

PENGARUH PENAMBAHAN WAKTU PENGADUKAN TERHADAP NILAI SLUMP DAN KUAT TEKAN BETON

("Studi perilaku beton rancangan campuran mutu $f_c' 22,5$ Mpa yang mengalami penambahan waktu pengadukan")

Prihantono

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan waktu pengadukan terhadap kuat tekan beton dengan beton rancangan campuran $f_c' 22,5$ MPa. dengan variasi pengadukan standar, +10 menit, +20 menit +30 menit +40 menit +50 menit, +60 menit, +70menit, +80menit, dan +90menit terhadap kuat tekan beton.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Uji Bahan PT Jaya Readymix Jakarta pada bulan Mei-September 2008 dengan metode eksperimen sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) .

Berdasarkan hasil analisa rata-rata hitung, diketahui bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan waktu pengadukan terhadap kuat tekan beton. Rata-rata kuat tekan tertinggi terdapat pada beton dengan pengadukan standar yaitu 32,08 MPa. Dan terendah terdapat pada beton dengan penambahan waktu pengadukan selama 80 menit yaitu 23,05 MPa.

Rata-rata kuat tekan beton cenderung menurun seiring dengan penambahan waktu pengadukan, ini menunjukkan bahwa semakin lama beton mengalami pengadukan semakin rendah kuat tekannya. Dan rata-rata penurunan kuat tekan sebesar 14,26%.

Dari hasil pengujian nilai slump yang didapat memiliki kecenderungan negatif. Dan rata-rata penurunan nilai slumpnya adalah 1,28 cm.

Kata kunci : Waktu pengadukan, slump dan kuat tekan

PENDAHULUAN

Dalam pengiriman beton jadi ke lokasi proyek akibat dari kemacetan, maka beton tersebut terjadi pengerasan yang berlebihan sehingga mengakibatkan beton basah menjadi lebih kental. Dengan kejadian seperti ini maka kemampuan workabilitynya berkurang.

Prihantono

Staf Pengajar Jurusan Teknis Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Pada pelaksanaan pengecoran sangat mungkin terjadi penundaan pengecoran. beton readymix terus berputar selama penundaan pengecoran dan kita ingin mengetahui apakah beton yang mengalami proses penambahan waktu pengadukan masih baik dipakai atau mutunya akan berkurang. Peneliti ingin mengetahui proses pengadukan akan menyebabkan percepatan waktu pengikatan atau memperlambat waktu pengikatan pada beton normal. Batas penundaan yang masih dapat di toleransi adalah sesuai dengan lamanya pengikatan beton.

Waktu pengadukan berkaitan dengan waktu pengikatan beton. Proses pengadukan memberikan 2 kemungkinan yakni mempercepat waktu pengikatan dan memperlambat waktu pengikatan.

Pada pelaksanaan pengecoran sering terjadi hambatan yang menyebabkan penundaan. Penundaan pengecoran memaksa beton untuk terus berada dalam mesin pengaduk dan terus mengalami proses pengadukan. Selama proses pengadukan berlangsung nilai *slump* akan turun seiring dengan lamanya waktu pengadukan. Akan terjadi perbedaan antara beton yang mengalami proses pengadukan yang sesuai standar dengan beton yang terlalu lama berada di mesin pengaduk, dan mengalami gangguan pengadukan secara mekanis. Penambahan waktu pengadukan akan mengakibatkan kehilangan faktor air semen akibat penguapan beton segar serta akibat terserap oleh agregat. Penundaan lebih dari 4 jam akan menyebabkan penurunan kekuatan.

Pada penelitian ini digunakan 10 macam variasi penambahan waktu pengadukan yaitu: pengadukan standar, penambahan waktu pengadukan 10menit, penambahan waktu pengadukan 20menit, penambahan waktu pengadukan 30menit, penambahan waktu pengadukan 40menit, penambahan waktu pengadukan 50menit, penambahan waktu pengadukan 60menit, penambahan waktu pengadukan 70menit, penambahan waktu pengadukan 80menit, dan penambahan waktu pengadukan 90menit. diantara macam variasi waktu pengadukan terdapat pengaruh terhadap kuat tekan beton dan akan diketahui pada posisi variasi tertentu didapatkan kuat tekan yang optimum.

Kelecakan (Workability)

Workability adalah bahwa bahan-bahan setelah diaduk bersama menghasilkan adukan yang sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang, dicetak dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu.

Slump

Slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat.

Pengertian Beton

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, air dan semen portland (bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis) yang disebut adukan (Mortar) [DirJenderal Cipta Karya, 1980,58]

Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dengan berat semen. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun tidak berarti semakin sedikit FAS akan semakin tinggi kekuatannya. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pelaksanaan pengerjaannya dan tidak terjadi proses hidrasi yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

Waktu Pengikatan Semen

Pada pelaksanaan pengecoran sangat mungkin terjadi penundaan penuangan beton. Batas penundaan yang masih dapat di toleransi adalah sesuai dengan lamanya pengikatan beton. Lamanya waktu pengikatan awal beton selama 2 jam dan pengikatan akhir selama 4 jam. Dengan penundaan selama 2 – 2,5 jam kuat tekan beton masih dapat tercapai. Penundaan akan mengakibatkan kehilangan faktor air semen akibat penguapan beton segar serta akibat terserap oleh agregat. Penundaan lebih dari 4 jam akan menyebabkan penurunan kekuatan. [Tri Mulyono, 2004, 225]

Waktu Pengikatan Beton

Untuk pengukuran setting time (waktu ikat) dari beton dapat dilakukan dengan mengayak beton dengan ayakan 5mm (No. 4 ASTM) untuk memisahkan mortar dan agregat kasar. Mortar yang terkumpul diuji dengan pegas yang disebut proctor probe. Waktu mortar tersebut mempunyai ketahanan penetrasi sebesar 3,5 MPa (500 psi) dan 27,6 MPa (4000 psi) dicatat sebagai initial setting dan final setting. Initial setting menunjukkan bahwa beton sudah

kaku untuk dipindahkan dan dibentuk dengan vibrasi. Pada saat final setting, kuat tekan beton dengan specimen silinder terukur 0,7 MPa (100psi) [Paul Nugraha dan Antonio,2007, 255]

Pengadukan Beton

Pengadukan beton harus dilakukan dengan baik hal ini dimaksudkan agar meratanya campuran yang sempurna sehingga diperoleh campuran yang homogen. Pengadukan beton yang tidak sempurna akan mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila di bebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Secara umum kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: metode perancangan, proporsi bahan penyusunnya, jenis semen dan kualitasnya, jenis dan bentuk bidang permukaan agregat, pengadukan beton, pemadatan beton, perawatan, umur beton.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui terdapatnya pengaruh penambahan waktu pengadukan dengan variasi penambahan 10menit, 20menit, 30menit, 40menit, 50menit, 60menit, 70menit, 80menit, dan 90 menit terhadap nilai slump dan kuat tekan beton pada rancangan campuran beton mutu 22,5 MPa.

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium.

Populasi dalam penelitian ini adalah beton dengan rancangan campuran mutu f_c' 22,5 MPa yang mengalami penambahan waktu pengadukan.

Sampel dalam penelitian ini adalah benda uji yang dikelompokkan menjadi 4 perlakuan, masing-masing 5 buah benda uji setiap perlakuan (variasi penambahan 10menit, 20menit, 30menit, 40menit, 50menit, 60menit, 70menit, 80menit, dan 90 menit). pada rancangan campuran beton mutu f_c' 22,5 MPa. Dan pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari. Sehingga jumlah seluruh sampel yang digunakan penelitian ini sebanyak 50 buah (5 buah benda uji x 10 perlakuan ; untuk umur pengujian 28 hari).

Pada penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu: (1) Variabel bebas adalah penambahan waktu pengadukan dari pengadukan standar menjadi ditambah 10menit, 20menit, 30menit,

40menit, 50menit, 60menit, 70menit, 80menit, dan 90menit dengan beton rancangan campuran $f_c' 22,5\text{MPa}$. (2) Variabel terikat adalah kuat tekan beton.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah peralatan pemeriksaan bahan, mesin pengaduk beton, alat uji *slump* dan mesin uji kuat tekan yang telah dikalibrasi. Untuk mencatat hasil pengujian digunakan alat bantu berupa lembar observasi.

Prosedur penelitian ini terdiri dari 7 tahap pelaksanaan, yaitu:

1. Tahap persiapan
2. Tahap pemeriksaan bahan
3. Tahap rancangan campuran beton
4. Tahap pengujian beton segar
5. Tahap pembuatan benda uji
6. Tahap pemeliharaan benda uji
7. Tahap pengujian kuat tekan beton.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan beberapa perlakuan benda uji, yaitu pengadukan standard dan pengadukan dengan variasi Penambahan 10menit, 20menit, 30menit, 40menit, 50menit, 60menit, 70menit, 80menit, dan 90 menit.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir berasal dari Lampung (*supplier* PT. KTP), *split* berasal dari Rumpin-Bogor (*supplier* PT. Kusumo), dan *screening* berasal dari Rumpin-Bogor (*supplier* PT. Jaya Quarry).

Hasil pengujian bahan yang dilakukan pada bahan dasar pembuatan beton normal dapat dilihat pada tabel 1 .

Berdasarkan tabel 1 mengenai hasil uji terhadap bahan penyusun beton dapat diketahui bahwa beton tersebut lolos uji Standar Nasional Indonesia (SNI), sehingga dapat digunakan sebagai campuran pada beton normal. Dari hasil uji analisa dan graaik saringan diketahui bahwa pasir yang digunakan termasuk kedalam zona 3 (pasir agak halus) dan split termasuk pada ukuran maksimum 40 mm.

Tabel 1. Hasil pengujian Agregat

Pengujian	Pasir	Split	Screening	Standar
Kadar Lumpur	0,96	0,81	4,0	SNI 03-1754/1753-1990
Zat organis	Sama dengan contoh	-	-	SNI 03-1755-1990
Modulus kehalusan butiran	1,86	7,045	5,540	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis dan penyerapan air:				SNI 03-1969/1970-1990
BJ kering	2,596	2,510	2,570	
BJ (SSD)	2,620	2,600	2,630	
Bj semu	2,670	2,740	2,730	
Penyerapan air	1,110	3,320	2,17	
Kadar air (%)				SNI 03-1971-1990
Tgl.13 Agust 2008	4,2	3,23	2,31	
Tgl.21 Agust 2008	4,25	3,22	2,29	

Perhitungan Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton ini dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-200 tentang "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal" sesuai dengan data-data hasil uji pemeriksaan agregat dengan bahan semen *Portland*, agregat halus, split, dan screening. Untuk campuran kuat tekan beton dengan mutu yang direncanakan adalah 22,5 MPa. Dengan pertimbangan faktor air semen (FAS) 0,515 dan dari hasil uji penyerapan air, kadar air dan berat jenis agregat, maka proporsi masing-masing bahan penyusun beton tersebut seperti pada tabel 2

Tabel 2. Proporsi bahan pencampur beton

Bahan	Berat per meter kubik
Semen komposit	359 kg/m ³
Air	183 kg/m ³
Agregat halus	576 kg/m ³
Agregat kasar split	938 kg/m ³
Agregat kasar screening	313 kg/m ³

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

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.

Tabel 3. Hasil kuat tekan beton normal yang mengalami penambahan waktu pengadukan

DATA SAMPEL UJI KUAT TEKAN BETON (MPa)					
	Trial mix 1			Trial mix 2	
	1	2	3	4	5
Standar	32.29	31.41	32.73	32.07	31.89
+ 10 menit	32.07	31.89	31.39	31.41	30.66
+ 20 menit	30.86	31.04	31.41	30.91	30.95
+ 30 menit	28.15	29.49	29.97	27.71	28.25
+ 40 menit	27.97	29.87	25.86	28.34	26.67
+ 50 menit	26.90	26.28	27.25	26.94	25.69
+ 60 menit	25.24	25.90	24.99	25.43	28.34
+ 70 menit	25.68	23.85	25.04	25.18	22.87
+ 80 menit	22.68	23.58	22.85	22.51	23.73
+ 90 menit	23.10	23.39	25.13	22.57	24.93

Tabel 4. Hasil rata-rata kuat tekan beton normal yang mengalami penambahan waktu pengadukan

	Nilai Kuat Tekan (MPa)			
	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Rencana
Standar	31.41	32.73	32.08	22.50
+ 10 menit	30.66	32.07	31.48	22.50
+ 20 menit	30.86	31.41	31.04	22.50
+ 30 menit	27.71	29.97	28.71	22.50
+ 40 menit	25.86	29.87	27.74	22.50
+ 50 menit	25.69	27.25	26.61	22.50
+ 60 menit	24.99	28.34	25.98	22.50
+ 70 menit	22.87	25.68	24.53	22.50
+ 80 menit	22.51	23.73	23.07	22.50
+ 90 menit	22.57	25.13	23.82	22.50

Hasil Pengujian Slump Beton Segar

Tabel 5. Hasil Pengujian Slump Beton Segar yang mengalami penambahan waktu pengadukan.

	Nilai Slump (cm)		
	Trial mix 1 14-08-2008	Trial mix 2 22-08-2008	Rata-rata
Standar	11.5	11.5	11.5
+ 10 menit	10	10	10
+ 20 menit	9	9	9
+ 30 menit	6.5	6.8	6.65
+ 40 menit	5	5.1	5.05
+ 50 menit	4	4.2	4.1
+ 60 menit	3.2	3	3.1
+ 70 menit	2	2.5	2.5
+ 80 menit	1.5	1.2	1.35
+ 90 menit	0	0	0

Hasil Pengukuran Suhu Beton Segar

Tabel 6. Hasil Pengukuran Suhu Beton Segar yang mengalami penambahan waktu pengadukan

	Suhu (°C)				
	Trial mix 1 14-08-2008		Trial mix 2 22-08-2008		Rata-rata Selisih Suhu
	Beton	Ruang	Beton	Ruang	
Standar	32	31.5	32.5	32	0.5
+ 10 menit	32	1.5	32.5	32	0.5
+ 20 menit	32	31	32	31.5	0.75
+ 30 menit	31.5	30.5	32	31.5	0.75
+ 40 menit	31.5	30	32	31.1	1.2
+ 50 menit	31.2	29.7	32	31.1	1.2
+ 60 menit	31.2	29.5	32	31	1.35
+ 70 menit	31	29	32	30.8	1.6
+ 80 menit	31	29	32.1	30.5	1.8
+ 90 menit	31	28.5	32.2	30	2.35

Hasil Pengujian Berat Isi Beton

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar yang Mengalami Penambahan Waktu Pengadukan

	Berat Isi Beton (Kg/m ³)		
	Trial mix 1 14-08-2008	Trial mix 2 22-08-2008	Rata-rata
Standar	2346.25	2347.50	2346.88
+ 10 menit	2346.25	2348.75	2347.50
+ 20 menit	2348.75	2351.25	2350.63
+ 30 menit	2350.00	2351.25	2350.00
+ 40 menit	2351.25	2352.50	2351.88
+ 50 menit	2352.50	2353.75	2353.13
+ 60 menit	2353.75	2355.00	2354.38
+ 70 menit	2356.25	2357.50	2356.88
+ 80 menit	2358.75	2358.75	2358.75
+ 90 menit	2360.00	2360.00	2360.00

Hasil pengujian Faktor Kehilangan Air Berdasarkan Perbedaan Berat Beton Segar Dengan Berat Beton Kering

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton normal yang mengalami penambahan waktu pengadukan

	Data Berat Benda Uji per Cetakan (Kg)				
	Trial mix 1 14-08-2008		Trial mix 2 22-08-2008		Rata-rata Selisih Berat Beton
	Beton segar	Beton kering	Beton segar	Beton kering	
Standar	3.765	3.753	3.787	3.773	0.0129
+ 10 menit	3.765	3.745	3.770	3.750	0.0200
+ 20 menit	3.770	3.735	3.797	3.770	0.0308
+ 30 menit	3.773	3.733	3.763	3.725	0.0383
+ 40 menit	3.793	3.749	3.830	3.787	0.0429
+ 50 menit	3.780	3.734	3.830	3.783	0.0458
+ 60 menit	3.773	3.725	3.787	3.738	0.0471
+ 70 menit	3.775	3.725	3.857	3.804	0.0500
+ 80 menit	3.788	3.730	3.783	3.727	0.0571
+ 90 menit	3.800	3.738	3.760	3.700	0.0613

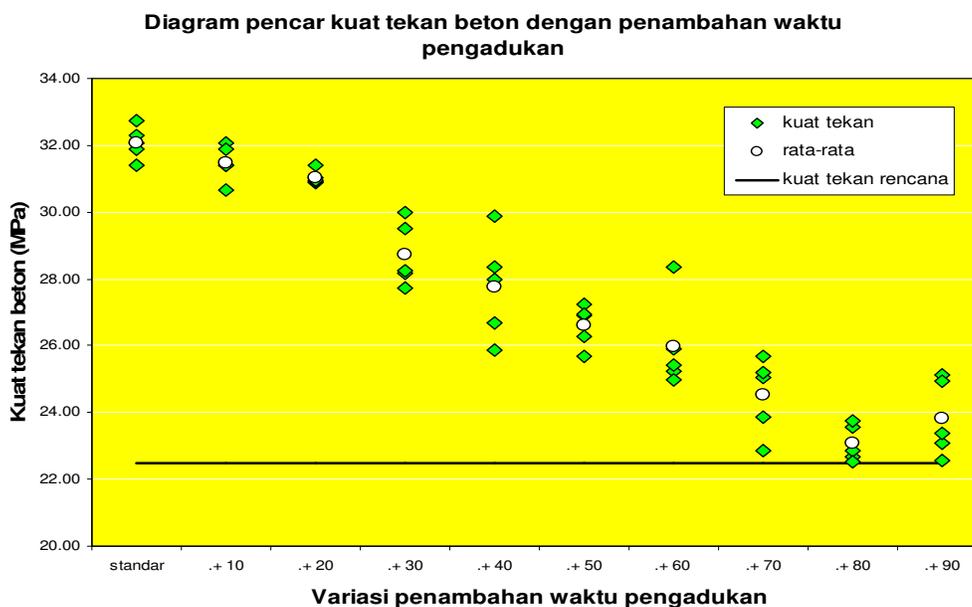
Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Beton

Tabel 9. Hasil Pengujian Waktu Ikut Beton yang Mengalami Penambahan Waktu Pengadukan

	Waktu Ikut Beton (menit)		
	Trial mix 1 14-08-2008	Trial mix 2 22-08-2008	Rata-rata
Standar	4 jam 43 menit	4 jam 42 menit	4 jam 42 menit
+ 30 menit	4 jam 36 menit	4 jam 35 menit	4 jam 36 menit
+ 60 menit	4 jam 30 menit	4 jam 28 menit	4 jam 29 menit
+ 90 menit	4 jam 25 menit	4 jam 24 menit	4 jam 25 menit

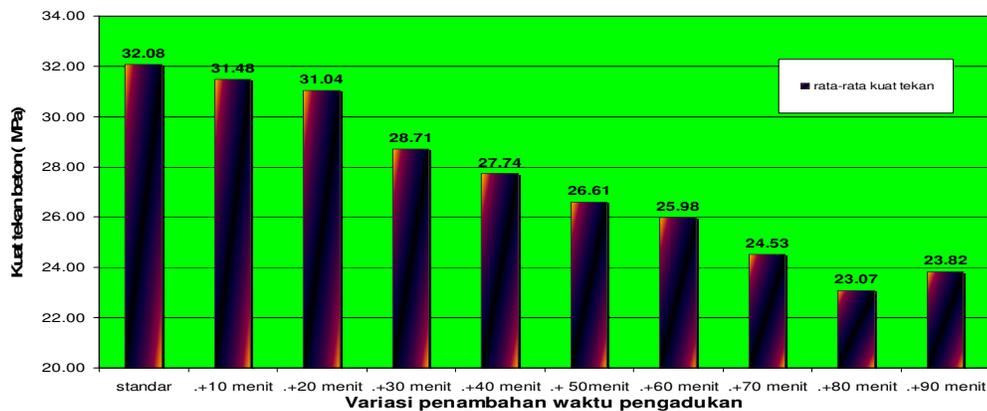
Hubungan Penambahan Waktu Pengadukan Terhadap Kuat Tekan Beton

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada trial 1 maupun trial 2, data kuat tekan beton pada umur 28 hari di kelompokkan menurut masing masing perlakuan dapat dilihat dari tabel. Kumpulan data tersebut dapat dibuat dalam diagram pencar sebagai berikut:



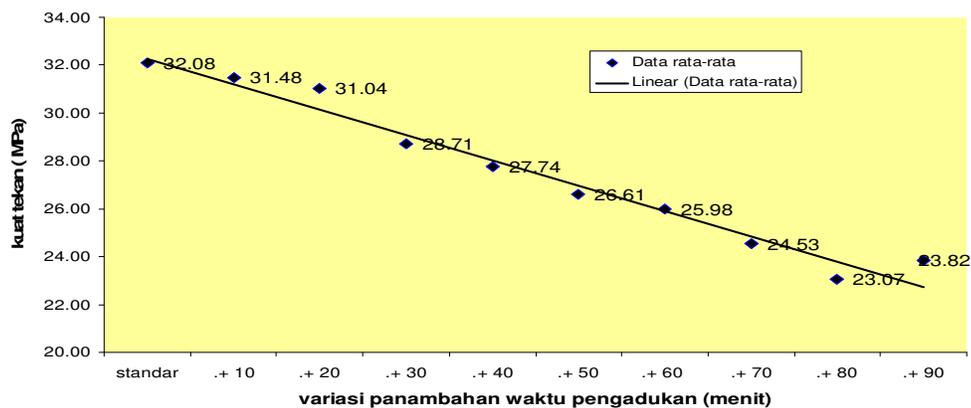
Gambar 1. Diagram pencar data kuat tekan beton dengan penambahan waktu pengadukan.

Berdasarkan diagram diatas didapat nilai kuat tekan maksimum terdapat pada pengadukan standar yakni 32,73 MPa dan nilai kuat tekan minimum terdapat pada pengadukan yang mengalami penambahan waktu aduk 80 menit yakni 22,57MPa. Jika dilihat dari karakteristiknya (kuat tekan), beton yang memiliki desain rencana f_c' 22,5 MPa dengan margin sebesar +12 Mpa masih memenuhi persyaratan minimum, meskipun mengalami penambahan waktu pengadukan selama 90 menit. Data kuat tekan dalam kelompok tersebut diatas dihitung rata-ratanya setiap perlakuan. Dari nilai rata-rata tersebut dapat dibuatkan dalam bentuk histogram dan grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Histogram hasil uji kuat tekan beton dengan penambahan waktu pengadukan.

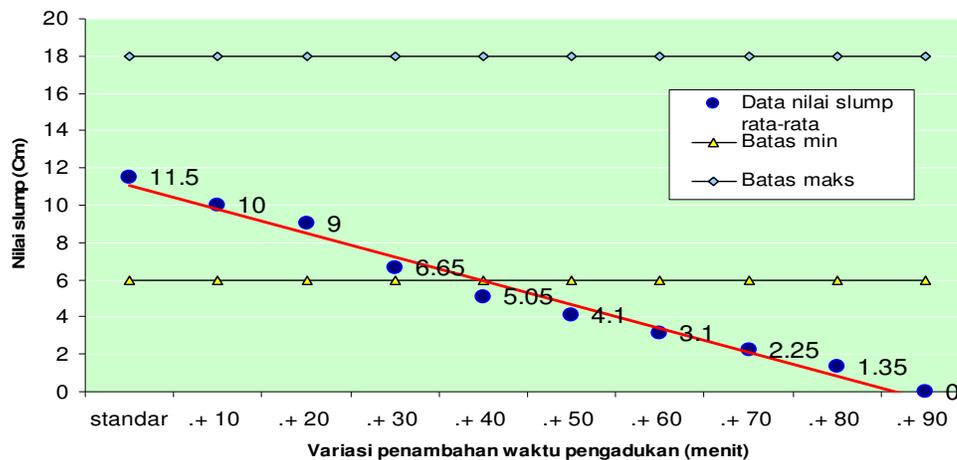
Dari histogram diatas nilai rata-rata kuat tekan tertinggi dicapai oleh beton dengan pengadukan standar yaitu 32,08MPa. Nilai kuat tekan terendah dicapai oleh beton dengan penambahan waktu pengadukan 80 menit yakni 23,07Mpa. Nilai rata-rata kuat tekan beton cenderung menurun seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Hal ini dapat diperkuat jika melihat garis kecenderungan yang dihasilkan pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan kuat tekan beton.

Hasil rata-rata kuat tekan beton yang mengalami penambahan waktu pengadukan menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang signifikan akibat penambahan waktu pengadukan. Berdasarkan grafik diatas dapat disebutkan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding terbalik dengan nilai kuat tekannya, artinya semakin lama beton tersebut mengalami pengadukan maka semakin turun nilai kuat tekan betonnya. Penambahan waktu pengadukan menyebabkan konsistensi beton tersebut menurun, penyebab pertama adalah karena pengadukan secara mekanis membuat suhu beton tersebut naik. Kenaikan suhu tersebut menyebabkan beton kehilangan faktor air semennya. Dan menyebabkan beton kehilangan kelecakannya (kemudahan dikerjakan) yang ditandai oleh penurunan nilai *slump* serta bertambahnya berat isi beton. Penyebab kedua adalah beton yang seharusnya mengalami pengikatan (*setting*) awal mengalami gangguan akibat pengadukan secara mekanis. Rata-rata persentase penurunan kuat tekannya adalah 14,26% per 10 menit.

Hubungan Penambahan Waktu Pengadukan Terhadap Nilai *Slump*



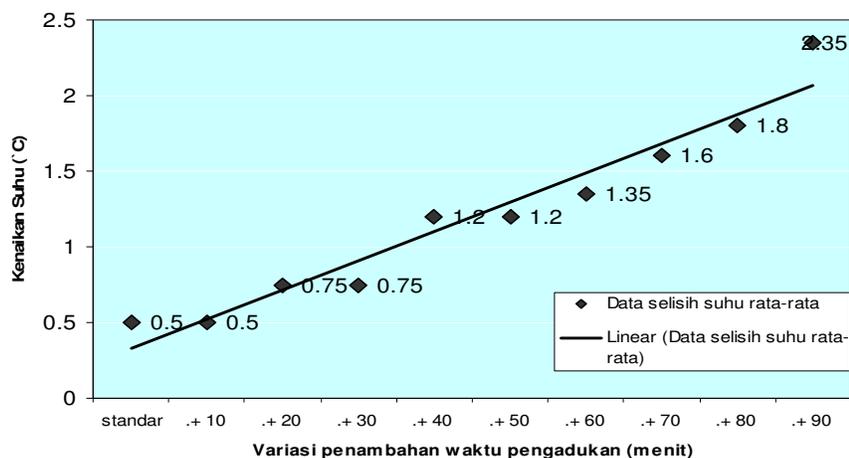
Gambar 4. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan nilai slump beton segar.

Berdasarkan diagram tersebut diatas nilai *slump* tertinggi dicapai oleh pengadukan standar yakni 11,5 cm dan terendah terjadi pada penambahan waktu pengadukan selama 90 menit yakni sebesar 0 cm. Rata-rata penurunan nilai *slump*nya adalah 1,28 cm. Berdasarkan garis kecenderungan diatas dapat dikatakan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding terbalik dengan nilai *slump*nya. Jika diperhatikan dari segi nilai *slump*nya, beton

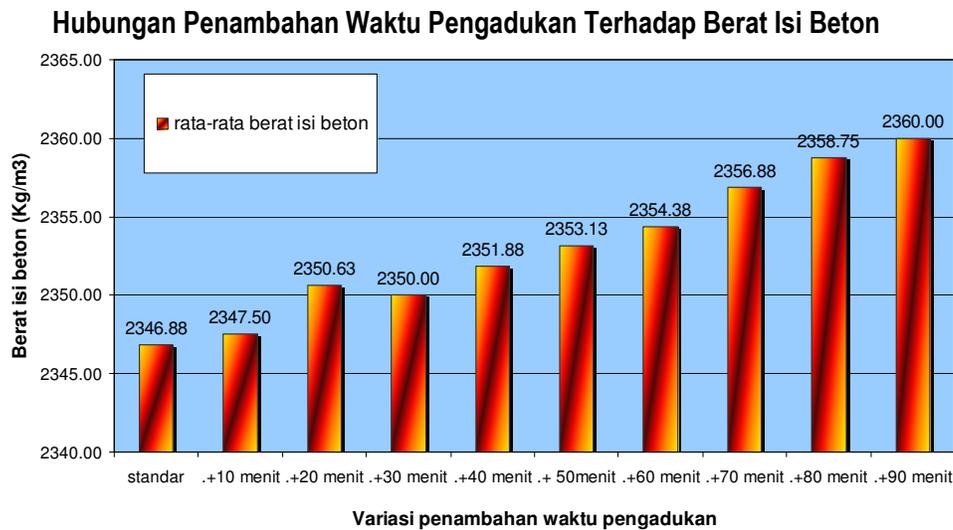
dengan penambahan waktu pengadukan lebih dari 40 menit sudah tidak memenuhi syarat minimum nilai *slump* yang direncanakan yaitu 6cm sampai dengan 18cm. Nilai slump terus menurun disebabkan oleh kehilangan air dan kenaikan suhu akibat gangguan penambahan waktu pengadukan karena *slump* sangat erat hubungannya dengan air dan kondisi ruang.

Hubungan Penambahan Waktu Pengadukan Terhadap Kenaikan Selisih Suhu

Berdasarkan gambar 5 diagram tersebut diatas kenaikan suhu tertinggi dicapai oleh pengadukan yang mengalami penambahan waktu 90 menit yakni 2,35 °C dan terendah terjadi pengadukan standar sebesar 0,5 °C. Rata-rata kenaikan suhunya adalah 0,21°C. Suhu cenderung naik seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Berdasarkan garis kecenderungan diatas dapat dikatakan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding lurus dengan kenaikan suhunya. Kenaikan suhu disebabkan oleh gangguan pengadukan secara mekanis, waktu pengadukan siang hari dan kondisi ruang yang cukup panas.

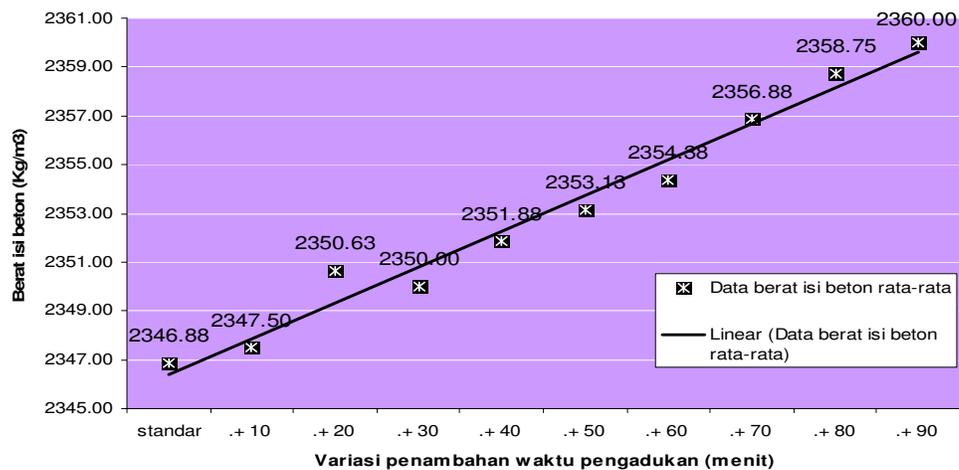


Gambar 5. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan kenaikan suhu



Gambar 6. Histogram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan berat isi beton.

Berdasarkan histogram tersebut diatas berat isi beton tertinggi dicapai oleh pengadukan yang mengalami penambahan waktu 90 menit yakni 2360 Kg/m³ dan terendah terjadi pengadukan standar sebesar 2346,88 Kg/m³. Rata-rata berat isi beton adalah 2353 Kg/m³.



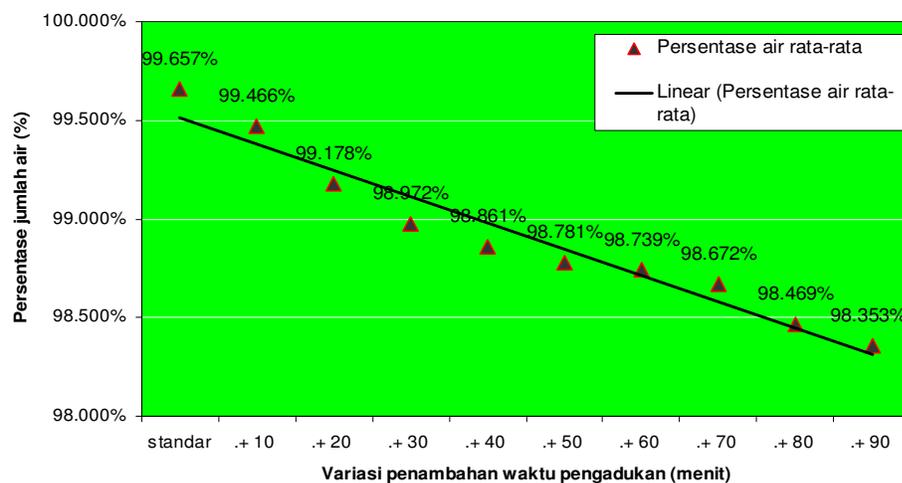
Gambar 7. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan berat isi beton.

Berat isi beton cenderung naik seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Berdasarkan garis kecenderungan diatas dapat dikatakan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding lurus dengan berat isi beton. Rata-rata persentase kenaikan berat isi betonnya adalah 0,266%. Berat isi beton menghasilkan kurva naik dikarenakan proses

pengadukan secara mekanis menyebabkan beton terus kehilangan faktor air semennya. Beton yang kehilangan faktor air semennya akan lebih berat. Hal ini dikarenakan berat jenis air adalah 1 Kg/m^3 sedangkan agregat memiliki berat jenis 2,62 , 2,60 dan 2,63 jadi, jika perhitungan beracuan pada volume 1 m^3 berat jenis air akan terisi oleh berat jenis agregat sehingga berat isi beton lebih tinggi.

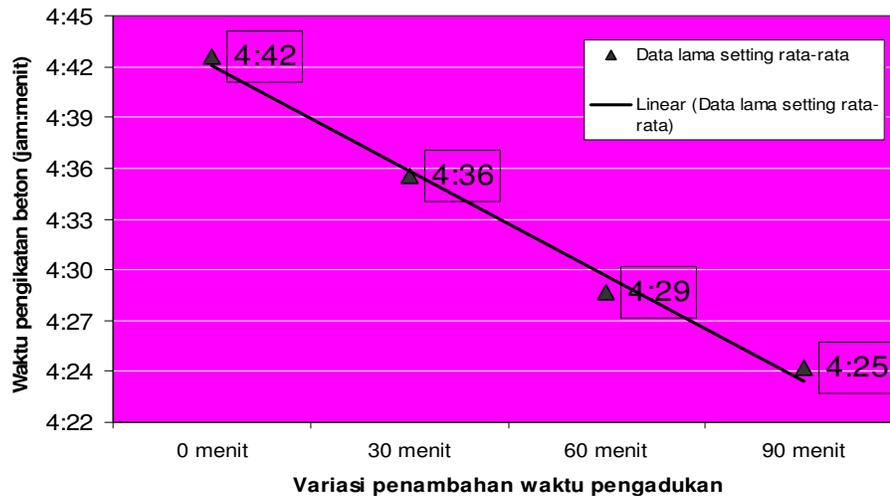
Hubungan Penambahan Waktu Pengadukan Terhadap Faktor Kehilangan Air (Berdasarkan Perbedaan Berat Beton Segar Dengan Berat Beton Kering)

Berdasarkan diagram tersebut pada pengadukan standar beton memiliki berat beton kering sebesar 99,657% dari berat beton segar artinya beton tersebut kehilangan air sebesar 0,343%. Nilai terbanyak kehilangan air semen dicapai oleh pengadukan selama 90 menit yaitu berat beton kering 98,363% dari berat beton segar artinya beton tersebut kehilangan air sebesar 1,647%. Rata-rata besar kehilangan air adalah 1,085%. Persentase kehilangan air cenderung menurun seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Berdasarkan garis kecenderungan diatas dapat dikatakan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding terbalik dengan persentase kehilangan air. Persentase kehilangan air cenderung menurun karena gangguan pengadukan secara mekanis yang menyebabkan suhu naik sehingga terjadi penguapan. Selain itu juga air banyak yang hilang dikarenakan terserap oleh agregat. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa beton yang mengalami pemanbahan waktu pengadukan konsistensinya akan menurun.



Gambar 8. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan persentase jumlah air.

Hubungan Penambahan Waktu Pengadukan Terhadap Waktu Ikat Beton



Gambar 9. Diagram hubungan penambahan waktu pengadukan dengan waktu ikat beton.

Berdasarkan diagram tersebut diatas waktu ikat beton paling lambat dicapai oleh pengadukan standar yakni 4 jam 42 menit dan waktu ikat paling cepat terjadi pada penambahan waktu pengadukan selama 90 menit yakni 4 jam 25 menit. Rata-rata percepatan waktu ikat beton dengan 4 variabel adalah 5 menit 40 detik. Waktu ikat beton cenderung menurun seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Berdasarkan garis kecenderungan diatas dapat dikatakan bahwa penambahan waktu pengadukan berbanding terbalik dengan waktu ikat beton. Waktu ikat beton semakin cepat disebabkan oleh keadaan air dan proses hidrasi beton. Beton dengan pengadukan standar masih mengalami *bleeding* terlebih dahulu baru mengalami pengikatan. Beton dengan penambahan waktu pengadukan selama 90 menit tidak mengalami *bleeding* karena beton tersebut sudah kehilangan air sebesar 1,67% dan langsung mengalami pengikatan jadi waktu ikat betannya lebih cepat. Rata-rata persentase kecepatan waktu ikat betonnya adalah 3,35%.

KESIMPULAN

1. Terdapat pengaruh yang signifikan antara penambahan waktu pengadukan terhadap kuat tekan beton pada beton dengan rancangan campuran f_c' 22,5 MPa. Rata-rata kuat tekan tertinggi terdapat pada beton dengan pengadukan standar yaitu 32,08 MPa. Dan terendah

terdapat pada beton dengan penambahan waktu pengadukan selama 80 menit yaitu 23,05 MPa.

2. Rata-rata kuat tekan beton cenderung menurun seiring dengan penambahan waktu pengadukan, ini menunjukkan bahwa semakin lama beton mengalami pengadukan semakin rendah kuat tekannya. Dan rata-rata penurunan kuat tekan sebesar 14,26%.
3. Dari hasil pengujian nilai *slump* memiliki kecenderungan negatif. Dan rata-rata penurunan nilai *slump*nya adalah 1,28 cm.
4. Jika dilihat dari segi kuat tekannya, beton dengan rancangan campuran f_c' 22,5 MPa dengan margin +12 MPa yang mengalami penambahan waktu pengadukan masih memenuhi spesifikasi kuat tekan yang disyaratkan. Namun jika dilihat dari segi kecacakannya beton dengan lama pengadukan lebih dari 30 menit sudah tidak memenuhi spesifikasi nilai *slump* yang disyaratkan.
5. Penambahan waktu penadukan memberikan kecenderungan suhu untuk naik, dan menyebabkan kehilangan air semakin tinggi. Kehilangan air tersebut memberikan pengaruh terhadap berat isi beton yang cenderung naik, nilai *slump* yang cenderung turun, waktu ikat beton yang cenderung semakin cepat, dan hal tersebut memberikan kontribusi terhadap penurunan kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Syafei. *Teknologi Audit Forensik untuk rumah dan bangunan gedung*. Jakarta : UIP, 2006.
- Amri, Syafei. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: UIP, 005
- Kusuma, Gideon. *Pedoman Pekerjaan Beton*. Jakarta : Erlangga, 1993.
- Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi, 2004.
- Murdock, L.J. *Bahan dan Praktek Beton* Jakarta : Erlangga, 1999.
- Nugraha, Paul dan Antoni. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi, 2007
- Pangaribuan, Guntar. *Aplikasi Excel untuk Rekayasa Teknik Sipil*. Jakarta : Gramedia, 2003
- Revisi SNI 03-1972-1990. *Cara Uji Slump Beton*. Bandung : Yayasan LPMB, 2005

- SK SNI S-04-1989, *Spesifikasi Agregat Sebagai Bahan Bangunan*, Bandung : Yayasan LPMB, 1991
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton* Bandung : Yayasan LPMB, 1990
- Santoso, Singgih. *Statistik Diskriptif Konsep dan Aplikasi dengan Microsoft Excel dan SPSS*, Yogyakarta : Andi, 2003
- Sudjana, *Metode Statistika*, Jakarta : Gramedia, 1999
- Sugiono, Prof..Dr. *Statistika untuk Penelitian*, Bandung : Alfabeta, 2007
- Sutarno. *Pengawasan Pengecoran beton di lapangan yang dilaksanakan dengan beton ready mixed*. Politeknik Negeri Semarang, 2000.