



STUDI KOMPARASI VARIASI JENIS SUPERPLASTICIZER TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN FLY ASH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI ADITIF

Zulham Effendi^a, Taufik Saidi^b, Teuku Budi Aulia^c

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address : zoelham.bireuen@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Article History:

Received 02 July 2018

Received in revised form 01 September 2018

Accepted 07 September 2018

Keywords:

Type, Percentage, superplasticizer, mechanical properties, concrete, Slump Value, Temperature Hydration.

ABSTRAK

Nowadays, a construction uses a lot of concrete with highly strong power that is needed to support materials supporting the construction. With the improvement of concrete technology nowadays it is possible that high quality concrete with the suppression of >70 MPa. Aceh Province, which is located, at the most tip of Sumatera Island has a great number of natural resources and materials that can be used in order to make concrete. These available resources are used for making high quality concrete with the pressure of 70 MPa. This research is going to explore the characteristic of concrete mechanic comprises of the strength of its pressure, the strength of its tight pressure, the bow strength and the sliding strength that can be reached by using additional material of palm nutshell as an additive replacement as apart of concrete use and the variation of the variety of superplasticizer optimum percentage of Sikament LN, Sikament NN and Viscocrete-10 by rude aggregation with maximum measure is 12 mm. its concrete is used as Portland concrete type I with vary kinds of superplasticizer by each maximum percentage of Sikament LN is 1%, Sikament NN 1,5% and Viscocrete-10 1,5% . the factor of water concrete is 0,3 and the amount of palm nutshell dust as an aditif that is used is 10%. The value of pressure and tight breaking strenght, flexibility tight strenght and sliding strenght from third variaties of superplasticizer, namely Viscocrete-10 with the percentage is 1,5% having bigger valuecompred to Sikament NN 1,5% and Sikament LN 1,0%. In terms of testing hot hydration the result shows that the viscocrete – 10 has been able earlier to prevent hot hydration with value is 6 hour; 24°C compared to Sikament NN 8 hour; 24°C and the kind of Sikament LN 78 hour; 25°C.

©2018 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Penggunaan beton di bidang konstruksi khusus nya pada bangunan gedung bertingkat banyak dan jembatan dengan bentang panjang tidak terlepas dari penggunaan beton mutu tinggi sebagai salah satu alternatif. Berbagai cara yang dilakukan untuk dapat menghasilkan beton mutu tinggi telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya dengan penambahan *aditif* dan *superplasticizer* kedalam campuran beton yang dapat mengurangi penggunaan air sehingga menambah kekuatan beton yang disisi lain penggunaan *aditif* dan *superplasticizer* mampu mengubah kondisi campuran beton menjadi lebih mudah

untuk dipadatkan (*workability*), *adittif* dan *superplasticizer* juga mampu mengurangi terjadinya porositas pada beton, air yang digunakan relatif sedikit, dapat meningkatkan kekuatan mutu beton, serta mampu untuk tetap mempertahankan masa beton yang homogen karena sifatnya yang dapat mengubah beton menjadi campuran yang mudah mengalir (*flow*).

Disamping dapat meningkatkan *workability* pada campuran beton, penggunaan *superplasticizer* juga dapat memperlambat reaksi pengikatan semen sehingga dapat memperlambat fluktuasi panas hidrasi yang terjadi pada semen dibandingkan dengan terjadinya kenaikan panas hidrasi pada semen tanpa penggunaan *superplasticizer*, winnefield, at al (2007). Hal ini diakibatkan karena *superplasticizer* mempunyai fungsi yang salah satunya dapat memperlambat (*retarder*) reaksi hidrasi yang terjadi yang berdampak terhadap perilaku panas hidrasi semen.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

American Concrete Institute, 1997 mendefinisikan beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa. Ada tiga konsep dasar untuk meningkatkan kuat tekan beton yaitu pertama peningkatan pada kekuatan pasta semen, kedua pemilihan kualitas agregat yang baik dan yang ketiga adalah meningkatkan kuat lekatan antara pasta semen dan agregat dengan memberikan bahan tambahan yang berupa klinker atau mikrosilika serta pemilihan bentuk agregat yang sesuai.

Disamping itu faktor lain yang bisa menentukan keberhasilan untuk meningkatkan kuat tekan beton, diantaranya adalah keadaan semen; faktor air semen (FAS) yang rendah; penggunaan *admixture* dan *additive* mineral dalam kadar yang tepat; prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton dan pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan.

Pozolan merupakan bahan alam atau buatan yang sebahagian besar terdiri dari unsur – unsur silikat atau aluminat yang reaktif. Menurut Pordinan, (2008:16), abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan silika (SiO_2) yang dapat dimanfaatkan untuk campuran beton. Untuk mendapatkan campuran beton agar menghasilkan mutu beton yang sesuai dengan rencana diperlukan adanya *mix design* sehingga didapatkan masing-masing jumlah bahan penyusun beton yang dibutuhkan.

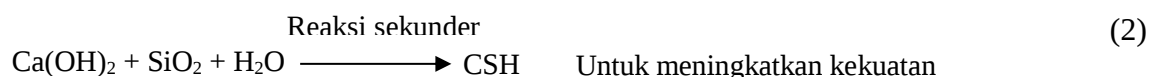
Ketika bahan penyusun dicampur seperti semen dan air maka partikel – partikel semen cenderung berkumpul menjadi gumpalan yang disebut gumpalan semen. Gumpalan tersebut dapat mencegah pencampuran antara semen dan air yang mengakibatkan kehilangan kemampuan kerja (*loss workability*) dari campuran beton dan mencegah juga campuran hidrasi yang sempurna.

Proses hidrasi terjadi ketika semen bercampur dengan air. Pada saat proses hidrasi berlangsung terjadi reaksi antara semen dan air yang kemudian membentuk senyawa baru.

Proses hidrasi pada beton (Aulia,2005:60)



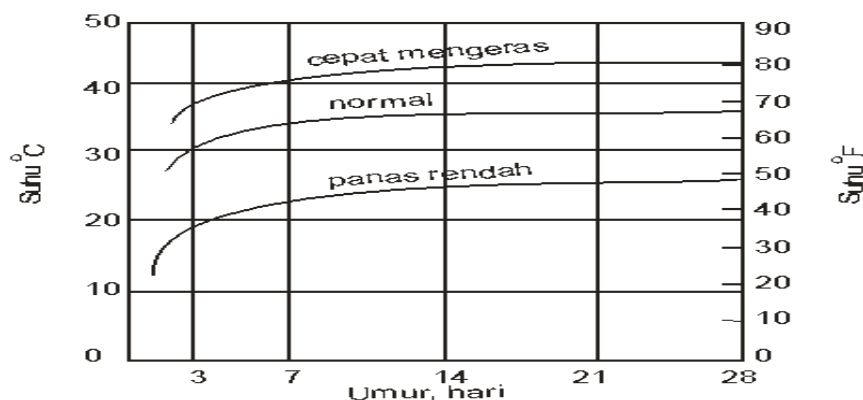
Pada kondisi tertentu, penggunaan abu cangkang kelapa sawit pada campuran beton dapat meningkatkan kekuatan beton. Ini dikarenakan partikel abu cangkang kelapa sawit dapat mengisi struktur pori pasta semen serta mampu bereaksi dengan Ca(OH)_2 yang dihasilkan dari proses hidrasi antara semen dan air. Reaksi sekunder yang terjadi antara Ca(OH)_2 dengan SiO_2 dapat membentuk *calcium silicat hidrat* (CSH) yang mampu meningkatkan kekuatan beton menjadi lebih tinggi.



Panas hidrasi (*heat of hydration*) dihasilkan ketika semen mengadakan ikatan dan bereaksi dengan air, dinyatakan dengan kalori/gram. Akibat terjadinya panas menimbulkan retak pada beton pada saat pendinginan. Untuk semen biasa, panas hidrasi bervariasi mulai dari 37 kalori/gram pada temperatur sekitar 5°C hingga 80 kalori/gram pada temperatur 40°C (Mulyono, 2003).

Panas hidrasi beton yang terjadi tidak saja bergantung pada panas hidrasi semen, tetapi juga bergantung pada (Murdock dan Brook, 1999) :

- a. Volume beton yang dicetak setiap satu kali operasi
- b. Kecepatan mencetak beton
- c. Jenis dari acuan
- d. Keadaan atmosfer, terutama suhu sekitarnya
- e. Suhu beton pada saat dicetak
- f. Daya hantar suhu dari beton



Gambar 1 Kenaikan suhu pada jenis beton 1 : 9 (berat), dibawah kondisi adiabatik.
Sumber : Murdock (1986)

Agregat merupakan bahan pembentuk beton yang mempunyai komposisi paling besar dalam volume beton. Mulyono (2005 : 65) menyebutkan komposisi agregat berkisar 60 – 70 % dari total berat campuran beton. Maka sifat-sifat agregat ini akan mempengaruhi sifat-sifat beton, baik yang masih segar maupun yang sudah mengeras.

Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat bertujuan agar agregat yang digunakan untuk campuran beton memenuhi syarat yang meliputi pemeriksaan bertat jenis (*specific gravity*), penyerapan (absorpsi), berat volume (*bulk density*) dan susunan butiran (*sieve analysis*).

Bahan tambahan adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dengan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain laju panas hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air.

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.

5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Superplasticizer pertama sekali diperkenalkan di Jepang dan kemudian di Jerman pada awal tahun 1960-an. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal. Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, membuat campuran lebih padat sehingga mempertahankan nilai *slump* yang tinggi.

Menurut ASTM C494 dan British Standard 5075, *superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurang air, dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama.

Superplasticizer juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan workabilitas, tanpa terjadi pemisahan (*segregasi/bleeding*) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar. (L. J. Parrot, 1998).

Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500 – 700°C. Abu tersebut mengandung unsur silika (SiO₂) cukup tinggi sebesar 58%. Unsur silika (SiO₂) akan bereaksi dengan kapur bebas Ca(OH)₂ yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH baru. Gel CSH merupakan unsur utama yang mempengaruhi kekuatan pasta semen, meningkatkan kuat lekat antara pasta semen dan agregat dan kekuatan beton.

Tabel 1.
Unsur kimia abu cangkang kelapa sawit

Unsur kimia	Persentase (%)
SiO ₂	58,02
Al ₂ O ₃	8,7
Fe ₂ O ₃	2,6
CaO	12,65
MgO	4,23
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,72
H ₂ O	1,97
Hilang Pijar	8,59

(Sumber: Hutahaean, B 2007)

2.2 Sifat Mekanis Beton

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar *ASTM C 39* atau menurut yang disyaratkan PBI 1989. Menurut Amri (2005 : 162), kuat tekan beton yang terjadi dinyatakan dalam tegangan desak beton dan dapat dihitung dengan Persamaan. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'_c = \sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

Keterangan :

- f'_c = kuat desak beton;
- P = beban maksimum;
- A = luas penampang benda uji.

Tegangan tarik yang timbul dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.7 (Dipohusodo, 1994: 10 dan SNI-03-2491-1991) sebagaimana terlihat dalam rumus dibawah ini :

$$f_t = \frac{2.P}{\pi.L.D} \quad (4)$$

Keterangan :

- f_t = kuat tarik belah (kg/cm^2);
- P = beban pada waktu belah (kg);
- L = panjang benda uji silinder (cm); dan
- D = diameter benda uji silinder (cm).

Berdasarkan ASTM C 78-84 (Anonim, 2004), besarnya kuat tarik lentur beton dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$f_r = MC/I \quad (5)$$

Keterangan :

- f_r = Kuat tarik lentur beton balok (kg/cm^2);
- M = Momen yang terjadi, yaitu $1/6 P L$ (kg.cm);
- C = Jarak garis netral ke serat terlentur, $h/2$ (cm);
- I = Momen inersia, yaitu $1/12 b h^3$ (cm^4).

Pengujian kuat geser murni mengacu standar ASTM dengan beban tekan dari tumpuan :

$$v = V/b.d \quad (6)$$

Keterangan :

- v = tegangan geser (kg/cm^2);
- V = gaya geser (kg);
- b = lebar bidang geser (cm);
- d = tinggi bidang geser (cm).

Dikutip dari Mustaqim (2011), Mac Gregor mendefinisikan daktilitas sebagai kemampuan suatu elemen struktur untuk menerima (menahan) deformasi tak elastis tertentu sebelum runtuh. Daktilitas beton polos (beton tanpa tulangan) menurut Aulia (1999 : 140) dapat ditinjau dalam 2 indikator yaitu energi kehancuran (*fracture energy*) dan deformasi plastis pada kurva hubungan tegangan – regangan. Energi kehancuran dihitung dengan menentukan luasan daerah di bawah kurva tegangan – regangan sampai pembebanan benda uji selesai.

$$W = \int \sigma (\epsilon) d\epsilon \quad (7)$$

Dimana :

- W = energi kehancuran / *fracture energy* (kg/cm);
- σ = tegangan (kg/cm^2);
- ϵ = regangan (mm/mm).

Deformasi plastis ditentukan dengan cara menghitung selisih antara regangan maksimum dengan batas regangan elastis pada kurva tegangan - regangan (Persamaan 2.11)

$$\Delta\epsilon_p = \epsilon_{\text{maks}} - \epsilon_{\text{elastis}} \quad (8)$$

Dimana :

- $\Delta\epsilon_p$ = deformasi plastis;
- ϵ_{maks} = regangan maksimum; dan
- $\epsilon_{\text{elastis}}$ = batas regangan elastis.

2.3 Modulus elastisitas

Modulus elastisitas (E) dihitung pada saat tegangan mencapai 25 % sampai 50 % dari kuat tekan (f'_c) beton pada kurva tegangan-regangan beton (Dipohusodo,1994).

Menurut ASTM C 469 – 02, besarnya modulus elastisitas beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12) :

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \quad (9)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas beton (N/mm²);

S_2 = tegangan yang terjadi pada saat beban 40% beban maksimum;

S_1 = tegangan yang terjadi pada saat regangan longitudinal mencapai 0,00005;

ε_2 = regangan longitudinal pada saat beban mencapai 40% beban maksimum.

$$W = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan :

W = absorpsi agregat (%);

W_s = berat agregat jenuh air kering permukaan (gr);

W_d = berat agregat kering oven (gr).

Pola retak dan keruntuhan yang terjadi dikarenakan adanya gaya tekan pada benda uji silinder dari atas dan bawah. Pengamatan pola retak yang terjadi pada masing – masing pengujian pada benda uji dapat dibedakan menjadi 5 Jenis (ASTM C39/C 39M-05).

Kualitas suatu Penelitian dapat dilihat dari penyebaran nilai yang didapat dari pemeriksaan, menurut anonim (1979 : 39). Baik tidaknya penyebaran data dapat ditinjau terhadap simpangan baku (standar deviasi = S) terhadap hasil yang diperoleh, yang didapat dari hasil pemeriksaan sifat-sifat mekanis benda uji. Semakin kecil standar deviasi yang timbul, maka akan baik pula mutu pelaksanaan penelitian. Besarnya standar deviasi dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (11)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (12)$$

Dimana :

S = standar deviasi (kg/cm²);

X_i = besarnya data ke-i (kg/cm²);

$\bar{X}$ = nilai rata-rata dari benda uji (kg/cm²); dan

n = jumlah benda uji.

Klasifikasi mutu pelaksanaan untuk pekerjaan penelitian di laboratorium menurut Troxell (1968 : 402) adalah :

- $C_v \leq 5\%$ → sangat baik;
- $5\% < C_v \leq 7\%$ → baik;
- $7\% < C_v \leq 10\%$ → sedang; dan
- $C_v > 10\%$ → kurang baik.

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (13)$$

Keterangan :

C_v = koefisien ragam sampel (%);

S = deviasi standar (kg/cm^2) ; dan

$\bar{X}$ = data rata-rata (kg/cm^2).

3. METODE PENELITIAN

Komposisi bahan yang digunakan meliputi semen portland type I, agregat batu pecah (split) dan bahan tambahan berupa abu cangkang kelapa sawit sebagai *aditif* yang berasal dari industri pengolahan kelapa sawit di meulaboh dan *superplasticizer* (jenis sikament LN 1%, sikament NN 1,5% dan jenis viscocrete-10 1,5%) persentase optimum.

Benda uji yang digunakan untuk kebutuhan penelitian berbentuk silinder ukuran 10 cm x 25 cm dan 15 cm x 30 cm, balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm, kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dan prisma 30 cm x 30 cm x 10 cm.

Tabel 2.

Pengujian panas hidrasi

No	Benda Uji	Jumlah benda uji
1.	SKMLN	3
2.	SKMNN	3
3.	VSCTE	3

Tabel 3.

Pengujian kuat tekan beton

No	Benda Uji	Pengujian Kuat Tekan Beton (Hari)			Jumlah benda uji
		7	28	56	
1.	SKMLN	5	5	5	15
2.	SKMNN	5	5	5	15
3.	VSCTE	5	5	5	15

Tabel 4.

Pengujian kuat tarik belah

No	Benda Uji	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (Hari)		Jumlah Benda uji
		28	56	
1.	SKMLN	5	5	10
2.	SKMNN	5	5	10
3.	VSCTE	5	5	10

Tabel 5.

Pengujian kuat tarik lentur

No	Benda Uji	Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton (Hari)		Jumlah Benda uji
		28	56	
1.	SKMLN	5	5	10
2.	SKMNN	5	5	10
3.	VSCTE	5	5	10

Tabel 6.

Pengujian kuat geser

No	Benda Uji	Pengujian Kuat Geser Beton (Hari)		Jumlah Benda uji
		28	56	
1.	SKMLN	5	5	10
2.	SKMNN	5	5	10
3.	VSCTE	5	5	10

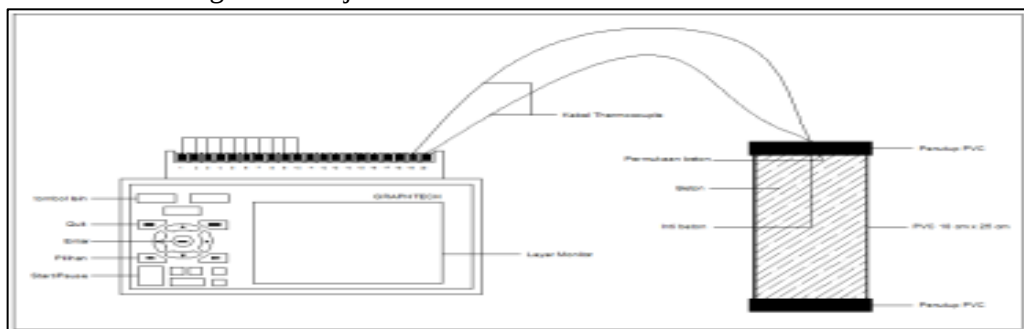
Tabel 7.

Pengujian absorpsi beton

No	Benda Uji	Pengujian Absorpsi beton (Hari)	Jumlah Benda Uji
		28	
1.	SKMLN	3	3
2.	SKMNN	3	3
3.	VSCTE	3	3

3.1 Pengujian panas hidrasi beton

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur suhu Graphtech, dan menggunakan pipa PVC ukuran 10cm x 25cm sebagai benda uji.



Gambar 2. Pengujian panas hidrasi menggunakan pipa PVC ukuran 10cm x 25cm

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur 7, 28 dan 56 hari dilakukan berdasarkan standart ASTM C39 (Amri,2005:162) dengan benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm.

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan pada umur 28 dan 56 hari dilakukan berdasarkan SNI-03-2491-1991(Dipohusodo,1994:10) dengan benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm.

3.2 Pengujian kuat tarik lentur beton

Pengujian kuat tarik lentur beton dilaksanakan pada umur 28 dan 56 hari berdasarkan standar ASTM C 78-84 (Anonim ,2004), dengan benda uji balok ukuran 15cm x 15cm x 60cm. Pengujian kuat geser

beton dilaksanakan pada umur 28 dan 56 hari berdasarkan standar ASTM dengan pembebanan tekan dari tumpuan, dengan benda uji prisma ukuran 30cm x 30cm x 10cm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil pengukuran flow test beton segar dengan variasi jenis superplasticizer persentase optimum diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 8.

Hasil pengukuran *flow test* beton segar dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum.

No	Variasi jenis SP persentase optimum	ACS (%)	Waktu (detik)	Flow Test (cm)	Kecepatan (cm/s)
1.	Sikament LN (1%)	10%	5,23	10	1,91
			13,79	20	1,45
			24,19	30	1,24
			36,40	40	1,10
			51,20	50	0,98
2.	Sikament NN (1,5%)	10%	3,62	10	2,76
			11,27	20	1,77
			20,53	30	1,46
			39,6	40	1,01
			49,84	50	1,00
3.	Viscocrete - 10 (1,5%)	10%	3,11	10	3,21
			9,42	20	2,12
			16,2	30	1,85
			22,94	40	1,74
			33,65	50	1,48

Dari data yang diperlihatkan pada Tabel diatas menunjukkan bahwa terjadi peningkatan waktu alir (*flow test*) pada setiap variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum. Pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan yang dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari, sedangkan pengujian kuat tarik belah, kuat tarik lentur dan kuat geser dilakukan pada umur 28 dan 56 hari untuk mendapatkan mutu beton dengan nilai maksimum.

Data hasil pengujian kuat tekan diperlihatkan pada tabel berikut ini :

Tabel 9.

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7, 28 dan 56 hari.

Jenis <i>Superplasticizer</i>	Kuat tekan rata – rata umur 7 hari (MPa)	Kuat tekan rata – rata umur 28 hari (MPa)	Kuat tekan rata – rata umur 56 hari (MPa)
Beton normal	13,638	21,485	26,361
Sikament LN	49,256	58,354	64,857
Sikament NN	54,757	65,177	70,880
Viscocrete-10	57,299	68,813	75,792

Pengujian ini dilakukan pada umur 28 dan 56 hari, dengan benda uji silinder untuk kuat tarik belah, balok untuk kuat tarik lentur dan prisma untuk kuat geser.

Tabel 10.

Hasil pengujian kuat tarik belah, kuat tarik lentur dan kuat geser umur 28 hari.

Jenis <i>superplasticizer</i>	Kuat tarik belah rata – rata umur 28 hari (MPa)	Kuat tarik lentur rata – rata umur 28 hari (MPa)	Kuat geser rata – rata umur 28 hari (MPa)
Beton normal	3,290	4,977	4,386
Sikament LN	5,129	5,745	4,272
Sikament NN	5,446	5,446	6,875
Viscocrete-10	5,665	6,415	6,446

Tabel 11.

Hasil pengujian kuat tarik belah, kuat tarik lentur dan kuat geser umur 56 hari.

Jenis <i>superplasticizer</i>	Kuat tarik belah rata – rata umur 56 hari (MPa)	Kuat tarik lentur rata – rata umur 56 hari (MPa)	Kuat geser rata – rata umur 56 hari (MPa)
Beton normal	3,642	5,034	4,359
Sikament LN	5,457	6,017	4,962
Sikament NN	5,626	6,391	6,285
Viscocrete-10	5,889	6,543	6,726

Perhitungan daktilitas untuk benda uji beton pada penelitian ini dilakukan berdasarkan dua indikator yaitu energi kehancuran dan deformasi plastis. Pengujian dilakukan pada umur 7, 28 dan 56 hari. Hasil daktilitas pada penelitian ini untuk variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum diperlihatkan pada Tabel berikut.

Tabel 12.

Daktilitas beton umur 7 hari

Umur pengujian	Jenis <i>superplasticizer</i>	Daktilitas	
		Energi kehancuran (N/mm)	Deformasi plastis (mm)
7 Hari	Beton Normal	0,004228	0,000189
	Sikamen LN 1%	0,051011	0,000297
	Sikament NN 1,5%	0,063348	0,000942
	Viscocrete – 10 1,5%	0,073739	0,002131

Tabel 13.

Daktilitas beton umur 28 hari

Umur pengujian	Jenis <i>superplasticizer</i>	Daktilitas	
		Energi kehancuran (N/mm)	Deformasi plastis (mm)
28 Hari	Beton Normal	0,030369	0,000191
	Sikamen LN 1%	0,06706	0,000423
	Sikament NN 1,5%	0,060884	0,001023
	Viscocrete – 10 1,5%	0,068163	0,005432

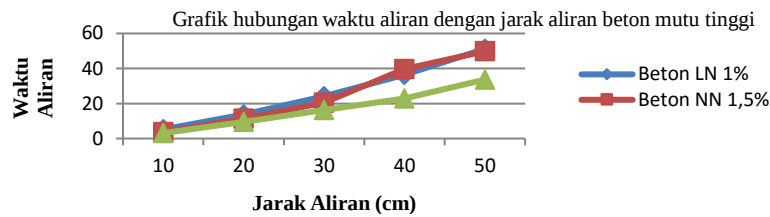
Tabel 14.

Daktilitas beton umur 56 hari

Umur pengujian	Jenis <i>superplasticizer</i>	Daktilitas	
		Energi kehancuran (N/mm)	Deformasi plastis (mm)
56 Hari	Beton Normal	0,011487	0,000241
	Sikamen LN 1%	0,074224	0,00121
	Sikament NN 1,5%	0,093511	0,004412
	Viscocrete – 10 1,5%	0,091344	0,007354

4.2 Pembahasan

Nilai *flow test* beton mutu tinggi dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum seperti gambar berikut.

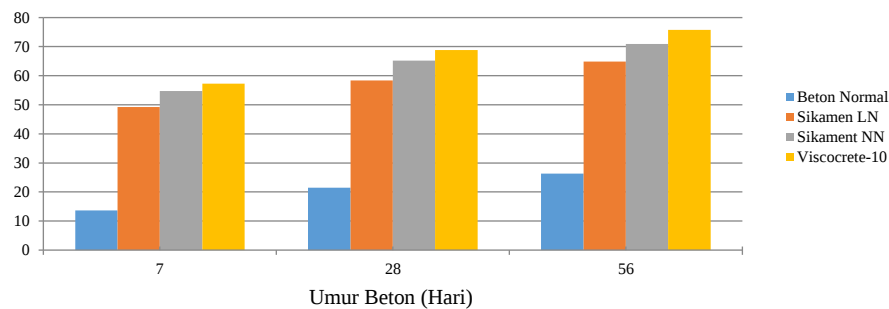


Gambar 3 Grafik hubungan waktu aliran dan jarak aliran dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum

Dari Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa penggunaan variasi dari ketiga jenis *superplasticizer* dengan persentase optimum, viscocrete – 10 memiliki waktu aliran (*flow*) yang lebih cepat mengalir dibandingkan dengan kedua jenis lainnya yaitu sikament NN dan sikament LN.

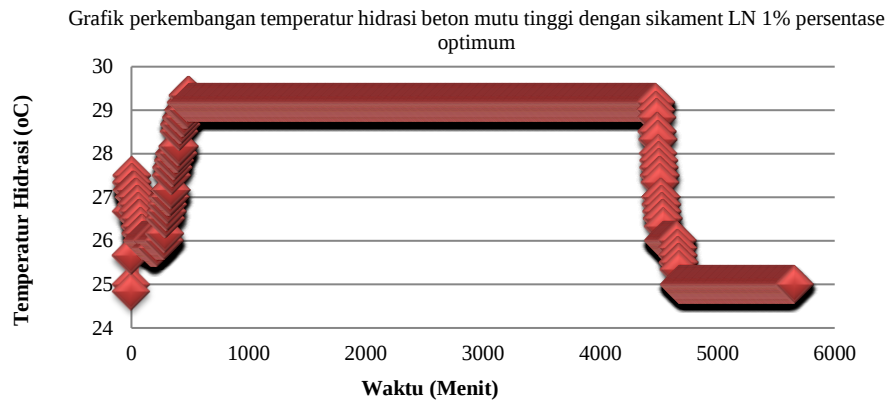
Dari gambar 4 menunjukkan bahwa kuat tekan beton mutu tinggi terjadi peningkatan berdasarkan umur dan penambahan penggunaan *superplasticizer* serta bahan tambahan *aditif* abu cangkang kelapa sawit.

Grafik perkembangan kuat tekan beton dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum

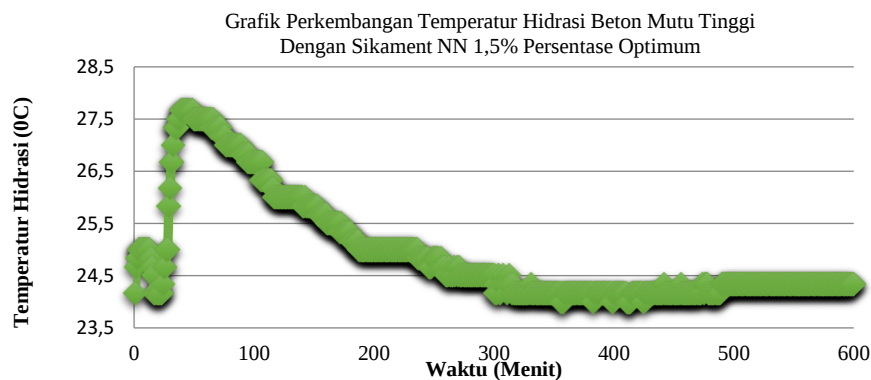


Gambar 4 Grafik perkembangan kuat tekan beton dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum

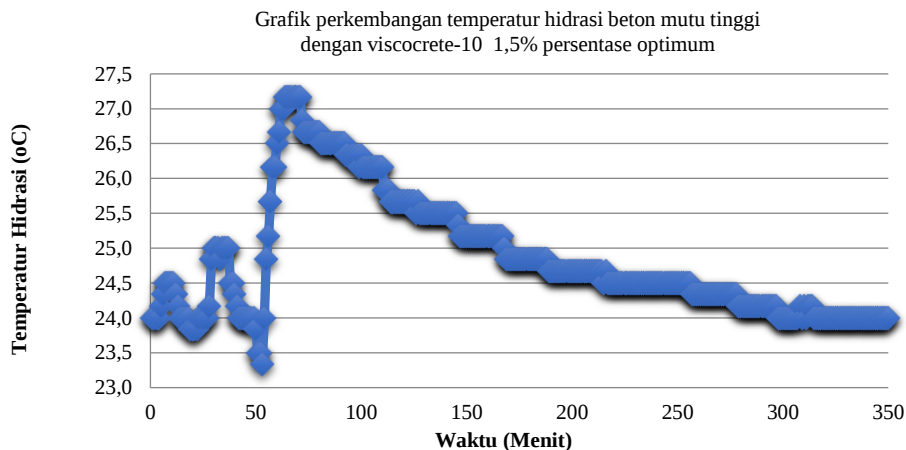
Perkembangan temperatur hidrasi beton mutu tinggi dengan variasi jenis *superplasticizer* persentase optimum memperlihatkan bahwa masing-masing bahan tambahan *superplasticizer* mempunyai perkembangan temperatur hidrasi yang berbeda terhadap waktu panas hidrasi yang terjadi pada beton mutu tinggi.



Gambar 5. Grafik perkembangan temperatur hidrasi beton mutu tinggi dengan sikament LN 1% persentase optimum



Gambar 6. Grafik perkembangan temperatur hidrasi beton mutu tinggi dengan sikament NN 1,5% persentase optimum



Gambar 7. Grafik perkembangan temperatur hidrasi beton mutu tinggi dengan viscocrete – 10 1,5% persentase optimum.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Bahan tambahan abu cangkang kelapa sawit dapat mengurangi jumlah penggunaan semen pada campuran beton mutu tinggi.
2. *Superplasticizer* jenis viscocrete – 10 dapat mereduksi panas lebih cepat dibandingkan dengan jenis sikament LN dan NN.

5.2 Saran

Perlu penelitian lanjutan dengan komposisi yang sama menggunakan agregat dengan kondisi yang kurang bersih, mengingat kondisi material di lapangan yang kurang sempurna dalam menjaga kondisi material dari kotoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S. 2005, *Teknologi Beton A-Z*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- As'At Pujiyanto, 2010, *Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambahan Superplasticizer dan Fly Ash* (High Strength Concrete Containing Admixtures Superplasticizer and Additive Fly Ash)
- ASTM C 33 – 97, *Standard Specification for Concrete Aggregates*
- ASTM C 39 – 04a, *Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.*
- ASTM C 127 – 07, *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and absorption of coarse aggregate.*
- ASTM C 136 – 96a, *Standard Method of Test For Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*
- ASTM C 494, *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*
- Borris Berqa Leovie Haf, 2012, *Pengaruh Penggunaan Fly Ash Pada Beton Mutu Normal Dan Mutu Tinggi Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Absorpsi.*
- Marsiano, *Penggunaan Admixtures Super Plasticizer Pada Beton Untuk Meningkatkan Mutu Beton.*
- Nugraha. 2007, *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Surabaya.
- Siregar, Pordinan.2008. *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar.*
- SNI 03-2495-1991, *Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton.*
- Timoshenko, S., 1958, *Dasar-Dasar Perhitungan Kekuatan Bahan*, Terjemahan Gulo, D.H., Penerbit Restu Agung, Jakarta.
- Vanchai Sata. 2004, *Utilization of Palm Oil Fuel Ash in High-Strength Concrete.*