

PENGARUH NILAI SLUMP TERHADAP KUAT TEKAN

Muhammad Humaidi⁽¹⁾ dan Muhammad Hafizh⁽²⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin

⁽²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

*Air tidak hanya berfungsi untuk reaksi kimia semen pada beton tetapi air juga menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Oleh karena itu penambahan air pada komposisi beton harus dikendalikan dan disesuaikan dengan *workability* yang diinginkan.. Salah satu cara agar *workability* tinggi adalah dengan memakai nilai slump yang tinggi pada saat desain campuran. Nilai slump yang tinggi ternyata seringkali menimbulkan kekhawatiran apakah kuat tekan yang direncanakan akan tercapai.*

Dengan cara melakukan desain campuran untuk kuat tekan rencana 20 MPa dengan tiga variasi nilai slump yaitu slump 30, slump 60 dan slump 90. Agregat yang digunakan pada ketiga campuran berasal dari sumber yang sama dan semen yang juga sama. Maka ingin diketahui bagaimana pengaruh variasi nilai slump terhadap kuat tekan beton.

Dapat disimpulkan walaupun terdapat perbedaan hasil uji kuat tekan tetapi variasi nilai slump tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton terutama pada umur beton 28 hari dan kuat tekan rencana juga dapat tercapai.

Kata Kunci : *Slump, Kuat Tekan, workability*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton adalah campuran agregat kasar, agregat halus (pasir), semen dan air. Penambahan *admixture* dilakukan apabila diinginkan untuk merubah sifat-sifat tertentu dari beton. Agregat kasar dan halus merupakan unsur utama dari beton dan penyumbang paling besar dari kekuatan beton. Jumlah agregat pada beton mencapai 60%-70% dari berat campuran beton (Mulyono, 2003). Semen berfungsi sebagai bahan perekat, sehingga ditambahkan secukupnya saja sedangkan air membantu guna berlangsungnya reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan berlangsung.

Air tidak hanya berfungsi untuk reaksi kimia semen pada beton tetapi air juga menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Oleh karena itu penambahan air pada komposisi beton harus dikendalikan dan disesuaikan dengan *workability* yang diinginkan. Pada proyek-proyek konstruksi yang betonnya harus dipompa ketempat tinggi atau harus dicor ketempat yang mempunyai celah yang sempit karena tulangan yang rapat maka memerlukan beton yang cukup encer agar mudah dikerjakan dan dapat masuk kecelah yang sempit.

Keenceran pada beton ditentukan oleh kadar air bebas pada campuran beton. Pengukuran kadar air bebas dinyatakan dengan nilai slump. Nilai slump ditentukan pada saat perhitungan komposisi campuran beton dengan nilai yang bervariasi antara 0 mm sampai 100 mm.

Setelah unsur-unsur beton dicampur kemudian dilakukan *slump test* sebelum dilakukan pengecoran. *Slump test* berfungsi untuk mengetahui apakah nilai slumpnya sudah sesuai dengan yang direncanakan.

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan antara air dan semen. Apabila nilai fas sudah ditetapkan, maka penambahan air pada campuran proporsi beton berarti juga harus melakukan penambahan semen. Sehubungan nilai fas juga menentukan jumlah air pada proporsi campuran, maka nilai fas ternyata mempengaruhi *workability* beton. Nilai fas yang terlalu rendah akan membuat nilai *workability* juga rendah, sedangkan bila nilai fasnya tinggi maka akan mengurangi nilai kuat tekan beton (Mulyono, 2003).

Rumusan Masalah

Dalam perhitungan proporsi campuran beton, factor air semen ditentukan oleh kuat tekan yang disyaratkan pada umur tertentu, kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan, jenis agregat dan bentuk benda uji. Perhitungan kadar air bebas berdasarkan nilai slump, ukuran agregat maksimum dan jenis agregat. Hubungan antara factor air semen dan kadar air bebas adalah kedua nilai tersebut digunakan untuk menentukan kadar semen. Mengingat nilai factor air semen akan mempengaruhi nilai kuat tekan, apabila dalam perhitungan proporsi campuran untuk kuat tekan beton 20 MPa pada umur 28 hari menggunakan nilai fas tetap tetapi nilai slump dibuat beberapa variasi, seberapa signifi-

kankah hal ini mempengaruhi perubahan nilai kuat tekan beton rata-ratanya?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi nilai *slump* terhadap kuat tekan beton.

Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui seberapa besar pengaruh nilai *slump* terhadap kuat tekan beton maka akan membantu menentukan nilai *slump* untuk kuat tekan yang akan direncanakan agar beton tetap mudah dikerjakan tetapi kuat tekan rata-ratanya masih memenuhi kuat tekan yang disyaratkan.

Batasan Masalah

Sehubungan terbatasnya waktu dan sumber daya yang ada maka hanya dilakukan pembatasan sebagai berikut :

1. Proporsi campuran menggunakan spesifikasi SNI 03-2834-1993.
2. Material yang digunakan :
 - a. Agregat Kasar yang didatangkan dari PT. Pandji Bangun Persada di Liang Anggang
 - b. Agregat halus berasal dari Rantau.
3. Air dari PDAM.
4. Kekuatan beton (f_c') adalah 20 Mpa

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton terutama terdiri dari tiga bahan yaitu semen, air dan agregat, semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air dan agregat tidak memainkan peranan dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan – perubahan volume beton setelah pengadukan Teknologi Bahan (13).

Persyaratan Beton

Berdasarkan Tjokrodomulyo (1992), campuran beton yang baik haruslah memenuhi syarat sebagai berikut :

- a. Memenuhi ketentuan kuat tekan karakteristik atau kekuatan minimum yang diinginkan.
- b. Memenuhi tingkat keawetan terhadap pengaruh serangan lingkungan, seperti pembengkakan atau penyusutan akibat basah dan kering silih berganti, zat kimia pada konstruksi beton yang berada dalam tanah, buangan air kotor, tidak mengalami pengikisan akibat pejalan kaki.
- c. Memenuhi kemudahan dalam pengerjaan pada saat masih muda (*Workability*). Dengan kemampuan penyelesaian akhir harus

ditingkatkan sehingga segragasi (pemisahan agregat dengan pasta semen) dan bleeding (keluarnya air yang berlebihan) dapat dikurangi. Kebutuhan air untuk workability yang minimum dengan menambah mortar sedikit dari pada penambahan banyak air atau agregat halus.

- d. Kedap terhadap rembesan air
- e. Ekonomis

Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Mutu dan Keawetan Beton

Pada umumnya, terutama bila berhubungan dengan tuntutan mutu dan keawetan yang tinggi, ada beberapa factor utama yang bias menentukan keberhasilan pengadaan beton bermutu tinggi Tjokrodomulyo (1992), diantaranya adalah:

- a. Faktor air semen ($f_{as}, w/c$) yang rendah.
- b. Kualitas agregat halus (pasir).
- c. Kualitas agregat kasar (batu pecah/koral).
- d. Prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton.

Workabilitas

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Taiji saji (1984) menguraikan bahwa sifat workabilitas beton segar ditandai dengan enam karakter yaitu : konsistensi, *plasticity* (plastisitas), *placeability* (kemudahan dituang), *flowability* (keenceran), *finishability* (kemudahan dirapihkan), dan *pumpability* (kemudahan dipompa). Sedang Newman dalam Murdock (1999) menuliskan bahwa sekurang-kurangnya tiga sifat yang terpisah dalam mendefinisikan sifat ini, yaitu:

- a. Kompakabilitas kemudahan beton dipadatkan.
- b. Mobilitas, kemudahan beton mengalir dalam cetakan
- c. Stabilitas, kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan atau dipadatkan.

Tingkat kompakabilitas campuran tergantung pada nilai faktor air semennya. Semakin kecil nilai faktor air semen, adukan beton semakin kental dan kaku sehingga makin sulit untuk dipadatkan. Sebaliknya semakin besar nilai faktor air semen adukan beton semakin encer dan semakin sulit untuk mengikat agregat sehingga kekuatan beton yang dihasilkan semakin rendah.

Pengamatan workabilitas beton di lapangan pada umumnya dilakukan dengan slump test. Pengetesan ini merupakan petunjuk dari sifat mobilitas dan stabilitas beton. Neville (1981)

menuliskan bahwa slump test bermanfaat untuk mengamati variasi keseragaman campuran. Pada beton biasa, pengujian slump dilakukan untuk mencatat konsistensi dalam satuan mm penurunan benda uji beton segar selama pengujian.

Selain itu workabilitas dapat juga diamati dengan mengukur faktor kepadatan, yaitu rasio antara berat aktual beton dalam silinder dengan berat beton dalam kondisi padat pada silinder yang sama. Faktor kepadatan memberikan indikasi bahwa tingkat kemampuan beton tersebut dipadatkan. Murdock (1991) membuat suatu hubungan antara tingkat workabilitas, nilai slump dan faktor kepadatan adukan sebagai berikut :

Tabel 1. Hubungan tingkat workabilitas, nilai slump dan tingkat kepadatan adukan

Tingkat Workabilitas	Nilai Slump	Faktor Kepadatan
Sangat rendah	0 – 25	0.8 – 0.87
Rendah sampai sedang	25 – 50	0.87 – 0.93
Sedang sampai tinggi	50 – 100	0.93 – 0.95
Tinggi	100 – 175	> 0.95

Pengukuran workabilitas pada mortar beton dilakukan dengan pemeriksaan meja getar (flow tabel) sesuai dengan ASTM C124-39. Hasil test ini menunjukkan konsistensi mortar dengan mengukur tingkat penyebaran campuran ketika menerima sentakan pada flow table selama 15 kali dalam 15 detik. Nilai fluiditas didefinisikan sebagai peningkatan diameter penyebaran mortar segar (D dalam cm) dikurangi diameter sebelumnya (10 cm), secara matematis rumus fluiditas adalah sebagai berikut :

$$\text{Flow} = D - 10 \times 100/10$$

Untuk mortar beton normal nilainya antara 0 – 150%.

Semen

Semen adalah bahan – bahan yang memperlihatkan sifat-sifat karakteristik mengenai pengikatan serta pengerasnya jika dicampur dengan air, sehingga terbentuk pasta semen

Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton.

Menurut Tjokrodomulyo (1992), agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok :

- Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
- Kerikil untuk besar butiran antara 5 mm sampai 40 mm

- Pasir untuk butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Air

Air diperlukan dalam campuran beton agar terjadi reaksi kimia semen, untuk membasahi agregat dan untuk melumasi campuran agar mudah ppengerjaannya. Air yang digunakan membuat beton harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam lainnya. Pada umumnya air untuk beton adalah air yang dapat diperhitungkan dengan teliti karena apabila kekurangan air akan menyebabkan reaksi tidak sempurna dan apabila kelebihan air akan menyebabkan gelembung udara (keropos) setelah proses hidrasi selesai.

Pengujian Slump

Slump test adalah pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Karenaanya kelecakan beton segar sering diidentikkan dengan slumpnya. Berkurangnya kelecakan akibat cuaca panas, misalnya, disebut sebagai *slump loss*. Uji *slump* berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka *slump* berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji *slump test* adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku, (Paul Nugraha 2007).

Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) bertujuan untuk menghasilkan komposisi dan proporsi campuran bahan-bahan penyusun beton. Proporsi dan komposisi campuran tersebut harus memenuhi criteria kekuatan dan keekonomian. Beton harus memenuhi kuat tekan yang direncanakan sekaligus juga diusahakan semurah mungkin. Pada dasarnya ada 4 (empat) tuntutan utama dalam campuran beton :

- Beton yang mudah dikerjakan (*workabilitas*), yang dalam praktek diukur dengan *slump tes*.
- Kekutan tekan beton (*compressive strength*) pada umur 28 hari
- Keawetan (*durabilitas*) beton yang mengeras.
- Harga adukan beton harus ekonomis.

Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode yang dikenal, antara lain: (1). American Concete Institute (ACI), (2). Portland Cement Association, (3). Road Note No.4, (4) British Standard, Departemen of Engineering, (5). Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI T-15-1990-03), (6). Cara coba-coba. (Mulyono, 2003).

3. METODE PENELITIAN

Tahapan Pemeriksaan Bahan

a. Pengujian Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk mengetahui apakah agregat yang akan digunakan memenuhi syarat dalam pembuatan campuran beton. Pemeriksaan ini penting mengingat agregat adalah penyumbang kekuatan tarik utama dari beton dimana proporsi agregat mencapai 70%-75% dari proporsi beton (Istimawan, 1999). Agregat normal harus memenuhi syarat mutu sesuai dengan SII 0052-1980 dan ASTM C.33- 1982.

Agregat yang diperiksa terdiri dari agregat halus dan agregat kasar dan dilakukan pengujian sbb:

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan
2. Pengujian Analisa Saringan
3. Pengujian Berat Isi
4. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus
5. Pengujian Kadar Lumpur
6. Pengujian Kadar Air
7. Kekerasan Agregat Kasar

b. Pengujian Semen

Pengujian semen dimaksudkan untuk mengetahui apakah semen yang akan dipakai masih memenuhi standar pabrik. Hal ini mengingat semen sangat rentan dipengaruhi oleh usia dan lingkungan. Cara penyimpanan dan pendistribusian semen bisa merusak kualitasnya. Semen Portland harus memenuhi syarat sesuai dengan SII 0013-1981 dan PB. 1989;3.2-8.

Tahapan Perhitungan Proporsi Campuran

Perhitungan proporsi campuran mengacu pada SK SNI T-15-1990-03. Semua bahan pencampur adalah sama kecuali nilai slump yang dibuat tiga versi yang tentunya juga mempengaruhi kadar air bebas dan semennya. Deviasi Standar bisa mengacu pada hasil pengujian yang lalu untuk kondisi dan lingkungan yang sama atau mengacu pada tabel 2 berikut

Tabel 2. Mutu Pelaksanaan Diukur dengan Deviasi Standar

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standar Deviasi (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-1993

Dengan mengambil deviasi standar sebesar 5,6, kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 20 MPa dan nilai slump 30

mm, 60 mm dan 90 mm, maka didapat tiga proporsi campuran berdasarkan tiga nilai slump.

Pembuatan Benda Uji dan Perawatan

Pembuatan benda uji berupa silinder Ø 15 cm tinggi 30 cm sebanyak 30 benda uji tiap proporsi campuran beton sehingga total benda uji adalah 90 buah. Penakaran dilakukan berdasarkan berat (kg) dan pencampuran menggunakan mesin pencampur (molen) selama 1,5 menit serta pemadatan dengan tongkat vibrator. Setelah nilai slump terpenuhi maka adukan dituang ke cetakan dan permukaan diratakan.

Setelah beton berumur satu hari maka cetakan dilepas dan dilakukan perawatan (*curing*) dengan cara benda uji direndam dalam bak berisi air. Benda uji dikeluarkan dari bak air 24 jam sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Pengujian ini merujuk pada SK SNI.M-10-1991-03 tentang tata cara pengujian untuk kuat tekan. Hasil dari pengujian kemudian ditabelkan dan disajikan dalam bentuk grafik untuk melihat perbedaan kekuatan tiap nilai slump untuk 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

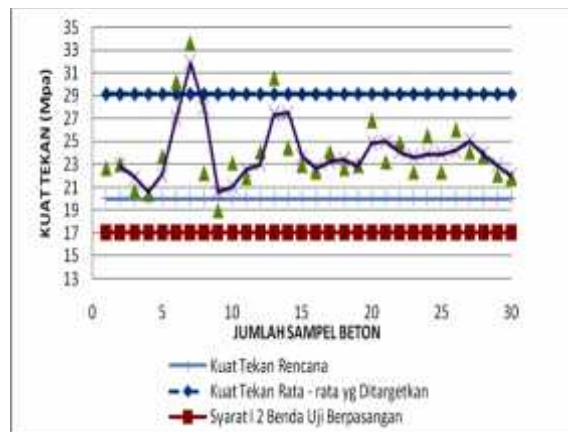
Analisa

Analisa dilakukan dengan melihat apakah terjadi perbedaan nilai kuat tekan antara proporsi campuran dengan menggunakan slump 30, slump 60 dan slump 90. Apabila terjadi perbedaan apakah perbedaan tersebut continue untuk tiap umur beton dan bagaimana trennya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

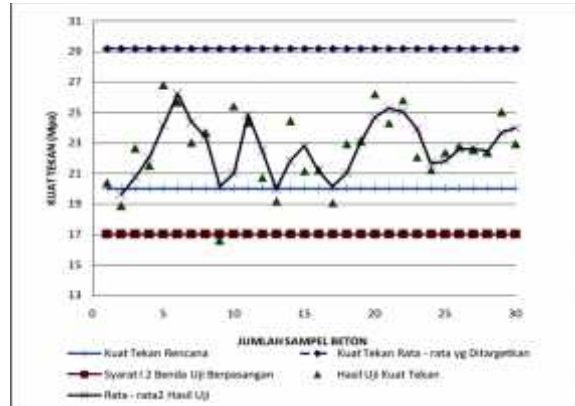
Hasil uji tekan untuk slump 30, slump 60 dan slump 90 diplot dalam grafik berikut.



Gambar 1. Grafik Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 Mpa dengan Nilai Slump 30 mm



Gambar 2. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 MPa Empat Benda Uji Berpasangan Untuk Nilai Slump 30 mm



Gambar 5. Grafik Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 MPa Dengan Nilai Slump 90 mm



Gambar 3. Grafik Hasil Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 Mpa dengan Nilai Slump 60 mm



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 Mpa Empat Benda Uji Berpasangan Untuk Nilai Slump 90 mm



Gambar 4. Grafik Rata-Rata Kuat Tekan Silinder Beton Normal f'_c 20 MPa Empat Benda Uji Berpasangan Untuk Nilai Slump 60 mm

Dari hasil uji kuat tekan dibuat perbandingan selisih kuat tekan rata-ratanya terhadap variable nilai slump dan variable nilai umur seperti pada table 3 dan table 4. menampilkan persentase kuat tekan rata-rata yang memenuhi syarat kegagalan kurang dari 5%, kemudian ditampilkan secara grafis dalam gambar 7.

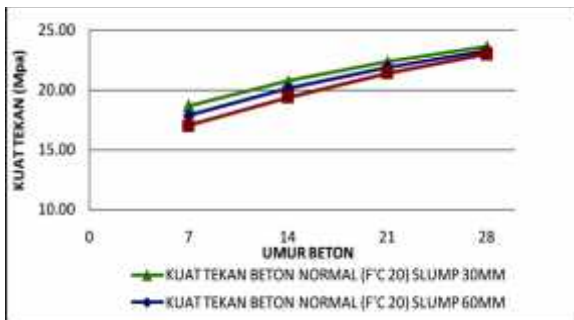
Tabel 3. Rata – Rata Nilai Kuat Tekan Beton

Slump (mm)	Hasil Kuat Tekan Rata – rata (MPa)			
	Umur			
	7	14	21	28
30	18.68	20.79	22.40	23.65
60	17.88	20.14	21.92	23.30
90	17.03	19.40	21.45	23.01
Selisih Rata – rata (%)				
30-60	4,3%	3,1%	2,2%	1,5%
60-90	4,8%	3,7%	2,1%	1,2%
30-90	8,8%	6,6%	4,2%	2,7%

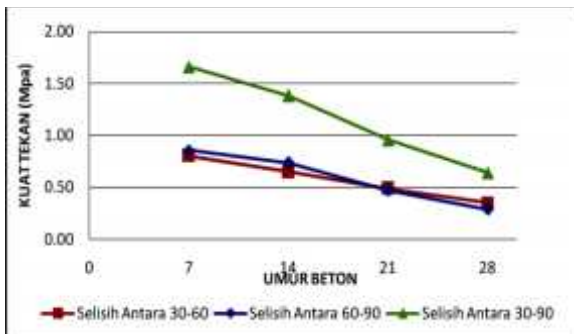
Pembahasan

Dari pengamatan Gambar 1. dapat dilihat ada 3 (tiga) benda uji melebihi kuat tekan rata-rata yang ditargetkan, dan 27 benda uji berada diantara batas kuat tekan rata-rata yang ditar-

getkan, kuat tekan rencana dan syarat I benda uji berpasangan selebihnya hanya 1 (satu) benda uji yang berada dibawah kuat tekan rencana ($f'c$ 20 MPa). Dari pengamatan Gambar 3 dapat dilihat ada 1 (satu) benda uji berada dibawah garis kuat tekan rencana dan selebihnya benda uji berada pada batas kuat tekan karakteristik dan pada batas kuat tekan rencana ($f'c$ 20 MPa). Pada gambar 4.5 ada empat benda uji yang berada dibawah kuat tekan rencana tetapi hanya satu benda uji yang berada di bawah syarat dua benda uji berpasangan. Sedangkan pada Gambar 2, 4, dan 6 adalah grafik rata-rata 4 (empat) benda uji berpasangan dimana setiap titik mewakili rata-rata 4 buah benda uji, dari grafik ini terlihat hanya pada grafik 6 terlihat ada satu benda uji yang berada dibawah garis kuat tekan rencana. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa syarat kegagalan di bawah 5% dapat dipenuhi.



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Beton Normal $f'c$ 20 MPa dengan Nilai Slump 30 mm, 60 mm dan 90 mm



Gambar 8. Grafik selisih Rata – Rata Kuat Tekan Beton Normal $f'c$ 20 MPa

Tabel 3, grafik 7 dan grafik 8 memperlihatkan perbedaan kuat tekan dengan variabel slump dan variabel umur beton. Terlihat pada setiap nilai slump terdapat perbedaan kuat tekan dimana semakin kecil nilai slump maka semakin tinggi kuat tekannya. Kondisi ini konsisten untuk setiap umur benda uji dengan selisih perbedaan yang cenderung menurun. Pada umur 28 hari rata-rata kuat tekan benda uji sudah melampaui kuat tekan rencana. Sedangkan perbedaan kuat tekan terbesar adalah antara slump 30 dan slump 90 sebesar 2,7%.

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Perbedaan kuat tekan pada setiap nilai slump secara konsisten menurun sesuai dengan umur benda uji.
2. Pada umur 28 hari rata-rata kuat tekan benda uji untuk setiap nilai slump sudah melampaui kuat tekan rencana
3. Dengan kecenderungan tersebut maka kemungkinan kuat tekan rata-rata akan sama setelah umur 28 hari
4. Perbedaan kuat tekan yang terjadi dianggap tidak signifikan karena selisih perbedaan terbesar pada umur 28 hari hanya 2,7% dan sudah melampaui kuat tekan rencana.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan nilai slump yang lebih variatif dan jarak nilai antar slump yang lebih tinggi serta umur benda uji lebih dari 28 hari.
2. Apabila diperlukan tingkat workability yang tinggi untuk kuat tekan $f'c$ 20 Mpa, maka slump 90 masih dapat memenuhi kuat tekan rencana pada umur 28 hari.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Adiyono. (2006). *Menghitung Konstruksi Beton*. Jakarta.
2. American Concrete Institute. (1990). *ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part I*. General Requirement. Fifth Edition. USA:PCA. Illinois USA.
3. ASTM. (1995). *Concrete and Agregates*. Annual Book of ASTM Standard. Vol.04. 02.1995. Philadelphia.
4. Departemen Pekerjaan umum. (1991). *Pedoman Beton 198*,. SKBI.1.4.53.1989. *Draft Konsensus*., DPU. Jakarta.
5. Departemen Pekerjaan Umum. (1991). *Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton*. SK SNI T-28-1991-03. Cetakan pertama. DPU - Yayasan LPMB . Bandung
6. Departemen Pekerjaan Umum. (1991). *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal*. SK SNI T-15-1990-03. Cetakan pertama. DPU-Yayasan LPMB . Bandung.
7. Murdock, L.J.I.M. Brock dan Stephanus Hendarko. (1991). *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga. Jakarta.
8. Paul Nugraha dan Antoni. (2006). *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
9. Tri Mulyono. (2003). *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta..