

NASKAH SEMINAR

PENGARUH BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER* DENGAN KADAR VARIASI 0,25%; 0,3%; 0,35% UNTUK BETON DENGAN CAMPURAN AGREGAT HALUS CANGKANG KERANG SEBESAR 10%¹

The Impact of Superplasticizer Influence with Variation Content 0,25%; 0,3%; 0,35% for Concrete With Mixture of Fine Aggregate Shell 10%

Ragilia Putri Hapsari², Bagus Soebandono³, As'at Pujianto⁴

Abstrak

Beton merupakan suatu struktur yang didapatkan dari campuran air, semen, pasir, serta kerikil. Beton banyak digunakan pada bangunan seperti gedung, jembatan, bendungan, dan masih banyak lagi. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas beton yaitu penggunaan FAS nya. Semakin besar faktor air semen (FAS) yang digunakan semakin besar porositas, sebaliknya semakin kecil faktor air semen (FAS) maka semakin kecil porositas. Salah satu unsur kimia yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu Silika, dimana unsur tersebut juga terkandung dalam Cangkang Kerang. Untuk membuat beton dengan mutu tinggi, diperlukan penambahan bahan campuran yang bersifat admixture dan additive. Salah satunya yaitu dengan menggunakan Superplasticizer. Superplasticizer adalah bahan kimia yang berfungsi mengurangi air yang sangat efektif. Bahan tambah ini mengandung zat-zat polymer organik yang dapat larut dalam air yang telah dipersatukan dengan menggunakan proses polymerisasi yang kompleks untuk menghasilkan molekul-molekul panjang dari massa molecular yang tinggi. Pada penelitian ini kadar Superplasticizer yang digunakan yaitu 0,25%; 0,3%; 0,35% dari berat air dan dengan menggunakan campuran agregat halus Cangkang Kerang. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Terdiri dari 3 variasi dan masing-masing variasi dibuat sampel sebanyak 5 buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton dengan variasi kadar Superplasticizer didapat persamaan $y = -2920,8x^2 + 1725x - 225,57$ pada umur 28 hari dengan kadar superplasticizer 0,25%; 0,35%; 0,35% dengan FAS tetap 0,35 berturut-turut sebesar 22,18 Mpa; 29,04 Mpa; 20,36 Mpa. Sedangkan hasil kuat tekan optimum yaitu sebesar 29,04 Mpa dengan kadar Superplasticizer sebesar 0,3%. Diketahui pula kelecakan atau workability beton segar dengan persamaan $y = -2,8112x^2 + 65,733x - 341,71$ pada kadar Superplasticizer sebesar 0,25%; 0,35%; 0,35% berturut-turut yaitu sebesar 9 cm, 9,5 cm, 14,5 cm. Untuk hasil slump optimum 9,5 cm dan rata-rata slump yaitu 11 cm.

Kata kunci : Cangkang Kerang, Superplasticizer, Kuat Tekan

¹ Disampaikan pada seminar Tugas Akhir

² 20120110324 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMY

³ Dosen Pembimbing I

⁴ Dosen Pembimbing II

A. PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu struktur yang didapatkan dari campuran air, semen, pasir, serta kerikil. Mutu beton ditentukan oleh kekuatan beton, sedangkan kekuatan beton akan bertambah seiring dengan umur beton hingga berumur 28 hari. Setelah berumur 28 hari, kekuatan beton cenderung tidak meningkat lagi. Beton mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhi kualitasnya, salah satunya yaitu FAS (Faktor Air Semen). Jika nilai FASnya besar, maka dalam pengerjaannya akan mudah, tetapi kekuatannya rendah. Dan juga sebaliknya, jika nilai FASnya kecil, maka pengerjaannya akan sedikit sulit tetapi kekuatannya tinggi.

Kerang merupakan sumber makanan kaya akan protein yang berasal dari laut. Sumber daya kerang cukup melimpah. Selama ini, limbah kulit kerang hanyalah dibuang, tetapi tidak sedikit pula yang memanfaatkannya sebagai hiasan atau pernak-pernik. Didalam cangkang kulit kerang, terdapat salah satu unsur kimia yaitu silika dimana unsur tersebut dapat mempengaruhi kekuatan beton.

Untuk menghasilkan beton dengan mutu yang tinggi, maka dibutuhkan bahan tambah yang bersifat mineral dan kimiawi, agar dalam proses pengerjaannya menjadi lebih mudah dan berfungsi untuk membantu reaksi. Salah satu bahan yang digunakan yaitu *Superplasticizer*.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji nilai kuat tekan beton dengan bahan campuran agregat halus cangkang kerang sebesar 10% serta penambahan *Superplasticizer* dengan kadar variasi sebesar 0,25%, 0,3%, dan 0,35%.
2. Mengkaji nilai kuat tekan optimum.
3. Mengkaji pengaruh penambahan *Superplasticizer* pada beton dengan bahan pengganti agregat halus cangkang kerang sebesar 10%.

B. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1. Beton

a. Pengertian Beton

Beton merupakan salah satu bahan gabungan dari suatu material-material diantaranya semen *Portland*, agregat (agregat kasar dan agregat halus), air dan terkadang ditambah dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serat sampai dengan bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu (Tjokrodinuljo, 2007).

b. Beton Mutu Tinggi

Beton Mutu tinggi adalah suatu bahan yang dibuat dari campuran beton (semen, agregat, air) dan pengurangan semen dengan penambahan bahan tambah *admixture* dan *additive* untuk campuran beton, sesuai dengan perbandingan sedemikian rupa sehingga bahan itu merupakan satu kesatuan yang dapat membentuk kekuatan beton yang lebih tinggi. Beton mutu tinggi mempunyai nilai kuat tekan 41 MPa atau lebih. (*ACI Cornmiltee*)

c. Kuat Tekan Beton

Tabel 1. Rasio kuat tekan beton berbagai umur

Umur Beton (Hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>Portland</i> biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>Portland</i> dengan mutu tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodinuljo, 2007

d. Umur Beton

Kekuatan beton akan bertambah seiring dengan umur beton hingga 28 hari. Tetapi setelah berumur 28 hari, kekuatannya cenderung tidak meningkat lagi.

2. Bahan Penyusun Beton

a. Semen Portland

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004).

Tabel 2. Susunan Unsur Semen Portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₂)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5-1

Sumber : (Tjokrodimuljo, 2007)

b. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodimuljo, 2007).

c. Air

Air berfungsi untuk membantu reaksi kimia pada saat terjadinya proses reaksi pengikatan, serta sebagai pelicin antara agregat dengan semen agar mudah pada saat pengerjaan. Kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton. Oleh karena itu, air sangatlah berpengaruh terhadap kuat desak beton. Kelebihan air juga akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*.

d. Bahan Tambah Beton

Air berfungsi untuk membantu reaksi kimia pada saat terjadinya proses reaksi pengikatan, serta sebagai pelicin antara agregat dengan semen agar mudah pada saat pengerjaan. Kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton. Oleh karena itu, air sangatlah berpengaruh terhadap kuat desak beton. Kelebihan air juga akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*.

3. *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah bahan kimia yang berfungsi mengurangi air yang sangat efektif. Dengan pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi. Hal-hal yang memengaruhi fungsi *superplasticizer*, antara lain : dosis atau kadar, tipe semen, jenis dan gradasi agregat, susunan campuran dan suhu pada saat pengerjaan. Dosis *superplasticizer* yang disarankan adalah 1-2 % dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan *segregation* dan *prolonged set retardation*, serta berkurangnya kekuatan tekan beton (Musril dalam Muksikah Anjani, 2015).

4. Agregat Halus Cangkang Kerang

Kerang merupakan nama sekumpulan *moluska dwicangkerang* dari *family cardice* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama ddibudidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Teknik budidaya mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal yang besar dan dapat dipanen setelah umur 6-7 bulan. Hasil panen kerang per hektar per tahun dapat mencapai 200-300 ton kerang utuh atau sekitar 60-100 ton daging kerang (Porsepwandi dalam Atikah Istafada Maha, 2015).

Serpihan kulit kerang mengandung senyawa kimia bersifat *pozzolan* yang mengandung zat kapur (CaO), alumina dan senyawa *silica* sehingga sesuai digunakan sebagai bahan baku atau tambahan beton (Siregar dalam Atikah Istafada Maha 2015).

Tabel 3. Komposisi Kimia Serbuk Kulit Kerang

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

Sumber : Siregar, 2009

C. METODE PENELITIAN

1. Bahan atau Material Penelitian

Bahan – bahan penyusun campuran beton yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- Agregat halus berupa pasir yang berasal dari sungai progo
- Cangkang Kerang yang berasal dari Pantai Depok Yogyakarta
- Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari Celereng,

- Air yang berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

- Semen Portland (Tipe 1) merek HOLCIM keasan 40 kg,

- Cairan *Superplasticizer ViscoCrete*[®]-10 Type F, Produk dari P.T. Sika Nusa Pratama,

- Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 15 buah (5 buah untuk setiap variasi) berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

2. Alat-alat yang digunakan

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya :

- Timbangan merk *Ohaus* dengan ketelitian 0,1 gram untuk mengetahui berat dari bahan – bahan penyusun beton

- Saringan standar ASTM, dengan ukuran 4,8 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm

- Shave Shaker Machine* dengan merk *Tatonas*, untuk mengayak agregat halus dan cangkang kerang

- Gelas ukur kapasitas maksimum 1000 ml dengan merk *MC*, untuk menakar volume air

- Tabung *Erlenmeyer* dengan merk *Pyrex*, untuk pemeriksaan berat jenis

- Concrete Mixer* untuk mencampur semua bahan pembuatan beton

- Mesin Los Angeles dengan merk *Tatonas*, untuk menguji tingkat keausan agregat kasar dan cangkang kerang

- Wajan dan Nampan besi untuk mencampur dan mengaduk campuran benda uji

- Sekop, cetok, dan talam untuk menampung dan menuangadukan beton ke dalam cetakan

- Penumbuk besi untuk menumbuk beton yang sudah dimasukkan kedalam cetakan

- k. Cetakan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
- l. Mesin uji tekan beton merk Hung Ta kapasitas 50 Mpa, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan beton yang telah dibuat
- m. Mistar dan Kaliper untuk mengukur dimensi dari alat – alat benda uji yang digunakan

penelitian ini. Adapun data – data yang didapatkan sebagai berikut :

- a. Data pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, cangkang kerang dan uji kuat tekan beton
- b. Data hasil analisis berupa tabel dan grafik

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

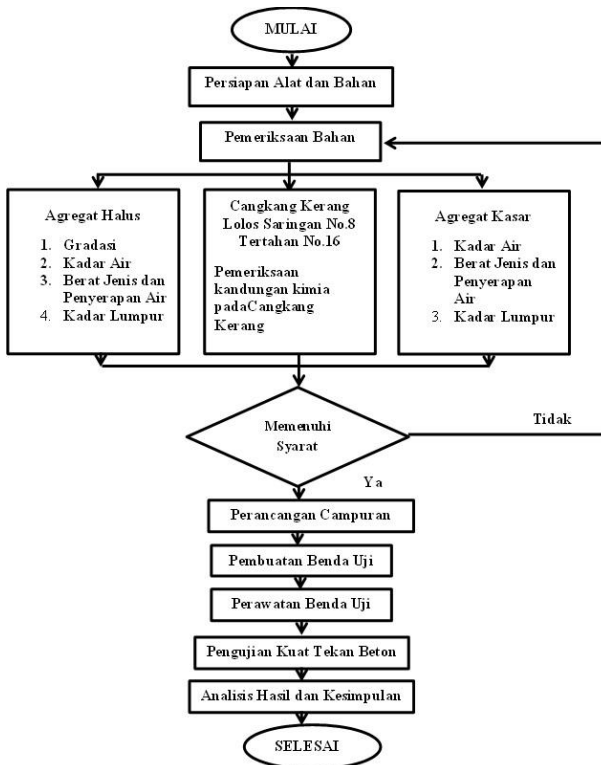
1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

a. Gradasi Agregat Halus

Tabel 4. Hasil pemeriksaan gradasi pasir

Ukuran	Berat Tertahan (gram)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Komulatif (%)	Berat Lolos Komulatif (%)
No.4 (4,8mm)	0	0	0	100
No.8 (2,4mm)	33	3,3	3,3	96,7
No.16 (1,2mm)	125	12,5	15,8	84,2
No.30 (0,6mm)	415	41,5	57,3	42,7
No.50 (0,3mm)	315	31,5	88,8	11,2
No.100 (0,15m)	108	10,8	99,6	0,4
Pan	4	0,4	100	0
Total	1000	100	264,8	335,2

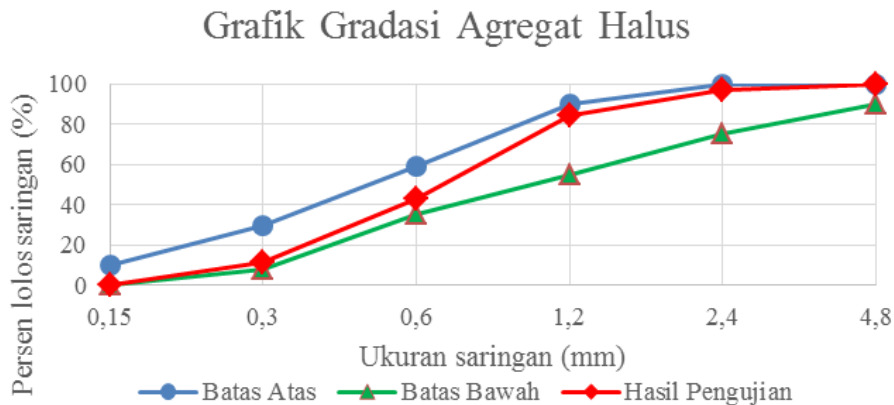
3. Pelaksanaan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. Analisis Hasil

Setelah pelaksanaan penelitian selesai, maka akan didapatkan beberapa data yang nantinya akan digunakan untuk membuat pembahasan dan kesimpulan dari



Gambar 2. Gradasi Butiran Gregat Halus (Pasir)

Modulus Halus Butir (MHB)

$$= \frac{\text{Jumlah berat tertahan komulatif} (\%)}{\text{Jumlah berat tertahan} (\%)}$$

$$= \frac{264,8}{100} = 2,648$$

b. Kadar Air Agregat Halus

Tabel 5. Hasil analisis kadar air agregat halus (Pasir)

Uraian	Contoh 1
Berat wadah (W_1)	130 gr
Berat wadah + contoh basah (W_2)	290 gr
Berat wadah + contoh kering (W_3)	283 gr
Berat air ($W_4 = W_2 - W_3$)	7 gr
Berat contoh kering ($W_5 = W_3 - W_1$)	153 gr
Kadar air	4,575 %

Pada pengujian kadar air pasir didapat nilai rata-rata sebesar 4,575%

c. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir jenuh kering muka didapat sebesar 2,63 sehingga pasir ini dapat digolongkan menjadi agregat normal karena hasilnya terletak antara 2,5 sampai 2,7.

d. Kadar Lumpur Agregat Halus

Kadar lumpur agregat halus rata-rata diperoleh sebesar 0,7% tidak lebih besar dari batas yang ditetapkan untuk beton normal sebesar 5%. Sehingga

pasir tidak perlu dicuci dahulu sebelum digunakan.

2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

a. Kadar Air Agregat Kasar

Kadar air rata-rata yang terdapat dalam agregat kasar yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah sebesar 0,5485%. Syarat kadar air maksimum untuk agregat normal adalah 2%.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis Agregat Kasar jenuh kering muka adalah 2,675 sehingga agregat ini dapat digolongkan menjadi agregat normal, karena nilainya antara 2,5 sampai 2,7. Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 0,72%.

c. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Kadar lumpur agregat kasar rata-rata diperoleh sebesar 0,889 %, lebih kecil dari batas yang ditetapkan untuk beton normal yaitu sebesar 5%.

3. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Rencana kebutuhan bahan untuk tiap adukan beton dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan perencanaan campuran beton dengan metode SK SNI 03-2834-2002 (Tjokrodinuljo, 2007)

Tabel 6. Kebutuhan campuran untuk tiap 1 benda uji berbagai variasi

Kadar SP (%)	Air (Liter)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	CK (Kg)	Kerikil (Kg)	SP (Liter)
0,25	0,833	2,8	2,655	0,295	5,99	0,00243
0,3	0,833	2,8	2,655	0,295	5,99	0,00294
0,35	0,833	2,8	2,655	0,295	5,99	0,00343

Sumber : Hasil Perhitungan. 2016

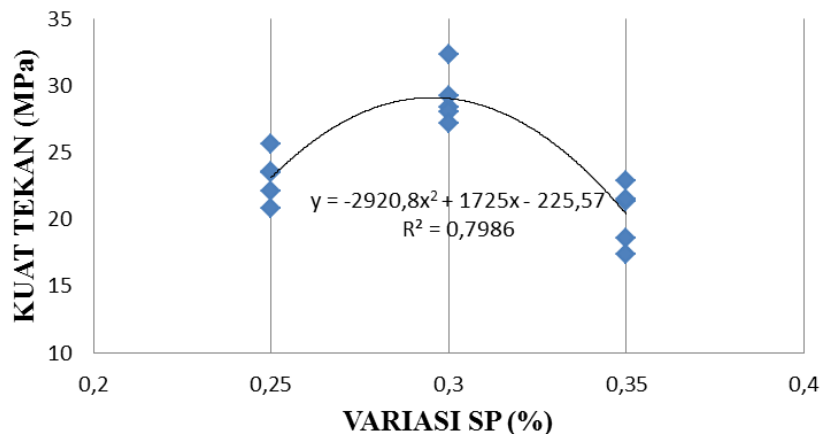
4. Hubungan Superplasticizer dengan Kuat Tekan Beton

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan beton dengan variasi *Superplasticizer*

SP (%)	Benda Uji	Fc' Silinder (Mpa)	Fc' Rata-rata
0,25	S-1	25,62	23,12
	S-2	23,51	
	S-3	22,11	
	S-4	23,56	
	S-5	20,81	
0,3	S-6	32,38	29,05
	S-7	28,41	
	S-8	29,24	
	S-9	28,01	
	S-10	27,2	
0,35	S-11	21,38	20,37
	S-12	21,51	
	S-13	18,63	
	S-14	17,41	
	S-15	22,92	

Sumber : Hasil Pengujian, 2016

Grafik nilai kuat tekan beton dengan variasi *Superplasticizer*



Gambar 3. Grafik hubungan variasi *Superplasticizer* cangkang kerang terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari

Diperoleh nilai optimum pada penambahan kadar *Superplasticizer* 0,30% yaitu sebesar 29,06 Mpa

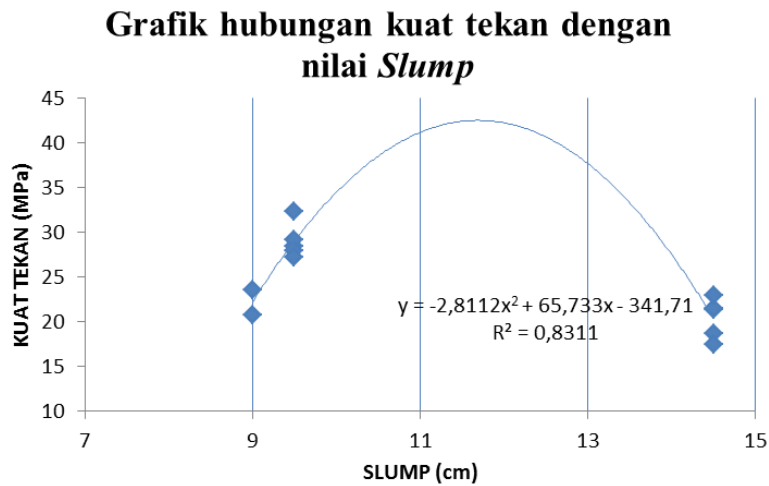
5. Hubungan Slump dengan Kuat Tekan Beton

Tabel 8. Hasil uji *slump* dan kuat tekan beton dengan campuran cangkang kerang

SP (%)	Fc' Silinder (Mpa)	Fc' Rata-rata (Mpa)	Slump (cm)
0,25	25,62	23,12	9
	23,51		
	22,11		
	23,56		
	20,81		
0,3	32,38	29,05	9,5
	28,41		
	29,24		
	28,01		

	27,2		
0,35	21,38	20,37	14,5
	21,51		
	18,63		
	17,41		
	22,92		

Sumber : Hasil Penelitian, 2015

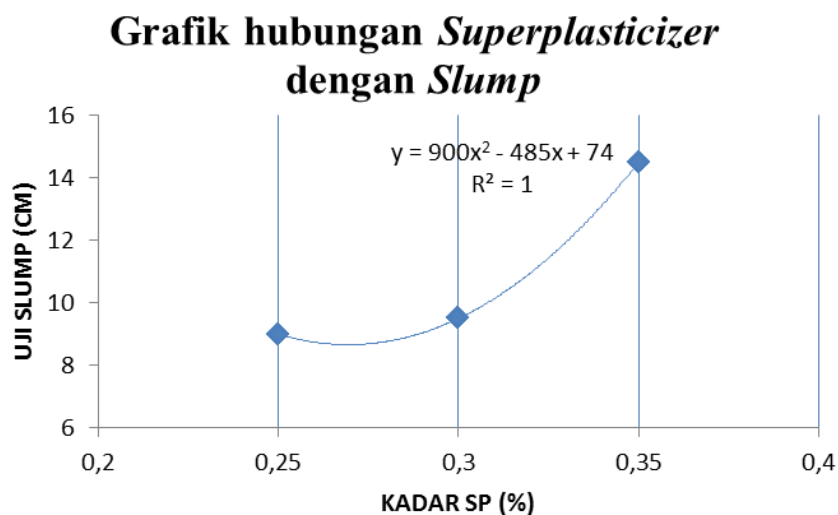


Gambar 4 Grafik hubungan nilai *Slump* dengan Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan masing-masing *slump* dengan variasi kadar *Superplasticizer* 0,25%; 0,3%; 0,35% berturut-turut yaitu 22,18 Mpa, 29,04 Mpa, 20,36 Mpa. Nilai *slump* terbesar

terdapat pada kadar *Superplasticizer* 0,3% dengan hasil pengujian 9,5 cm dan nilai kuat tekan maksimum sebesar 29,04 Mpa.

6. Hubungan *Superplasticizer* dengan *Slump*



Gambar 5. Grafik Hubungan *Superplasticizer* dengan *Slump*

Nilai *slump* yang didapat pada setiap variasi *Superplasticizer* yaitu sebesar 9 cm, 9,5

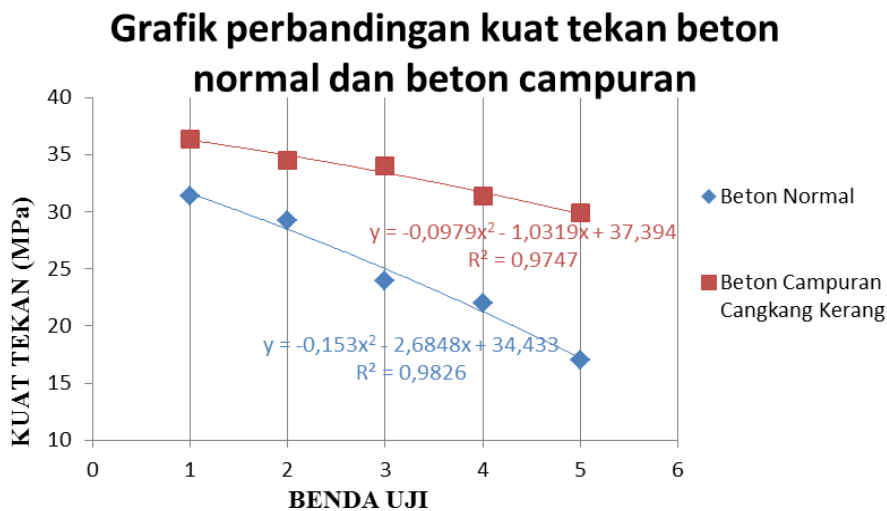
cm, dan 14,5 cm. Nilai *slump* optimum yang diperoleh yaitu 14,5 cm dan *slump* rata-rata sebesar 11 cm.

7. Hubungan Beton Normal dengan Beton Campuran Cangkang Kerang

Tabel 9. Hasil perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton campuran cangkang kerang

Benda Uji	Fc' Normal	Fc' Rata-rata Beton Normal	Fc' Cangkang Kerang SP 0.35	Fc' Rata-rata Beton Campuran
S1	31,414	24,69584	36,37	33,222
S2	29,1785		34,53	
S3	23,9118		34,01	
S4	21,9727		31,32	
S5	17,0022		29,88	

Sumber : Hasil Pengujian, 2016



Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Normal dengan Beton Campuran

Beton dengan campuran cangkang kerang memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal atau beton tanpa campuran. Nilai kuat tekan rata-rata untuk beton dengan cangkang kerang yaitu sebesar 33,22 MPa dan untuk beton normal yaitu sebesar 24,70 Mpa.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan :

- Nilai kuat tekan beton yang didapatkan dengan bahan campuran agregat halus cangkang kerang sebesar 10% serta penambahan superplasticizer dengan variasi 0,25%; 0,3%; 0,35% didapatkan beturut-turut 22,18 MPa, 29,04 Mpa, 20,36 Mpa.

- Kuat tekan optimum dengan campuran agregat halus cangkang kerang 10% didapat pada kadar *Superplasticizer* 0,30% dengan hasil sebesar 29,06 Mpa
- Pengaruh penambahan *Superplasticizer* terhadap kelecikan atau *workability* beton segar ditandai dengan nilai *slump* yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar *Superplasticizer*. Nilai *slump* optimum yang didapat adalah 9,5 cm dan rata-rata nilai *slump* yaitu 11 cm.

2. Saran

Untuk mendapatkan hasil penelian yang lebih baik lagi diperlukan saran-saran yang bersifat membangun seperti yang akan disebutkan berikut :

- a. Dalam pengerjaan sebuah campuran beton sebaiknya memperhatikan dengan seksama keadaan material campuran beton agar diperoleh mutu campuran beton sesuai dengan target *mix design*.
- b. agar diperoleh sampel yang baik perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan, karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji tekan.
- c. Untuk penelitian selanjutnya harus lebih memperhatikan karakteristik fisik dan kimiawi dari Cangkang Kerang dan Superplasticizer kaitannya dengan *mix design* beton.
- d. Perlu dilakukan percobaan Cangkang Kerang dengan melakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan dalam campuran beton sehingga dapat mengetahui kandungan pada Cangkang Kerang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, M. (2015), *Pengaruh Bahan Tambah Superplasticizer Dengan Variasi 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1% Untuk Beton Dengan Agregat Kasar Cangkang Kemiri*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Maha, A.I. (2015), *Pengaruh Limbah Kulit Kerang dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Paving Block (1PC:8PS, 1PC:12PS, 1PC:14PS)*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mulyono, T. (2004), *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Siregar, S.M. (2009), *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*, Tesis, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- SK SNI-03-2834,2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Pustran Balitbang PU, Jakarta
- Tjokrodinuljo, K. (2007), *Teknologi Beton*, KMTS FT UGM, Yogyakarta.