

AKSES  TERBUKA **ARTIKEL**

**Diterima** *Analisa Kualitas Mutu Beton Laboratorium dengan Pengujian Non Destruktif dan Destruktif*

**Disetujui** *Analysis Quality of Laboratory Concrete Quality with Non-Destructive and Destructive Testing*

**Diterbitkan** **Mufti Saily**

Desember 2024 Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau

✉ [muftisaily@gmail.com](mailto:muftisaily@gmail.com)

**DOI** ☎ 081380919007

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan membandingkan kualitas mutu beton di laboratorium melalui metode pengujian non-destructive test (NDT) menggunakan alat ultrasonic pulse velocity (UPVT) dan hammer test, serta metode destructive test (DT) dengan alat compression testing machine (CTM). Dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau dengan 60 sampel beton berbagai kekuatan  $f_c'$  (30 Mpa, 36 Mpa, dan 40 Mpa) pada umur 28 hari. Hasil menunjukkan UPVT memberikan hasil konversi mutu beton yang kuat, sedangkan CTM mendekati nilai mutu beton yang direncanakan. Perbandingan antara hammer test dan CTM menunjukkan korelasi sedang, sementara UPVT dan CTM menunjukkan korelasi yang sangat kuat, dengan nilai  $R^2$  tinggi. Dengan demikian, pengujian mutu beton dengan UPVT dan CTM memberikan hasil andal yang mendekati standar, sementara hammer test tidak disarankan karena hasilnya signifikan berbeda dengan standar mutu beton yang direncanakan.

**Kata Kunci:** Beton, CTM, Destruktif, Laboratorium, UPVT.

**Abstrack :** *This research aims to compare the quality of concrete in the laboratory using non-destructive test (NDT) methods employing ultrasonic pulse velocity (UPVT) and hammer test, as well as destructive test (DT) methods utilizing compression testing machine (CTM). It was conducted at the Laboratory of Construction Materials and Equipment of the Public Works, Spatial Planning, and Land Affairs Agency of the Riau Islands Province with 60 concrete samples of various strengths ( $f_c'$  30 Mpa, 36 Mpa, and 40 Mpa) at 28 days of age. The results indicate that UPVT provides strong conversions of concrete quality, while CTM approaches the planned concrete quality value. The comparison between the hammer test and CTM shows a moderate correlation, whereas UPVT and CTM exhibit a very strong correlation, with a high  $R^2$  value. Thus, concrete quality testing using UPVT and CTM yields reliable results close to the standards, while the hammer test is not recommended due to significantly differing results from the planned concrete quality standard.*

**Keywords:** *Concrete, CTM, Destructive, Laboratory, UPVT.*

## I. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan material konstruksi yang vital dalam pembangunan, terdiri dari campuran air, semen, pasir, dan kerikil dengan perbandingan tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi. Saat pengecoran beton, banyak faktor yang mempengaruhinya, sehingga pengujian mutu menjadi penting untuk memastikan pencapaian mutu sesuai dengan perencanaan (SNI, 1974:2011)<sup>1</sup>. Salah satu standar yang digunakan untuk menilai mutu beton adalah dengan memastikan kuat tekan hasil pengecoran mencapai setidaknya 85% dari kuat tekan yang direncanakan. Pengujian beton, baik destruktif maupun non-destruktif, menjadi kunci dalam memastikan kualitas dan kekuatan beton yang digunakan dalam proyek konstruksi (Simatupang, NUrinalinah, and Remayanti 2016)<sup>2</sup>. Dengan menggunakan metode seperti pengujian kekuatan tekan dan metode *non-destruktif* seperti ultrasonik dan hammer test, kita dapat memahami karakteristik dan kualitas beton tanpa merusak integritas fisiknya, sehingga memastikan keandalan struktur bangunan yang dibangun (Ma'arif, Yasin, and Haza 2022)<sup>3</sup>.

Metode pengujian kuat tekan beton yang dianggap paling andal adalah pengujian merusak menggunakan alat compressive testing machine. Meskipun demikian, pengujian ini memakan biaya tinggi dan waktu

pengerjaan yang lama. Untuk situasi di lapangan, uji tidak merusak menjadi pilihan yang lebih praktis dan efisien dalam pengawasan mutu beton (Aribawa, Wijatmiko, and Martin Simatupang 2019)<sup>4</sup>. Metode non-destruktif, seperti *Ultrasonic Pulse Velocity Test* (UPVT) dan *Hammer Test*, dapat memberikan perkiraan kekuatan beton tanpa merusak benda uji (Rizkiasari and Rouf 2020)<sup>5</sup>. UPVT mengukur kecepatan gelombang ultrasonik pada beton untuk memperkirakan mutu beton, sedangkan hammer test mengukur rebound energi dari permukaan beton (Rahmayanti 2019)<sup>6</sup>. Penggunaan UPVT sebagai alat pengujian beton merupakan hal baru di Provinsi Kepulauan Riau, khususnya di Kota Tanjungpinang, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengevaluasi hubungan antara nilai UPVT dan kuat tekan beton melalui pengujian di laboratorium milik Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau.

Kajian teori dalam tinjauan pustaka menyoroti beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan perbandingan mutu beton dengan menggunakan metode pengujian non destruktif dan destruktif terdapat beberapa kekurangan atau gap dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Misalnya, Wedhanto (2015) memperkirakan kekuatan dan

<sup>1</sup> SNI. 1974. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Edited by Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta: Balitbang.

<sup>2</sup> Simatupang, R. Martin, Devi NUrinalinah, and Christin Remayanti. 2016. "Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Dan Compression Test." *Rekayasa Sipil* 10 (1): 26–32.

<sup>3</sup> Ma'arif, Faqih, Iskandar Yasin, and Zainul Faizien Haza. 2022. "Studi Eksperimen Non-Destructive Test Dengan Metode Semi-Direct Pada Beton." *INERSIA* 18 (1): 44–53. <https://doi.org/10.21831/inersia.v18i1>.

<sup>4</sup> Aribawa, Bagas Bhanu, Indradi Wijatmiko, and Roland Martin Simatupang. 2019. "Studi Evaluasi Pengaruh Variasi Mutu Beton Terhadap Kekuatan Struktur Beton Normal Menggunakan Metode Non-

Destructive Test Dan Destructive Test." *Rekayasa Sipil* 13 (3): 184–92. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.03.5>.

<sup>5</sup> Rizkiasari, Anggia Eta, and Abdul Rouf. 2020. "Analisis Hubungan Kecepatan Gelombang Dengan Kuat Tekan Beton Menggunakan Metode UPV." *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)* 10 (1): 11. <https://doi.org/10.22146/ijeis.33414>.

<sup>6</sup> Rahmayanti, Novi. 2019. "Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Kualitas Beton Normal Dengan UPV Test." *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil* 8 (2): 434. <https://doi.org/10.29103/tj.v8i2.165>.

keteragaman beton menggunakan metode UPVT secara destruktif dan formula yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan beton dari hasil tes UPVT tidak selalu akurat, terutama untuk mutu beton yang berbeda<sup>7</sup>. Ridho & Khoeri (2015) membandingkan mutu beton hasil uji UPVT dengan metode hammer test (HT) dan core drill dan perbedaan mutu beton antara metode pengujian, dengan metode core drill memiliki mutu yang paling besar<sup>8</sup>. Sementara itu, Darujati et al. (2023) menguji pengaruh penggunaan beton sisa pengujian sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton terhadap nilai kuat tekan dan kepadatan dengan menggunakan UPV dan penggunaan beton sisa pengujian dapat meningkatkan kuat tekan beton, tetapi belum mencapai kuat tekan beton normal<sup>9</sup>.

Berdasarkan analisis terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat beberapa gap yang dapat menjadi fokus penelitian ini. Pertama, ada kebutuhan untuk lebih memperbaiki akurasi prediksi kekuatan beton dari hasil tes UPVT. Kedua, diperlukan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan mutu beton antara metode pengujian (Wiyanto 2020)<sup>10</sup>. Ketiga, penting untuk mengevaluasi secara lebih mendalam penggunaan beton sisa pengujian sebagai substitusi agregat kasar

dalam campuran beton, terutama dalam mencapai kuat tekan yang optimal (Gupta 2018)<sup>11</sup>. Penelitian ini memperkenalkan keaslian dengan melakukan penelitian dengan benda uji di laboratorium dengan komposisi material yang sama untuk setiap benda uji dan kuat tekan yang direncanakan, serta menggunakan metode non destruktif menggunakan alat UPVT dan HT serta metode destruktif dengan menggunakan CTM. Hal ini menjadi perbedaan utama dengan penelitian sebelumnya yang mayoritas dilakukan pada struktur bangunan yang sudah terbangun (Syahrul and Amir 2023)<sup>12</sup>. Batasan masalah penelitian ini termasuk lokasi penelitian di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau. Mutu beton yang digunakan adalah  $F_c' 30 \text{ Mpa}$ ,  $F_c' 36 \text{ Mpa}$ , dan  $F_c' 40 \text{ Mpa}$  dengan masing-masing 20 benda uji. Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari di laboratorium dengan menggunakan alat UPVT, HT, dan CTM.

Kebaruan hasil penelitian ini terletak pada pendekatan yang dilakukan dalam pengujian mutu beton. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Wedhanto (2015), Ridho & Khoeri (2015), serta Darujati et al. (2023) telah menggunakan metode destructive dan non-destructive pada benda uji

<sup>7</sup> Wedhanto, Sonny. 2015. "Penggunaan Metode Ultrasonic Pulse Velocity Test Untuk Memperkirakan Kekuatan Dan Keteragaman Mutu Beton K 200 Secara Non Destruktif." *BANGUNAN: Teori, Praktek, Penelitian, Dan Pengajaran Teknik Bangunan* 20 (1).

<sup>8</sup> Ridho, Faishal, and Heri Khoeri. 2015. "Perbandingan Mutu Beton Hasil UPVT Metode Indirect Terhadap Mutu Beton Hasil Hammer Test Dan Core Drill." *Jurnal Kontruksi* 6 (2): 25–39.

<sup>9</sup> Darujati, Azhar, Sartika Nisumanti, and Ghina Amalia. 2023. "ANALISIS KUAT TEKAN DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV TEST) PADA MUTU BETON K 350 MENGGUNAKAN BETON SISA PENGUJIAN SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR." *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa* 12 (1): 30–35. <https://doi.org/10.22225/pd.12.1.5890.30-35>.

<sup>10</sup> Wiyanto, Henny. 2020. "IDENTIFIKASI DEGRADASI MUTU BETON PADA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DI JAKARTA." *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan* 3 (2): 313. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v3i2.5958>.

<sup>11</sup> Gupta, Sakshi. 2018. "Comparison of Non-Destructive and Destructive Testing on Concrete: A Review." *Trends in Civil Engineering and Its Architecture* 3 (1). <https://doi.org/10.32474/TCEIA.2018.03.000154>.

<sup>12</sup> Syahrul, Syahrul, and Amir Amir. 2023. "ANALISA NILAI KONVERSI MUTU BETON PENGUJIAN KEKUATAN TEKAN DAN HAMMER TEST." *Sebatik* 27 (2). <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i2.2407>.

berbentuk kubus<sup>13 14 15</sup>. Sementara itu, Ivanchev (2022) dan Ribowo et al. (2020) fokus pada bangunan konstruksi yang sudah terbangun<sup>16 17</sup>. Perbedaan utama dengan penelitian sebelumnya adalah pada metode dan jenis benda uji yang digunakan. Penelitian ini menghasilkan benda uji berbentuk silinder dengan komposisi material yang sama untuk setiap benda uji, dengan kuat tekan yang direncanakan pada level yang berbeda, yaitu  $F_c' 30 \text{ Mpa}$ ,  $F_c' 36 \text{ Mpa}$ , dan  $F_c' 40 \text{ Mpa}$ . Pendekatan ini memungkinkan untuk analisis yang lebih mendalam terhadap mutu beton dengan variasi kuat tekan yang berbeda.

Metode pengujian yang digunakan juga menjadi fokus utama. Penelitian ini menggunakan *metode non-destructive* dengan UPVT dan HT, serta metode *destructive* dengan menggunakan compression testing machine (CTM). Kombinasi dari kedua metode ini memungkinkan untuk analisis yang komprehensif terhadap mutu beton dari dua pendekatan yang berbeda. Tujuannya adalah untuk mengetahui mutu beton menggunakan kedua metode tersebut, menganalisis hasil pengujian, dan mengevaluasi perbandingan mutu beton antara metode non-destructive dan destructive. Melalui pendekatan baru ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik dalam bidang pengujian mutu beton, serta menjadi landasan untuk penelitian selanjutnya dalam pengembangan metode pengujian yang lebih efektif dan akurat.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton di laboratorium menggunakan metode non destructive test (NDT) dengan alat UPVT dan HT, serta metode lainnya yaitu *destructive test* (DT) dengan alat CTM. Lokasi penelitian berada di UPT Laboratorium Bahan Konstruksi dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum, Penatan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau. Peralatan yang digunakan meliputi satu set alat UPVT, satu set alat hammer test, satu set alat pengujian kuat tekan beton CTM, dan alat bantu lainnya seperti sarung tangan. Tahapan penelitian mencakup persiapan, pengujian *non destructive* dengan UPVT dan HT, pengujian *destructive* dengan CTM, analisis data dari kedua jenis pengujian, evaluasi hasil korelasi, serta kesimpulan dari penelitian ini. Populasi sampel beton yang digunakan terdiri dari 60 sampel dengan masing-masing 20 sampel untuk kuat tekan beton  $f_c' 30 \text{ Mpa}$ ,  $f_c' 36 \text{ Mpa}$ , dan  $f_c' 40 \text{ Mpa}$  pada umur 28 hari.

Penelitian ini mengikuti sistematika dan urutan yang teratur, dilaksanakan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau. Metode pengujian yang digunakan terdiri dari tiga tahap utama. Pertama, pengujian non destructive dengan alat UPVT, yang melibatkan persiapan peralatan UPVT, persiapan sampel beton, penempatan transduser, pengiriman dan penerimaan gelombang ultrasonik, pengukuran waktu perambatan, perhitungan kecepatan perambatan, serta analisis hasil. Kedua, pengujian non destructive dengan

<sup>13</sup> Wedhanto, Sonny, *Loc.Cit.*

<sup>14</sup> Ridho, Faishal, and Heri Khoeri, *Loc.Cit.*

<sup>15</sup> Darujati, Azhar, Sartika Nisumanti, and Ghina Amalia, *Loc.Cit.*

<sup>16</sup> Ivanchev, Ivan. 2022. "Investigation with Non-Destructive and Destructive Methods for Assessment of Concrete Compressive Strength." *Applied Sciences* 12 (23): 12172. <https://doi.org/10.3390/app122312172>.

<sup>17</sup> Ribowo, Anggarani Budi, Chatarina Niken, and Ratna Widyawati. 2020. "PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN PADA KUALITAS BETON STUDI KASUS RS PTN UNIVERSITAS LAMPUNG." *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung* 24 (3): 59–62. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v24i3.19>.

alat HT, yang mencakup persiapan alat, pemilihan titik uji, penempatan alat pada permukaan beton, pemecuan alat, pengukuran rebound, konversi nilai rebound menjadi nilai kuat tekan, analisis data, dan penyampaian hasil. Ketiga, pengujian destructive dengan alat compression testing machine (CTM), yang meliputi persiapan sampel, pelapisan permukaan beton, penimbangan sampel, penempatan sampel dalam CTM, aktivasi CTM, pencatatan data tekanan maksimum dan deformasi, serta analisis hasil. Setelah pengujian selesai, dilakukan analisis regresi sederhana dan korelasi sederhana untuk memahami hubungan antara variabel-variabel yang diuji, dengan mengacu pada interval koefisien korelasi yang telah ditetapkan.

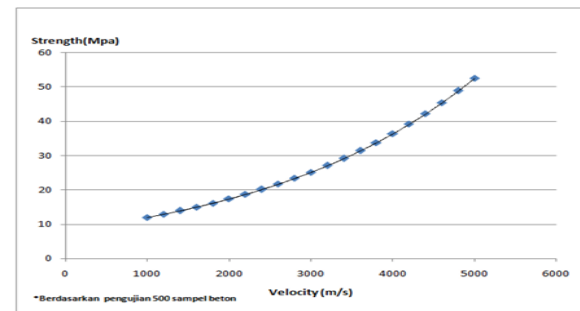
### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum, Penatan Ruang, dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau. Sebanyak 20 benda uji silinder beton dibuat menggunakan bahan material yang sama dengan variasi waktu pengecoran, dengan kuat tekan rencana sebesar  $f_c' 30$ ,  $f_c' 36$ , dan  $f_c' 40$  sebagai data pembandingan.

#### A. Konversi cepat rambat gelombang (m/s) pada silinder beton menjadi mutu beton silinder (Mpa)

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan nilai konversi antara kecepatan cepat rambat gelombang ultrasonik (UPVT) dengan kuat tekan beton. Hal ini penting karena belum ada standar persamaan UPVT yang diterapkan di Indonesia, dan menggunakan persamaan dari luar negeri yang memiliki karakteristik bahan yang berbeda tidak sesuai. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan persamaan yang berasal dari penelitian sebelumnya, yaitu perbandingan mutu beton hasil UPVT metode indirect terhadap mutu beton

hasil Hammer Test dan Core Drill oleh Faisal Ridho dan Heri Khoeri.



**Gambar 1.** Kurva Konversi Mutu Beton dengan cepat rambat gelombang ultrasonik

Persamaan yang digunakan untuk konversi dari kecepatan UPVT menjadi kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

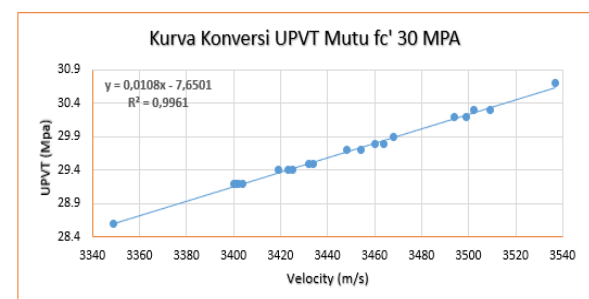
$$y = 8.31364e^{0.000369x}$$

Dimana :

Y = Kuat tekan (Mpa)

X = Nilai *velocity* dari pengujian UPVT

Dengan persamaan di atas, hasil pengukuran mutu beton menggunakan UPVT dapat dikonversikan. Hasil konversi dari kecepatan UPVT menjadi kuat tekan beton untuk tiga variasi kekuatan beton, yaitu  $f_c' 30$  Mpa,  $f_c' 36$  Mpa, dan  $f_c' 40$  Mpa. Setiap sampel beton memiliki nilai kecepatan UPVT dan nilai kuat tekan yang sesuai.

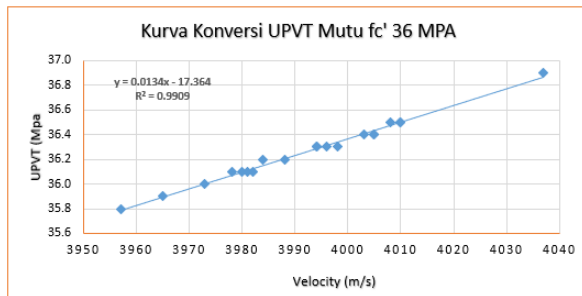


**Gambar 2.** Kurva Konversi Mutu Beton Silinder  $f_c' 30$  MPa dengan Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik

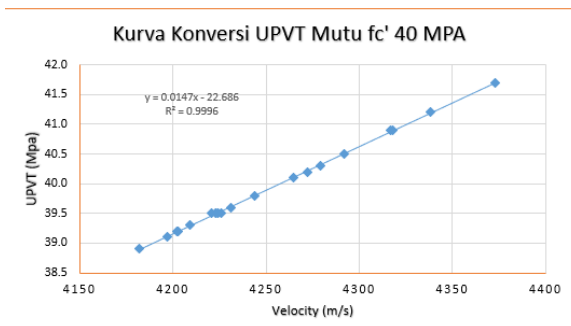
Dari Gambar 2 terdapat hubungan positif yang sangat kuat antara kecepatan UPVT dan kuat tekan beton, dengan koefisien determinasi  $r^2 = 0.9961$  atau mencapai 99,61 % sehingga konversi dari velocity



menjadi kuat tekan beton dapat digunakan untuk mutu beton  $f_c'$  30 Mpa.



**Gambar 3.** Kurva Konversi Mutu Beton Silinder  $f_c'$  36 MPa dengan Cepat Rambat Gelombang Ultrasonic. Dari Gambar 3 terdapat hubungan positif sangat kuat tekan yang dihasilkan UPV test dengan  $r^2=0.9909$  mencapai 99,09 % sehingga konversi dari velocity menjadi kuat tekan beton dapat digunakan untuk untuk mutu beton  $f_c'$  36 Mpa sehingga nilai mutu beton yang sudah di koversikan dapat digunakan untuk mencari hubungan korelasi dari hasil metode *non destructive* dan *destructive*.

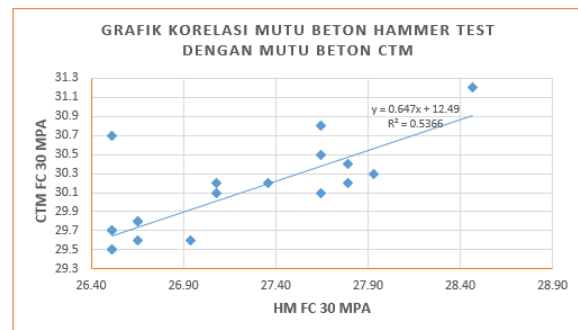


**Gambar 4.** Kurva Konversi Mutu Beton Silinder  $f_c'$  40 MPa dengan Cepat Rambat Gelombang Ultrasonic. Dari Gambar 4 terdapat hubungan positif sangat kuat tekan yang dihasilkan UPV test dengan  $r^2=0.9996$  atau mencapai 99,96% sehingga konversi dari velocity menjadi kuat tekan beton dapat digunakan untuk untuk mutu beton  $f_c'$  40 Mpa sehingga nilai mutu beton yang sudah di koversikan dapat digunakan untuk mencari hubungan korelasi dari hasil metode *non destructive* dan *destructive* untuk mutu beton  $f_c'$  40 Mpa. Dengan demikian, konversi dari kecepatan UPVT menjadi kuat tekan beton dapat diandalkan, dan nilai mutu beton

yang sudah dikonversikan dapat digunakan untuk mencari hubungan korelasi antara hasil metode *non-destructive* (UPVT) dan *destructive* (CTM) untuk masing-masing variasi kekuatan beton. Ini memberikan dasar yang kuat untuk penentuan kualitas beton secara *non-destructive* dengan menggunakan metode UPVT.

## B. Perbandingan hasil kuat tekan beton dengan menggunakan *Hammer Test* dan CTM

Penelitian ini melakukan perbandingan antara hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan metode HT dan CTM. Korelasi hubungan antara kedua metode pengujian tersebut kemudian dianalisis. Penelitian ini menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk variasi kekuatan beton  $f_c'$  30 Mpa,  $f_c'$  36 Mpa, dan  $f_c'$  40 Mpa menggunakan kedua metode, yaitu Hammer Test dan CTM. Setiap sampel beton memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh kedua metode pengujian. Selanjutnya, hasil pengujian tersebut dianalisis dalam grafik korelasi, yang direpresentasikan dalam Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 untuk masing-masing variasi kekuatan beton. Grafik tersebut memperlihatkan hubungan antara hasil pengujian Hammer Test dan CTM dengan menggunakan persamaan regresi linier.



**Gambar 5.** Grafik Korelasi Pengujian *Hammer test* dengan CTM benda uji silinder beton  $f_c'$  30 Mpa

Dari Gambar 5 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian menggunakan *hammer test* dan CTM adalah sebagai berikut :

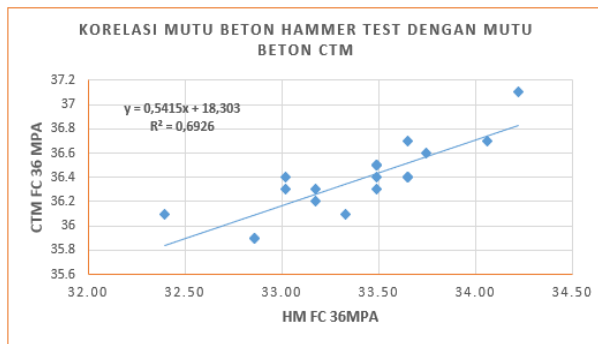
$$Y = 0,647x + 12,49$$

Dimana :

Y = mutu beton CTM

X = mutu beton *hammer test*

Dililiht dari persamaan *regeresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian *hammer test* dengan pengujian CTM memiliki hubungan korelasi yang sedang, dapat dilihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,5366$ , bahwa setiap hasil pengujian *hammer test* dengan CTM memiliki hubungan sebesar 53,66% untuk mutu beton silinder fc' 30 Mpa dan sisanya 46,34% dipengaruhi faktor lain dari luar faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan benda uji silinder beton faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan benda uji silinder beton pada saat pelaksanaan pengecoran.



**Gambar 6.** Grafik Korelasi Pengujian *Hammer test* dengan CTM benda uji silinder beton fc' 36 Mpa

Dari Gambar 6 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian menggunakan *hammer test* dan CTM adalah sebagai berikut :

$$Y = 0,5415x + 18,303$$

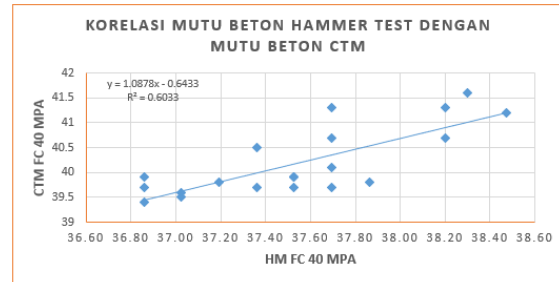
Dimana:

Y = mutu beton CTM

X = mutu beton *hammer test*

Dililiht dari persamaan *regeresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian HT dengan pengujian CTM memiliki hubungan korelasi yang kuat dapat dilihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,6926$ , bahwa setiap hasil pengujian *hammer test* dengan CTM

memiliki hubungan sebesar 69,26% untuk mutu beton silinder fc' 36 Mpa dan sisanya 30,74% dipengaruhi faktor lain dari luar saat pelaksanaan pengecoran.



**Gambar 7.** Grafik Korelasi Pengujian *Hammer test* dengan CTM benda uji silinder beton fc' 40 Mpa

Dari Gambar 7 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian menggunakan *hammer test* dan CTM adalah sebagai berikut :

$$Y = 1,0878x - 0,6433$$

Dimana :

Y = mutu beton CTM

X = mutu beton *hammer test*

Dililiht dari persamaan *regeresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian *hammer test* dengan CTM memiliki hubungan korelasi yang kuat dapat dilihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,6033$ , bahwa setiap hasil pengujian *hammer test* dengan CTM memiliki hubungan sebesar 60,33% untuk mutu beton silinder fc' 40 Mpa dan sisanya 39,67% dipengaruhi faktor lain dari luar, faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan benda uji silinder beton pada saat pelaksanaan pengecoran.

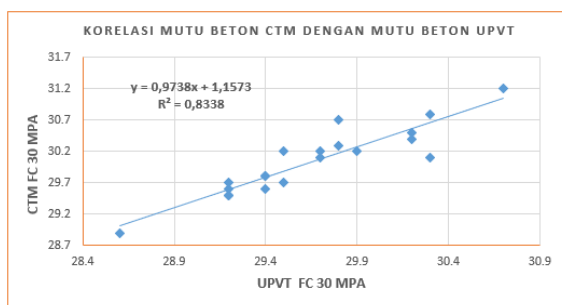
Dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara hasil pengujian menggunakan *Hammer Test* dengan CTM untuk masing-masing variasi kekuatan beton. Koefisien determinasi yang tinggi menunjukkan bahwa persamaan regresi linier yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang baik dalam memprediksi nilai kuat tekan beton menggunakan kedua metode pengujian. Namun, masih terdapat sebagian kecil variabilitas yang tidak dapat dijelaskan oleh persamaan



tersebut, yang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor lain selain metode pengujian, seperti proses pembuatan benda uji silinder beton.

### C. Perbandingan hasil kuat tekan beton dengan menggunakan UPVT dan *Compressive Testing Machine* (CTM)

Dalam bagian ini, dilakukan perbandingan antara hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan dua metode, yaitu *Compressive Testing Machine* (CTM) dan *Ultrasonic Pulse Velocity Test* (UPVT). Korelasi antara kedua metode tersebut kemudian dianalisis. Penelitian ini menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk tiga variasi kekuatan beton  $f_c'$  30 Mpa,  $f_c'$  36 Mpa, dan  $f_c'$  40 Mpa menggunakan kedua metode, yaitu CTM dan UPVT. Setiap sampel beton memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh kedua metode pengujian. Selanjutnya, hasil pengujian tersebut dianalisis dalam grafik korelasi yang direpresentasikan dalam Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 untuk masing-masing variasi kekuatan beton. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara hasil pengujian CTM dan UPVT dengan menggunakan persamaan regresi linier.



**Gambar 8.** Grafik Korelasi Pengujian *Compressive Testing Machine* (CTM) dengan UPVT benda uji silinder beton  $f_c'$  30 Mpa

Dari Gambar 8 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian UPVT dan CTM adalah sebagai berikut :

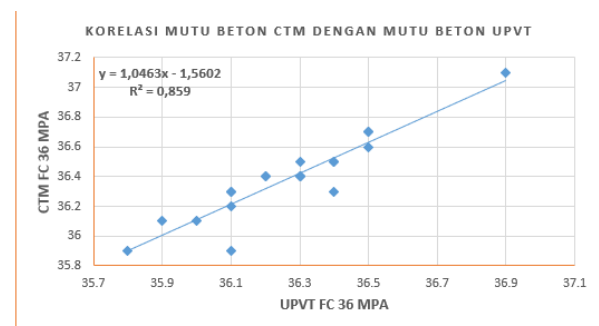
$$Y = 0,9738x + 1,1573$$

Dimana :

Y = mutu beton *Compressive Testing Machine*

X = mutu beton UPVT

Dilihat dari persamaan *regresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian UPVT dengan pengujian CTM memiliki hubungan yang sangat kuat dapat dilihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,8338$ , bahwa setiap hasil pengujian UPVT dengan CTM memiliki hubungan sebesar 83,38% untuk mutu beton silinder  $f_c'$  30 Mpa dan sisanya 16,62% dipengaruhi faktor lain dari luar, faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan benda uji silinder beton pada saat pelaksanaan pengecoran.



**Gambar 9.** Grafik Korelasi Pengujian *Compressive Testing Machine* (CTM) dengan UPVT benda uji silinder beto  $f_c'$  36 Mpa

Dari Gambar 9 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian menggunakan UPVT dan CTM adalah sebagai berikut :

$$Y = 1,0463x + 1,5602$$

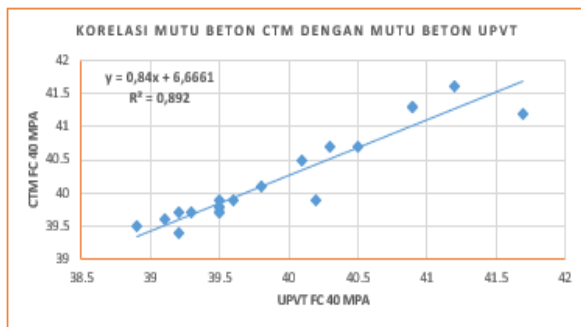
Keterangan :

Y = mutu beton *Compressive Testing Machine*

X = mutu beton UPVT

Dilihat dari persamaan *regeresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian UPVT dengan CTM memiliki korelasi yang sangat kuat dapat diihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,859$ , bahwa setiap hasil pengujian UPVT dengan CTM memiliki hubungan sebesar 85,9% untuk mutu beton silinder  $f_c'$  36 Mpa dan sisanya 14,1% dipengaruhi faktor lain dari luar, faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan

benda uji silinder beton pada saat pelaksanaan pengecoran.



**Gambar 10.** Grafik Korelasi Pengujian *Compressive Testing Machine* (CTM) dengan UPVT benda uji silinder beton  $f_c'$  40 Mpa

Dari Gambar 10 persamaan *regresi linier* yang didapat dari hubungan dari pengujian menggunakan UPVT dan CTM adalah sebagai berikut :

$$Y = 0,84x + 6,6661$$

Dimana:

$Y$  = mutu beton *Compressive Testing Machine*

$X$  = mutu beton UPVT

Dililiht dari persamaan *regeresi linier* diatas maka nilai mutu beton menggunakan pengujian UPVT dengan pengujian CTM memiliki hubungan yang sangat kuat dapat dilihat dari nilai sebesar  $R^2 = 0,892$ , bahwa setiap hasil pengujian UPVT dengan CTM memiliki hubungan sebesar 89.2% untuk mutu beton silinder  $f_c'$  40 Mpa dan sisanya 10.8% dipengaruhi faktor lain dari luar, faktor lain yang dimaksud bisa dari proses pembuatan benda uji silinder beton pada saat pelaksanaan pengecoran.

#### D. Perbandingan hasil kuat tekan beton dengan menggunakan UPVT dan *Compressive Testing Machine* (CTM)

Dalam bagian ini, Hasil perbandingan mutu beton benda uji silinder beton dengan metode *non destructive* dan *destructive* sehingga bisa didapatkan persamaan *regresi linier* dari perbandingan kedua metode *non destructive* dan *destructive* dapat dilihat dari Tabel 1.

Persamaan *regresi linier* mutu beton untuk benda uji silinder beton dengan kuat mutu beton yang direncanakan adalah  $f_c'$  30 Mpa.

**Table 1.** Persamaan Regresi Mutu Beton  $f_c'$ 30 Mpa

NO	Perbandingan	Persamaan Regresi	$R^2$
1	HT dan CTM	$Y = 0,647x + 12,49$	0,539
2	UPVT dan CTM	$Y = 0,9738x + 1,1573$	0,8338

Dari table 1 dapat dilihat hubungan korelasi antara pengujian mutu beton dengan menggunakan metode *destructive* dengan alat UPVT dan metode *non destructive* menggunakan alat CTM memiliki nilai korelasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2 = 0,8338$  atau sebesar 83,38 %. Sedangkan pengujian dengan metode *non destructive* yang menggunakan alat *hammer test* memiliki hubungan korelasi yang sedang dengan nilai  $R^2 = 0,539$  atau sebesar 53,9% hubungan korelasi pengujian *destructive* dengan alat CTM untuk benda uji beton silinder  $f_c'$  30 Mpa untuk 20 benda uji beton silinder

Untuk benda benda uji silinder beton yang di rencanakan kuat mutu beton  $f_c'$  36 Mpa dapat kita lihat persamaan regresi pada table 2 persamaan *regeresi linier* mutu beton  $f_c'$  36 Mpa dengan benda uji silnder beton sebanyak 20 silinder beton dengan mutu beton yang direncanakan adalah  $f_c'$  36 Mpa.

**Tabel 2.** Persamaan Regresi Mutu Beton  $f_c'$ 36 Mpa

Dari table 2 dapat dilihat hubungan korelasi antara

NO	Perbandingan	Persamaan Regresi	$R^2$
1	HT dan CTM	$Y = 0,5415x + 18,303$	0,6926
2	UPVT dan CTM	$Y = 1,0463x + 1,5602$	0,859

pengujian mutu beton dengan menggunakan metode *destructive* dengan alat UPVT dan metode *non destructive* menggunakan alat CTM memiliki nilai korelasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2 = 0,859$  atau sebesar 85,9%. Sedangkan pengujian dengan metode *non destructive* yang menggunakan alat *hammer test* memiliki hubungan korelasi yang kuat dengan nilai  $R^2$

= 0,6926 atau sebesar 69,26% hubungan korelasi dengan pengujian *destructive* dengan alat CTM.

Untuk benda benda uji silinder beton yang di rencanakan kuat mutu beton  $f_c'$  40 Mpa dapat kita lihat persamaan regresi pada table 3 persamaan *regeresi linier* mutu beton  $f_c'$  40 Mpa dengan benda uji silnder beton sebanyak 20 silinder beton dengan mutu beton yang direncanakan adalah  $f_c'$  40Mpa.

**Tabel 3.** Persamaan Regresi Mutu Beton  $f_c'$  40 Mpa

NO	Perbandingan	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
1	HT dan CTM	$y = 1,0878x - 0,6433$	0,6033
2	UPVT dan CTM	$Y = 0,84x + 6,6661$	0,892

Dari Tabel 3 dapat dilihat hubungan korelasi antara pengujian mutu beton dengan menggunakan metode *destructive* dengan alat UPVT dan metode *non destructive* menggunakan alat CTM, memiliki nilai korelasi yang sangat kuat dengan nilai  $R^2 = 0,892$  atau sebesar 89,2 %. Sedangkan pengujian dengan metode *non destructive* yang menggunakan alat *hammer test* memiliki hubungan korelasi yang kuat dengan nilai  $R^2 = 0,6033$  atau sebesar 60,33% hubungan korelasi dengan pengujian *destructive* dengan alat CTM.

Pengujian mutu beton metode *destructive* dengan UPVT dan *non destructive* dengan CTM memiliki nilai mutu beton yang mendekati dengan mutu beton yang direncanakan, sehingga bisa dapat di jadikan untuk menjadi rekomendasi mengetahui mutu beton, sedangkan pengujian mutu beton dengan metode *destructive* dengan HT tidak bisa dijadikan rekomendasi untuk mutu beton tetapi bisa digunakan untuk sebagai informasi mutu beton karena hasil dari alat HT memiliki nilai mutu beton yang jauh berbeda dengan mutu beton yang direncanakan.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kualitas mutu laboratorium yang menggunakan pengujian non-destruktif dan destruktif di UPTD Laboratorium Bahan Konstruksi dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang dan Pertanahan Provinsi Kepulauan Riau dengan alat pengujian Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT), Hammer Test (HT), dan Compression Testing Machine (CTM), diperoleh beberapa kesimpulan. Pertama, hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan metode non-destruktif dengan UPVT secara langsung menunjukkan mutu beton yang lebih tinggi daripada pengujian dengan HT sesuai rencana mutu beton yang direncanakan. Kedua, analisis regresi linier menunjukkan adanya hubungan positif antara pengujian UPVT dan CTM, dengan nilai cepat rambat gelombang yang semakin tinggi dari UPVT menunjukkan nilai mutu beton yang lebih tinggi dari CTM. Ketiga, evaluasi nilai  $R^2$  menunjukkan tingkat hubungan korelasi yang sangat kuat antara UPVT dan CTM, dengan nilai rata-rata sebesar 0,8616, sementara pengujian HT dengan CTM menunjukkan hubungan yang kuat dengan nilai rata-rata  $R^2$  sebesar 0,6108. Oleh karena itu, pengujian non-destruktif dengan UPVT dapat digunakan untuk menentukan kuat tekan beton di lapangan, sementara HT memberikan informasi tambahan tentang mutu beton di lapangan

#### DAFTAR PUSTAKA

- Darujati, Azhar, Sartika Nisumanti, and Ghina Amalia. 2023. "ANALISIS KUAT TEKAN DAN ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV TEST) PADA MUTU BETON K 350 MENGGUNAKAN BETON SISA PENGUJIAN SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR." *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa* 12 (1): 30–35. <https://doi.org/10.22225/pd.12.1.5890.30-35>.
- Gupta, Sakshi. 2018. "Comparison of Non-Destructive and Destructive Testing on Concrete: A Review." *Trends in Civil Engineering and Its Architecture* 3 (1). <https://doi.org/10.32474/TCEIA.2018.03.000154>.
- Ivanchev, Ivan. 2022. "Investigation with Non-Destructive and Destructive Methods for Assessment of Concrete Compressive Strength." *Applied Sciences* 12 (23): 12172. <https://doi.org/10.3390/app122312172>.

- Ma'arif, Faqih, Iskandar Yasin, and Zainul Faizien Haza. 2022. "Studi Eksperimen Non-Destructive Test Dengan Metode Semi-Direct Pada Beton." *INERSIA* 18 (1): 44–53. <https://doi.org/10.21831/inersia.v18i1>.
- Rahmayanti, Novi. 2019. "PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH ABU SEKAM PADI DAN VISCOCRETE 1003 TERHADAP KUALITAS BETON NORMAL DENGAN UPV TEST." *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil* 8 (2): 434. <https://doi.org/10.29103/tj.v8i2.165>.
- Ribowo, Anggarani Budi, Chatarina Niken, and Ratna Widyawati. 2020. "PENGARUH KONDISI LINGKUNGAN PADA KUALITAS BETON STUDI KASUS RS PTN UNIVERSITAS LAMPUNG." *REKAYASA: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung* 24 (3): 59–62. <https://doi.org/10.23960/rekrjits.v24i3.19>.
- Ridho, Faishal, and Heri Khoeri. 2015. "Perbandingan Mutu Beton Hasil UPVT Metode Indirect Terhadap Mutu Beton Hasil Hammer Test Dan Core Drill." *Jurnal Kontruksi* 6 (2): 25–39.
- Rizkiasari, Anggia Eta, and Abdul Rouf. 2020. "Analisis Hubungan Kecepatan Gelombang Dengan Kuat Tekan Beton Menggunakan Metode UPV." *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)* 10 (1): 11. <https://doi.org/10.22146/ijeis.33414>.
- Simatupang, R. Martin, Devi NUrinalinah, and Christin Remayanti. 2016. "Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton Antara Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Dan Compression Test." *Rekayasa Sipil* 10 (1): 26–32.
- SNI. 1974. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Edited by Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta: Balitbang.
- Wedhanto, Sonny. 2015. "Penggunaan Metode Ultrasonic Pulse Velocity Test Untuk Memperkirakan Kekuatan Dan Keseragaman Mutu Beton K 200 Secara Non Destruktif." *BANGUNAN: Teori, Praktek, Penelitian, Dan Pengajaran Teknik Bangunan* 20 (1).
- Wiyanto, Henny. 2020. "IDENTIFIKASI DEGRADASI MUTU BETON PADA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DI JAKARTA." *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan* 3 (2): 313. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v3i2.5958>.