

# PERBANDINGAN KUAT TEKAN MENGGUNAKAN *HAMMER TEST* PADA BENDA UJI PORTAL BETON BERTULANG DAN MENGGUNAKAN MESIN UJI KUAT TEKAN PADA BENDA UJI KUBUS

Angga Josua Sumajouw

Ronny Pandaleke, Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: [anggasumajouw@gmail.com](mailto:anggasumajouw@gmail.com)

## ABSTRAK

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan di Indonesia. Maka perlu adanya pengendalian mutu beton sebagai indikator yang memperlihatkan apakah mutunya terpenuhi atau tidak. Pada struktur bangunan yang sudah jadi data-data spesifik mengenai mutu beton sulit didapatkan. Diperlukan alat yang cukup representatif untuk mengetahui tingkat kekuatan bangunan tersebut. Salah satu metode pengujian tanpa merusak struktur (non-destruktif), adalah metode *hammer test*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kekuatan tekan beton menggunakan *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang dan mesin uji kuat tekan pada benda uji kubus berukuran 15x15x15 cm. Pengujian dilakukan pada beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton hasil *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang berumur 7, 14, dan 28 hari berturut-turut adalah 17.31, 23.04, 31.01 MPa untuk portal sisi A dan 17.21, 22.89, 29.81 MPa untuk portal sisi B. Untuk nilai kuat tekan hasil *hammer test* pada benda uji kubus berturut-turut adalah 13.97, 16.95, 23.27 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan dengan menggunakan mesin uji kuat tekan berturut-turut adalah 19.55, 25.23, 29.52 MPa.

Secara keseluruhan nilai kuat tekan yang diperoleh dalam penelitian ini terutama pengujian menggunakan *hammer test* pada benda uji kubus mendapatkan rata-rata hasil yang jauh lebih rendah dari pengujian lainnya, karena kestabilan dari benda uji tidak terjaga pada saat pengujian dilakukan. Perbandingan rata-rata hasil pengujian menggunakan *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang dan mesin uji kuat tekan pada benda uji kubus menunjukkan hasil yang relatif sama.

Kata Kunci: Kuat tekan, *hammer test*, mesin uji kuat tekan.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton dibentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen, dan air dengan perbandingan tertentu. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan pada pekerjaan struktur di Indonesia. Mulai dari rumah, tiang listrik, tiang pancang, pondasi, bendungan, jembatan, gedung bertingkat, dan sebagainya. Hal tersebut menunjukkan bahwa beton merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan di era modern ini.

Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi, minat masyarakat dalam penggunaan beton sebagai struktur utama suatu bangunan mengalami perkembangan yang pesat. Hal

ini menunjukkan bahwa beton telah menjadi komponen yang penting dalam dunia pembangunan. Dalam menggunakan beton sebagai bahan utama suatu konstruksi, pelaksanaan pekerjaannya harus mempertahankan kualitas sesuai perencanaan. Maka perlu adanya pengendalian mutu beton. Pengendalian kekuatan beton diperlukan sebagai indikator yang memperlihatkan apakah mutunya telah terpenuhi atau tidak. Terpenuhi atau tidaknya mutu beton akan mempengaruhi kualitas dari bangunan yang dihasilkan.

Pada struktur bangunan yang telah jadi, baik bangunan berusia baru maupun lama data-data yang spesifik mengenai mutu beton dari bangunan sulit didapatkan. Dalam hal ini perlu adanya alat yang cukup representatif untuk menguji mutu tingkat kekuatan suatu bangunan yang sudah jadi.

Maka perlu adanya kajian yang lebih lanjut untuk mengetahui tingkat kekuatan beton tersebut. Secara umum pengujian kekuatan beton terbagi menjadi dua kategori yaitu pengujian yang dilakukan dengan cara pembebanan/ penekanan sampai benda uji tersebut rusak, dari pengujian ini akan diperoleh informasi tentang kekuatan dan sifat mekanik bahan (*destructive test*) dan pengujian yang dilakukan tanpa merusak benda uji/ material (*non-destructive test*). Pada bangunan yang sudah jadi pengujian yang bersifat destruktif tidak mungkin dilakukan karena akan merusak struktur dan menimbulkan kerugian. Oleh karena itu pengujian kekuatan beton pada bangunan atau struktur eksisting dilakukan dengan menggunakan metode non- destruktif. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *hammer test*. *Hammer test* merupakan suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban tumbukan (*impact*) pada permukaan beton. Data hasil pengujian akan diperoleh dalam waktu yang relatif singkat.

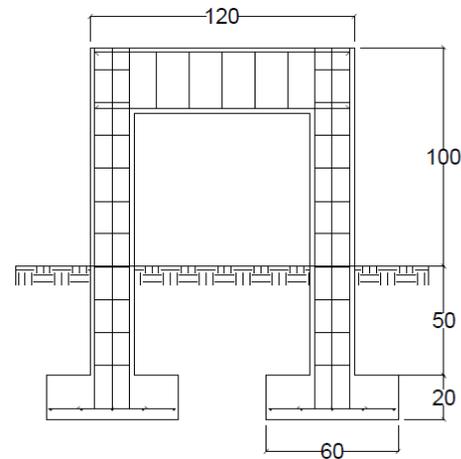
#### Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk mencari perbandingan antara hasil dari *hammer test* pada portal beton bertulang dengan hasil pengujian benda uji kubus menggunakan *hammer test* dan mesin uji kuat tekan di laboratorium.

#### Batasan Masalah

1. Bahan pembentuk beton sebagai berikut :
  - Semen Tonasa Tipe I
  - Agregat kasar dari Tateli lolos #3/4
  - Agregat halus Girian
  - Air yang digunakan dari sumur bor Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi
2. *Hammer test* dilakukan pada sampel benda uji kubus berukuran (15 x 15 x 15)cm dan pada sebuah portal beton bertulang dengan dimensi sebagai berikut :

- Ukuran Kolom (20 x 20) cm
- Tinggi Kolom 100 cm
- Balok (20 x 30 ) cm
- Panjang balok 120 cm



Gambar 1. Desain Benda Uji Portal Beton Bertulang

3. Untuk pengujian di laboratorium menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran (15 x 15 x 15) cm
4. Pengujian benda uji dilakukan pada beton berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.
5. Pengujian kuat tekan beton menggunakan *hammer test* tipe N-34.
6. Kuat tekan hasil *hammer test* akan dievaluasi berdasarkan peraturan yang ada.
7. Pengaruh gaya-gaya yang bekerja pada benda uji portal diabaikan.
8. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.
9. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

#### Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan nilai kuat tekan beton dari hasil *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang.
2. Mendapatkan nilai kuat tekan beton dari hasil *hammer test* pada sampel benda uji kubus.
3. Mendapatkan nilai kuat tekan beton dari sampel benda uji kubus dengan

menggunakan mesin uji kuat tekan di laboratorium.

4. Mendapatkan perbandingan antara hasil pengujian menggunakan *hammer test* dan mesin uji kuat tekan.

#### **Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain memberikan informasi tentang perbandingan uji kuat tekan menggunakan *hammer test* dan mesin uji kuat tekan.

#### **TINJAUAN PUSTAKA**

##### **Metode Pengujian Kuat Tekan Beton**

1. Metode pemeriksaan tanpa merusak (*Non Destructive Test*)

Metode pemeriksaan dengan cara tidak merusak adalah suatu metode pengujian terhadap konstruksi beton dengan tidak melakukan kerusakan terhadap elemen struktur atau benda uji.

2. Metode pemeriksaan dengan merusak (*Destructive Test*)

Pemeriksaan dengan cara merusak adalah suatu pengujian terhadap konstruksi beton dengan melakukan kerusakan terhadap elemen struktur atau benda uji.

##### **Kuat Tekan Beton Menggunakan Palu Beton/ Schmidt Hammer Test (*Non Destructive Test*)**

*Schmidt hammer test* merupakan metode pengujian kuat tekan beton yang bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton terpasang yang didasarkan pada kekerasan permukaan beton. *hammer test* merupakan alat yang ringan dan praktis dalam penggunaannya. Prinsip kerja *hammer test* adalah dengan memberikan beban tumbukan (*impact*) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan besaran energi tertentu. Tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan indikasi kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya.

Alat ini berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur.

Pengujian menggunakan alat ini sangat cepat, sehingga dapat mencakup area pengujian yang luas dalam waktu yang relatif singkat. Alat ini sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran disekitar setiap lokasi pengukuran.

Secara umum alat ini bisa digunakan untuk memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur dan mendapatkan perkiraan kuat tekan beton. Acuan yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-4430-1997 Metode Pengujian Elemen Struktur Beton Dengan Alat Palu Beton Tipe N dan NR dan SNI 03-4803-1998 Metode Angka Pantul Beton yang Sudah Mengeras.

##### **Pengoperasian dan Penggunaan *Schmidt Hammer Test***

Pengoperasian *Schmidt Hammer* pada beton relative mudah untuk dikerjakan. Namun haruslah berhati-hati agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan (*Proceq – Operating Instruction Original Schmidt Concrete Test Hammer – Type N dan NR*). Berikut cara penggunaannya dengan berdasar pada gambar 2.2 :

1. Sentuhkan perlahan ujung *plunger* (1) yang terdapat pada ujung alat *hammer test* pada titik-titik yang akan ditembak dengan memegang rumah *hammer test* (3). *Hammer test* harus diposisikan tegak lurus bidang uji / permukaan beton.
2. *Plunger* ditekan secara perlahan-lahan pada titik tembakan dengan arah melawan bidang kontak dengan tetap menjaga kestabilan arah dari alat *hammer*. Pada saat ujung *plunger* akan hilang masuk ke rumah (3) secara sendirinya akan terjadi tembakan oleh *plunger* terhadap permukaan beton. Pada saat terjadi tumbukan, alat *hammer test* haruslah ditahan dengan kuat agar sudut dapat dipertahankan secara tepat. Jangan sentuh 'titik tekan' (6). Perlu diperhatikan pada saat penekanan ujung *plunger*, tekanan yang diberikan haruslah konstan, jangan sampai terhenti sebelum

terjadinya tumbukan pada *hammer* karena jika terhenti maka hasilnya akan berbeda.

3. Setelah tumbukan, seberapa kuat pantulan akibat massa *hammer* (14) dapat diketahui dengan melihat skala atau tempat pembacaan data (19) yang terdapat pada penunjuk nilai lenting pembacaan (*rider*) (4). Membaca posisi *rider* pada skala akan memberikan nilai pantulan dalam persen dan pergerakan lebih lanjut dari massa *hammer*.
4. Secara perlahan, pindahkan alat *hammer* dari titik uji, dan dapat dipasang kembali untuk pengujian lebih lanjut. Posisi *rider* tidak akan kembali ke nilai nol.
5. Setelah melakukan pengujian, *plunger* (1) Bersama dengan batang besi pengontrol (7) dan pelat bundar (8) akan secara otomatis terkunci diposisi dalam bagian belakang dengan bantuan knop pada tabung. Penguncian haruslah selalu dilakukan setelah *hammer* melepaskan, yaitu dengan melepas tegangan pada pegas pemantul (16). Penguncian juga berfungsi untuk memperbaiki pembacaan nilai pantul setelah uji tumbukan dilakukan
6. *Hammer test* dikalibrasi untuk tumbukan arah horizontal, yaitu untuk pengujian permukaan vertical. Ketika digunakan untuk permukaan horizontal, nilai pantul (R) harus dikoreksi.

#### **Kuat Tekan Beton Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan / *Compression Testing Machine (Destructive Test)***

Kuat tekan merupakan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton didapatkan dengan menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder atau kubus sampai hancur. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan-tegangan tekan tertinggi ( $f_c'$ ) yang dicapai pada umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan yang dinyatakan dengan satuan  $N/mm^2$  atau MPa. Selain dipengaruhi oleh perbandingan air-semen

dan kepadatannya, kuat hancur dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu :

- a) Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton
  - b) Tekstur permukaan agregat
  - c) Efisiensi dan perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi apabila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji
  - d) Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu
  - e) Umur. Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah seiring dengan dengan umurnya
- Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima oleh benda uji, maka nilai kuat beton structural dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dimana :

- $f_c'$  = Kuat tekan beton [MPa]  
 P = Beban runtuh yang diterima oleh benda uji [Newton]  
 A = Luas bidang tekan [ $mm^2$ ]

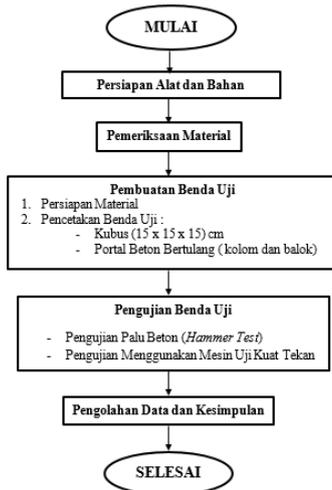
#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan pekerjaan. Diawali dengan persiapan alat dan bahan penelitian, pemeriksaan material, rencana campuran, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Semua pekerjaan dilakukan berpedoman pada peraturan/ standar yang berlaku dengan penyesuaian terhadap kondisi dan fasilitas laboratorium yang ada. Tahapan-tahapan penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pemeriksaan material yang bertujuan untuk mengetahui sifat karakteristik dari masing-masing bahan penyusun beton.
3. Pembuatan benda uji yang terdiri dari :
  - Persiapan material
  - Pencetakan benda uji
4. Pengujian benda uji yang terdiri dari :

- Pengujian palu beton (*hammer test*) pada benda uji kubus dan benda uji portal beton bertulang
  - Pengujian menggunakan mesin uji kuat tekan beton (*universal testing machine*) dilakukan pada benda uji kubus.
5. Pengolahan hasil pengujian dan penarikan kesimpulan.

**Bagan alir penelitian**



**HASIL PENELITIAN**

**Berat Volume Beton**

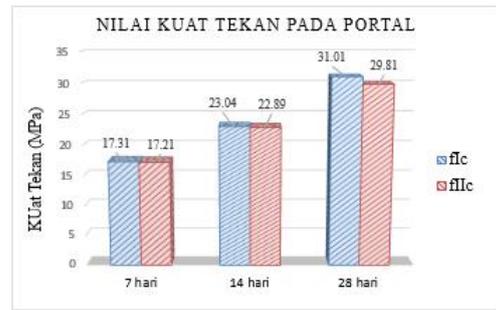
Tabel 1. Berat Rata-rata Volume Beton

No	Umur Beton (hari)	Berat Volume Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
1	7	2088.89
2	14	2120.74
3	28	2118.52

**Kuat Tekan Beton**

Tabel 2. Kuat Tekan dengan Menggunakan *Hammer Test* pada Benda Uji Portal Beton Bertulang

No	Umur beton	Nilai Rata-rata Kuat Tekan (MPa)	
		Portal sisi A	Portal sisi B
1	7	17.31	17.21
2	14	23.04	22.89
3	28	31.01	29.81



Grafik 2. Grafik f'c dan f''c

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan dari hasil *hammer test* pada portal beton bertulang sisi A dan sisi B mendapatkan hasil yang hampir sama, hal ini menunjukkan nilai pantul hasil tumbukan yang mengarah pada tulangan menunjukkan nilai yang relatif sama dengan tumbukan diluar tulangan.

Tabel 3. Kuat Tekan dengan Menggunakan *Hammer Test* pada Benda Uji Kubus 15x15x15 cm

No	Umur beton	Nilai Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
1	7	13.97
2	14	16.95
3	28	23.27



Gambar 3. Grafik f''c

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pengujian menggunakan *hammer test* pada benda uji kubus mendapatkan rata-rata hasil kuat tekan yang lebih rendah dari pengujian lainnya. Hal ini disebabkan alat pengunci kubus kurang memadai yang mengakibatkan terjadi goyangan pada saat pengujian dilakukan. Kestabilan benda uji sangat berpengaruh pada hasil pengujian menggunakan *hammer test*.

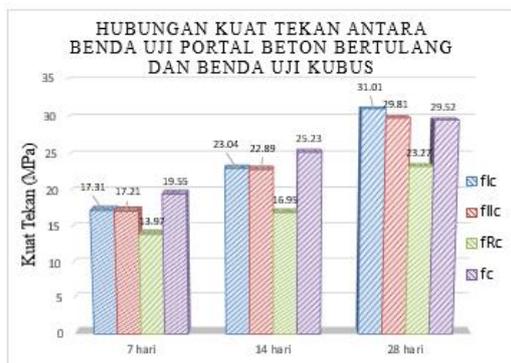
Tabel 4. Kuat Tekan dengan Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan pada Benda Uji Kubus 15x15x15 cm

No	Umur beton	Nilai Rata-rata Kuat Tekan (MPa)
1	7	19.55
2	14	25.23
3	28	29.52



Gambar 4. Grafik  $f_c$

Dari gambar diatas dapat dilihat nilai kuat tekan hasil pengujian menggunakan mesin uji kuat tekan pada benda uji kubus. Hasil pengujian ini digunakan sebagai acuan untuk pembandingan dengan hasil pengujian *hammer test*.



Gambar 5.  $f_c$ ,  $f'_c$ ,  $f^{Rc}$  dan  $f^{Rc}$

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat tekan menggunakan *hammer test* dan mesin uji kuat tekan mendapatkan hasil yang beragam, terutama untuk hasil pengujian menggunakan *hammer test* pada benda uji kubus yang mendapatkan perbedaan hasil yang cukup signifikan dengan pengujian benda uji lainnya. Faktor alat penunjang tentunya sangat berpengaruh pada hasil pengujian. Dari gambar diatas dapat dilihat pula nilai kuat tekan hasil pengujian *hammer test* pada portal dan mesin uji kuat tekan pada kubus menunjukkan hasil yang berbeda untuk setiap variasi umur beton. Pada

beton berumur 7 hari dan 14 hari hasil mesin uji kuat tekan lebih besar dari hasil *hammer test* sedangkan untuk umur beton 28 hari mendapatkan hasil sebaliknya.

Keterangan :

$f_c$  = Nilai Kuat Tekan menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan (MPa)

$f'_c$  = Nilai kuat tekan menggunakan *Hammer Test* pada Benda Uji Portal Beton Bertulang sisi A (MPa)

$f^{Rc}$  = Nilai kuat tekan menggunakan *Hammer Test* pada Benda Uji Portal Beton Bertulang sisi B (MPa)

$f^{Rc}$  = Nilai kuat tekan menggunakan *Hammer Test* pada benda uji kubus 15x15x15cm (MPa)

Tabel. 5 Prosentase Perbedaan Kuat Tekan menggunakan *Hammer Test* untuk  $f'_c$  dan  $f^{Rc}$

Umur Beton	$f_c$ (MPa)	$f'_c$ (MPa)	Prosentase Perbedaan (%)
7	17.31	17.21	0.58
14	23.04	22.89	0.65
28	31.01	29.81	3.87

Tabel ini menunjukkan perbedaan kekuatan untuk kedua sisi portal relatif kecil.

Tabel 6. Prosentase Perbedaan Kuat Tekan Menggunakan *Hammer Test* pada Benda Uji Portal Beton Bertulang dan Benda Uji Kubus

Umur Beton	$f_c$ (MPa) [a]	$f'_c$ (MPa) [b]	$f^{Rc}$ (MPa)	Prosentase Perbedaan [a] (%)	Prosentase Perbedaan [b] (%)
1	2	3	4	$5 = (2-4)/2$	$6 = (3-4)/3$
7	17.31	17.21	13.97	19.30	18.83
14	23.04	22.89	16.95	26.43	25.95
28	31.01	29.81	23.27	24.96	21.94

Tabel ini menunjukkan prosentase perbedaan kekuatan beton pada kedua benda uji menggunakan *hammer test*. Hasilnya menunjukkan perbedaan nilai yang cukup signifikan diakibatkan oleh beberapa faktor yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 7. Prosentase Perbedaan Kuat Tekan Beton pada Benda Uji Kubus menggunakan *Hammer Test* dan Mesin Uji Kuat Tekan

Umur Beton	$f^i_c$ (MPa)	$f_c$ (MPa)	Prosentase Perbedaan (%)
7	13.97	19.55	39.94
14	16.95	25.23	48.85
28	23.27	29.52	26.86

Tabel ini menunjukkan prosentase perbedaan kekuatan beton pada kubus menunjukkan perbedaan hasil yang cukup signifikan yang diakibatkan karena begitu rendahnya hasil pengujian menggunakan *hammer test*.

Tabel 8. Prosentase Perbedaan Kuat Tekan Beton pada Sampel Benda Uji Portal Beton Bertulang Menggunakan *hammer test* dan Sampel Benda Uji Kubus Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan

Umur Beton	$f_c$ (MPa) [a]	$f^i_c$ (MPa) [b]	$f_c$ (MPa)	Prosentase Perbedaan [a] (%)	Prosentase Perbedaan [b] (%)
7	17.31	17.21	19.55	12.94	13.60
14	23.04	22.89	25.23	9.51	10.22
28	31.01	29.81	29.52	4.80	0.97

Tabel ini menunjukkan prosentase perbedaan kekuatan beton pada kedua benda uji. Semakin lama umur beton tingkat perbedaannya semakin mengecil. Hanya berlaku sampai umur beton 28 hari.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

- Nilai kuat tekan beton yang diperoleh dari hasil *hammer test* pada benda uji portal beton bertulang baik portal sisi

A dan sisi B mendapatkan hasil yang relatif sama dengan prosentase perbedaan terbesar 3.87%.

- Untuk tulangan Ø10, hasil tumbukan *hammer* yang mengarah pada tulangan tidak berpengaruh pada nilai pantul yang dihasilkan.
- Kestabilan atau kekakuan dari benda uji sangat berpengaruh pada hasil pengujian menggunakan *hammer test*.
- Nilai rata-rata kuat tekan hasil hammer test pada benda uji portal beton bertulang dan mesin uji kuat tekan pada benda uji kubus mendapatkan hasil yang relatif sama dengan prosentase perbedaan terbesar 13.60%.

### Saran

Dalam penelitian ini didapati beberapa kendala yang mengakibatkan hasil yang diperoleh belum sepenuhnya akurat. Sehingga ada baiknya memperhatikan hal – hal berikut :

- Proses pencampuran bahan penyusun beton dilakukan 1(satu) kali untuk semua semua benda uji, untuk menjaga keseragaman campuran dan perlakuan yang sama.
- Dudukan pengunci kubus beton harus kaku agar supaya pada saat penembakkan *hammer test* tidak terjadi goyangan pada kubus yang mempengaruhi hasil pantul.
- Dibuat penelitian serupa untuk variasi umur beton yang lebih lama, untuk mengetahui apakah hasil yang akan didapat relatif sama atau tdiak.
- Melakukan penelitian menggunakan benda uji berbentuk lain.
- Dibuat penellitian serupan dengan menambah atau menggunakan metode pengujian kuat tekan yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, SNI 03 1974-1990, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, 1997, *Metode Pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton Dengan Alat Uji Palu Beton Type N dan NR*, SNI 03-44301997, Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional, 1998, *Metode angka Pantul Beton yang Sudah Mengeras*, SNI 03-4803-1998, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03 – 2847 -2002, Bandung.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, A., 2003, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Jogjakarta.
- Mawardi, Lubis, 2003, *Pengujian Struktur Beton dengan Metode Hammer Test dan Metode Uji Pembebanan (Load Test)*, USU Digital Library.
- Goni, Griffith, “*Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Struktur Bangunan dengan Menggunakan Hammer Test dan Sampel Benda Uji Kubus dengan Menggunakan Mesin Uji Kuat Tekan*”, Skripsi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Karundeng, Vilty Stilvan, “*Penerapan Metode Schimdt Hammer Test dan Core Drilled Test untuk Evaluasi Kuat Tekan Beton pada Ruang IGD RSGM UNSRAT Guna Alih Fungsi Bangunan*”, Skripsi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- S. Mindess and J.F. Young. 1981, *Concrete*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- American Society for Testing Material (ASTM). 1993. Annual Book of ASTM standart Section 4, Volume 04-02, “*Concrete and Agregates*”. Philadelphia, USA.