elements, namely beams, columns, plates, poers, and sloofs, meet the minimum structural concrete compressive strength of 17 MPa per SNI 6880: 2016 for structural concrete specifications. For Knowing and managing the quality of placed concrete in the field may also be accomplished by requesting samples of concrete cubes from current concrete castings in the field for future work such as beams, upper story columns, and floor slabs from project owners and contractors. This cubic concrete sample will next be examined in the laboratory for 28 days using a destructive test, specifically the compressive strength of concrete. According to the evaluation's findings that 51% of respondents rated the activities as very good and 49% as good, Overall, the activities were carried out well.*

**Keywords:** *compressive strength, hammer test; non-destructive test, ultrasonic pulse velocity test.*

## Abstrak

*Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan ini bertujuan untuk pelayanan berupa pendampingan dan sosialisasi kepada pemilik proyek dan pekerja konstruksi pada pembangunan gedung kantor PT. GTN Banjarbaru sebagai pengendalian mutu beton bangunan yang sedang dibangun. Metode kegiatan yang dilakukan adalah pengujian tidak merusak (non destructive test) berupa pengujian palu beton (hammer test) dan ultrasonic pulse velocity (UPV test) di beberapa elemen struktur yaitu elemen poer, sloof, kolom, balok dan pelat. Kegiatan ini melibatkan dosen bidang keahlian struktur pada Program Studi Teknik Sipil serta Program Studi Magister Teknik Sipil dan instruktur Laboratorium Struktur dan Material serta mahasiswa program studi teknik sipil serta pelaksana proyek. Dari hasil analisis pengujian Hammer Test dan UPV dapat diketahui bahwa seluruh elemen struktur yaitu balok, kolom, pelat, poer, dan sloof memenuhi kuat tekan beton struktural minimal yaitu 17 MPa sesuai SNI 6880:2016 untuk spesifikasi beton struktural. Untuk mengetahui dan mengontrol mutu beton terpasang di lapangan dapat pula dilakukan dengan meminta pemilik proyek dan kontraktor untuk menyediakan sampel kubus beton yang berasal dari pengecoran beton eksisting di lapangan untuk pekerjaan lanjutan seperti balok, kolom lantai atas, dan pelat lantai. Sampel beton kubus ini selanjutnya akan dites umur 28 hari di laboratorium dengan uji merusak yaitu pengujian kuat tekan beton. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa secara umum kegiatan dilaksanakan dengan baik yaitu sebanyak 51% menyatakan sangat baik dan 49% menyatakan baik.*

**Kata kunci:** *kuat tekan, mutu beton, pengujian non merusak, tes ultrasonic pulse velocity; uji palu beton.*

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur Indonesia terus berkembang baik proyek konstruksi yang dilakukan oleh Pemerintah maupun swasta/pribadi. Karena hal ini, penggunaan material konstruksi meningkat. Ini terjadi karena beton memiliki karakteristik yang mudah

dibentuk untuk memenuhi persyaratan konstruksi, kuat terhadap tekan, tahan terhadap suhu tinggi, mudah dibuat secara pabrikasi, murah untuk perawatan, dan tahan lama (Neville & Brooks, 2010). Dalam proyek konstruksi, pekerjaan pengendalian mutu material adalah merupakan proses yang sangat penting untuk menjamin kekuatan bangunan sesuai dengan desain yang direncanakan selain metode pelaksanaan konstruksi yang harus sesuai prosedur.

Kualitas beton dapat dievaluasi melalui berbagai tes, baik ketika sudah basah (saat pengecoran) maupun ketika sudah berumur 28 hari. Ada berbagai jenis pengujian beton yang dilakukan, termasuk pengujian kelumpuhan; pengujian non-destructive (misalnya, pengujian Hammer Schmidt atau Ultrasonic Pulse Velocity (UPV); dan pengujian destruktif (misalnya, pengujian tekan dan tes kekuatan tarik/belah beton). Kontrol mutu beton untuk menghemat uang dan memenuhi spesifikasi.

Dengan menggunakan tes Schmidt Hammer, hasilnya tidak merusak. merupakan salah satu langkah *quality control* saat proyek konstruksi berlangsung sehingga dapat menentukan langkah/asesmen selanjutnya terhadap keberlangsungan proyek. Chairunnisa (2020) melakukan penelitian menggunakan pengujian *hammer test* sebagai asesmen lanjutan untuk keberlangsungan proyek. Jika pengendalian mutu beton rendah, standar deviasi akan meningkat, yang pada gilirannya akan membutuhkan material yang lebih mahal untuk mencapai kekuatan rata-rata yang diinginkan. Untuk konstruksi beton bertulang, pengendalian mutu pada setiap elemen struktur (elemen balok, kolom, pelat, dan pondasi) harus sesuai dengan desain yang direncanakan. Pengujian hammer test sebagai *quality control* dari pelaksanaan proyek juga telah banyak diteliti oleh peneliti (Demir, Ulucan, & Alyamaç, 2023; Ivanchev, 2022; Lubis, 2003; Malek & Kaouther, 2014) Patil, S.G. & Suresh (2017); Karundeng, S.S. (2015)). Pengujian *non destructive* menggunakan hammer test berdasarkan peraturan ASTM C 805-02 (2002) dan Badan Standar Nasional, RSNI 4803-20XX (2012).

Tahun 2022-2023, PT. Gentenviro Teknindo Nusantara (GTN) membangun sebuah bangunan yang struktur utamanya adalah dari struktur beton bertulang. Bangunan ini nantinya akan difungsikan sebagai kantor utama untuk mendukung seluruh kegiatan perusahaan. PT. GTN adalah Badan Usaha yang bergerak dibidang jasa konsultan perencanaan studi teknik, konstruksi, kajian penelitian, modeling, survei, keselamatan kesehatan kerja, pemetaan, gambar teknis, lingkungan, dan bidang lainnya. PT. GTN berdiri sejak tahun 2022 yang meneruskan Badan Usaha CV Geotenviro Teknindo yang berdiri sejak tahun 2019 (PT. GTN, 2023).

Saat proses konstruksi berlangsung, terdapat beberapa kendala permasalahan proyek yaitu pada desain dan konstruksi di Lapangan. Pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat pada Program Dosen Wajib Mengabdi (PDWA) ini bertujuan untuk memberikan pendampingan pada proses konstruksi dengan memberikan masukan-masukan kepada pemilik proyek terkait konstruksi yang berlangsung sesuai dengan standar SNI yang berlaku. Selain itu melakukan pengujian beton eksisting yang terpasang dengan metode tidak merusak (*non destructive*) test yaitu uji palu beton (*Schmidt Hammer Test*) dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) yang memerlukan identifikasi mutu beton sebagai salah satu proses *quality control* di lapangan.

## 2. METODE

Kegiatan Pengabdian dilaksanakan bekerjasama dengan PT. GTN Banjarbaru sebagai mitra kegiatan yaitu dalam hal sosialisasi dan pelatihan kepada Pekerja Proyek sebanyak 10 orang dan Pemilik Proyek Mitra PKM yaitu PT. GTN yaitu Direktur dan

Pengawas Pekerjaan sebanyak 3 (tiga) orang. Pada tahap awal kegiatan, analisis situasi dilakukan dengan membangun komunikasi dengan pemilik proyek untuk menentukan langkah kerja sehingga dapat mencapai solusi yang diharapkan. Solusi yang hendak dicapai dari kegiatan pendampingan dan sosialisasi ini adalah:

- a) Memberikan masukan tentang pentingnya *quality control* yang baik pada pelaksanaan konstruksi pada pekerja proyek dan pemilik proyek
- b) Melakukan pendampingan untuk cara pengujian dengan *Schmidt Hammer Test* dan *UPV Test*
- c) Memberikan masukan berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian tidak merusak
- d) Memberikan masukan terhadap proyek konstruksi yang dilakukan. Kelengkapan data desain yang harus ada sebagai dasar *quality control* dari pekerjaan konstruksi secara keseluruhan.

Pengujian langsung secara aplikatif akan diberikan kepada mitra, termasuk memberikan masukan dan pelatihan tentang cara menguji beton secara tidak merusak dengan alat uji Schmidt Hammer dan UPV. Tahapan kegiatan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

#### **A. Tahapan persiapan**

Dalam tahapan ini akan dilakukan kegiatan sebagai berikut:

- a) Mengumpulkan data dan informasi terkait konstruksi kantor PT GTN
- b) Mengkaji gambar denah dan elemen-elemen struktur dari konstruksi yang disinyalir memiliki mutu yang tidak sesuai rencana karena kurangnya *quality control*.
- c) Survey lapangan kondisi eksisting bangunan yang akan dilakukan pengujian
- d) Koordinasi dengan mitra PKM pengujian yang tidak merusak elemen struktur eksisting dengan menggunakan *Schmidt Hammer Test* dan *UPV test* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

#### **B. Tahapan pelaksanaan**

Kegiatan PKM akan dilakukan dengan dua fase kegiatan yaitu sebagai berikut:

- 1) Fase pertama adalah pengujian langsung di lapangan yaitu lokasi proyek pada elemen-elemen konstruksi untuk mengetahui mutu beton terpasang dengan menggunakan metode non merusak dengan menggunakan *Schmidt Hammer Test* dan *UPV test* di bangunan PT. GTN. Pekerja proyek dan pemilik proyek diminta untuk langsung berpartisipasi dalam pengujian tersebut.
- 2) Fase kegiatan kedua adalah data hasil pengujian ditelaah dan dilakukan analisis dan kemudian dilakukan penyampaian hasil serta memberikan rekomendasi. Rekomendasi yang diberikan adalah alternatif dalam redesain konstruksi bangunan untuk tahap selanjutnya yang seharusnya dilakukan oleh konsultan perencana yang menganalisa sesuai dengan standar SNI yang berlaku.



(a) Schmidt Hammer Test

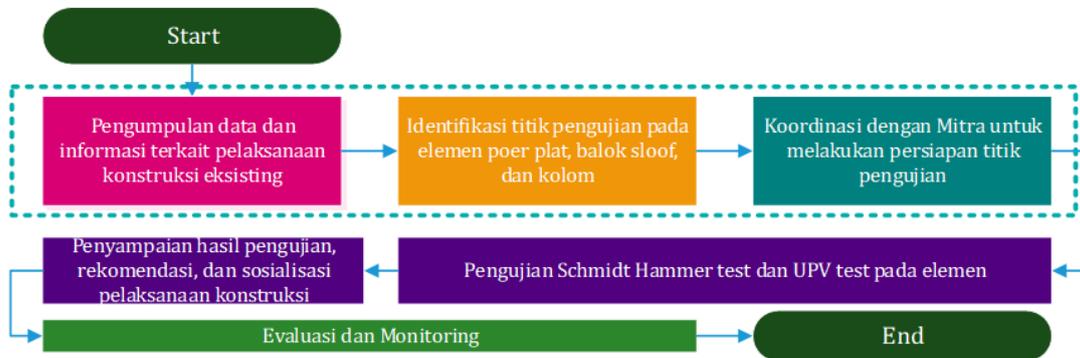
(b) Ultrasonic pulse velocity

Gambar 1. Alat Uji Non Merusak (*Non Destructive Test*) yang digunakan dalam kegiatan PKM

### C. Tahapan evaluasi kegiatan

Setelah kegiatan PKM dilaksanakan, akan dilakukan koordinasi kegiatan kepada mitra PKM untuk mengetahui analisis hasil uji kelayakan, pemberian rekomendasi dan sosialisasi pelaksanaan konstruksi. Setelah dilakukan pendampingan dan pengecekan lapangan, akan dilakukan evaluasi untuk melihat sampai sejauh mana kesinambungan penyampaian informasi digunakan oleh pekerja proyek, pengawas lapangan, dan pemilik proyek.

Dalam menyelesaikan program pengabdian kepada masyarakat ini, disusun skema kegiatan pengabdian seperti yang terlihat pada Gambar 2. Tahapan kegiatan dimulai dari pengumpulan data, koordinasi dengan mitra, pengujian di lapangan, serta evaluasi dan monitoring kegiatan yang berkesinambungan.



Gambar 2. Skema Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian tim FT ULM bertempat di Lokasi Pembangunan Gedung Kantor PT. GTN, Banjarbaru, Kalimantan Selatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Kegiatan PKM diikuti oleh Mitra PKM yaitu PT GTN Banjarbaru, Pekerja konstruksi dan Tim PKM Fakultas Teknik ULM. Adapun kegiatan dilakukan sebanyak dua kali yaitu pemeriksaan bagian struktur bawah dan struktur atas. Total peserta yang mengikuti kegiatan adalah sebanyak 20 orang. Kegiatan pendampingan dan sosialisasi dilakukan untuk uji kelayakan dengan palu beton (*Hammer test*) dan uji *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV).



Gambar 3. Lokasi Pembangunan Gedung Kantor PT. GTN

### 3.1. Pengujian non merusak dengan palu beton (*Schmidt Hammer Test*)

Pendampingan dan sosialisasi untuk pengujian dengan menggunakan alat *Schmidt Hammer Test* dilakukan pada beberapa elemen struktur di Lapangan yang terindikasi tidak diketahui kekuatan rencana dari mutu beton. Elemen struktur yang dilakukan pengujian adalah elemen kolom, poer dan sloof. Dalam pendampingan dan sosialisasi disampaikan bahwa kriteria dari standar pengujian dengan alat *Hammer Test* adalah dengan SNI ASTM C805-02 tentang metode uji angka pantul beton keras memerlukan sepuluh titik pengamatan pada setiap area pengujian, dengan jarak titik pengamatan tidak boleh lebih kecil dari 25 mm. Periksa permukaan beton setelah tumbukan. Jika permukaan beton rusak karena rongga udara, batalkan pembacaan dan gunakan titik bacaan baru. Tentukan nilai rata-rata dari pembacaan data yang memenuhi syarat dan abaikan hasil pembacaan yang berbeda lebih dari 6 satuan dari nilai rata-rata sepuluh titik bacaan. Jika ada perbedaan lebih dari 2 titik bacaan dari nilai rata-rata, maka rangkaian pembacaan secara keseluruhan harus dibatalkan dan angka pantul untuk 10 titik bacaan baru di daerah pengujian harus ditentukan. Tinjauan lokasi dan pengujian pada uji pantul ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.

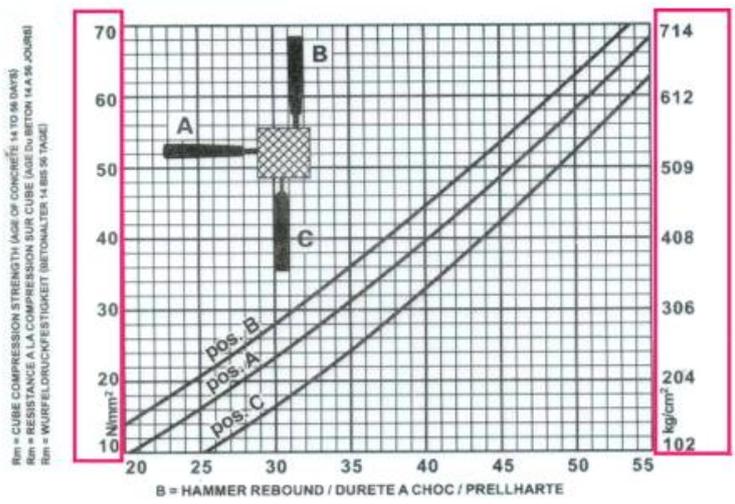


Gambar 4. Tinjauan lokasi dan penentuan titik hammer test



Gambar 5. Titik pengujian hammer test pada elemen struktur

Test Schmidt Hammer hanya mampu mengukur kekerasan beton pada lapisan permukaan (+4 cm), jadi untuk struktur dengan dimensi yang besar, itu hanya memberi indikasi awal tentang mutu dan keragaman. Karena alat ini sensitif terhadap perubahan di permukaan beton, permukaan beton yang akan diuji harus dibersihkan dan diratakan sebelum pengujian dilakukan. Angka rebound (R) adalah data yang diperoleh dari uji hammer test. Hubungan empirik dari tingkat kekerasan beton yang ditandai dengan nilai Rebound Hammer Test ditunjukkan pada Gambar 6 (ASTM C805 / C805M – 18).



Gambar 6. Hubungan empiris nilai *Rebound* (R) dan kuat tekan beton (ASTM C805/C805M– 18)

Data nilai rebound hammer (R) dari hasil pengujian elemen struktur pada sloof ditunjukkan pada Tabel 1 dan data estimasi nilai keseragaman beton untuk keseluruhan elemen struktur ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Data nilai *Rebound Hammer* hasil uji palu beton pada elemen sloof

No	Hasil Pengujian R Sudut (0°)		fch *Koreksi (MPa), x	Deviasi (x-X <sub>ave</sub> ) <sup>2</sup>	Ket
	R	fch (MPa)			
1	27	16,33	18,25	2,25	Avg
2	26	15,10	16,87	8,25	Avg
3	26	15,10	16,87	8,25	Avg
4	26	15,10	16,87	8,25	Avg
5	26	15,10	16,87	8,25	Avg
6	28	17,59	19,66	0,01	Avg
7	28	17,59	19,66	0,01	Avg
8	33	24,37	27,23	56,01	Maks
9	30	20,21	22,58	8,07	Avg
10	30	20,21	22,58	8,07	Avg
		<b>17,67</b>	<b>X<sub>ave</sub> = 19,75</b>		

Tabel 2. Hasil Keseragaman Beton dengan alat Hammer Test

Elemen	Estimasi rerata nilai keseragaman beton berdasarkan hasil uji (fc')		Tingkat Kepercayaan %
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	
Poer	22,90	233,50	70,00
Sloof	19,75	201,34	90,00
Kolom	25,42	259,23	75,00

Dari hasil pengolahan data dengan alat uji palu beton (*Hammer Test*), diperoleh bahwa mutu beton untuk elemen poer, sloof dan kolom adalah 22,90 MPa, 19,75 MPa dan 25,42 MPa secara berturut-turut.

### 3.2. Pengujian non merusak dengan Ultrasonic Pulse Velocity

Pengujian non merusak lainnya yang dilakukan pada kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat di PT. GTN ini adalah uji *ultrasonic pulse velocity* (UPV) test. Pengujian dikerjakan pada beberapa elemen struktur yaitu balok dan pelat yang telah terpasang pada lantai 2 saat konstruksi gedung PT. GTN. Kegiatan rekaman pengujian dengan alat uji *ultrasonic pulse velocity* (UPV) test yang dilanjutkan tim PKM ditunjukkan pada Gambar 7.





Gambar 5. Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity pada Bangunan Kantor di Banjarbaru

Tahapan pengujian dengan alat UPV dengan mengambil nilai *pulse velocity* dengan alat pundit. Metode pengambilan data *pulse velocity* adalah secara *indirect/surface transmission*. Elemen Struktur yang dilakukan pemeriksaan adalah elemen pelat dan balok pada lantai 2 bangunan kantor PT. GTN. Data nilai *indirect velocity* dari alat UPV A1410 PULSAR pada pengujian elemen struktur pada balok ditunjukkan pada Tabel 3 dan data rerata kuat tekan beton, kualitas mutu beton dan keseragaman beton untuk keseluruhan elemen struktur ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data estimasi mutu beton berdasarkan hasil uji UPV pada elemen balok

No test	Type	Indirect Velocity (m/s)	Distance (m)	Indirect-Direct Factor	Direct Velocity (m/s)	Poisson Ratio Factor	Density (kg/m <sup>3</sup> )	E (MPa)	fc' (MPa)
1	Balok	3420	0,1	1,05	3591	0,15	2400	29310,22	38,89
2		3390	0,1	1,05	3559,5	0,15	2400	28798,26	37,54
3		3540	0,1	1,05	3717	0,15	2400	31403,16	44,64
4		3560	0,1	1,05	3738	0,15	2400	31759,00	45,66
5		3530	0,1	1,05	3706,5	0,15	2400	31225,99	44,14
6		3540	0,1	1,05	3717	0,15	2400	31403,16	44,64
7		3550	0,1	1,05	3727,5	0,15	2400	31580,83	45,15
8		3480	0,1	1,05	3654	0,15	2400	30347,67	41,69
9		3520	0,1	1,05	3696	0,15	2400	31049,32	43,64
10		3520	0,1	1,05	3696	0,15	2400	31049,32	43,64

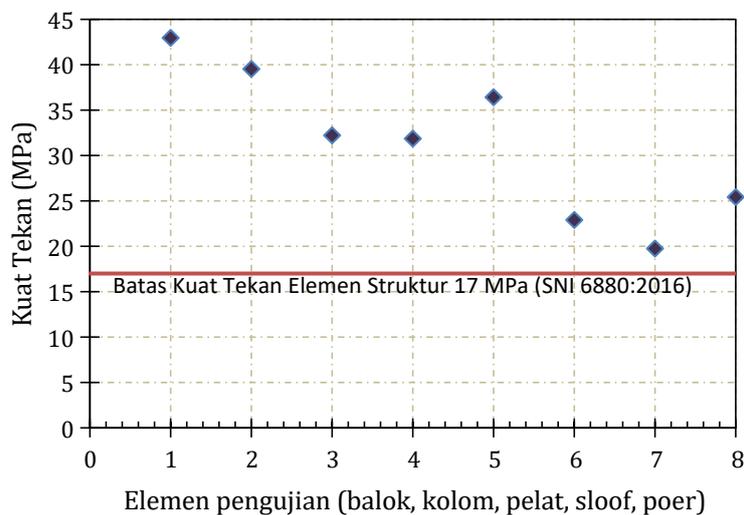
Tabel 4. Estimasi kuat tekan beton, kualitas mutu beton dan keseragaman beton dengan alat UPV Test

Nama Elemen Struktur	Rata-rata kuat tekan (MPa)	Kualitas Mutu Beton	(m/s)	Keseragaman beton	(kg/m <sup>3</sup> )
		Averages Direct Velocity (m/s)	keterangan	Standar deviasi (kg/cm <sup>2</sup> )	keterangan
Balok 1	42,96	3680,25	Good	98,74	Kurang
Balok 2	39,53	3600,45	Good	164,38	Kurang

Pelat 1	32,22	3425,10	Medium	64,64	Kurang
Pelat 1	31,86	3415,65	Medium	56,51	Kurang
Pelat 2	36,42	3530,10	Good	108,43	Kurang

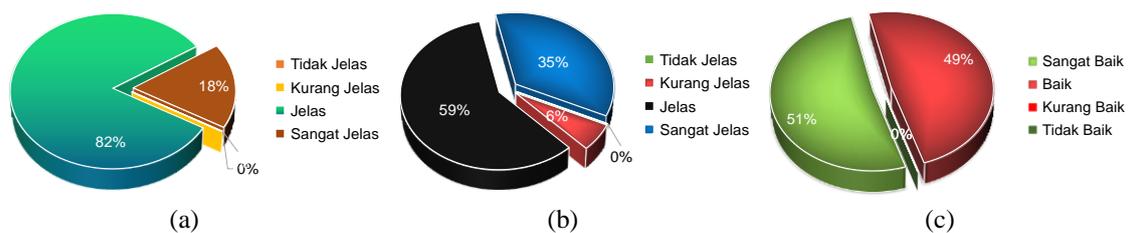
### 3.3 Evaluasi dan Monitoring pekerjaan lanjutan

Dari hasil analisis pengujian Hammer Test dan UPV dapat diketahui bahwa seluruh elemen struktur yaitu balok, kolom, pelat, poer, dan sloof memenuhi kuat tekan beton struktural minimal yaitu 17 MPa sesuai SNI 6880:2016 untuk spesifikasi beton struktural seperti terlihat pada Gambar 6 berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 4. Untuk mengetahui dan mengontrol mutu beton terpasang di lapangan dapat pula dilakukan dengan meminta pemilik proyek dan kontraktor untuk menyediakan sampel kubus beton yang berasal dari pengecoran beton eksisting di lapangan untuk pekerjaan lanjutan seperti balok, kolom lantai atas, dan pelat lantai. Sampel beton kubus ini selanjutnya akan dites umur 28 hari di laboratorium dengan uji merusak yaitu pengujian kuat tekan beton.



Gambar 6. Perbandingan hasil pengujian Hammer Test dan UPV dengan batas ijin kuat tekan elemen struktur sesuai SNI 6880:2016

Berdasarkan hasil evaluasi kegiatan kepada 17 orang peserta termasuk mahasiswa diluar pelaksana kegiatan pengabdian sebanyak 3 (tiga) orang, sebanyak lebih dari 50% menyatakan pendampingan tes tidak merusak yaitu Hammer Test dan UPV Test disampaikan dengan jelas dan tidak ada yang menyatakan tidak jelas dan kurang jelas. Secara umum kegiatan dilaksanakan dengan baik yaitu sebanyak 51% menyatakan sangat baik dan 49% menyatakan baik.



Gambar 7. Evaluasi kepuasan peserta terhadap kegiatan yaitu: (a) Pemeriksaan Hammer Test, (b) Pemeriksaan UPV Test, (c) Kegiatan secara umum

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat pada Pendampingan Teknis Pengujian Non Merusak Dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* dan *Hammer Test* Pada Struktur Beton Bertulang Bangunan Kantor di Banjarbaru telah dilaksanakan oleh Tim PKM FT ULM yang berfokus pada penilaian kelayakan bangunan yang sedang dibangun adalah sebagai berikut:

1. Hasil kegiatan ini merupakan gambaran untuk pemilik proyek terkait mutu beton terpasang pada konstruksi tanpa harus melakukan pengujian merusak sehingga dapat dijadikan dasar kelanjutan proyek.
2. Berdasarkan hasil pengujian, mutu beton terpasang masih memenuhi standar yaitu diatas 17 MPa.
3. Hasil evaluasi kegiatan menyimpulkan bahwa kegiatan dilaksanakan dengan baik yaitu sebanyak 51% menyatakan sangat baik dan 49% menyatakan baik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat atas dukungannya sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Lambung Mangkurat Nomor SP DIPA-023.17.2.677518/2023 tanggal 30 November 2022 dan berdasarkan Surat Penugasan Pelaksanaan No. 455.14/UN.8.2/AM/2023 Tanggal 5 Juni 2023.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Testing and Materials. (2002). *ASTM C 805-02: Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete*. West Conshohocken, PA, USA.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). Metode uji angka pantul beton keras. In *RSNI 4803:20XX: Metode uji angka pantul beton keras (ASTM C 805-02)*. Retrieved from [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Demir, T., Ulucan, M., & Alyamaç, K. E. (2023). Development of Combined Methods Using Non-Destructive Test Methods to Determine the In-Place Strength of High-Strength Concretes. *Processes*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/pr11030673>
- Ivanchev, I. (2022). Investigation with Non-Destructive and Destructive Methods for Assessment of Concrete Compressive Strength. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/app122312172>
- Lubis, M. (2003). Pengujian Struktur Beton Dengan Metode Hammer Test Dan Metode Uji Pembebanan (Load Test). In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Malek, J., & Kaouther, M. (2014). Destructive and non-destructive testing of concrete structures. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 8(4), 432–441.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete technology* (second). Prentice Hall.
- ACI 214-R-02. 2002. Evaluation of Strength Test Results of Concrete.
- SNI ASTM C597:2012. Metode uji kecepatan rambat gelombang melalui beton

- Chairunnisa (2020). Evaluasi Tingkat Keseragaman Beton dan Sifat Mekanis Beton di Lapangan dengan Penerapan Schmidt Hammer Test dan Metode Core Drilled Test. *Buletin Profesi Insinyur* 3(2) (2020) 089–094.
- Juarti, E. R., Noorlaelasari, Y. (2017). Investigasi Keandalan Struktur Beton Bertulang dengan Alat Pundit Lab Pada Bangunan Gedung Penunjang Pendidikan. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik . Politeknik Negeri Bandung*, Vol. 19. No. 2.
- Mawardi. L. 2013. Pengujian Struktur Beton dengan Metode Hammer Test dan Metode Uji Pembebanan (Load Test). Universitas Sumatera Utara. Medan
- Rumbayan R, Sudarno, Tenda J, Maluw F, (2020) Pemanfaatan Teknologi *Hammer Test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* pada Pengujian Kualitas Mutu Elemen Struktur Bangunan Gedung. *Jurnal Teknik Sipil Terapan. JTST*, 2 (2), 2020, 36-46.
- PT. GTN. (2023). Profil Perusahaan. Banjarbaru
- Schmidt Hammer Test. Diakses dari <https://teguhprimatama.co.id/menguji-kekuatan-beton-dengan-hammer-test/> tanggal 28 Februari 2022.
- Rencana Strategis Universitas Lambung Mangkurat 2020-2024