

## PERBANDINGAN MUTU BETON HASIL UPVT METODE INDIRECT TERHADAP MUTU BETON HASIL HAMMER TEST DAN CORE DRILL

Oleh :

**Faisal Ridho**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: edho\_89@yahoo.com

**Heri Khoeri**

Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : hkhoeri@hesa.co.id

**ABSTRAK :** Pengujian mutu kuat tekan beton saat ini diperlukan dalam upaya penyeragaman mutu slab beton landasan udara sebelum dilakukan perbaikan mutu kuat tekan betonnya. Pengujian mutu kuat tekan beton eksisting secara umum terbagi atas pengujian destructive (merusak) dan non destructive (tidak merusak). Umumnya metode pengujian kuat tekan beton yang bersifat non destructive digunakan metode Hammer Test dan Ultrasonic Pulse Velocity Test. Sedangkan pengujian mutu kuat tekan beton yang bersifat merusak (destructive) digunakan metode Core Drill. Pada penelitian ini dilihat perbandingan mutu dari ketiga metode pengujian mutu kuat tekan beton tersebut dan didapatkan faktor atau nilai koefisien pengali untuk persamaan mutu hasil uji ketiga metode uji. Perbandingan nilai mutu ini diambil dari sampel-sampel beton yang telah lulus uji kurva t dimana terdapat ketentuan-ketentuannya. Didapatkan mutu hasil hammer test dan ultrasonic pulse velocity memiliki mutu yang hampir sama karena pengujiannya terletak pada permukaan slab beton dan terlihat perbedaan mutu dengan metode Core Drill yang menguji sampel beton bagian intinya dimana kondisi beton bagian inti terlihat dari tampilan visualnya dalam kondisi baik (tidak terdapat rongga). Dari hasil pengujian didapatkan mutu uji hasil ultrasonic pulse velocity memiliki mutu uji paling rendah sedangkan mutu hasil uji Core Drill memiliki mutu paling besar. Berikut adalah nilai korelasi dari ketiga metode uji:  $UPVT = 0,93 HT$ ;  $UPVT = 0,6 CD$ ;  $HT = 0,64 CD$

Kata Kunci : beton, hammer test, ultrasonic pulse velocity, core drill

**ABSTRACT :** Testing of compressive strength concrete quality are needed in the uniformity of quality of the runway concrete quality before the improvement of slab concrete quality. In generally, the testing of concrete quality is divided destructive test and non destructive test. In generally the non destructive test used the hammer test and ultrasonic pulse velocity test. And for destructive test is used to core drill test with crushing strength test in laboratory. In this study is shown the comparison of three methods of testing the quality of the concrete compressive strength and obtained the factor or multiplier coefficient value for the quality equation of three result methods test. The comparison of quality concrete is taken from the samples of concrete that have passed the test of the t-curve which have term and conditions. The result of the testing methods obtained nearly the same quality between the hammer test and ultrasonic pulse velocity because both of the test is located on the surface of the concrete slab. and look difference to the quality of the Core Drill test method because it take the core section of the concrete samples where the condition of the concrete core section is shown by the visual appearance is in good condition (have no micro cavity). Based on the result of testing quality is obtained the lowest concrete quality is ultrasonic pulse velocity test method. And for the highest concrete quality is Core Drill test method. There are the correlation value of the three methods below:  $UPVT = 0,93 HT$ ;  $UPVT = 0,6 CD$ ;  $HT = 0,64 C$ .

Keywords : concrete, hammer test, ultrasonic pulse velocity, core drill

## PENDAHULUAN

Adanya rencana DED (detail engineering design) overlay landasan bandara udara Soekarno-Hatta membutuhkan penyeragaman mutu beton yang akan di overlay. Untuk menyeragamkan mutu beton perlu dikethui terlebih dahulu mutu ksisting dari slab beton tersebut. Untuk megetahui mutu beton eksisting dilakukan pengujian mutu beton. Secara umum pengujian mutu beton eksisting terbagi 2 yaitu pengujian bersifat merusak (destructive) dan tidak merusak (non destructive). Pengujian destructive umumnya digunakan metode core drill sedangkan untuk pengujian non destructive mneggunakan metode Hammer test dan Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT) Indirect. Dari ketiga metode ini akan dihasilkan mutu kuat tekan beton eksisting dan dilihat perbandingan mutu yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut terhadap pengujian slab beton landasan udara.

### Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

1. Melihat hasil dari mutu beton yang dihasilkan dari uji UPVT metode Indirect terhadap mutu uji hasil Hammer Test, apakah hasilnya memiliki nilai yang linier?
2. Lalu bagaimana perbandingan mutu beton hasil UPVT metode Indirect terhadap mutu beton hasil uji Core drill di lokasi uji yang sama?
3. Dari hasil perbandingan nilai mutu beton hasil uji ketiganya bagaimanakah bentuk hubungan yang memperlihatkan korelasi dari ketiganya?.
4. Berapakah nilai faktor pengali yang mengkorelasikan nilai mutu UPVT

metode Indirect terhadap mutu aktual beton (hasil crushing core)?.

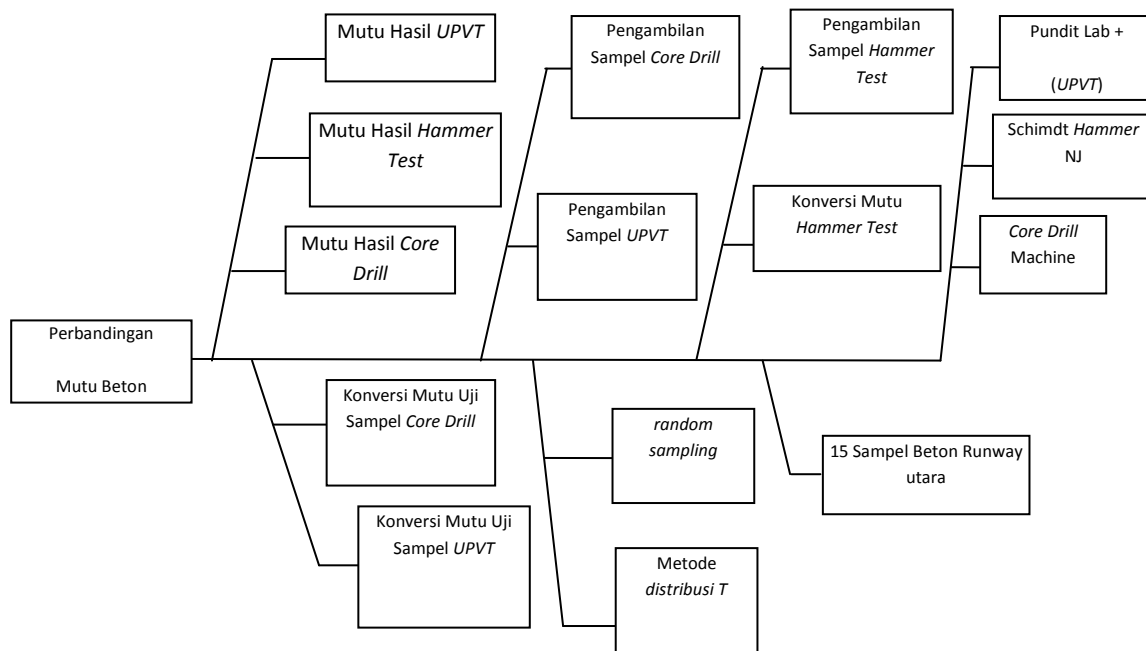
### Batasan Masalah

- a. Tinjauan pengujian terhadap mutu kuat tekan 15 titik slab beton landasan (runway utara) bandara Soekarno-Hatta.
- b. Metode pengujian UPVT menggunakan Pundit lab plus PL02-003-115.
- c. Metode pengujian Hammer test menggunakan Hammer Schmitd NJ 80 dan digital hammer HT 225.
- d. Sample uji Core drill dengan perbandingan dimensi dan tinggi yaitu 1 :2 dan di teliti oleh laboratorium Sofoco
- e. 15 sampel uji diambil random dan diseleksi dengan metode statistika distribusi T untuk metode Hammer dan UPVT Indirect
- f. Perbandingan terbatas hanya pada mutu kuat tekan beton yang dihasilkan.

### Maksud dan Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui nilai mutu beton dari hasil UPVT metode Indirect.
- b. Mengetahui hubungan dari hasil uji Non Destructive Test (NDT) dengan Destructive Test (DT)
- c. Mengetahui pemakaian alat uji UPVT
- d. Mengetahui hubungan dari cepat rambat gelombang terhadap mutu kuat tekan beton.
- e. Mengetahui kekurangan dan kelebihan dari ketiga metode uji beton (Hammer, UPVT, Coredrill) dilihat dari hasil mutu yang dihasilkan dan pengaruh terhadap struktur yang diuji

## Diagram Fish Bone



## Hipotesis

- Terdapat hubungan linier antara nilai mutu kuat tekan beton hasil *Hammer test* dengan nilai mutu kuat tekan beton hasil *UPVT* metode *Indirect*, dimana semakin besar nilai mutu kuat tekan hasil uji *Hammer* maka nilai kuat tekan hasil *UPVT* semakin besar juga, dan begitupun sebaliknya.
- Mutu kuat tekan hasil uji *Hammer test* memiliki nilai terbesar daripada mutu kuat tekan hasil uji *UPVT* dan *coredrill* untuk lokasi titik uji yang sama.
- Mutu kuat tekan hasil *coredrill* memiliki nilai terkecil dari ketiga uji (*Hammer*, *UPVT*, *coredrill*).
- Adanya indikasi kerusakan (rongga mikro) pada slab beton yang diuji dengan *UPVT* metode *Indirect* yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang ultrasonic yang rendah dari nilai rata-rata cepat rambat gelombang di titik-titik lokasi uji yang lainnya
- Faktor pengali *hammer* dengan *UPVT*, dimana mutu  $UPVT = 0.8 \times$  Mutu *Hammer Test*

- Faktor pengali *Core drill* dengan *UPVT*, dimana mutu  $Core\ drill = 0.9 \times$  Mutu *UPT*.

## LANDASAN TEORI

### Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat lain yang di campur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Kadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. (McCormac, 2003). Beton memiliki kekuatan tekan yang merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas (Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004). Menurut Prof. Lorrain, (1991), klasifikasi beton berdasarkan kekuatannya, dapat dibagi dalam tiga kelas yaitu

- Beton Normal : Kuat tekan karakteristiknya 200-500 kg/cm<sup>2</sup>

dan disebut Normal Strength Concrete (NSC)

- b. Beton Mutu tinggi : Kuat tekan karakteristiknya 500–800 kg/cm<sup>2</sup> dan disebut High Strength Concrete (HCS)
- c. Beton Sangat Tinggi : Kuat tekan karakteristiknya lebih dari 800 kg/cm<sup>2</sup> dan disebut Very High Strength Concrete (VHSC)

### Ultrasonic Pulse Velocity Test

*Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT)* adalah cara untuk memperkirakan kekerasan beton yang didasarkan pada hubungan kecepatan gelombang UPV melalui media beton dengan kekuatan tekan beton itu. (*International Atomic Energy Agency, 2002*). Cara kerja Pundit yaitu dengan memberikan getaran gelombang longitudinal lewat transducer elektro – akustik, melalui cairan perangkai yang berwujud gemuk atau sejenis gel, yang dioleskan pada permukaan beton sebelum *test* dimulai, cairan ini berfungsi untuk menutup udara dari luar diantara permukaan transducer dengan permukaan beton yang di uji. Saat gelombang merambat dalam medium berbeda, yaitu gel dan beton, pada batas beton dan gel akan terjadi pantulan gelombang yang merambat dalam bentuk gelombang transversal dan longitudinal. Gelombang transversal merambat tegak lurus lintasan, dan gelombang longitudinal merambat sejajar lintasan. Pertama kali yang mencapai transducer penerima adalah gelombang longitudinal. Oleh transducer, gelombang ini diubah menjadi sinyal gelombang elektronik yang dapat dideteksi oleh transducer penerima, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur. Waktu tempuh *T* yang dibutuhkan untuk merambatkan gelombang pada lintasan beton sepanjang *L* dapat diukur, sehingga

kecepatan gelombang dapat dicari dengan rumus (**Lawson dkk, 2011**)

$$V = L / T$$

Keterangan :

*V* = Kecepatan gelombang longitudinal (m/detik)

*L* = Panjang lintasan beton yang dilewati (m)

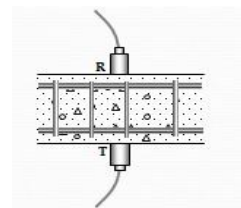
*T* = Waktu tempuh gelombang ultrasonik sepanjang lintasan *L* (detik)

Metode uji ultrasonic memiliki beberapa fungsi lain selain memperkirakan mutu beton (**International Atomic Energy Agency, 2002**), yaitu:

- a. Mengetahui keseragaman kualitas beton
- b. Mendeteksi kedalaman retak beton
- c. Honeycomb atau void atau kerusakan lain pada beton
- d. Modulus elastis beton
- e. Mengetahui kualitas beton setelah umur beberapa tahun
- f. Mengetahui kekuatan tekan beton

### UPVT Metode Indirect

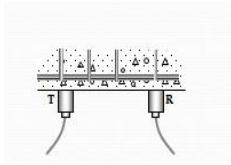
Metode Langsung (*Direct Transmision*) yaitu dimana pengukuran dilakukan dengan cara *receiver transducer* dan *transmitter transducer* diletakan saling berhadapan.



Gambar. 1 Metode Direct

### UPVT Metode Semi Direct

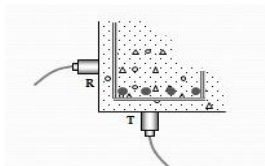
Metode semi langsung (*Semi Direct*) yaitu dimana *receiver transducer* dan *transmitter transducer* diletakan pada posisi axial, satu bidang tegak lurus dan satu bidang mendatar.



Gambar. 2 Metode Semi Direct

### UPVT Metode Indirect

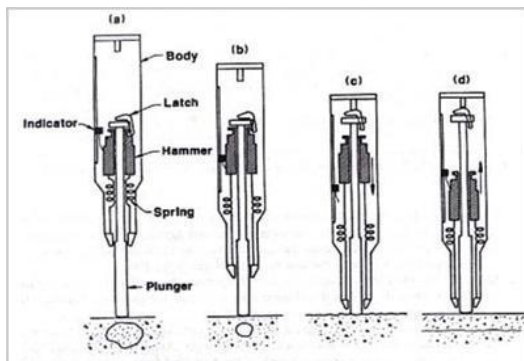
Metode tidak langsung (*Indirect*) yaitu dimana receiver transducer dan transmitter receiver diletakkan dalam satu bidang datar.



Gambar. 3 Metode Indirect

### Hammer Test

*Hammer test* adalah pengujian mutu permukaan beton yang bersifat tidak merusak. Metode penggunaan alat ini yaitu dengan memberikan suatu impuls (tumbukan) pada permukaan beton yang di uji dengan suatu massa yang diaktifkan dengan memberikan energi tertentu. Setelah suatu massa tersebut di tumbukkan akan memberikan pantulan massa energy yang membuat indikator nilai pukulan. Nilai indikator pantulan pukulan inilah yang selanjutnya akan dikonversikan menjadi nilai kuat tekan. *Hammer test* yang umumnya digunakan adalah *Hammer* jenis *Schmidt Rebound Hammer*. *Hammer test* berguna untuk memperkirakan keseragaman nilai kuat tekan beton.



Gambar. 4 Prinsip kerja Hammer

### Core Drill

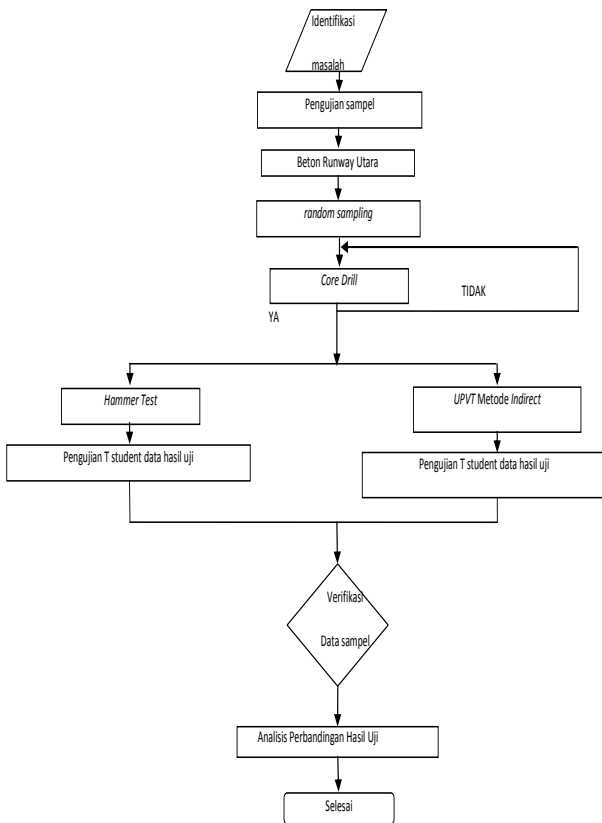
Pengujian *Core drill* atau pemboran beton inti merupakan salah satu pengujian beton yang bersifat merusak (*destructive test*). Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai actual dari beton yang akan di uji. Pengujian ini menggunakan suatu alat yang memiliki mata bor yang biasa disebut *Diamond Drill Bit*. Alat ini dapat mengebor dan menembus beton bertulang dengan diameter 5 – 15 cm. Metode ini berdasarkan SNI 03-2492-1991 tentang metode pengambilan Benda Uji Beton Inti dan juga ASTM C 42.

### Metodologi Penelitian

Secara umum metodologi penelitian ini terbagi menjadi 3 tahapan utama :

1. Tahap Persiapan
  - a. Persiapan studi literatur
  - b. Persiapan lapangan
2. Tahap Pengujian sampel beton
  - a. Hammer Test
  - b. UPVT Indirect
  - c. Core Drill
3. Tahap Analisa
 

Analisis data hasil luji dan penyaringan data untuk dianalisis perbandingan mutu kuat tekan.



## Pembahasan

### Analisis Core drill

Pengujian mutu kuat tekan slab beton dengan menggunakan metode Core drill di uji pada slab beton runway utara yang dipilih 15 lokasi titik uji yang dipilih secara random. Berikut adalah tahapan pengeboran pada area uji sampel slab beton *Core Drill*:

- Tempatkan mesin bor beton berikut tempat dudukannya dekat dengan titik pengambilan benda uji beton inti yang telah ditentukan.
- Atur tempat dudukan mesin bor agar mesin bor beton tidak bergoyang pada waktu dilakukan pengeboran.
- Atur mesin bor tersebut agar posisi mata bor tegak lurus pada bidang yang akan diambil beton intinya.
- Sambungkan keran air yang ada pada mesin bor dengan slang ke sumber air terdekat.
- Hidupkan mesin bor beton.

- Buka keran air.
- Mulai lakukan pengeboran beton keras.
- Hentikan pengeboran, apabila panjang beton inti telah mencapai seperti yang diinginkan.
- Tutup keran air.
- Keluarkan mata bor dari tempat pengeboran.
- Patahkan beton inti pada bagian alasnya dengan memasukkan baji baja ke dalam celah beton ditempat pengeboran dengan dipukul perlahan-lahan.
- Ambil beton inti yang telah dipatahkan pada bagian alasnya dari lubang pengeboran dengan bantuan kawat baja.
- Periksa beton inti terhadap cacat berat atau kerusakan lainnya yang disebabkan pada waktu dilakukan pengambilan benda uji.
- Apabila terdapat cacat berat pada beton inti sehingga tidak dapat digunakan sebagai benda uji, lakukan pengambilan benda uji beton inti yang baru pada titik pengambilan sedekat mungkin dengan titik pengambilan lama yang tidak membahayakan struktur beton.
- Apabila pada pemeriksaan beton inti tidak terdapat kelainan-kelainan, ukur panjang beton inti dan tebal plester, kemudian tentukan dapat tidaknya digunakan sebagai benda uji.
- Apabila dari hasil pemeriksaan dan pengukuran beton inti tersebut dapat digunakan sebagai benda uji, lakukan penandaan pada beton inti dan catat data serta lokasi titik pengambilannya.
- Bungkus beton inti yang sudah diberi tanda nomor kode dengan kain penyerap yang basah atau masukkan kedalam kantong plastik yang berisi air, lalu kirimkan ke Laboraturium.
- Tutup lubang bor bekas pengambilan benda uji beton inti dengan adukan mortar dari semen Fosroc type Pathroc SP.



Gambar. 5 Pelaksanaan Core Drill



Gambar. 6 Sampel hasil Core Drill

Setelah sampel beton hasil Core Drill didapat, sampel – sampel dibawa ke laboratorium Sofoco untuk diuji kuat tekannya. Adalah dimensi sampel yang diuji kuat tekan adalah:

$$H/D = 2$$

Keterangan:

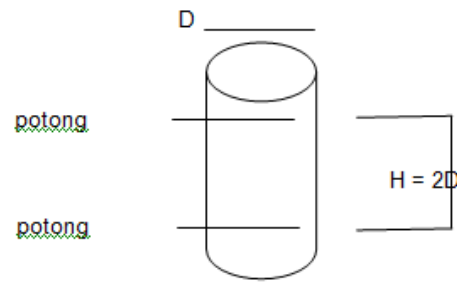
H= Tinggi

D= Diameter.

Jika perbandingan  $H/D \neq 1$ , maka akan dikalikan dengan koefisien tertentu menurut tabel ASTM 42 :

Tabel 1 Correction factor H/D

Length/Diameter Ratio	Strength Correction Factor
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87



Gambar. 7 Perbandingan H/D untuk uji kuat tekan

### Mutu hasil pengujian Core Drill

Sampel – sampel beton yang diambil dari slab beton lapangan memiliki kedalaman atau ketinggian sampai dengan tanah dasarnya. Tetapi untuk diuji kuat tekannya sampel-sampel beton tersebut diambil bagian intinya(tengah) dan disesuaikan dengan ketentuan  $H/D=2$ . Berikut mutu beton hasil uji dilaboratorium:

Tabel 2 Mutu beton hasil Core Drill

Location Test	Samples Dimension			Weight (gram)	Load (kN)	Compressive Strength (Mpa)
	H (cm)	D (cm)	H/D ratio			
1 Runway 09.03b.188	10	5	2,00	631	100	48,14
2 Runway 09.03a.188	10	5	2,00	650	95	45,74
3 Runway 09.03b.187	10	5	2,00	635	100	48,14
4 Runway 09.03a.184	10	5	2,00	630	105	50,55
5 Runway 09.03c.182	10	5	2,00	626	80	38,52
6 Runway 09.03b.181	10	5	2,00	647	100	48,14
7 Runway 09.03c.131	15	7,5	2,00	647	90	43,33
8 Runway 09.02.126	15	7,5	2,00	1524	165	35,97
9 Runway 09.03c.115	15	7,5	2,00	1590	155	33,79
10 Runway 09.04.88	15	7,5	2,00	1660	205	44,69
11 Runway 09.03c.88	15	7,5	2,00	1580	150	32,70
12 Runway 09.02.76	15	7,5	2,00	1626	195	42,51
13 Runway 09.03c.76	15	7,5	2,00	1608	190	41,42
14 Runway 09.03c.13	15	7,5	2,00	1620	205	44,69
15 Runway 09.04.13	15	7,5	2,00	1638	200	43,60

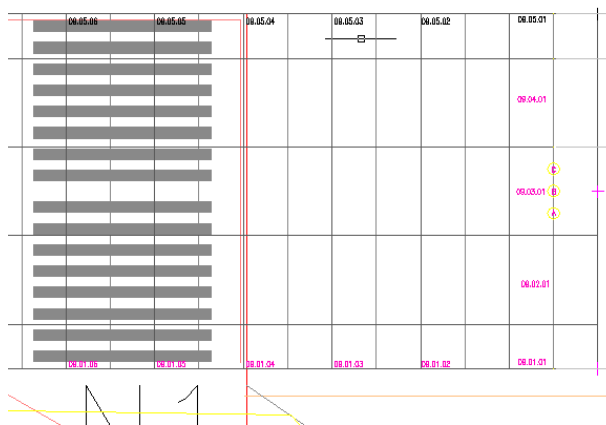
### Analisis Hammer Test

Metode pelaksanaan uji sampel *hammer test* di landasan runway utara dilakukan di 15 titik uji berdasarkan lokasi yang sama dengan lokasi uji *Core Drill*. Adapun ketentuan dalam pengujian sampel beton slab ini mengacu pada ASTM C 805-2,

dengan beberapa ketentuan sebagai berikut:

- a. Elemen struktur beton yang akan diuji harus memiliki ketebalan minimal 100 mm dan terkoneksi erat dengan struktur bangunan area uji berdiameter 150 mm.
- b. Untuk permukaan yang bertekstur atau dilapisi plester atau mortar harus diratakan dengan menggunakan gerinda pada saat pengukuran, diambil sembilan pembacaan dari setiap area uji.
- c. Jarak pembacaan antar titik uji minimal 25 mm.
- d. Hasil uji dengan menggunakan alat Hammer Test tergantung kepada rata dan tidaknya permukaan, basah keringnya bidang uji dan sudut inklinasi.
- e. Selisih nilai rebound dalam sembilan kali pembacaan  $\pm 6$ . Jika terdapat nilai dengan selisih lebih dari 6 maka pengambilan nilai rebound di ulang atau pindah posisi.

Beton landasan runway utara yang diuji di bagi menjadi 3 slab yang dimana masing – masing slab berukuran 15 meter x 15 meter. Dimana khusus untuk slab beton tengah pengujian dibagi menjadi 3 titik pengujian, hal ini dikarenakan slab beton tengah mengalami pembebanan paling besar dibanding slab beton bagian pinggir.



Gambar. 8 Pembagian layer slab beton uji

Berdasarkan gambar diatas, lebar landasan terbagi menjadi 5 slab yaitu :

- a. Slab 09.01.xx, dengan lebar 7,5 m (tidak diuji).
- b. Slab 09.02.xx, dengan lebar 15 m (diuji).
- c. Slab 09.03.xx dengan lebar 15 m (diuji) dibagi menjadi 3 titik uji, kode 03A (dekat slab 02), kode 03B( tengah) dan kode 03C (dekat slab 04).
- d. Slab 09.04.xx dengan lebar 15 m (diuji).
- e. Slab 09.05.xx dengan lebar 15 m (tidak diuji).

Pengujian dilakukan dengan 2 tipe hammer yaitu hammer schmidt NJ 80 dan digital hammer HT 225. Berikut data hasil pengukuran dilapangan:

Tabel 3 Data nilai rebound Hammer

No	Lokasi Uji	Hammer Rebound								
1	Runway 09.03b.188	29	29	31	32	31	33	32	35	30
2	Runway 09.03a.188	31	35	34	33	32	33	30	35	30
3	Runway 09.03b.187	32	34	31	29	33	32	29	32	29
4	Runway 09.03a.184	36	30	36	32	32	31	31	30	32
5	Runway 09.03c.182	32	29	33	30	28	29	29	29	30
6	Runway 09.03b.181	40	42	40	39	39	40	45	40	39
7	Runway 09.03c.131	42	43	40	38	38,1	43	40	39	38
8	Runway 09.02.126	31	37	33	35	35	32	34	32	33
9	Runway 09.03c.115	35	33,8	34	35,2	39	35,1	39	35,9	38,8
10	Runway 09.04.88	36	32	32	32	32	39	34	33	31
11	Runway 09.03c.88	34,9	33	32,4	41,1	36,9	30,1	41,4	34,9	34,4
12	Runway 09.02.76	32	31	36	33	31	33	37	35	33
13	Runway 09.03c.76	35,4	39,1	36	39	34,9	40	36,7	40,5	32,6
14	Runway 09.03c.13	30	27	25	30	27,9	25,3	30	25,4	32
15	Runway 09.04.13	26	28	32	32	31	31	25	26	30

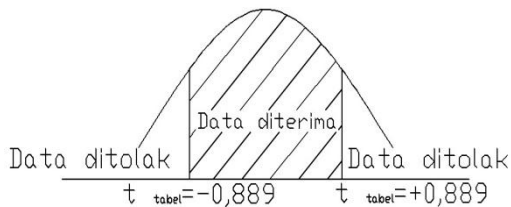
Keterangan:

Warna hijau menggunakan Hammer Test type NJ-80

Warna kuning menggunakan digital hammer HT 225.

Dari data nilai rebound diatas akan diseleksi menggunakan kurva t dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Untuk nilai  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah 20%.
- b. Wilayah kritis atau nilai tabelnya adalah  $t_{tabel} = (t_{0,20})$ .
- c. Data yang diterima untuk masing-masing titik lokasi uji minimal 2 nilai rebound yang diterima oleh kurva t.
- d. Nilai rebound yang diterima kemudian dirata-ratakan untuk selanjutnya di sandingkan lokasi uji yang diterima dengan lokasi uji UPVT dan Core Drill.



Gambar. 9 Kurva T untuk Hammer Test

Berikut adalah data hammer test yang telah diseleksi melalui kurva t diatas:

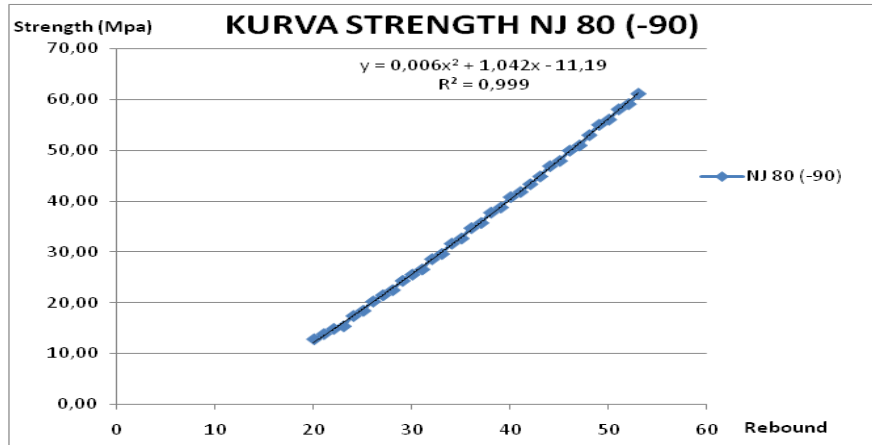
Tabel 4 Lokasi Hammer Test hasil seleksi kurva t

Data Diterima	Data Ditolak
T1 (09.03b.188)	T3 (09.03b.187)
T2 (09.03a.188)	T9 (09.03c.115)
T4 (9.03a.184)	T13 (09.03c.76)
T5 (09.03c.182)	T14 (09.03c.13)
T6 (09.03b.181)	T15 (09.04.13)
T7 (09.03c.131)	
T8 (09.02.126)	
T10 (09.04.88)	
T11 (09.03c.88)	
T12 (09.02.76)	

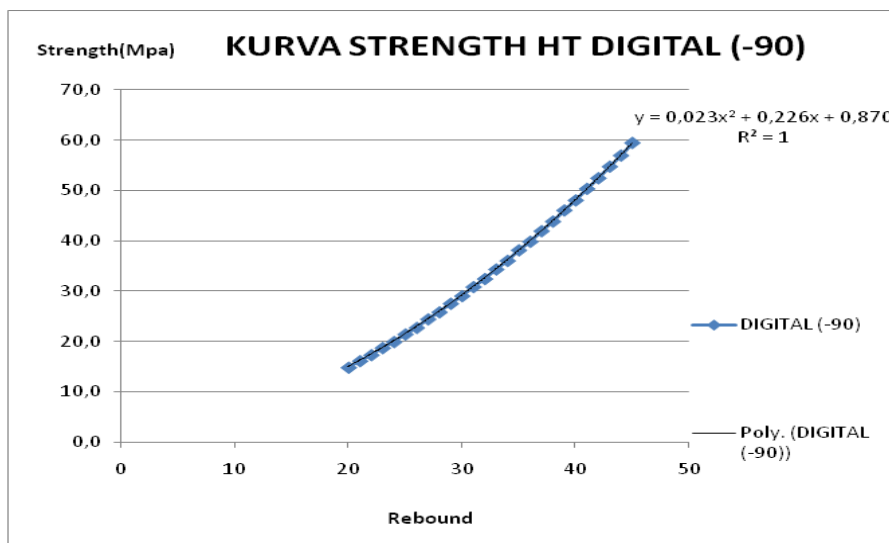
Semua data hammer Test di 15 lokasi setelah diseleksi akan dikonversikan kedalam mutu kuat tekan beton(Mpa) sesuai dengan kurva dari masing-masing jenis hammer yang digunakan.

Tabel 5 Konversi Mutu Hammer Test

ID	Test Location	Rebound Hammer				Average	Equivalent Compressive Strength, fck
T1	Runway 09.03b.188	31	31			31	26,5
T2	Runway 09.03a.188j	33	32	33		32,67	29,25
T4	Runway 09.03a.184	32	32	32		32	28,54
T5	Runway 09.03c.182	30	30			30	25,48
T6	Runway 09.03b.181	40	40	40	40	40	40,77
T7	Runway 09.03c.131	40	40			40	48,1
T8	Runway 09.02.126	33	34	33		33,33	30,21
T10	Runway 09.04.88	34	33			33,5	30,45
T11	Runway 09.03c.88	34,9	34,9	34,4		34,73	36,47
T12	Runway 09.02.76	33	33	33		33	29,56



Gambar. 10 Kurva konversi mutu NJ 80



Gambar. 11 Kurva konversi mutu Digital Hammer HT 225

### Analisis UPVT Indirect

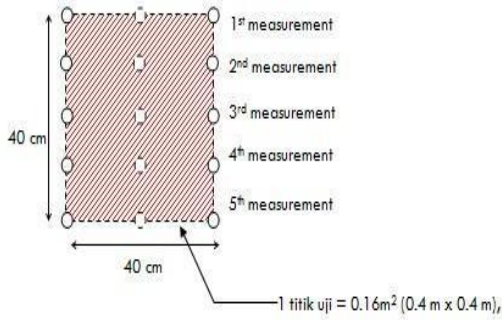
Ultrasonic Pulse Velocity Test (UPVT) memanfaatkan perambatan gelombang ultrasonic yang dibantu oleh medium gel atau couplant ke dalam medium padat (beton) dan menghasilkan suatu nilai kecepatan rambat gelombang yang nantinya akan dikonversikan kedalam mutu kuat tekan beton. Pada penelitian ini pengukuran UPVT menggunakan 1 set alat Pundit Lab +. Berikut adalah langkah-langkah pengujian dengan UPVT pada slab beton runway utara:

a. Bersihkan lokasi titik uji.

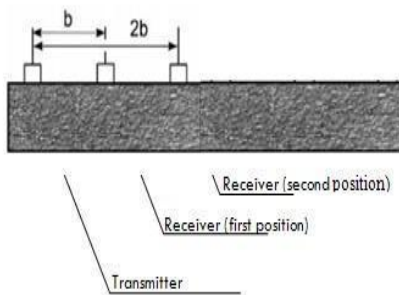
- b. Ukur jarak antar transmitter ( $b=20\text{cm}$  dan  $2b = 40\text{ cm}$ )
- c. Ratakan couplant pada transmitter dan titik yang akan diuji.
- d. Letakan transmitter transducer pada titik awal dan pastikan kedap udara dan transmitter receiver pada jarak  $b = 20\text{ cm}$ .
- e. Setelah waktu awal didapat, pindahkan transmitter receiver pada titik  $2b = 40\text{ cm}$  dari transmitter transducer samapi di dapat waktu kedua dan dihasilkan kecepatan rambat gelombang ultrasonic.
- f. Setelah didapatkan kecepatan rambat gelombang ultrasonic selanjutnya dikonversikan ke dalam kuat tekan beton (Mpa).



Gambar. 12 Pundit lab +



Hasil pengukuran berupa cepat rambat gelombang, yang dapat diequivalenkan menjadi kuat tekan beton



Gambar. 13 Metode Pelaksanaan UPVT Indirect

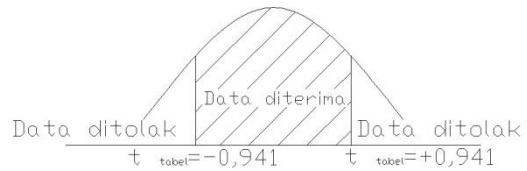
Tabel 6 Data kecepatan UPVT

ID	Name	Measurement Type	Velocity [m/s]	Time 1 [μs]	Time 2 [μs]	Distance [m]
1	RUNWAY	Surface	3.527,00	72,7	129,4	0,200
	SLAB	Surface	2.928,00	59,9	128,2	0,200
	09.03b.18	Surface	2.941,00	60,1	128,1	0,200
		Surface	3.063,00	62,4	127,7	0,200
		Surface	3.053,00	62,9	128,4	0,200
2	RUNWAY	Surface	2.681,00	62,2	137,2	0,200
	SLAB	Surface	2.797,00	86,9	158,4	0,200
	09.03a.18	Surface	2.448,00	64,9	146,6	0,200
		Surface	2.724,80	65,1	138,5	0,200
		Surface	2.534,90	63,9	142,8	0,200
3	RUNWAY	Surface	2.564,00	64,4	142,4	0,200
	SLAB	Surface	2.522,00	55,9	135,2	0,200
	09.03b.18	Surface	2.571,00	59,9	137,7	0,200
		Surface	2.631,60	60,9	136,9	0,200
		Surface	2.487,60	55,5	135,9	0,200
4	RUNWAY	Surface	3.431,00	76,1	134,4	0,200
	SLAB	Surface	3.361,00	44,6	104,1	0,200
	09.03b.18	Surface	3.322,00	53,9	114,1	0,200
		Surface	3.389,80	48,9	107,9	0,200
		Surface	3.355,70	50,8	110,4	0,200
5	RUNWAY	Surface	2.096,00	65,2	160,6	0,200
	SLAB	Surface	2.004,00	69,1	168,9	0,200
	09.03c.18	Surface	2.030,00	80,2	178,7	0,200
		Surface	2.089,90	70,2	165,9	0,200
		Surface	2.014,10	65,6	164,9	0,200
6	RUNWAY	Surface	3.861,00	66,1	117,9	0,200
	SLAB	Surface	3.906,00	66,7	117,9	0,200
	09.03B.18	Surface	3.521,00	43,6	100,4	0,200
		Surface	3.992,00	50,1	100,2	0,200
		Surface	3.502,60	48,4	105,5	0,200
7	RUNWAY	Surface	3.976,00	59,9	110,2	0,200
	SLAB	Surface	3.656,00	48,7	103,4	0,200
	09.03c.13	Surface	3.690,00	63,2	117,4	0,200
		Surface	3.724,40	46,8	100,5	0,200
		Surface	3.831,40	58,1	110,3	0,200

ID	Name	Measurement Type	Velocity [m/s]	Time 1 [μs]	Time 2 [μs]	Distance [m]
8	RUNWAY	Surface	3.478,00	52,4	109,9	0.200
	SLAB	Surface	2.326,00	53,2	139,2	0.200
	09.02.126	Surface	3.540,00	53,4	109,9	0.200
		Surface	3.584,00	53,4	109,2	0.200
9	RUNWAY	Surface	2.729,00	78,1	151,4	0,200
	SLAB	Surface	2.762,00	60,7	133,1	0,200
	09.03c.115	Surface	2.789,00	57,9	129,6	0,200
		Surface	2.832,90	55,1	125,7	0,200
10	RUNWAY	Surface	3.268,00	64,2	125,4	0,200
	SLAB	Surface	3.263,00	46,6	107,9	0,200
	09.04.88	Surface	3.295,00	46,2	106,9	0,200
		Surface	3.174,60	47,5	110,5	0,200
11	RUNWAY	Surface	2.500,00	84,6	164,6	0,200
	SLAB	Surface	2.522,00	59,6	138,9	0,200
	09.03c.88	Surface	2.548,00	58,2	136,7	0,200
		Surface	2.574,00	58,1	135,8	0,200
12	RUNWAY	Surface	2.469,10	57,5	138,5	0,200
	SLAB	Surface	3.226,00	55,4	117,4	0.200
	09.02.76	Surface	3.350,00	54,7	114,4	0.200
		Surface	3.205,00	50,7	113,1	0.200
13	RUNWAY	Surface	3.185,00	50,9	113,7	0.200
	SLAB	Surface	3.101,00	111,9	176,4	0.200
	09.03c.76	Surface	3.976,00	73,9	124,2	0.200
		Surface	3.490,00	57,9	115,2	0.200
14	RUNWAY	Surface	3.717,00	59,1	112,9	0.200
	SLAB	Surface	3.774,00	47,4	100,4	0.200
	09.03c.13	Surface	4.494,00	56,4	100,9	0.200
		Surface	1.905,00	75,1	180,1	0.200
15	RUNWAY	Surface	2.035,00	93,6	191,9	0.200
	SLAB	Surface	3.540,00	53,4	109,9	0.200
	09.04.013	Surface	3.571,00	53,4	109,4	0.200
		Surface	3.559,00	52,7	108,9	0.200
		Surface	3.591,00	53,4	109,1	0.200
		Surface	3.636,00	53,4	108,4	0.200

Data kecepatan dari 15 lokasi uji kemudian di seleksi dengan menggunakan metode statistik yaitu kurva t, dengan ketentuan kurva t sebagai berikut:

- Untuk nilai  $\alpha$  (tingkat signifikansi) adalah 20%.
- Wilayah kritis atau nilai tabelnya adalah  $t_{tabel} = (t_{0,20})$ .
- Data yang diterima untuk masing-masing titik lokasi uji minimal 2 nilai rebound yang diterima oleh kurva t.
- Kecepatan gelombang yang diterima kemudian dirata-ratakan untuk selanjutnya di sandingkan lokasi uji yang diterima dengan lokasi uji Hammer Test dan Core Drill.



Gambar. 14 Kurva T untuk seleksi data UPVT

Berikut adalah data lokasi uji hasil seleksi statistik kurva t:

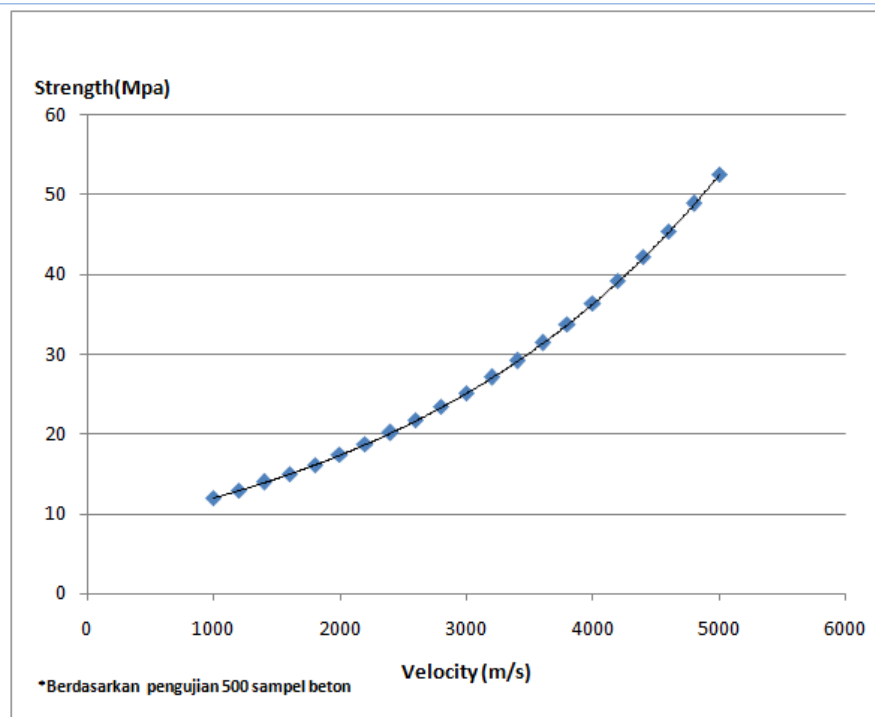
Tabel 7 Data lokasi UPVT hasil seleksi kurva t

Data Diterima	Data Ditolak
T1 (09.03b.188)	T2 (09.03a.188)
T3 (09.03b.187)	T4 (9.03a.184)
T10 (09.04.88)	T5 (09.03c.182)
T12 (09.02.76)	T6 (09.03b.181)
T13 (09.03c.76)	T7 09.03c.131)
	T8 (09.02.126)
	T9 (09.03c.115)
	T11 (09.03c.88)
	T14 (09.03c.13)
	T15 (09.04.13)

Lokasi yang lulus uji seleksi statistik kurva t selanjutnya dikonversikan kedalam mutu kuat tekan beton (Mpa). Dikarenakan belum adanya standard persamaan UPVT di Indonesia dan tidak sesuai jika menggunakan persamaan hasil negara luar Indonesia yang memiliki karakteristik bahan berbeda dengan di Indonesia, maka

pada penelitian ini persamaan yang digunakan adalah persamaan hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan

500 sampel beton dengan mengacu pada British standard mengenai pengujian sampel.



Gambar. 15 Kurva konversi mutu UPVT

$$Y = 8,31364e^{0,000369x}$$

Keterangan:

Y = mutu kuat tekan(Mpa)

X = kecepatan gelombang(m/s)

Tabel 8 Mutu hasil konversi kecepatan UPVT

ID	Name	Measurement Type	Velocity [m/s]	Time 1 [μs]	Time 2 [μs]	Distance [m]	Compressive Strength [MPa]	Average Compressive Strength
T1	RUNWAY UTARA	Surface	3.063,00	62,4	127,7	0,2	25,74	25,7
	09.03b.188	Surface	3.053,00	62,9	128,4	0,2	25,65	
T3	RUNWAY UTARA	Surface	2.564,00	64,4	142,4	0,2	21,41	21,44
	09.03b.187	Surface	2.571,00	59,9	137,7	0,2	21,47	
T10	RUNWAY UTARA	Surface	3.268,00	64,2	125,4	0,2	27,77	27,84
	09.04.88	Surface	3.263,00	46,6	107,9	0,2	27,71	
		Surface	3.295,00	46,2	106,9	0,2	28,04	
T12	RUNWAY UTARA	Surface	3.226,00	55,4	117,4	0,2	27,34	27,23
	09.02.76	Surface	3.205,00	50,7	113,1	0,2	27,13	
T13	RUNWAY UTARA	Surface	3.976,00	73,9	124,2	0,2	36,05	34,76
	09.03c.76	Surface	3.774,00	47,4	100,4	0,2	33,47	

### Perbandingan Mutu Hasil Uji

Perbandingan mutu hasil uji ketiga metode uji kuat tekan beton dilakukan untuk lokasi uji yang telah lulus uji kurva t dan sampel yang memiliki lokasi uji yang sama sehingga bisa didapatkan nilai hubungan dari perbandingan mutu ketiga metode uji ini.

Berikut adalah irisan lokasi uji yang sama dari ketiga metode uji (Core Drill, Hammer Test dan UPVT Indirect):

Tabel 9 Irisan mutu hasil uji

Lokasi Slab Beton	Hammer Test (Mpa)	UPVT Indirect (Mpa)	Core Drill (Mpa)
T1 (09.03b.188)	26,50	25,70	48,14
T10 (09.04.88)	30,45	27,84	44,69
T12 (09.02.76)	29,56	27,23	42,51
Rata - rata	28,84	26,92	45,11

Dengan membandingkan nilai rata-rata antar metode uji untuk lokasi yang sama berikut adalah nilai perbandingan yang didapat:

$$\frac{UPVT}{Hammer\ Test} = \frac{26,92}{28,84}$$

$$UPVT = \frac{26,92}{28,84} Hammer\ Test$$

$$UPVT = 0,93 Hammer\ Test$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai korelasi untuk mendapatkan hubungan mutu antar mutu UPVT Indirect terhadap mutu Hammer Test dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yaitu 20% ( $t_{0,20}$ ).

Dengan menggunakan cara sama, didapatkan juga nilai hubungan antara UPVT Indirect terhadap mutu Core Drill dengan lokasi yang sama.

$$\frac{UPVT}{Core\ Drill} = \frac{26,92}{45,11}$$

$$UPVT = \frac{26,92}{45,11} Core\ Drill$$

$$UPVT = 0,6 Core\ Drill$$

Selanjutnya dari perbandingan mutu Core Drill dengan Hammer Test didapatkan nilai korelasi sebagai berikut:

$$\frac{Hammer\ Test}{Core\ Drill} = \frac{28,84}{45,11}$$

$$Hammer\ Test = \frac{28,84}{45,11} Core\ Drill$$

$$Hammer\ Test = 0,64 Core\ Drill$$

### Kesimpulan

- Melihat mutu hasil irisan metode UPVT Indirect dengan metode Hammer Test terdapat hubungan linier antara kedua mutu hasil uji. Dimana saat mutu UPVT rendah maka mutu Hammer Test juga rendah dan saat mutu UPVT mulai naik nilainya mutu hasil Hammer juga ikut meningkat nilainya. Maka hasil penelitian sesuai dengan hipotesis 1.
- Mutu hasil uji Core Drill memiliki nilai rata-rata mutu kuat tekan terbesar dari 2 metode lainnya yaitu 45,11 Mpa. Penyebab mutu beton hasil Core Drill yang besar dibanding kedua mutu dari metode UPVT dan Hammer Test adalah karena pengujian kuat tekan sampel beton Core Drill yaitu bagian tengah atau inti (core) beton dimana kondisi bagian tengah slab beton masih dalam kondisi bagus dan padat seperti terlihat pada sampel beton Core Drill yang diambil sampai bagian tanah dan dipotong untuk diambil bagian sampel yang terbaik untuk diuji. Sedang untuk pengujian pada Hammer Test dan UPVT Indirect

pengujian terletak pada permukaan slab beton dimana pada bagian ini sering mendapatkan beban dari pesawat yang membuat bagian permukaan beton rusak atau berkurang kekuatannya. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis kedua.

3. Sedangkan untuk mutu kuat tekan beton terkecil dari ketiga metode uji (Core Drill, Hammer test dan UPVT Indirect), mutu hasil uji UPVT Indirect memiliki mutu kuat tekan beton terendah dengan rata-rata nilainya adalah 26,92 Mpa. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis ketiga.
4. Indikasi penyebab mutu hasil UPVT Indirect memiliki mutu terendah adalah tidak ratanya permukaan beton yang diuji sehingga ada ruang udara atau celah antara permukaan beton dengan permukaan transducer Pundit Lab Plus yang menyebabkan perambatan gelombang ultrasonic menjadi lambat dan juga karena berkurangnya kekuatan dari permukaan beton karena seringnya diberikan beban pesawat yang melintasi permukaan slab beton tersebut. Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis keempat.
5. Indikasi perbedaan mutu yang cukup jauh antara Core Drill dengan mutu Hammer Test dan UPVT Indirect disebabkan oleh sampel beton yang diuji oleh metode Core Drill adalah bagian intinya sedangkan untuk Hammer test dan UPVT Indirect adalah bagian permukaan sampel beton.
6. Nilai hubungan yang didapat antar metode uji adalah sebagai berikut:

$$UPVT = 0,93 HT$$

$$UPVT = 0,6 CD$$

$$HT = 0,64 CD$$

Keterangan:

UPVT = Mutu beton Ultrasonic Pulse Velocity Test (Mpa)

HT = Mutu beton Hammer Test (Mpa)

CD = Mutu beton Core Drill (Mpa)

Hasil persamaan yang didapatkan berbeda dengan hipotesis kelima dan keenam.

#### Daftar Pustaka

1. Bueche R.J. 1986. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*. New York: Mc Graw-Hill.
2. International Atomic Energy Agency. 2002. *Guidebook on non-destructive testing of concrete structure*. Viena.
3. Lawson, K.A. Danso, H.C. Odoi, C.A. Adjei, F.K. Quashie, I.I. Mumuni, dan I.S. Ibrahim. 2011. *Non Destructive Evaluation of Concrete using Ultrasonic Pulse Velocity Research*. Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(6), h: 499-504, 2011. ISSN: 2040-7467. Maxwell Scientific Organization.
4. Manual book schmidt hammer NJ-80.
5. Manual book digital hammer HT 225.
6. Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
7. Nisfiannoor, Muhammad. 2009. *Pendekatan Statistika Modern untuk Ilmu Sosial*. Jakarta: Salemba Humanika. ISBN: 978-979-17492-4-4.
8. SOP UPVT HESA 2014.
9. SNI 03-2492-1991. *Metode Pengambilan Benda Uji Beton Inti*.
10. WSDOT, 2013. *Materials Manual M 46-01.15 ASTM C 805. Hammer Rebound*.