

PENGARUH PERBEDAAN WAKTU PEMADATAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON PADA BENDA UJI SILINDER BETON

Setyo Dwiantoro Sulistio, Prihantono, R.Eka Murtinugraha

Abstract

This research aims to determine the effect of time difference the compaction of the concrete compressive strength on cylindrical specimens in an effort to obtain the optimum compaction in concrete that is vibrated by internal vibrators with 7 treatment time vibrate ie, 0 seconds, 5 seconds, 10 seconds, 15 seconds, 20 seconds, 25 seconds, 30 seconds, for concrete mix design f'c 30 MPa and 55 ± 20 mm slump.

The research was conducted at the Materials Testing Laboratory PT. Adhimix Precast Indonesia in Jakarta in April-May 2012 with an experimental method in accordance with the Indonesian National Standard (SNI) and the American Society for Testing and Materials (ASTM). This study uses the design of concrete with f'c 30 MPa and 55 ± 20 mm slump, with a sample of 70 pieces of cylindrical specimens.

The results showed that there were significant effects of time difference the compaction of the concrete compressive strength, and produces the equation $Y = -0.0249x^2 + 1.0587x + 25.717$ dan $R^2 = 0.9732$ (97%). Average of the highest compressive strength at the time of compaction there is 20 seconds, 37.16 MPa, while the lowest values found at the time of 0 seconds, 25.03 MPa. The optimum time for concrete compaction f'c 30 MPa with a slump of 50 mm required 20 seconds.

Keywords : concrete compressive strength

PENDAHULUAN

Pemakaian beton saat ini merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam dunia konstruksi, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Ditinjau dari sudut estetika, beton hanya membutuhkan sedikit pemeliharaan. Selain itu, beton tahan terhadap serangan api. Sifat-sifat beton yang kurang disenangi adalah mengalami deformasi yang tergantung pada waktu dan disertai dengan penyusutan akibat mengeringnya beton serta gejala lain yang berhubungan dengan hal tersebut.

Setyo Dwiantoro Sulistio Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 13220	Drs. Prihantono, M.eng Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 13220 email prihantono2007@yahoo.co.id	R Eka Murtinugraha M.Pd Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 13220 email : r_ekomn@yahoo.com
---	---	--

Agar hasil akhir yang diperoleh memuaskan, dibutuhkan pengenalan yang mendalam mengenai sifat-sifat yang berkaitan dengan kinerja beton agar mendapatkan beton yang baik. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Menurut Mulyono (2003), kinerja yang menjadi perhatian penting para perencana struktur ketika merencanakan struktur yang menggunakan beton ada dua: kekuatan tekan dan kemudahan pengerjaan.

Menurut Lasino (2002), kurang sempurnanya cara pemadatan dapat mengurangi bahkan menyebabkan gagalnya suatu struktur beton seperti terjadinya *honeycomb* (mempunyai rongga udara), segregasi (pemisahan agregat), dan cacat beton lainnya yang semuanya mengakibatkan mundurnya kualitas beton sehingga tidak dapat memberikan kinerja yang optimum. Berbagai cara dan peralatan yang dapat digunakan untuk memadatkan beton, biasanya tergantung pada kelecakan beton (kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan) lokasi pekerjaan, jenis elemen dan persyaratan teknis lainnya yang harus dipenuhi. Menurut Mulyono (2003), pemadatan harus dilakukan sesuai dengan syarat mutu. Hal ini yang dapat dilakukan adalah melihat manual pemadat yang digunakan sehingga pemadatan pada campuran beton dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

Dapat disimpulkan pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogeny (seragam). Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya bleeding (kecenderungan air untuk naik kepermukaan beton). Untuk mendapatkan suatu hasil yang baik tidak hanya dipengaruhi oleh material penyusunnya dan jenis peralatan yang canggih serta lamanya penggetaran. Akan tetapi, juga sangat ditentukan pula dari sifat beton segar yang akan dibentuk dan pelaksanaan metode pembuatan beton. Hal ini, disebabkan untuk beton dengan kelecakan yang tinggi apabila dilakukan penggetaran yang terlalu lama akan mengakibatkan segregasi dan beton menjadi lemah.

Berdasarkan pemaparan di atas, penulis tertarik melakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder beton yang dihasilkan dari tingkat kelecakan (kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan) dan rancangan campuran beton tertentu.

METODA

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan dan Beton PT. Adhimix Precast, Kembangan, Jakarta Barat. Adapun waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai bulan Mei 2012. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perbedaan waktu pematatan terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder beton dalam upaya mendapatkan waktu pematatan yang optimum pada beton dengan ketentuan yang direncanakan. Pada penelitian ini terdapat dua jenis variable, yaitu :

1. Variabel bebas yaitu waktu penggetaran dengan menggunakan penggetar internal.
2. Variabel terikat yaitu kuat tekan beton (MPa).

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah :

1. Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah beton dengan rancangan campuran beton f_c 30 MPa dengan Slump 55 ± 20 mm.

2. Sampel

Sampel yang digunakan seluruhnya adalah benda uji silinder sebanyak 70 buah, masing-masing 5 buah benda uji pada tiap waktu yang diujikan, dengan umur 14 hari jumlah benda uji silinder 35 buah dan umur 28 hari berjumlah 35 buah benda uji silinder, sesuai dengan SNI-16-1991-03 tentang tata cara pembuatan benda uji minimal 3 buah.

Prosedur Penelitian terdiri dari 8 tahap pelaksanaan, yaitu:

1. Tahap persiapan
2. Tahap pemeriksaan bahan
3. Tahap rancangan campuran beton
4. Tahap pencampuran bahan
5. Tahap pembuatan benda uji
6. Tahap pematatan
7. Tahap perawatan benda uji
8. Tahap pengujian kuat tekan beton

Tahap Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dengan bahan semen portland, agregat halus, agregat kasar (split). Untuk campuran beton dengan mutu yang direncanakan adalah f_c 30 MPa, dengan pertimbangan slump 55 ± 20 mm.

Tahap Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai SNI 2493:2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium, benda uji yang digunakan pada tahap ini adalah benda uji silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm yang berjumlah 70 benda uji, dimana 35 buah benda uji untuk beton umur 14 hari dan 35 buah benda uji untuk beton umur 28 hari. Setelah melalui proses pengadukan, beton segar segera dituang ke wadah untuk diambil sampel uji kelecakan atau uji slump. Setelah melalui uji slump yang direncanakan yaitu 50 ± 20 mm, beton segar segera dituangkan ke dalam cetakan benda uji silinder.

Tahap Pemadatan

Tahap pemadatan dilakukan setelah beton segar sudah dalam cetakan benda uji. Pada tahap pemadatan ini alat yang digunakan adalah penggetar internal dan digetarkan pada tiap-tiap lapis. Untuk benda uji silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm, tahapan pemadatannya adalah dua lapis. Pada penelitian ini peneliti melakukan proses pemadatan dengan 7 perlakuan, yaitu :

1. Perlakuan pertama pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 0 detik pada masing-masing lapisan.
2. Perlakuan kedua pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 5 detik pada masing-masing lapisan.
3. Perlakuan ketiga pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 10 detik pada masing-masing lapisan.
4. Perlakuan keempat pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 15 detik pada masing-masing lapisan.
5. Perlakuan kelima pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 20 detik pada masing-masing lapisan.

6. Perlakuan keenam pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 25 detik pada masing-masing lapisan.
7. Perlakuan ketujuh pada proses pemadatan dengan penggetar internal adalah 30 detik pada masing-masing lapisan.

Tata cara pemadatan dengan penggetaran internal dengan tiap perlakuan pada beton yang diuji dengan benda uji silinder beton dilakukan sesuai tata cara pemadatan yang tertuang dalam SNI 2493:2011, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.

Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan SNI 1974:2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Setelah proses perawatan dengan waktu yang diinginkan sudah tercapai, kemudian langkah selanjutnya adalah tahapan pengujian kuat tekan beton.

Teknik Analisis Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode uji rata-rata hitung. Hasil pengolahan data akan dibuat dalam bentuk grafik, diagram dan histogram dengan bantuan program microsoft excel dan program SPSS versi 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir berasal dari Bangka Belitung (supplier PT.Bintang Binamitra), split berasal dari Rumpin-Bogor (supplier PT.Gunung Sampurna Makmur). Untuk pengujian bahan ini diperlukan masing-masing sekitar 5 kg. Bahan-bahan tersebut disiram selanjutnya dimasukkan kedalam kantung plastik dan didiamkan selama 24 jam. Bahan yang telah didiamkan selama 24 jam dikeluarkan dari kantung plastik dan dikondisikan sampai SSD, kemudian ditimbang beratnya dan dihitung berat jenis serta penyerapannya. Langkah selanjutnya, sebagian dari bahan-bahan tersebut diteliti kadar lumpur, kadar organik, gradasi butir agregat, dan kadar airnya.

Tabel 13. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian	Pasir	Split	Standar
Kadar Lumpur (%)	2.59	0.99	ASTM C.117-95 SNI 03-1754/1753-1990
Zat Organik	Lebih Tua	-	ASTM C.40-92 SNI 03-1755-1990
Modulus Halus Butir	2.48	7.02	ASTM C.33 SNI 03-1968-1990
Berat Jenis dan Penyerapan air :			
1. BJ kering	2.55	2.54	ASTM C.127-93
2. BJ SSD	2.60	2.60	SNI 03-1969/1970-2008
3. BJ Semu	2.69	2.75	
4. Penyerapan Air (%)	1.98 %	2.16 %	
Kadar Air (%) Tgl. 27 April 2012	6.70 %	0.99 %	ASTM C.70-94 SNI 03-1971-2011

Berdasarkan tabel di atas mengenai hasil uji terhadap bahan penyusun beton dapat diketahui bahwa bahan tersebut lolos uji Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing and Material* (ASTM) sebagai bahan campuran penyusun beton. Dari hasil uji analisa dan grafik saringan, diketahui bahwa pasir yang digunakan termasuk kedalam zona 3 (pasir halus) dan *split* termasuk pada ukuran maksimum 40 mm.

Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dengan bahan semen portland, agregat halus, agregat kasar (*split*). Untuk campuran beton dengan mutu yang direncanakan adalah $f'c$ 30 MPa, dengan pertimbangan slump 55 ± 20 mm, FAS 0.46, dan dari hasil uji penyerapan air, kadar lumpur dan berat jenis agregat, maka proporsi masing-masing bahan penyusun beton tersebut seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 14. Proporsi Bahan Campuran Beton per-meter kubik (m³)

Bahan	Berat
Semen Portland	370 kg
Air	170 kg
Pasir	499 kg
Batu Pecah (Split)	1348.5 kg
Jumlah	2387.5 kg

Proporsi tersebut akan dikoreksi sesuai dengan hasil uji kadar air sebelum dilakukan pencampuran bahan dalam pembuatan beton.

Hasil Pengujian *Slump*

Sebelum dilakukan pencetakan pada silinder, dilakukan uji slump terlebih dahulu, data hasil pengujian slump harus sesuai dengan perencanaan penelitian yaitu 55 ± 20 mm. Nilai slump yang didapat dari pengujian adalah 50 mm untuk pengadukan pertama dan 50 mm untuk pengadukan kedua, sesuai dengan nilai slump yang direncanakan yaitu 55 ± 20 mm. Setelah pengujian slump selanjutnya dilakukan pencetakan ke dalam cetakan benda uji silinder sebanyak 70 buah.

Tabel 15. Hasil pengujian *slump* beton segar

Nama Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> (mm)		
	Trial Mix 1 27-April-2012	Trial Mix 2 27-April-2012	Rata-Rata
V-B 0 detik	50	50	50
V-B 5 detik	50	50	50
V-B 10 detik	50	50	50
V-B 15 detik	50	50	50
V-B 20 detik	50	50	50
V-B 25 detik	50	50	50
V-B 30 detik	50	50	50

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan yang didapat merupakan hasil bagi dari beban maksimum yang diterima oleh benda uji dengan luas penampang benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk tiap perlakuan (tiap waktu yang diujikan) pada umur 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 16. Hasil kuat tekan beton pada umur 7 hari

DATA SAMPEL UJI KUAT TEKAN BETON (MPa) UMUR 7 HARI						
	Trial Mix 1 4 Mei 2012			Trial Mix 2 4 Mei 2012		
	1	2	3	4	5	
0	17.31	18.81	18.70	18.93	18.47	18.44
5	22.22	23.37	23.37	23.08	22.51	22.91
10	24.24	24.58	24.70	24.52	24.24	24.46
15	25.10	25.68	25.97	26.26	24.47	25.49
20	27.12	28.28	27.12	28.04	26.83	27.48
25	27.70	25.39	26.26	27.58	25.85	26.56
30	26.54	25.68	24.93	25.10	26.83	25.82

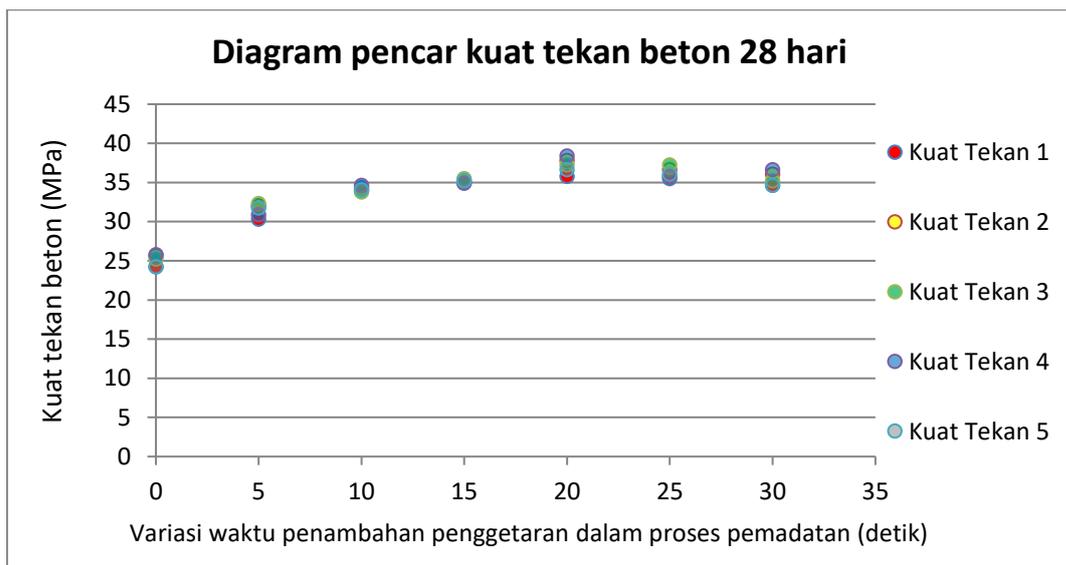
Tabel 17. Hasil kuat tekan beton pada umur 28 hari

DATA SAMPEL UJI KUAT TEKAN BETON (MPa) UMUR 28 HARI						
	Trial Mix 1 25 Mei 2012		Trial Mix 2 25 Mei 2012			
	1	2	3	4	5	
0	24.24	25.65	25.22	25.79	24.24	25.03
5	30.30	32.03	32.31	30.87	31.74	31.45
10	34.33	34.05	33.76	34.62	34.05	34.16
15	34.91	35.20	35.49	34.91	35.20	35.14
20	35.78	37.80	37.22	38.37	36.64	37.16
25	35.49	36.64	37.22	35.78	36.07	36.24
30	34.62	36.07	35.20	36.64	34.62	35.43

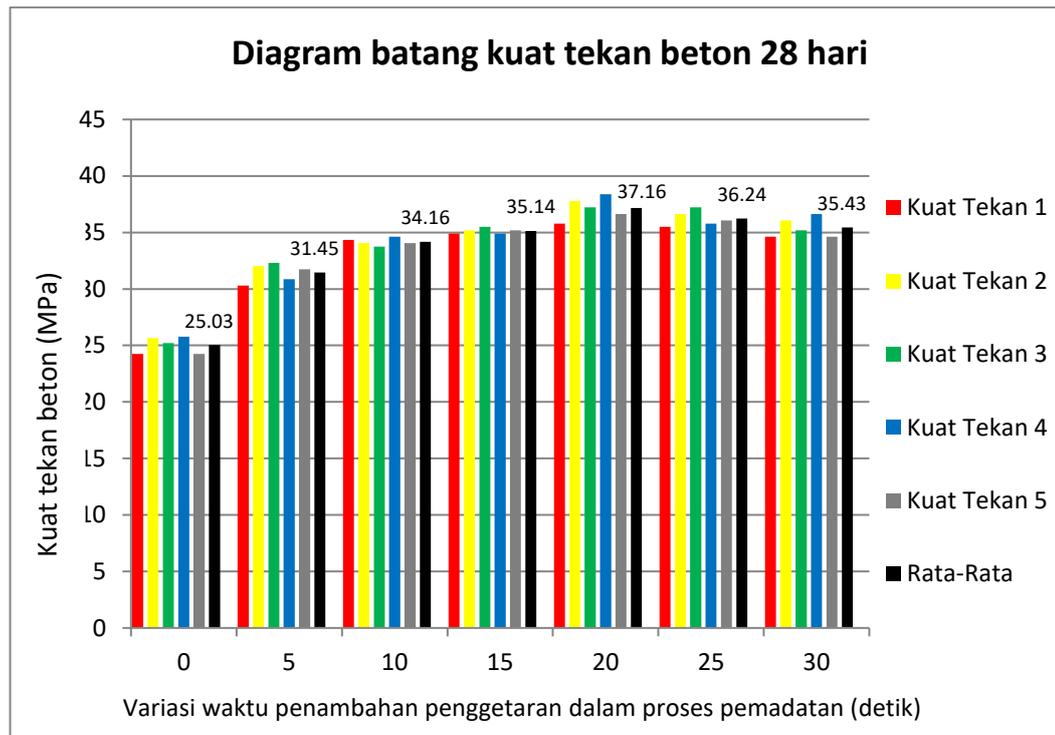
Tabel 18. Hasil rata-rata kuat tekan beton pada umur 28 hari

Waktu Pematatan (detik)	Nilai Kuat Tekan (MPa)				Std Deviasi	n
	Min	Mak	Rata-Rata	Rencana		
0	24.24	25.79	25.03	30	0.75	5
5	30.30	32.31	31.45	30	0.84	5
10	33.76	34.64	34.16	30	0.33	5
15	34.91	35.49	35.14	30	0.24	5
20	35.78	38.37	37.16	30	1.00	5
25	35.49	37.22	36.24	30	0.69	5
30	34.62	36.64	35.43	30	0.89	5

Pembahasan Hasil Penelitian



Gambar 2. Diagram pencar kuat tekan beton umur 28 hari dengan perlakuan waktu pematatan.



Gambar 3. Diagram batang hasil uji kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Dari diagram batang dan diagram pencar diatas nilai kuat tekan rata-rata tertinggi dicapai oleh beton dengan perlakuan waktu penggetaran 20 detik yaitu 27.48 MPa pada umur 7 hari dan 37.16 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan terendah dicapai oleh beton dengan perlakuan waktu penggetaran 0 detik yaitu 18.44 MPa pada umur 7 hari dan 25.03 MPa pada umur 28 hari.. Nilai rata-rata kuat tekan beton cenderung meningkat dan juga menurun seiring dengan penambahan waktu penggetaran pada proses pemadatan, walaupun pada penambahan waktu penggetaran yang berlebih 25 detik hingga 30 detik terjadi penurunan kuat tekan namun masih diatas dari hasil rata-rata kuat tekan 4 perlakuan lain yang diujikan dan memenuhi persyaratan kuat tekan minimum.

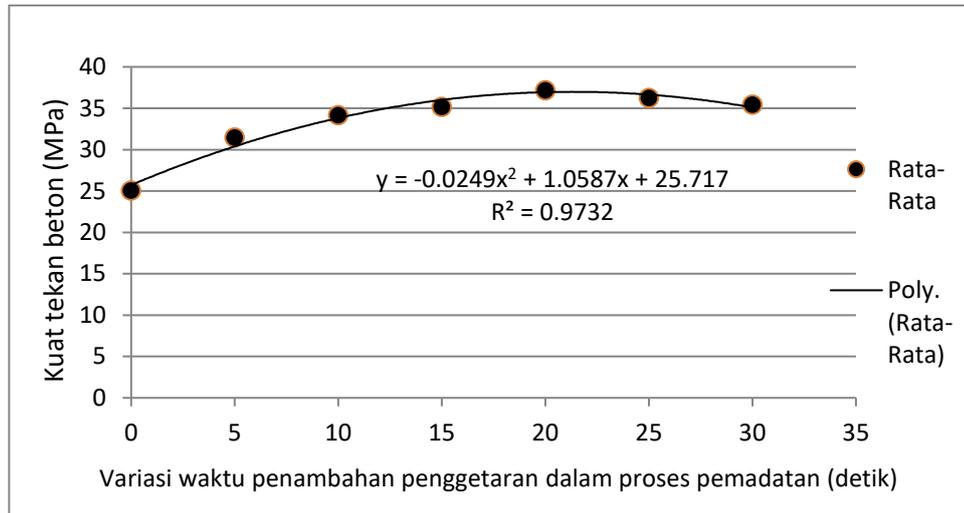
Hasil rata-rata kuat tekan beton yang mengalami perlakuan waktu pemadatan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan dan juga penurunan akibat perlakuan waktu penggetaran pada proses pemadatan dan juga memiliki titik puncak/titik maksimum yaitu pada waktu penggetaran 20 detik. Berdasarkan diagram diatas dapat disebutkan bahwa waktu pemadatan yang optimum adalah 20 detik. Dan dapat disimpulkan bahwa kurangnya beton mengalami waktu penggetaran pada proses pemadatan maka semakin menurun nilai kuat tekan

beton, dan semakin lama beton mengalami waktu penggetaran juga mengalami penurunan kuat tekan beton tetapi tidak terlalu signifikan. Untuk mendukung hasil pengujian sifat fisis dan mekanis, maka dilakukan pengamatan visual dan penggambaran terhadap penyebaran agregat dari beton yang dilepas dari cetakan benda uji, sehingga diketahui tingkat kekompakan, kepadatan dan segregasi yang terjadi.

Penyebab pertama menurunnya kuat tekan beton dikarenakan kurangnya waktu penggetaran pada proses pemadatan yang membuat beton tersebut tidak terjadi pencampuran yang homogen (seragam) atau kurang sempurnanya pemadatan. Penyebab kedua menurunnya kuat tekan beton apabila dilakukan penggetaran pada proses pemadatan yang terlalu lama akan menimbulkan pengaruh efek negatif terhadap beton yang dihasilkan di antaranya adalah terjadinya segregasi (pemisahan agregat), bleeding (kecenderungan air naik ke permukaan beton), dan beton menjadi lemah. Namun pada penelitian ini perlakuan waktu pemadatan dengan penggetaran 25 detik hingga 30 detik tidak terjadi bleeding (kecenderungan air naik ke permukaan beton) dan segregasi (pemisahan agregat), hanya terjadi kecenderungan pasta naik ke permukaan beton dan hasilnya masih memenuhi persyaratan kuat tekan beton, dikarenakan bahan material yang digunakan tergolong berkualitas baik, hal ini bisa dilihat dari penyerapan agregat, modulus halus butir dan berat jenis agregat yang digunakan dalam bahan pencampuran beton.



Gambar 4. Pengamatan visual dan penggambaran beton yang mengalami pengaruh perbedaan waktu pemadatan



Gambar 5. Garis *polynomial* pengaruh perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton.

Dari nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa tingkat pengaruh antara perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton tergolong signifikan. Besarnya pengaruh perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton ditentukan oleh koefisien korelasi (R) yaitu 0.9865, sehingga koefisien determinasi (R^2) yaitu 0.9732 atau 97%. Ini berarti bahwa meningkat dan menurunnya kuat tekan beton sebesar 97% dapat dijelaskan oleh besarnya perbedaan waktu pemadatan, melalui jenis garis *polynomial* yang persamaannya adalah $Y = -0.0249x^2 + 1.0587x + 25.717$. Dengan kata lain pengaruh perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton sebesar 97%, dan sisanya sebesar 3% ditentukan oleh faktor lain.

KESIMPULAN

1. Waktu pemadatan yang optimum pada beton dengan rancangan campuran f_c 30 MPa dengan slump 50 mm diperlukan waktu pemadatan 20 detik dengan penggetar internal. Rata-rata kuat tekan tertinggi terdapat pada beton dengan waktu pemadatan 20 detik yaitu 37.16 MPa.
2. Terdapat pengaruh yang signifikan antara perbedaan waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton dengan rancangan campuran f_c 30 MPa dan slump 50 mm. Melalui jenis garis *polynomial* yang persamaannya adalah $Y = -0.0249x^2 + 1.0587x + 25.717$ dan $R^2 = 0.9732$. Pengaruh waktu pemadatan terhadap kuat tekan beton sebesar 97%. dan sisanya sebesar 3% ditentukan oleh faktor lain.

3. Beton yang mengalami pengurangan waktu pemadatan yang optimum (20 detik) mengakibatkan turunya nilai kuat tekan beton yang signifikan, karena tidak terjadinya pemadatan yang homogen (seragam) dan berbentuk honeycomb (mempunyai rongga udara) menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata terendah yaitu sebesar 25.03 MPa. Untuk beton yang mengalami penambahan waktu pemadatan optimum dari 25 detik hingga 30 detik mengakibatkan turunya nilai kuat tekan beton yang tidak terlalu signifikan, dan menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 35.43 MPa.
4. Rata-rata kuat tekan beton cenderung naik dan turun seiring dengan penambahan waktu pemadatan, ini menunjukkan bahwa kurangnya waktu pemadatan dan berlebihnya waktu pemadatan beton akan mengalami turunya nilai kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji P, Purwono R. 2010. *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*. Surabaya: ITS-Press.
- American Society for Testing and Material. 1995. Vol.04.02, *Concrete and Aggregates*. Philadelphia: ATSM 1995.
- Amri, Sjafei. 2005. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Badan Standar Nasional. 1990. SNI 03-1750-1990, *Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 1990. SNI 03-1755-1990, *Agregat Halus Aduk Beton, Cara Penentuan Kadar Zat Organik*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990, *Agregat Halus dan Kasar, Metode Pengujian Analisis Saringan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 1995. SNI 03-3976-1995, *Tata Cara Pengadukan Pengecoran Beton*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2008. SNI 1969:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2008. SNI 1970:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

- Badan Standar Nasional. 2011. SNI 1971:2011, *Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2011. SNI 1974:2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standar Nasional. 2011. SNI 2493:2011, *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Lasino. 2002. *Penelitian Pengaruh Derajat Pematatan Terhadap Sifat-Sifat Beton*. <http://pustaka.pu.go.id/new//katalog-detail.asp?kode=PUSKIM-000008&jenis=ARMA.html> [22 Feb 2012].
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Jakarta: ANDI Yogyakarta.
- Nugraha EM. 2008. "Statika (Teknik Analisis Data), Program S1 Teknik Sipil, UNJ" Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Nugraha P, Antonio. 2007. *Teknologi Beton*. Jakarta: ANDI Yogyakarta.
- Purwono R, Tavio MS, Imran I, Gusti IPR. 2007. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung*. Surabaya: ITSPress.
- Pusat Pengembangan Teknologi Informasi. 2009. "Modul Pelatihan SPSS" Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Septiandini, Erna. 2007. "Rencana Program Kegiatan Pembelajaran Semester (RPKPS) dan Bahan Ajar Mata Kuliah Praktek Uji Bahan, Prodi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNJ" Jakarta: Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta.
- Sudjana. 2005. *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.