

PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP HASIL PENGUJIAN HAMMER TEST PADA KOLOM BETON BERTULANG

Andrew Yeheskiel Sembiring

Steenie. E. Wallah, Bonny M. M. Ointu

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email : andrewsembiring064@gmail.com

ABSTRAK

Hammer Test adalah pengujian mutu beton yang bersifat tidak merusak (*non destructive test*), *hammer test* bekerja dengan cara memukul permukaan beton yang akan di uji kemudian dari aksi tersebut akan di dapatkan nilai akibat dari pemantulan balik dari piston yang di pukulkan tadi, selanjutnya dari nilai pukulan balik tadi akan di olah menjadi data kuat tekan beton. Pada pengujian *hammer test* yang di lakukan pada bangunan beton bertulang, di dapati nilai karakteristik beton yang cenderung di anggap lebih tinggi jika di dibandingkan dengan rata-rata kuat tekan beton yang biasanya di gunakan untuk merencanakan sebuah bangunan.

Dari fenomena yang terjadi tersebut, peneliti menganggap hal itu bisa terjadi di akibatkan oleh beton yang sudah menjadi bangunan & sudah di bebani akan menjadi lebih kaku, sehingga nilai angka pantul beton yang didapat dari pengujian *Hammer test* menjadi lebih tinggi yang kemudian menyebabkan nilai kuat tekan beton menjadi lebih tinggi, tetapi hal itu juga belum bisa di pastikan karena pengujian *hammer test* biasanya di lakukan jauh setelah bangunan tersebut selesai di buat sehingga nilai kuat tekan awal yang di uji di laboratorium biasanya sudah tidak ada.

Pada penelitian ini di buat benda uji berupa kolom beton bertulang dengan ukuran penampang 15cm x 15cm dengan tinggi 100cm dan benda uji silinder ber diameter 10cm dan tinggi 20cm yang akan di bandingkan nilai kuat tekan dari masing-masing benda uji tersebut. Kemudian benda uji kolom beton bertulang juga akan di beri beban dan kemudian akan di lihat dan di bandingkan nilai kuat tekan dari kolom berdasarkan tiap variasi beban. Selain beban posisi pengujian juga di variasikan pada sepanjang sisi kolom, dimana di sepanjang sisi kolom di bagi menjadi 6 segmen untuk kemudian di uji dan di bandingkan.

Kemudian hasilnya di dapat nilai kuat tekan beton menggunakan *Hammer Test* sudah menunjukan nilai yang lebih tinggi dari hasil yang di dapat dari pengujian *Compression Machine* meskipun dengan tanpa penambahan beban, perbedaan kuat tekan yang di dapat sekitar 1MPa – 2 MPa. Pada penambahan beban juga di dapat hasil yang adalah berpengaruh yaitu penambahan beban mempengaruhi nilai angka pantul sehingga menaikkan hasil nilai kuat tekan yang di dapat menggunakan *Hammer Test*. Dan untuk variasi posisi pengujian di dapat posisi paling bawah yang memiliki nilai kuat tekan terbesar.

Kata kunci : Mutu Beton, *Hammer Test* Kolom, Pembebanan, Kolom

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan bahan yang paling sering digunakan dalam dunia konstruksi, Beton juga kita ketahui memiliki karakteristik yang kuat menahan gaya tekan namun tidak begitu kuat menahan gaya tarik. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton, ada beberapa bentuk metode pengujian kekuatan tekan beton yang kemudian di kelompokkan menjadi pengujian-pengujian yang bersifat tidak merusak (*non destructive test*), setengah merusak (*semi destructive test*) dan yang merusak secara keseluruhan komponen-komponen yang diuji (*destructive test*). Pengujian

yang bersifat tidak merusak (*non destructive test*) kita ketahui salah satunya adalah pengujian *Hammer Test*.

Hammer Test adalah pengujian mutu beton yang bersifat tidak merusak (*non destructive test*), prinsip kerja *hammer test* adalah dengan cara memukul permukaan beton yang akan diuji kemudian dari aksi tersebut akan di dapatkan nilai akibat dari pemantulan balik dari piston yang di pukulkan tadi, selanjutnya dari nilai pukulan balik tadi akan diolah menjadi data kuat tekan beton.

Pada pengujian *hammer test* yang pernah dilakukan pada bangunan yang menggunakan beton bertulang, di dapati nilai karakteristik beton yang cenderung dianggap tinggi jika dibanding-

kan dengan rata-rata kuat tekan beton yang biasanya digunakan untuk merencanakan sebuah bangunan.

Dari fenomena yang terjadi tersebut, peneliti menganggap hal itu bisa terjadi diakibatkan oleh beton yang sudah menjadi bangunan & sudah dibebani akan menjadi lebih kaku, sehingga nilai angka pantul beton yang didapat dari pengujian *Hammer test* menjadi lebih tinggi yang kemudian menyebabkan nilai kuat tekan beton menjadi lebih tinggi, hal itu juga belum bisa dipastikan karena pengujian hammer test biasanya dilakukan jauh setelah bangunan tersebut selesai dibuat sehingga nilai kuat tekan awal yang diuji di laboratorium biasanya sudah tidak ada

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan dilakukan penelitian yang akan membandingkan nilai kuat tekan beton, dimana akan dibuat sebuah model kolom yang sudah dibebani yang kemudian diuji menggunakan *Hammer test* dimana beban yang kemudian diberikan pada kolom akan divariasikan dan akan dibandingkan dengan kuat tekan beton yang akan diuji menggunakan alat uji kuat tekan di laboratorium,

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan keakuratan nilai *Hammer test* jika dibandingkan dengan pengujian kuat tekan beton menggunakan alat penguji kuat tekan beton, untuk mencari faktor yang mempengaruhi besarnya nilai uji kuat tekan beton menggunakan *Hammer test* di lapangan, untuk mengetahui pengaruh perubahan beban yang akan dipikul sebuah kolom beton bertulang terhadap nilai angka pantul yang akan didapat dari pengujian *Hammer test*.

Batasan Penelitian

Mengingat keterbatasan waktu dan biaya pelaksanaan penelitian, maka pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dimensi penampang kolom yang akan digunakan: 15 x 15cm
2. Pemeriksaan kuat tekan pada benda uji silinder 10/20 & Kolom dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari
3. Beban yang akan diberikan ke model kolom adalah sampai 1 ton
4. Bahan pembentuk kolom sebagai berikut :
 - Agregat kasar yang dipakai adalah batu pecah dari Lansot.

- Agregat halus yang dipakai adalah pasir dari Girian.
 - Air yang digunakan adalah air yang berasal dari sumur Fakultas Teknik UNSRAT Manado.
 - Semen Portland type I merek Tonasa
5. Tulangan yang akan dipakai adalah besi polos diameter 8mm
 6. Pengujian *Hammer test* & kuat tekan beton dilakukan di laboratorium struktur dan material Fakultas Teknik UNSRAT
 7. Beban yang akan divariasikan 100kg, 200kg, 300kg, 400kg, dan 500kg

Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, antara lain sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi untuk pengujian *Hammer test* pada kolom beton bertulang
2. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengaruh perubahan beban yang di pikul sebuah kolom terhadap nilai angka pantul yang akan didapat dalam pengujian *Hammer test*.
3. Penelitian ini dapat menambah wawasan dalam penggunaan *Hammer Test* terutama pada kolom beton bertulang yang akan diubah beban yang dipikul.
4. Menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti berikutnya yang akan meneliti tentang *Hammer test*

LANDASAN TEORI

Pengertian umum beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip-batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. (McCormac 2003)

Kelebihan beton antar lain:

- Dapat dengan mudah di bentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- Mampu memikul beban yang berat
- Tahan terhadap temperature yang tinggi
- Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan Beton:

- Bentuk yang telah di buat sulit di ubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Daya pantul suara yang besar

Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar, nilai kuat tarik berkisar antara 9%-15% kuat tekannya (Mulyono, 2004).

Material Pembentuk Beton

Pada pembuatan beton normal material yang di gunakan adalah semen, agregat, dan air, tetapi terkadang di tambahkan pula bahan tambahan untuk memodifikasi dan menambahkan sifat-sifat tertentu pada beton. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75% (Mulyono, 2004).

Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut (Mulyono, 2004).

Nilai-nilai kuat tekan beton seperti yang diperoleh dari hasil pengujian sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk dari elemen uji dan cara pembebanannya (McCormac 2003).

Nilai kekuatan beton dengan benda uji silinder dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (SNI 1974-2011).

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana:

- f'c = Kuat Tekan Beton (MPa)
- P = Gaya tekan aksial (N)
- A = luas penampang melintang benda uji(mm²)

Kolom Beton Bertulang

Jenis-Jenis Kolom Beton Bertulang

Beton biasa tidak digunakan pada kolom-kolom, tetapi dapat digunakan untuk pedestal yang tingginya tidak melebihi tiga kali dimensi lateral yang paling kecil. Kolom beton bertulang biasanya terdiri dari baja tulangan longitudinal

dan ditunjukkan oleh macam dari penguatan lateral yang diberikan pada tulangan-tulangan ini. Kolom ikat (Tied columns) mempunyai tulangan tulangan yang diperkuat atau diikat pada jarak-jarak tertentu dengan lilitan tertutup (closed loops) yang dinamakan sengkang (ties).

Kolom spiral (spiral columns) mempunyai tulangan tulangan (dan beton inti) yang dibungkus dengan tulangan spiral yang jaraknya berdekatan dan diameternya kecil Kolom komposit (composite columns) dapat terdiri dari profil baja struktural yang dikelilingi oleh tulangan-tulangan longitudinal dengan sengkang-sengkang atau spiral atau dapat terdiri dari tabung baja dengan kekuatan tinggi diisi dengan beton atau pipa baja yang diisi beton

Kolom ikat dan kolom spiral merupakan bentuk yang paling umum, Keduanya dapat berupa lingkaran, berbentuk segi delapan (octagonal), bujur sangkar, atau persegi. panjang pada penampang melintangnya, seperti yang diinginkan, Kolom ikat dapat juga dari profil L (Ferguson, 1995)

Hammer test

Hammer test adalah suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton. Disamping itu dengan menggunakan metode ini akan diperoleh cukup banyak data dalam waktu yang relatif singkat dengan biaya yang murah.

Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan juga setelah dikalibrasi, dapat memberikan pengujian ini adalah jenis "Hammer". Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur. (Lubis, 2003)

Cara Pengujian Hammer Test

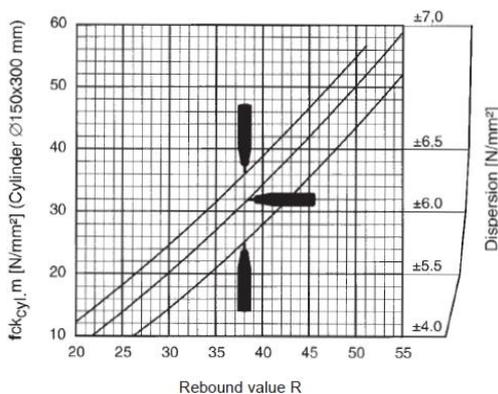
Pegang alat dengan kokoh sehingga posisi hulu palu tegak lurus dengan permukaan beton yang diuji. Tekan alat secara perlahan ke arah permukaan uji sampai palu pantul menumbuk hulu palu. Setelah tumbukan tahan tekanan pada alat dan apabila perlu tekan tombol pada sisi alat untuk mengunci hulu palu pada posisinya. Baca dan catat angka pantul pada skala untuk angka yang terdekat. Lakukan 10 titik bacaan pada setiap daerah pengujian dengan jarak masing-masing titik bacaan tidak boleh lebih kecil dari 25 mm.

Periksa permukaan beton setelah tumbukan, batalkan pembacaan jika tumbukan memecahkan atau menghancurkan permukaan beton karena terdapat rongga udara, dan ambil titik bacaan yang lain. (RSNI 4803:2000)

Konversi Angka Pantul Menjadi Kuat Tekan Beton

Nilai konversi angka pantul ke kuat tekan berbeda beda untuk tiap alat hammer test, untuk hammer test yang akan di gunakan yaitu Schmidt Hammer Test tipe N-34 nilai konversinya sudah di sediakan oleh pabrik dalam bentuk grafik

Conversion Curves, Concrete Test Hammer Model N/NR
Concrete pressure resistance of a cylinder after 14 - 56 days



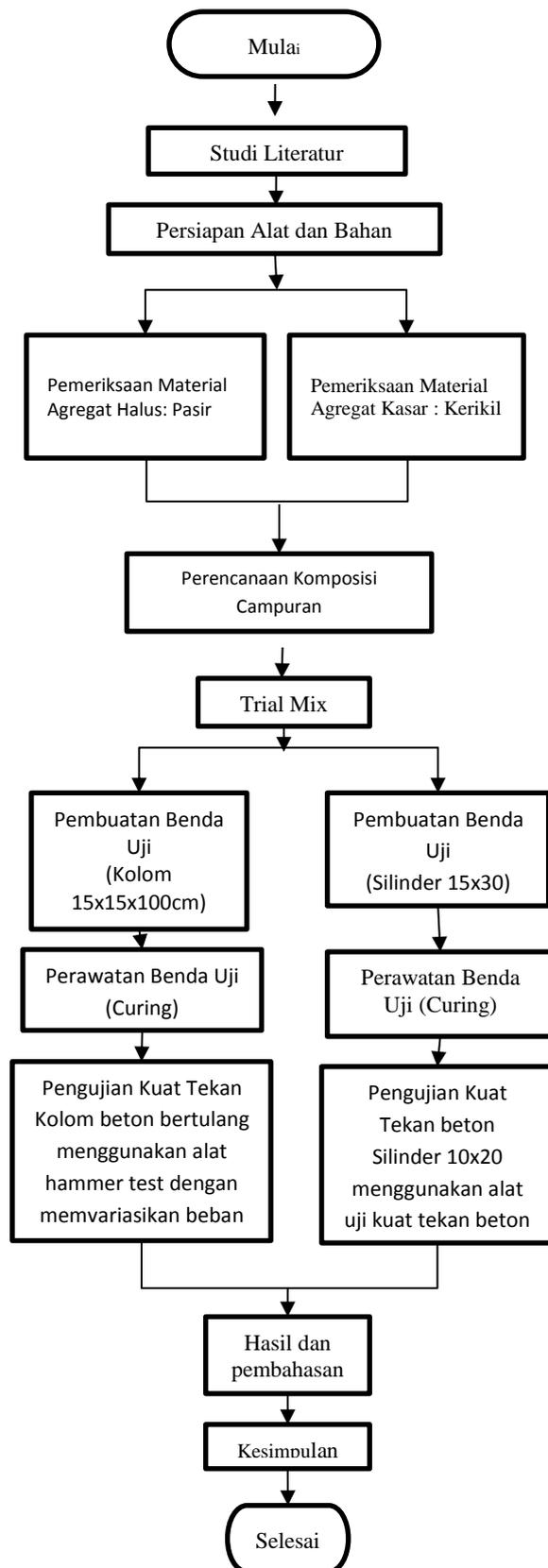
Gambar 1. Grafik nilai konversi angka pantul Hammer Test N-34 terhadap nilai kuat tekan beton

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pelaksanaannya di lapangan maupun di laboratorium, proses penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan persiapan dan pengerjaan, antara lain melakukan pemeriksaan karakteristik material yang akan digunakan, menghitung proporsi rencana untuk kuat tekan rencana beton yang diinginkan berdasarkan data karakteristik material yang telah didapat, kemudian merencanakan dimensi benda uji kolom yang akan dibuat, setelah itu masuk ke tahap pengecoran dan pengujian kuat tekan beton menggunakan alat Compression Test untuk benda uji silinder, dan pengujian Hammer Test untuk benda uji kolom beton bertulang.

Untuk beton yang digunakan dalam pembuatan kolom beton bertulang maupun silinder dalam pengujian ini adalah beton dengan proporsi untuk kuat tekan rencana $f'c = 25$ MPa, dan dicor bersamaan.

Diagram alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji kolom beton bertulang dan silinder dilakukan di laboratorium Rekayasa material Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Pengecoran benda uji kolom beton bertulang dan silinder menggunakan komposisi campuran yang sama dan dilakukan secara bersamaan.

Komposisi campuran

Tabel 1. Komposisi campuran untuk beton 1m³ dengan kuat tekan rencana 25 MPa

semen	(kg)	379,63
air	(kg)	205,00
agregat kasar	(kg)	736,23
agregat halus	(kg)	867,18

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agregat Halus Dan Kasar

Material yang di gunakan berasal dari Kema, dimana Modulus kehalusan butir sebesar 2,027, berat jenis kering sebesar 2,68, berat jenis SSD sebesar 2,72, berat volume padat sebesar 1408 kg/m³, berat volume gembur sebesar 1288 kg/m³, absorsi maksimum sebesar 11,92%, berat volume padat sebesar 1243 kg/m³, berat volume gembur sebesar 1172 kg/m³, kadar air sebesar 6,29%, zat organik warna nomor 1, kadar lumpur sebesar 0,24%.

Berat Volume Beton

Berat volume beton yang didapat dari komposisi campuran yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2. di bawah.

Tabel 2. Berat volume beton

Umur Beton Saat Pengujian	Berat Benda Uji	Berat Volume Benda Uji
(hari)	(kg)	(Kg/m ³)
7	3,46	2202,704
7	3,41	2170,873
7	3,44	2189,972
14	3,43	2183,606
14	3,39	2158,141
14	3,44	2189,972
28	3,46	2202,704
28	3,40	2164,507
28	3,43	2183,606

Sumber: Hasil Penelitian

Didapat berat volume beton rata-rata dari benda uji yaitu : 2182,898 kg/m³

Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Compression Machine

Pengujian kuat tekan beton ini menggunakan benda uji silinder 10/20 cm yang akan diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, dengan 3 sampel pada setiap umur pengujian beton

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan *compressin machine*

Umur Beton Saat Pengujian	Segmen Pada Sisi Beton	Angka pantul rata-rata segmen (R)
7 hari	1	30,1
	2	30,2
	3	29,8
	4	30,3
	5	30,6
	6	31,5
Rata-rata kolom (R)		30,42
14 hari	1	31,9
	2	30,8
	3	31,55
	4	32,25
	5	32,05
	6	33,45
Rata-rata kolom (R)		32,00
28 hari	1	34,9
	2	34,45
	3	34,5
	4	34,95
	5	35,1
	6	36,9
Rata-rata kolom (R)		35,13

Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Alat Hammer Test

Pengujian kuat tekan beton menggunakan hammer test dilakukan terhadap benda uji kolom beton bertulang yang di buat khusus untuk diuji menggunakan alat hammer test. Pengujian dilakukan pada setiap sisi dari beton, dan sepanjang kolom di buat 6 segmen yang berukuran 10x10cm dengan interval setiap 15cm, kemudian pada setiap kotak tersebut diuji sebanyak 5 titik tumbukan untuk selanjutnya akan dirata-ratakan dan akan dikonversikan menjadi nilai kuat tekan beton. Berikut adalah nilai angka pantul yang telah dirata-ratakan

Umur Beton Saat Pengujian	Segmen Pada Sisi Beton	Angka pantul rata-rata segmen (R)
7 hari	1	30,1
	2	30,2
	3	29,8
	4	30,3
	5	30,6
	6	31,5
Rata-rata kolom (R)		30,42

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan *Hammer Test*

Umur Beton Saat Pengujian	Kuat Tekan	Rata-rata kuat tekan
(Hari)	(MPa)	(MPa)
7	18,24	18,38
	18,29	
	18,62	
14	21,99	21,37
	21,40	
	20,73	
28	26,88	24,73
	24,18	
	23,12	

Perbandingan Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Compression Machine dan Hammer Test

Hasil pengujian menggunakan Compression machine dan hammer test menunjukkan hasil yang berbeda, hasil pengujian Hammer Test menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan hasil dari pengujian menggunakan alat Compression Macihne. Dimana hasil yang didapat adalah sebagai berikut :

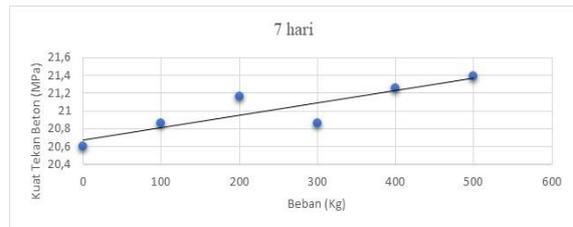
Tabel 5. Perbandingan hasil kuat tekan beton menggunakan *compressin machine & Hammer Test*

Umur Pengujian	Nilai Kuat Tekan Beton		Perbedaan Hasil
	<i>Hammer Test</i>	<i>Compression Machine</i>	
(hari)	(MPa)	(MPa)	(%)
7	20,41	18,38	9,95
14	22,79	21,37	6,23
28	25,82	24,73	4,22

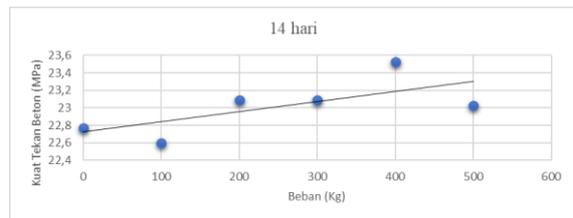
Pengaruh Variasi Pengujian Terhadap hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test

Perbandingan Hasil Pengujian terhadap Variasi Beban

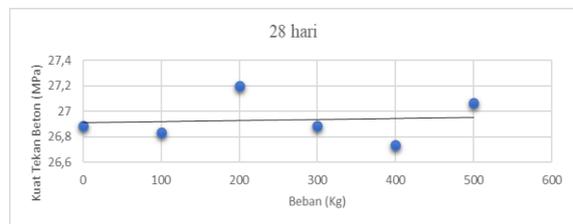
Setelah didapat nilai angka pantul dari pengujian Hammer Test, kemudian rata-ratakan hasil pengujian tersebut pada setiap variasi beban. Setelah didapat rata-rata angka pantul, kemudian plot kedalam grafik sehingga didapat nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton yang didapat bisa dilihat pada grafik.



Gambar 2. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi beban pada beton ber umur 7 hari



Gambar 3. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi beban pada beton ber umur 14 hari



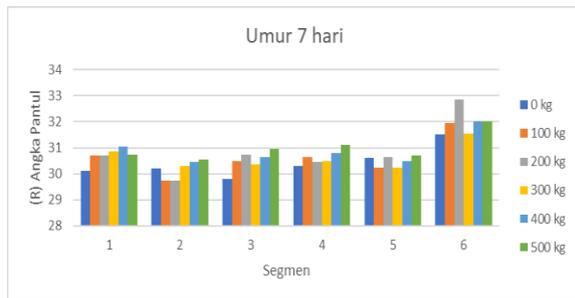
Gambar 4. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi beban pada beton ber umur 28 hari

Dari grafik di atas dapat dilihat variasi pembebanan cukup mempengaruhi hasil kuat tekan beton yang didapat dari pengujian hammer test. Hal tersebut dapat dilihat dari garis yang berwarna hitam (*Trend line*) yang menunjukkan bahwa hasil yang didapat cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan.

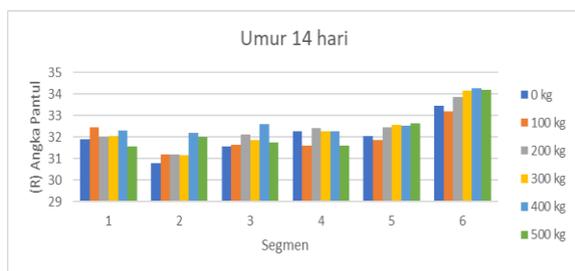
Perbandingan Angka Pantul pada Posisi Pengujian Sepanjang Sisi Kolom

Hasil yang didapat pada setiap segmen pada sisi kolom cukup bervariasi sehingga akan diplot kedalam grafik untuk dilihat dan dibandingkan

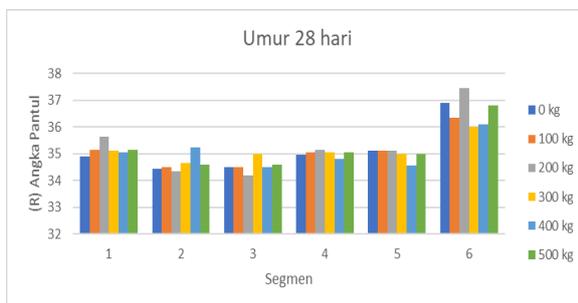
nilai angka pantul yang didapat pada setiap segmen pada sisi kolom.



Gambar 5. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi posisi pengujian pada sisi kolom dan variasi pembebanan pada beton ber umur 7 hari



Gambar 6. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi posisi pengujian pada sisi kolom dan variasi pembebanan pada beton ber umur 14 hari



Gambar 7. Grafik nilai angka pantul terhadap variasi posisi pengujian pada sisi kolom dan variasi pembebanan pada beton ber umur 28 hari

Pada grafik dapat dilihat nilai angka pantul yang didapat cenderung fluktuatif, hal ini menunjukkan adanya ketidakseragaman dari kekuatan beton pada kolom. Kemudian digrafik juga menunjukkan nilai angka pantul tertinggi ada pada segmen ke 6 atau bagian bawah dari kolom. kedua hal tersebut mungkin disebabkan oleh lebih padatnya beton pada bagian kolom terbawah yang mungkin dikarenakan pada saat penggetaran campuran beton dibagian bawah menjadi lebih padat.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Nilai angka pantul yang didapat pada saat beban yang di berikan sampai 500 kg cenderung meningkat, tetapi peningkatannya relatif kecil
2. Nilai kuat tekan yang didapat setelah mengkonversi nilai angka pantul yang di dapat dari pengujian hammer test tidak sama jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton yang didapat dari pengujian menggunakan alat *compression machine*, terbukti dengan hasil yang didapat yaitu pada umur 7 hari pada pengujian hammer test kuat tekan beton lebih tinggi 2,03 MPa, 14 hari 1,42 MPa, dan pada umur 28 hari 1,09 MPa jika dibandingkan dengan hasil dari pengujian menggunakan alat *compression machine*.
3. Kuat tekan pada kolom beton akan cenderung lebih besar pada bagian bawah kolom. hal ini mungkin disebabkan oleh gaya grafitasi yang menekan sehingga membuat beton lebih padat pada bagian bawah

DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Badan Standarisasi Nasional.,2011 .SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, Badan Standarisasi Nasional,Jakarta
- Ferguson, Phil M., 1995. *Dasar-dasar beton bertulang*, edisi keempat, versi S1, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Lubis, M., 2003. *Pengujian struktur beton dengan metode hammer test dan metode uji pembebanan (load test)*, library.usu.ac.id
- RSNI 4803:2000, Metode uji angka pantul beton keras (ASTM C 805-02)

PROCEQ SA ZURICH 2002 05 030 D/E/F, Schmidt Hammer Type N, L, NR, LR, Manual

McCormac, J. C., 2003. *Desain Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta