

**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

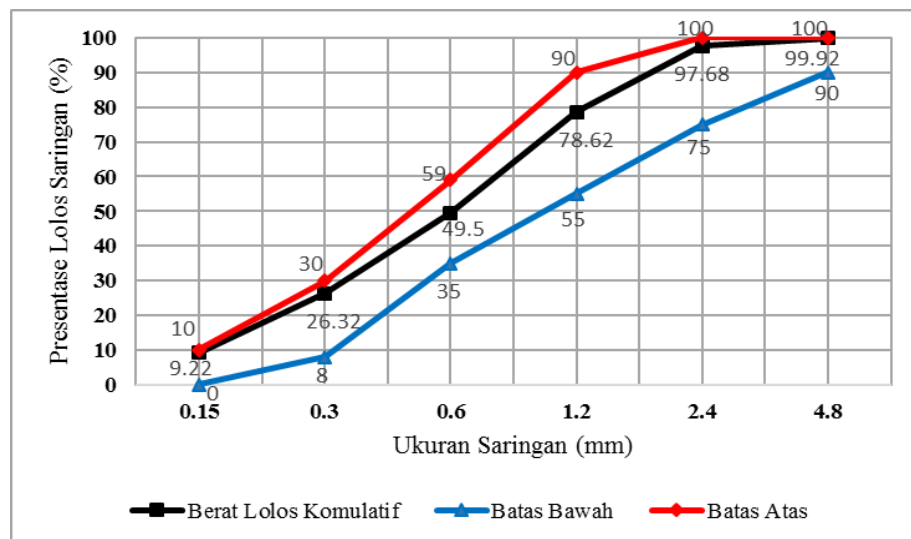
**A. Hasil Pemeriksaan Bahan**

Pemeriksaan bahan bahan yang dilakukan di laboratorium mendapatkan hasil sebagai berikut :

**1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)**

a. Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Dari hasil pemeriksian gradasi agregat halus, pasir yang berasal dari daerah Merapi masuk dalam daerah 2 yaitu jenis pasir dengan tekstur agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,3874% sehingga memenuhi persyaratan modulus halus butir antara 1,5-3,8% (SK SNI S-04-1989-F). Hasil pengujian pemeriksaan gradasi agregat halus selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan grafik hasil pengujian gradasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian Gradasi Pasir

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Pasir)

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir sebesar 2,55 sehingga pasir tersebut tergolong agregat normal yaitu yang berat jenisnya 2,5-2,7. Penyerapan air agregat halus dari kondisi kering sampai keadaan jenuh kering muka sebesar 0,9%, batas maksimal prosentase penyerapan air

adalah 3%. Angka tersebut menunjukkan bahwa kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 0,9% dari berat kering agregat itu sendiri. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air selengkapnya disajikan dalam Lampiran 3.

c. Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus sebesar 14,83%. Hasil tersebut lebih besar dari standar nilai yang ditetapkan dalam PBI 1971, bahwa agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Sehingga agregat yang digunakan dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Hasil selengkapnya untuk pemeriksaan kadar lumpur disajikan dalam Lampiran 4.

d. Kadar Air Agregat Halus (Pasir)

Kadar air pasir yang diambil dari tempat penyimpanan pasir di laboratorium memiliki kadar air sebesar 7,23%. Kondisi pasir dalam kadar air ini termasuk basah, dimana kadar air untuk agregat halus pada umumnya 1% - 2% (Mulyono, 2004). Karena kondisi pasir yang basah sehingga akan berpengaruh pada jumlah air dalam adukan beton. Sehingga pada saat pasir akan digunakan sebagai campuran dikeringkan terlebih dahulu tetapi tidak langsung di bawah sinar matahari hingga keadaan jenuh kering muka. Pasir dalam kondisi jenuh kering muka, tidak dapat menyerap ataupun menambah air dalam campuran beton. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

e. Berat Satuan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan berat satuan agregat halus didapat sebesar 1,46 gram/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih dalam batas yang di ijinakan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> (SII No.52-1980 dalam Cahyadi, 2012). Untuk hasil selengkapnya disajikan dalam Lampiran 6.

## 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Split)

### a. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Berat jenis batu pecah jenuh kering muka adalah 2,7 sehingga batu pecah tergolong agregat normal yaitu antara 2,5 sampai 2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Penyerapan air dari keadaan kering menjadi keadaan jenuh kering muka adalah 1,26%. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 7.

### b. Berat satuan agregat kasar

Berat satuan agregat kasar (batu pecah) rata-rata didapat sebesar 1,59 gram/cm<sup>3</sup>. Berat satuan ini berfungsi untuk mengindikasikan bahwa agregat tersebut porous atau mampat. Semakin berat berat satuan maka semakin mampat agregat tersebut. Hal ini akan berpengaruh juga nantinya pada proses pengerjaan beton bila dalam jumlah besar, dan juga berpengaruh pada kuat tekan beton. Apabila agregatnya porous maka dapat terjadi penurunan kuat tekan pada beton. Analisis dari pemeriksaan berat satuan dapat dilihat pada Lampiran 8.

### c. Kadar air agregat kasar

Kadar air rata-rata yang didapat dari hasil pemeriksaan sebesar 3,67%. Kondisi batu pecah dalam kadar air ini termasuk basah, dimana kadar air untuk agregat kasar pada umumnya 1% - 2% (Mulyono 2004). Karena kondisi batu pecah yang basah sehingga akan berpengaruh pada jumlah air dalam adukan beton. Sehingga pada saat batu pecah akan digunakan sebagai campuran dikeringkan terlebih dahulu tetapi tidak langsung dibawah sinar matahari hingga keadaan jenuh kering muka. Batu pecah dalam kondisi jenuh kering muka, tidak dapat menyerap ataupun menambah air dalam campuran beton. Hasil pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada Lampiran 9.

### d. Kadar lumpur agregat kasar

Agregat yang digunakan sebaiknya mempunyai kadar lumpur sekecil mungkin, karena hal tersebut dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Kadar lumpur rata-rata yang diperoleh sebesar

5,5%. Hasil tersebut lebih besar dari standar nilai yang ditetapkan dalam PBI 1971, bahwa agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Sehingga batu pecah dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 10.

e. Keausan agregat kasar

Keausan batu pecah sebesar 24,45%, sehingga dari hasil tersebut ketahanan agregat terhadap durabilitas baik, karena persyaratan agregat untuk beton < 40% (Tjokrodinuljo, 2007). Hasil pemeriksaan keausan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 11.

### **3. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Cangkang Kelapa Sawit)**

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (Cangkang Kelapa Sawit)

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar cangkang kelapa sawit didapatkan berat jenis cangkang kelapa sawit sebesar 1,4, sehingga berdasarkan SNI 03-2461-2002 agregat cangkang kelapa sawit termasuk agregat ringan karena persyaratan berat jenis untuk agregat ringan sebesar 1,0 - 1,8. Hasil penyerapan air agregat cangkang kelapa sawit sebesar 7,24 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka. Berdasarkan SNI 03-2461-2002 nilai maksimum penyerapan agregat ringan setelah di rendam air selama 24 jam sebesar 20 %, sehingga agregat cangkang kelapa sawit memenuhi spesifikasi tersebut. Untuk hasil selengkapnya disajikan dalam Lampiran 12.

b. Kadar Air Agregat Kasar (Cangkang Kelapa Sawit)

Dari hasil pengujian kadar air cangkang kelapa sawit, memiliki kadar air sebesar 12,7%. Kondisi cangkang dalam kadar air ini termasuk basah, dimana kadar air untuk agregat kasar pada umumnya 1% - 2% (Mulyono, 2004). Karena kondisi cangkang yang basah sehingga akan berpengaruh pada jumlah air dalam adukan beton. Sehingga pada saat cangkang akan digunakan sebagai campuran dikeringkan terlebih

dahulu tetapi tidak langsung dibawah sinar matahari hingga keadaan jenuh kering muka. Cangkang kelapa sawit dalam kondisi jenuh kering muka, tidak dapat menyerap ataupun menambah air dalam campuran beton. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 13.

c. Berat Satuan Agregat Kasar (Cangkang Kelapa Sawit)

Pemeriksaan berat satuan cangkang kelapa sawit didapat berat satuan sebesar  $0,61 \text{ gr/cm}^3$  sehingga setara dengan  $610 \text{ kg/m}^3$ , sehingga berdasarkan SNI 03-3449-2002 agregat tersebut termasuk kedalam agregat ringan karena berat satuan agregat kurang dari  $1100 \text{ Kg/m}^3$  dalam kondisi kering oven. Untuk hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada Lampiran 14.

d. Keausan Agregat Kasar (Cangkang Kelapa Sawit)

Berdasarkan hasil pengujian keausan agregat, didapat nilai keausan agregat cangkang kelapa sawit sebesar 16,6%, sehingga dari hasil tersebut dapat bahwa ketahanan agregat terhadap durabilitas baik, karena persyaratan agregat untuk beton  $< 40\%$  (Tjokrodimuljo, 2007). Agregat tersebut juga masuk kedalam agregat kelas III (diatas 20 MPa) dengan bagian yang hancur lolos ayakan 1,7 mm dengan mesin uji *Los Angles*  $< 27\%$ . Hasil selengkapnya disajikan pada Lampiran 15.

Tabel 4.1. Perbandingan agregat kasar batu pecah (*split*) dan cangkang kelapa sawit

Jenis Pengujian	Batu pecah ( <i>split</i> )	Cangkang Kelapa Sawit
Ukuran maksimum (mm)	20	20
Berat jenis SSD	2,7	1,4
Berat Satuan (gram/cm <sup>3</sup> )	1,591	0,61
Kadar Air (%)	3,67	12,79
Nilai Keausan (%)	24,45	16,6
Penyerapan Air (%)	1,26	7,24

Sumber : Hasil penelitian, 2015

## B. Hasil Perencanaan Campuran Beton

Dalam perancangan campuran beton (*mix design*) ini digunakan SK SNI : 03-2834-2002 (Tjokrodinuljo, 2007). Data hasil perancangan campuran dapat dilihat dalam Tabel 4.2 dan 4.3. *Mix design* selengkapnya dapat dilihat dalam pada Lampiran 16.

Tabel 4.2 Hasil *Mix design* campuran beton tiap 1 m<sup>3</sup>

Air (Liter)	Agregat Kasar Cangkang Sawit (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Semen (Kg)
204,9	352,313	563,19	683

Sumber: Hasil *mix design* penelitian, 2015

Tabel 4.3 Kebutuhan bahan untuk tiap 6,2 benda uji berbagai variasi

Air (Liter)	Agregat Kasar Cangkang Kelapa Sawit (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Semen (Kg)
4,28	7,343	11,77	14,29

Sumber : Hasil penelitian, 2015

Karena cangkang kelapa sawit sebagai bahan substitusi agregat kasar memiliki berat volume yang berbeda dengan agregat normal (batu split), sehingga agar didapat campuran beton yang sesuai dengan *mix design* beton normal, maka dalam menengkonversi agregat normal (batu split) ke agregat cangkang kelapa sawit, digunakan perbandingan volume yang mengacu dari berat agregat kasar (split) dari hasil *mix design* sehingga volume cangkang kelapa sawit yang digunakan sebagai substitusi agregat dapat proporsional.

## C. Hasil Perencanaan Kebutuhan Sika Viscocrete-10

Presentase *superplasticizer* yang digunakan yaitu 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1% dari berat semen, sehingga berat *superplasticizer* yang digunakan dalam variasi campuran disajikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Berat *superplasticizer* yang digunakan tiap variasi

No	Variasi <i>Superplasticizer</i> (%)	Berat Semen (Kg)	Berat <i>Superplasticizer</i> Yang Digunakan (Kg)
1	0,25	14,29	0,035
2	0,5	14,29	0,071
3	0,75	14,29	0,107
4	1	14,29	0,143

Sumber : Hasil mix design beton, 2015

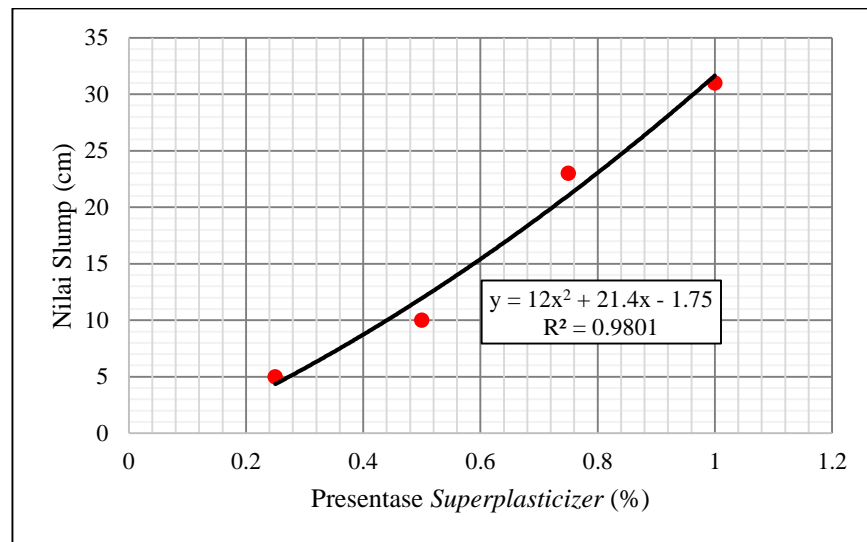
#### D. Hasil Pengujian *Slump*

Berdasarkan data hasil pengujian, didapatkan nilai slump rata-rata beton segar dengan agregat cangkang kelapa sawit dengan variasi campuran *superplasticizer* 0,25%; 0,5%; 0,75%; 1% yaitu 5 cm, 10 cm, 23 cm, dan 31 cm. Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian slump, bahwa semakin banyak presentase *superplasticizer* yang digunakan, nilai slump yang dihasilkan akan semakin besar, hal tersebut menandakan bahwa tingkat *workability* juga semakin baik. Hal tersebut dikarenakan sifat dari *superplasticizer* yang dapat mempengaruhi partikel semen sehingga antar partikel semen menjadi saling menjauh dan tolak menolak antar partikel. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.5 Nilai *slump* tiap variasi

Variasi <i>Superplasticizer</i> (%)	Besar <i>Slump</i> Beton (cm)
0,25	5
0,5	10
0,75	23
1	31

Sumber : Hasil penelitian, 2015



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Nilai Slump dan Presentase *Superplasticizer*

#### E. Pengujian Berat Satuan dan Berat Voume Beton

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran berat beton yang dihasilkan dari campuran beton dengan agregat kasar cangkang kelapa sawit. Pengukuran berat beton dilakukan setelah berumur 28 hari dan setelah dilakukan perendaman dalam air sebagai perawatan beton. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan berat volume rata-rata sebesar  $1930 \text{ Kg/m}^3$ . Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton tersebut sudah termasuk jenis beton ringan karena memiliki berat volume lebih kecil dari syarat berat volume beton normal yaitu  $2200 - 2500 \text{ Kg/m}^3$ .



Tabel 4.6 Hasil pengujian berat satuan dan berat volume beton

Variasi <i>Superplasticizer</i> (%)	Berat Satuan Beton (gr)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )
0,25	6554	3442,9	1,903
	6642	3488,4	1,904
	6600	3465	1,904
	6650	3534,76	1,881
0,5	6459	3374,85	1,913
	6550	3351,9	1,954
	6516	3396,6	1,918
	6760	3488,1	1,938
0,75	6787	3374,85	2,01
	6787	3419,84	1,984
	6875	3488,4	1,970
	6790	3557,56	1,908
1	6700	3442,34	1,946
	6670	3534	1,887
	6738	3396,89	1,983
	6680	3511,35	1,902
Rata-rata			1,930

Sumber: Penelitian, 2015

#### F. Hasil Pengujian Kuat Tekan Berbagai Variasi *Superplasticizer*

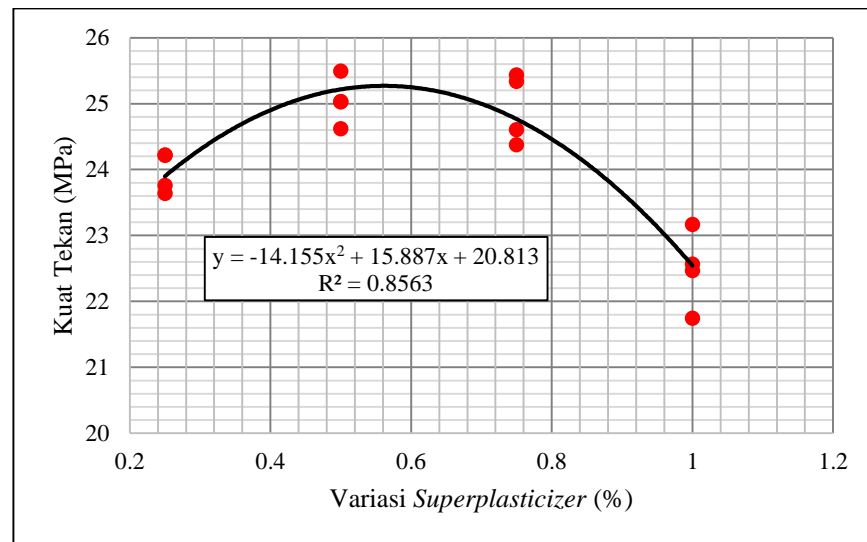
Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan beton dengan agregat kasar cangkang kelapa sawit dan tambahan bahan kimia *superplasticizer* dengan berbagai variasi. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.3. Hasil kuat tekan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 17.

Tabel 4.7 Hasil uji kuat tekan beton cangkang kelapa sawit umur 28 hari

No	Variasi <i>Superplasticizer</i> (%)	<i>Peak Force</i> (Kg)	Luas Area (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Silinder (MPa)
1	0,25	67820	228,01	24,22
2		69170	232,56	24,22
3		67070	231,04	23,63
4		67410	231,03	23,75
5	0,5	69160	224,99	25,028
6		67790	220,52	25,03
7		67120	222	24,61
8		72810	232,54	25,49
9	0,75	69550	223,5	25,34
10		71700	229,52	25,43
11		69630	232,56	24,37
12		71200	235,6	24,60
13	1	62350	224,99	22,56
14		65010	235,6	22,46
15		64010	224,96	23,17
16		62100	232,54	21,74

*Sumber:* Hasil penelitian, 2015

Dari Tabel 4.7 berikut menunjukan bahwa, hasil uji kuat tekan beton dari sampel berbagai variasi dapat menahan beban maksimum mencapai 72810 kg dengan kuat tekan yang dihasilkan 25,49 MPa dan gaya terkecil yang mampu ditahan yaitu sebesar 62100 kg dengan kuat tekan yang dihasilkan 21,74 MPa. Berdasarkan hasil kuat tekan tiap sampel benda uji tersebut dapat diklasifikasikan beton yang dihasilkan setara dengan beton normal yaitu memiliki kuat tekan 15-30 MPa (Tjokrodimuljo, 2007).



Gambar 4.3 Grafik hubungan kuat tekan beton cangkang sawit dan variasi *superplasticizer*

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan agregat kasar cangkang kelapa sawit akan mengalami kenaikan kuat tekan seiring bertambahnya *superplasticizer* pada presentase tertentu dan kemudian mengalami penurunan kembali. Dengan menambah bahan *superplasticizer* dengan presentase yang optimum akan memperbaiki kekuatan beton dengan agregat kasar cangkang kelapa sawit tersebut.

Hal tersebut dikarenakan jika *superplasticizer* terlalu sedikit maka tingkat *workability* beton segar belum begitu baik sehingga kepadatan beton juga belum maksimal, selain itu penggunaan *superplasticizer* yang melebihi dosis juga akan menyebabkan semen terdispersi ke segala arah dan menghasilkan gel yang tidak kompak sehingga daya ikat gel menjadi tidak sempurna. Hal ini menyebabkan segregasi dan menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan.

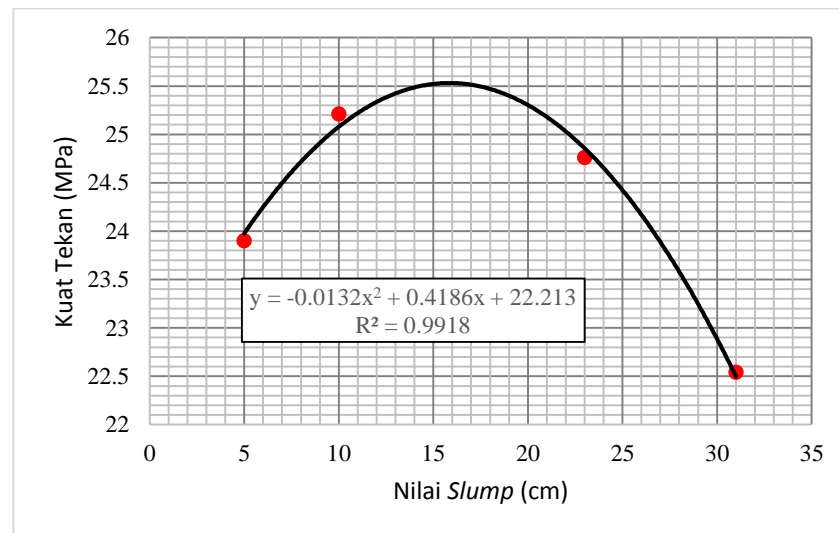
Namun jika penggunaan dengan proporsi tertentu *superplasticizer* akan mendispersi semen menjadi lebih merata, sehingga akan menghasilkan reaksi hidrasi yang lebih sempurna. Reaksi ini akan membuat gel lebih kompak dan padat sehingga daya ikat campuran menjadi lebih kuat dan meningkatkan kuat tekan beton. (Suseno dkk, 2008). Persamaan  $y = -14,155x^2 + 15,887x + 20,813$  yang diperoleh dari grafik regresi polynomial orde 2 diatas didapat kuat tekan beton cangkang kelapa sawit dengan variasi *superplasticizer* 0,25%; 0,5%;

0,75%; 1% sebesar 23,9 MPa; 25,22 MPa; 24,76 MPa; 22,54 MPa. Dari grafik tersebut juga didapat presentase optimum penambahan *superplasticizer* yaitu sebesar 0,56% dari berat semen yang menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 25,27 MPa.

Kuat tekan beton menggunakan agregat kasar cangkang kelapa sawit dengan benda uji berbentuk kubus dimana hasilnya dikonversikan pada silinder dengan satuan MPa, telah sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan.

### G. Hasil Pengujian Kuat Tekan dengan Berbagai Variasi Nilai *Slump*

Dengan penambahan *superplasticizer* maka nilai *slump* akan semakin besar namun nilai kuat tekan yang di hasilkan akan naik sampai pada kadar *superplasticizer* optimum kemudian mengalami penurunan kuat tekan. Dari hasil penelitian ini didapatkan kuat tekan maksimum sebesar 25,27 MPa dengan nilai *slump* sebesar 13,99 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan kuat tekan dan nilai *slump*

Hal tersebut dikarenakan dengan penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang terlalu banyak akan menyebabkan nilai *slump* semakin besar. Walaupun dengan nilai *slump* yang besar akan memiliki *workability* yang baik, namun dengan presentase *superplasticizer* yang terlalu banyak, partikel semen akan terdispersi kesegala arah sehingga terbentuk ikatan semen yang tidak sempurna.