

Pengaruh Penambahan Limbah Ekstraksi Buah Kelapa Sawit Terhadap Pembuatan Beton

Halim Kasuma¹⁾, Alex Kurniawandy²⁾, Ermiyati²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: Halimkasuma@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is to utilize the waste of palm oil with investigating the mechanical properties. The waste materials are the result of palm oil extraction. The experiment conducted to investigate the effect of this material over compressive strength, absorption, porosity, and setting time. The content of palm oil waste which added to normal concrete are varieties which are 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% of the weight of cement. The porosity test, absorption test and compressive test were performed at ages 7, 14 and 28 days for each test while curing with ordinary water. The results showed that the content of palm oil waste 2%, 4% and 6% decrease the compressive strength. Otherwise the addition of 8% and 10% increase the compressive strength. The absorption and porosity test value increase along with increase the content of palm oil using. The setting time with adding of palm oil waste is faster, rather than normal concrete. In conclusion, utilization of the waste of palm oil for concrete mixture can be done.

Keyword: Concrete, Waste of Palm Oil, Extraction, Compressive strength, Porosity, Setting time

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar belakang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, krikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang di campur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu masa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. (Daniel, Hazmi, Ammar, & Akbar, 2008).

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan batang baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang, disamping kayu dan baja. (Febriyatno, 2012)

Berbagai inovasi teknologi beton dibuat untuk memenuhi kebutuhan pembangunan. Hal itu terus dilakukan untuk mencari solusi dalam meningkatkan kualitas ataupun memperbaiki kekurangan dari beton dan juga dalam pemanfaatan sisa limbah industri yang cukup besar. Beton - beton hasil inovasi tersebut akan

menghasilkan keuntungan tertentu dalam penggunaannya seperti memiliki kekuatan awal yang tinggi, tahan kondisi lingkungan yang ekstrim, peningkatan nilai ekonomis beton (beton dengan pemanfaatan limbah) bahkan dapat merubah sifat beton dari bersifat getas menjadi lebih daktail. Beberapa beton hasil dari perkembangan teknologi beton adalah beton mutu tinggi (*high strength concrete*), *self compacting concrete*, dan beton serat (*fiber reinforced concrete*) (Nugraha dan Antoni, 2007).

Indonesia merupakan negara produsen kelapa sawit sejak tahun 1911, dengan areal seluas 170 ribu ha. Pada Pelita IV perluasannya sudah mencapai 556.549 ha. Diperkirakan bahwa produksi berkisar antara 12,5-27,5 ton tandan buah segar per ha per tahun. Dari seluruh produksi tandan buah sawit ini hanya sekitar 22,1% berupa hasil utama (minyak sawit 20%, dan minyak inti sawit 2,1%). Sekitar 2,2% berupa hasil ikutan (bungkil inti sawit) dan selebihnya yaitu 75,7% berupa limbah, antara lain tandan buah kosong (*fresh Empty bunch*), serat perasan buah (*Palm Press fiber*) dan lumpur minyak

sawit (Palm Oil Suldge).(Pertanian, Studi, & Ternak, 2004).

Dikarenakan banyaknya lahan sawit di Indonesia dan akan terus bertambah sehingga terdapat banyak limbah sisa pembuangan sawit berupa limbah ekstraksi yang di ambil dari buah kelapa sawit yang biasa dikenal sebagai bungkil kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan untuk penambahan bahan campuran pada beton sehingga mengurangi dampak yang buruk bagi lingkungan, maka penelitian ini bertujuan mengurangi dampak pemakaian agregat yang berlebihan dengan menambahkan limbah bungkil kelapa sawit ke dalam campuran beton.

A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah ekstraksi kelapa sawit tersebut dapat dimanfaatkan dalam campuran beton. Adapun yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sifat – sifat mekanis seperti pengujian kuat tekan beton , waktu ikat semen, absorpsi dan porositas.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Beton

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Berdasarkan mutu kinerjanya, maka beton dikelompokkan menjadi dua yaitu beton mutu normal dan beton mutu tinggi. Berdasarkan ACI 363R-92, beton mutu normal adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan kurang dari 41 MPa, dan beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan 41 MPa atau lebih.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah.(SNI 03-2834-2000, 2000).

B.2 Material Penyusun Beton

B.2.1 Semen

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan mengolah batu kapur, silika dari abu vulkanik (silica), dan tanah liat (clay) dengan proses tertentu hingga membentuk klinker.

Semen Portland Komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama – sama terak semen Portland dan gips

dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (Blast Furnace Slag), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen Portland komposit.(SNI 15-2049-2004, 2004).

B.2.2 Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukuran butiran. Dalam bidang teknologi beton nilai batas daerah agregat kasar dan agregat halus adalah 4,75 mm. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,75 mm disebut agregat halus, sedangkan agregat yang butirannya lebih besar dari 4,75 mm disebut agregat kasar (ASTM C-33, 1994).

B.2.3 Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses hidrasi, karena pada adukan air sangat penting untuk proses pengikatan, pengerasan dan pengeringan dalam adukan. Disamping itu air juga bersifat mengatur tingkat kekentalan adukan. Air untuk campuran pembuatan bahan konstruksi tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam dan kandungan organik lainnya. Air untuk campuran yang baik adalah air yang layak dikonsumsi oleh manusia (Alfian, 1998).

B.3 Limbah Ekstraksi Kelapa Sawit

Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah limbah hasil ekstraksi kelapa sawit husus dengan teknologi tinggi. Menurut ASTM C-618, kandungan SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ yang termasuk dalam kategori untuk dijadikan pozzolan dalam campuran beton adalah sebesar 50% untuk kelas C serta 70% untuk kelas F dan N.

Menurut mereka, limbah ekstraksi sawit telah memenuhi syarat sebagai bahan pengganti semen berdasarkan ASTM C-618 dan bisa diklasifikasikan sebagai pozzolan di kelas C. Untuk menentukan klasifikasi limbah ekstraksi kelapa sawit, ada banyak pendapat yang disebabkan karena perbedaan dari hasil komposisi kimianya. Perbedaan dari hasil komposisi kimia ini disebabkan oleh kondisi pada saat pembakaran dan sumber dari material tersebut (Sata et al. 2004).

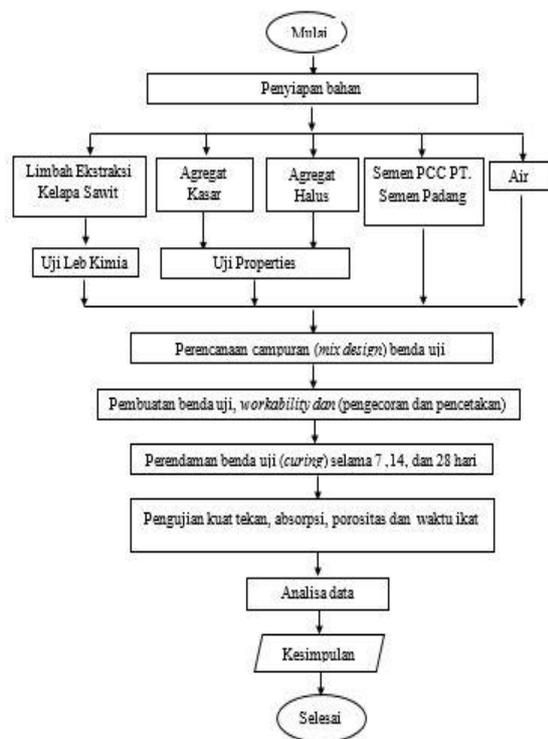
C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan serat baja. Pemeriksaan agregat kasar dan halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, abrasi Los Angeles, kadar lumpur, dan kadar organik. Serta pemeriksaan limbah ekstraksi kelapa sawit di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau.

C.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan di atas, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir (*flowchart*) metodologi penelitian

C.3 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton kuat tekan, porositas dan absorpsi beton. Pengujian dilakukan pada umur benda uji 7, 14 dan 28 hari, dan melakukan pengujian waktu ikat (*setting time*).

C.3.1 Tahap Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan (SNI 03-1974-1990), kuat tekan beton ditentukan dengan prosedur berikut.

1. Mengambil benda uji dari bak perendaman Kemudian mengeringkannya selama ± 24 jam.
2. Benda uji diberi *capping* (lapisan belerang) pada permukaan beton agar permukaannya rata.
3. Menimbang benda uji.
4. Meletakkan benda uji dengan posisi tegak pada kerangka alat uji tekan *Compression Test Machine* (CTM).
5. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
6. Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.
7. Menghitung kuat tekan beton dihitung yaitu beban maksimum persatuan luas permukaan silinder



Gambar 2. Pengujian kuat tekan

C.3.2 Tahap Absorpsi dan Porositas Beton

Pengujian absorpsi dan porositas dilakukan saat beton berumur 28 hari. Pengujian porositas beton mengacu pada ASTM C-642 dengan prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mengeringkat benda uji dengan oven pada suhu $105-110$ °C selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam pengeringan kemudian mendinginkan benda uji pada suhu kamar $20-25$ °C.
3. Menimbang benda uji yang telah kering.
4. Merendam benda uji selama 48 jam.
5. Setelah perendaman, mengeringkan permukaan benda uji dengan kain penyerap lalu ditimbang (udara).
6. Terakhir benda uji ditimbang lagi di dalam air.

C.3.3 Pengujian Waktu Ikat (*Setiing Time*)

Pengujian waktu ikat semen dilakukan terhitung dari mulai semen bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Pengujian waktu ikat semen mengacu pada SNI 15-2049-2004 dengan prosedur pengujian adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan air ke dalam mangkok secukupnya.
2. Memasukkan semen sebanyak 650 gram ke dalam mangkok pengaduk.
3. Mendinginkan semen selama 30 detik agar menyerap ke dalam air.
4. Mengaduk campuran selama 30 detik lalu membersihkan bagian samping mangkok dari pasta semen yang menempel.
5. Mengaduk kembali campuran tersebut selama 1 menit, hidupkan stopwatch.
6. Membuat pasta semen menjadi bentuk bola lalu melemparkan dari tangan yang satu ke tangan yang lain secara horizontal dengan jarak sekitar 15 cm sebanyak 6 kali dengan menggunakan sarung tangan karet.
7. Meletakkan bola pasta semen tersebut pada tangan kiri lalu dimasukkan ke dalam sisi cincin yang besar sampai keluar dari sisi yang kecil.
8. Meratakan permukaan bawah dengan tangan lalu meletakkan sisi bawah tersebut (diameter besar) pada plat kaca.
9. Meratakan permukaan atas dengan pisau pemotong lalu dihaluskan. Jangan sampai terjadi pemadatan pada saat pemotongan.
10. Mendinginkan campuran selama 30 menit.
11. Meletakkan campuran pasta dalam cincin di bawah jarum vicat lalu atur posisi jarum vicat tersebut sehingga tepat menyentuh permukaan pasta semen tadi dengan cara mengendurkan dan mengencangkan baut penjepit.
12. Mencatat penunjukkan awal jarum kemudian mengendurkan baut penjepit tersebut. Lalu membaca posisi akhir penunjukkan jarum setelah 30 menit.
13. Mengulang pengukuran setiap 15 menit sampai didapat penetrasi 25 ± 1 mm. Jarak pengukuran satu sama lain tidak boleh lebih dekat dari 6,4

mm dan tidak boleh lebih kecil dari 9,5 mm diukur dari tepi cincin.

14. Dengan melakukan interpolasi, dapat ditentukan waktu yang diperlukan untuk mencapai penetrasi 25 ± 1 mm. Nilai tersebut menunjukkan waktu pengikatan awal. Waktu pengikatan akhir adalah pada saat jarum vicat tidak dapat menembus pasta semen dalam cincin.

D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis karakteristik Agregat Kasar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat kasar yang berasal dari Kabupaten Kampar.

Tabel 1 Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Standar spesifikasi
	Modulus kehalusan	7,30	5 – 8
1	Berat jenis		
2	a. Apparent specific gravity	2,66	2,58 - 2,83
	b. Bulk specific gravity on dry	2,51	2,58 - 2,83
	c. Bulk specific gravity on SSD	2,56	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	2,22	2 - 7
3	Kadar air (%)	1,20	3 - 5
	Berat volume (g/cm^3)		
4	a. Kondisi padat	1,591	$\geq 1,4$
	b. Kondisi gembur	1,459	$\geq 1,4$
	Ketahanan aus (%)	21,72	< 40

Sumber: Laboratorium Bahan Universitas Riau

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa modulus kehalusan (*fine modulus*) agregat kasar dari hasil penelitian ini diperoleh sebesar 7,30. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi modulus kehalusan agregat kasar yaitu 6,0 - 7,1.

Dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar juga diperoleh batas gradasi agregat kasar adalah butir maksimum berukuran 20 mm.

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan campuran beton adalah *bulk specific gravity on SSD*. Berat jenis dari hasil

pemeriksaan ini diperoleh sebesar 2,56. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat jenis agregat kasar yaitu 2,58 - 2,83 g/cm³. Penyerapan (*absorbtion*) agregat kasar diperoleh sebesar 2,22%. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat kasar yaitu 2 - 7% .

Kadar air agregat kasar dari hasil pemeriksaan ini diperoleh sebesar 1,20%. Nilai ini belum memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat kasar yaitu 3 - 5%, tetapi masih dapat digunakan. Kadar air pada agregat kasar perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton.

Berat volume agregat kasar dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 1,591 g/cm³ untuk kondisi padat dan 1,459 g/cm³ untuk kondisi gembur. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat volume agregat kasar $\geq 1,4$ g/cm³. Tipe gradasi agregat untuk pengujian ketahanan aus dari pemeriksaan analisa saringan diperoleh tipe gradasi B. Ketahanan aus agregat kasar dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 12,72%. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi agregat kasar yaitu <40%.

D.2 Analisis Karakteristik Agregat Halus

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat halus yang berasal dari Danau Binkuang Kabupaten Kampar.

Tabel 2. Karateristik Agregat Halus

No	Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Standar spesifikasi
1	Modulus kehalusan	2,40	1,5 - 3,8
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent spesific gravity</i>	2,65	2,58 - 2,8
	b. <i>Bulk spesific gravity on dry</i>	2,55	2,58 - 2,8
	c. <i>Bulk spesific gravity on SSD</i>	2,59	2,58 - 2,8
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,42	2 - 7
3	Kadar air (%)	2,56	3 - 5
4	Berat volume (g/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,683	$\geq 1,4$
	b. Kondisi gembur	1,514	$\geq 1,4$
5	Kadar lumpur (%)	1,54	< 5
6	Kadar zat organik	No.3	\leq No.3

Sumber: Laboratorium Bahan Universitas Riau

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa Modulus kehalusan (*fine modulus*) agregat

halus dari hasil pemeriksaan ini diperoleh sebesar 2,40. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi modulus kehalusan agregat kasar yaitu 1,5 - 3,8. Dari pemeriksaan analisa saringan agregat halus juga diperoleh gradasi agregat halus memenuhi batasan pada zona II (pasir kasar).

Modulus kehalusan agregat halus digunakan untuk mendapatkan perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton.

Berat jenis yang digunakan untuk pembutan campuran beton adalah *bulk specific gravity on SSD*. Berat jenis dari hasil pemeriksaan ini diperoleh sebesar 2,59. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat jenis agregat halus yaitu 2,5 - 2,7 g/cm³. Penyerapan (*absorbtion*) agregat kasar diperoleh sebesar 1,42%. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi penyerapan agregat halus yaitu 2 - 7%.

Kadar air agregat halus dari hasil pemeriksaan ini diperoleh sebesar 2,56%. Nilai ini belum memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat kasar yaitu 3 - 5%, tetapi masih dapat digunakan. Kadar air pada agregat halus perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton.

Berat volume agregat kasar dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 1,683 g/cm³ untuk kondisi padat dan 1,514 g/cm³ untuk kondisi gembur. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat volume agregat kasar yaitu $\geq 1,4$ g/cm³.

Kadar lumpur dari pemeriksaan ini diperoleh sebesar 1,54%. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur agregat halus yaitu < 5%.

Kadar zat organik dari pemeriksaan ini diperoleh sesuai warna no. 3. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar zat organik agregat halus yaitu tidak boleh lebih dari warna no. 3. Dari hasil pemeriksaan bahwa agregat halus yang digunakan tidak mengandung zat organik yang tinggi sehingga baik digunakan untuk campurn beton.

D.3 Hasil Pengujian Beton

D.3.1 Pengujian Slump Beton

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar setelah pembuatan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Hasil uji *slump* beton dapat dilihat Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Slump* Beton

Variasi limbah (%)	<i>Slump</i> (cm)
0	9,5
2	10
4	10
6	10
8	8,0
10	9,0

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton memenuhi standar yang direncanakan dalam campuran beton.

D.3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 4

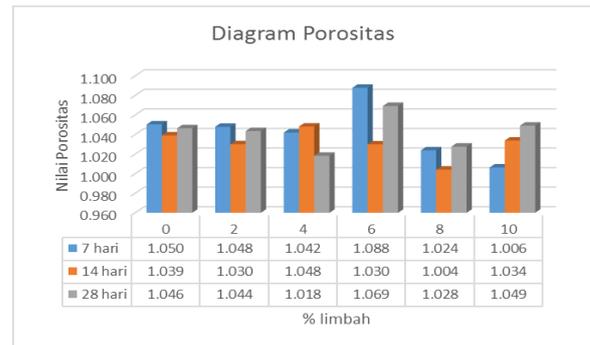


Gambar 4. Hasil pengujian kuat tekan beton 28 hari

Hasil Gambar 4 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan penambahan limbah sebesar 8% dan 10% lebih menaikan kuat tekan dengan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 317 di banding dengan penambahan limbah sebesar 2%, 4% dan 6%. Nilai kuat tekan beton dengan penambahan limbah ekstraksi kelapa sawit tidak melampaui kuat tekan pembanding yaitu beton normal (0%) sebesar 437 kg/cm².

D.3.3 Pengujian Porositas Beton

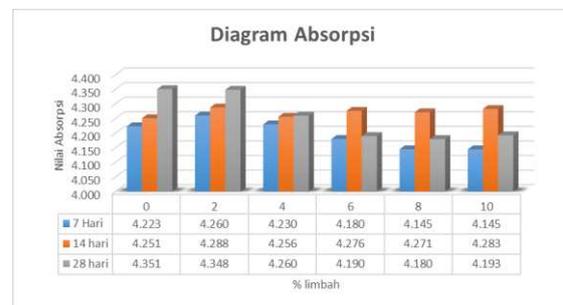
Pengujian porositas dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10,5 cm dan tinggi 21 cm. Hasil uji porositas dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Hasil pengujian porositas beton

D.3.4 Pengujian Absorpsi beton

Pengujian porositas dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10,5 cm dan tinggi 21 cm. Hasil uji porositas dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Hasil pengujian absorpsi beton

D.3.5 Pengujian Waktu ikat (*setting time*)

Pengujian waktu ikat dilakukan dengan penambahan limbah ekstraksi kelapa sawit sebesar 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Hasil uji porositas dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Hasil pengujian waktu ikat

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap pengujian sifat mekanis pada penelitian ini,

maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan selama umur 28 hari didapat kuat tekan maksimum pada penambahan limbah ekstraksi sawit sebesar 8% pada campuran beton yaitu sebesar 317,25 kg/cm²
2. Pengujian absorpsi beton yang telah dilakukan pada penggunaan limbah ekstraksi sawit 2%, 4% dan 6% dari berat semen pada campuran beton cenderung menaikkan nilai absorpsi, dan pengujian absorpsi dengan penambahan limbah sawit 8% dan 10% dari berat semen pada campuran beton cenderung mengalami penurunan absorpsi.
3. Pengujian porositas beton yang telah dilakukan pada penggunaan limbah ekstraksi kelapa sawit 2%, 4%, 8% dan 10% dari berat semen pada campuran beton cenderung menurunkan nilai porositas pada beton, namun pada penambahan limbah ekstraksi kelapa sawit sebesar 6% terjadi kenaikan porositas pada umur 7 dan 28 hari.
4. Waktu ikat untuk penggunaan limbah ekstraksi kelapa sawit dari berat semen pada campuran beton terdapat kenaikan waktu ikat dimana lama waktu ikat dengan penambahan limbah ekstraksi sebesar 2% sebesar 83.18 menit, sedangkan dengan penambahan limbah ekstraksi sebesar 8% dan 10 % dari berat semen, masing-masing mempunyai waktu ikat sebesar 78.19 menit dan 68.04 menit.
5. Pemanfaatan limbah ekstraksi kelapa sawit dapat dimanfaatkan untuk beton non struktural di karenakan masih mencapai kuat tekan yang direncanakan yaitu k-250.
2. Selama proses perawatan beton disarankan untuk menjaga kebersihan dari bak rendaman agar proses hidrasi semen berjalan dengan baik.
3. Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih mendalam dengan menambahkan zat aditif yang bisa menambah kuat tekan beton.
4. Menerapkan dengan baik prosedur yang benar berdasarkan SNI yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Commite 544.1R-96. 1996. State Of The Art Report On Fiber Reinforced Concrete. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Febriyatno, H. (2012). Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal. Retrieved From [Http://Publication.Gunadarma.Ac.Id/Handle/123456789/1662](http://Publication.Gunadarma.Ac.Id/Handle/123456789/1662)
- Mulyono, T. 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugraha, P dan Antoni. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta : Andi.
- SNI 03-1974-1990. 1990. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–132.
- SNI-03-2834-2000. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal Ics.

E.2 Saran

1. Pada saat pembuatan sampel disarankan untuk setiap benda uji diberi perlakuan yang sama agar tidak terjadi perbedaan sifat mekanik antar beton.