



KARAKTERISTIK BETON RINGAN PASCA BAKAR MENGUNAKAN STYROFOAM DENGAN PELARUT TOLUENA

Ervinna Lumban Gaol, M. H. Harahap

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan,
Indonesia

ervinalbngaol@yahoo.com

Diterima April 2018; Disetujui Mei 2018; Dipublikasikan Juni 2018

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian karakteristik beton dari Styrofoam dengan pelarut toluena pasca bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pembakaran terhadap beton dengan menggunakan Styrofoam, dan pelarut toluena terhadap kuat tekan, dan pola keretakan beton. Metode pembuatan yang dilakukan adalah beton dibuat berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm. Campuran beton yang digunakan mengacu pada beton mutu rendah K175 dengan semen : pasir : kerikil adalah 1 : 2 : 3 dengan FAS 0,5. Beton normal sebagai pembanding dengan beton normal yang mengalami proses pembakaran. Pada penelitian ini dibuat variasi komposisi styrofoam sebesar 14%, 16%, dan 18% dari berat agregat kasar yang digunakan. Setelah melalui masa peredaman 28 hari, kemudian dilakukan pembakaran pada mesin furnace pada suhu 300° C, 400° C, dan 500° C dengan waktu penahanan selama 2 jam. Setelah itu, proses pembakaran dihentikan lalu direndam ke dalam air selama ± 4 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam dengan temperatur ruangan kemudian beton diuji dengan metode uji kuat tekan dengan prosedur yang ada. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil nilai kuat tekan beton pasca bakar pada tiga variasi suhu dengan komposisi 14% - 18% di dapatkan hasil paling optimal pada campuran 14% sekitar 15,64 MPa. Sedangkan komposisi campuran diatas 14% mengalami penurunan. Pola keretakan beton dengan komposisi penambahan Styrofoam 14%- 18% tampak terlihat ada retakan. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa suhu berpengaruh dalam menentukan sifat mekanik beton dan nilai keoptimalan ditunjukkan pada benda uji suhu 300°C pada penggunaan komposisi Styrofoam 14% yang memenuhi syarat kekuatan tekan beton normal sekitar 15,64 MPa.

Kata Kunci : Beton Ringan, Pasca Bakar, Styrofoam, Uji Kuat Tekan, Pola Keretakan.

PENDAHULUAN

Beton merupakan konstruksi bangunan yang mempunyai kelebihan antara lain memiliki tingkat keawetan yang tinggi dibanding bahan material lain, harga yang relatif murah, mudah dibentuk, tahan terhadap cuaca, perawatan yang mudah, tahan terhadap panas, serta memiliki kekuatan yang tinggi. Dengan adanya kelebihan

tersebut maka sampai saat ini beton paling banyak dipergunakan untuk konstruksi bangunan. Namun, penggunaannya masih memiliki kekurangan.

Beberapa jenis konstruksi bangunan seperti kebakaran gedung akhir-akhir ini mulai mendapat perhatian serius dari semua pihak di Indonesia yang cenderung meningkat tajam

dengan skala yang cukup besar. Kebakaran dapat di akibatkan oleh berbagai hal, mulai dari hubungan pendek arus listrik, kompor meledak, huru-hara, maupun tindak kriminalitas. Hal ini mengakibatkan perubahan tingginya suhu dalam waktu singkat. Walaupun pada umumnya bangunan beton setelah terbakar masih tampak berdiri tegak namun kelayakannya patut dipertanyakan.

Selain itu, beton pada dasarnya tidak mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Beton yang dipanaskan hingga di atas 800°C, mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi setelah proses pendinginan. Beton tidak menghasilkan titik api namun beton mampu menyerap dan menyimpan panas sehingga terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian dan mengakibatkan kerusakan struktur karena terjadi perubahan komposisi kimia pada beton. Untuk itu perlu untuk mengetahui sejauh mana kualitas beton yang terbakar (Sirait, 2008).

Fenomena yang dapat dilihat pada beton yang terkena beban panas (kebakaran) yang ekstrim adalah terjadinya *sloughing off* (pengelupasan), retak rambut, retak lebar, serta warna beton. Dari pengamatan secara visual dapat diperkirakan suhu yang pernah dialami oleh beton. (Nugraha, P., 2007).

Kualitas beton yang terbakar akan berkurang pada batas suhu tertentu, beton akan menyerap panas akan menyebabkan stabilitas ikatan jel semen pada beton menjadi hilang, lepasnya ikatan semen, serta pemuai butiran kerikil, hal ini akan mengakibatkan penurunan stabilitas kesatuan beton itu sendiri. Perubahan atau kerusakan pada beton akibat kebakaran dipengaruhi oleh ketinggian suhu, jenis bahan pembentuk campuran beton dan perilaku pembebanan.

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat volume lebih ringan daripada beton pada umumnya. Jika pada beton konvensional/ umum mempunyai berat volume 2400 kg/m³, maka berdasarkan SNI03-2847-2002 beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat maksimum beton 1900

kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan mkuat tarik belah beton ringan untuk tujuan structural (SNI03-2847-2002).

Salah satu bahan alternative yang digunakan dalam pembuatan beton ringan adalah butiran *styrofoam*. Beton yang dibuat dengan penambahan *Styrofoam* dapat disebut beton-*styrofoam* (*styrofoam concrete*) yang disingkat *styrocon*.

Satyarno, dkk (2006) melakukan penelitian pembuatan beton ringan dengan komposisi bahan semen, pasir biasa, kerikil dan penambahan *styrofoam* sebanyak 0%, 20%, 60% dan 100% dan didapatkan hasil kuat tekannya secara berturut-turut $\pm >17$ MPa, ± 17 MPa, ± 7 MPa dan $\pm 0,35$ MPa. Faktor Air Semen (FAS) awal yang ditentukan sebesar 0,45 dan dinaikkan dengan penambahan nilai Faktor Air Semen (FAS) 2,5%. Hal ini dilakukan karena adanya kesulitan pencampuran beton pada saat pembuatan sampel.

Ginting (2007) melakukan penelitian untuk melihat kapasitas lentur, geser, keruntuhan, dan retak pada balok beton ringan *styrofoam*. Hasilnya menunjukkan beban lentur teoritis jauh lebih besar dari pada beban pengujian, tetapi memiliki beban geser yang sama sedangkan retak awal terjadi pada tengah bentang dan kemudian merambat dan membesar menuju ke arah beban di daerah desak sehingga benda uji runtuh.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Denria (2014) melakukan pembuatan beton ringan dengan memadukan pemanfaatan pasir merah yang terdapat di desa Padang Bulan kecamatan Kota Pinang kabupaten Labuhan Batu Selatan dengan penambahan *styrofoam* untuk membuat beton pasir merah menjadi lebih ringan atau memiliki nilai densitas yang lebih kecil.

Terbentuknya rongga di dalam beton *styrocon* ialah karena secara proses, penambahan *styrofoam* ke dalam campuran beton tidak berarti membuat *styrofoam* menjadi berikatan dengan semen karena *styrofoam* itu sendiri bersifat nonpolar. Jadi *styrofoam* hanya terperangkap di dalam campuran beton yang akhirnya menghasilkan ruang di dalam beton yang membuat beton menjadi lebih ringan.

Namun walaupun pada dasarnya *styrofoam* tidak berikatan dengan semen, bukan

tidak mungkin untuk membuat *styrofoam* berikatan dengan material pembentuk beton. Salah satu caranya yaitu dengan menambahkan toluena (*peroxide BPO*) dengan *styrofoam* yang telah dihaluskan sehingga nantinya *styrofoam* akan berbentuk gumpalan dan secara struktur kimianya dapat berikatan dengan material pembentuk beton. Proses pengikatan antara semen dengan *styrofoam* ini disebut dengan proses presipitasi.

Sehingga peneliti ingin melakukan penelitian tentang beton ringan pasca bakar dengan menggunakan Styrofoam yang dilarutkan dengan bahan pelarut toluena terhadap kuat tekan beton dan pola keretakan beton.

METODE PENELITIAN

Pada Proses penelitian pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Teknik USU. Pembakaran benda uji dilakukan di laboratorium Mekanik POLMED dan pengujian sampel di Laboratorium Beton Fakultas Teknik USU pada bulan February 2015 – Maret 2015. Benda uji yang digunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. jumlah total kubus adalah 12 buah, masing – masing divariasikan dengan penambahan Styrofoam 0%, 14%,16%, dan 18% dengan suhu bakaran dalam mesin furnace yaitu pada temperatur 300°C, 400°C, dan 500°. campuran adukan beton yang digunakan adalah campuran dengan perbandingan 1 semen Portland : 2 pasir : 3 batu pecah.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian eksperimental. Secara umum urutan tahapan penelitian ini meliputi :

1. penyediaan bahan penyusun beton
2. pemeriksaan bahan
3. perencanaan campuran beton
4. pembuatan benda uji
5. pembakaran benda uji
6. pengujian beton umur 28 hari

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan sifat bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*mix design*). Hal ini dilakukan agar proporsi

campuran dapat memenuhi syarat teknis serta ekonomis. Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode yang dikenal antara lain metode *American Concrete Institute, Portland Cement Ass ociation, Road Note, British* atau *Department of Environment*, Departemen Pekerjaan Umum dan cara coba-coba (Mulyono, 2005).

Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan. Kriteria ini sebenarnya kontradiktif dengan kemudahan pengerjaan karena jika air yang digunakan sedikit, akan timbul kesulitan dalam pengerjaan sesuai dengan pendapat Feret (1986) yang mempertimbangkan pengaruh rongga (Mulyono, 2005).

Kriteria lain yang harus dipertimbangkan adalah kemudahan pengerjaan seperti yang disebutkan di atas faktor air semen yang lebih kecil akan menghasilkan kekuatan yang tinggi tetapi kemudahan dalam pengerjaan tak akan tercapai. Pemilihan agregat yang digunakan juga akan mempengaruhi sifat pengerjaan beton . Butiran yang besar akan menyebabkan kesulitan karena akan menimbulkan segregasi (Mulyono, 2005).

Prosedur Pembuatan Sampel

Adapun prosedur pembuatan sampel beton adalah sebagai berikut :

1. Menyediakan bahan campuran beton yaitu Semen Portland tipe I, pasir merah, pasir sungai, styrofoam, semen dan air.
2. Menjemur pasir merah terlebih dahulu karena pasir merah mengandung air yang cukup banyak
3. Mengayak pasir merah dan pasir sungai
4. Membersihkan alat-alat yang akan digunakan
5. Menakar bahan baku sesuai dengan komposisi yang telah dibuat pada tabel 3.3
6. Setelah semua bahan disediakan mesin molen dihidupkan, mula-mula tuangkan semen, agregat halus, styrofoam dan kerikil. Sambil mencampur bahan-bahan tersebut dilanjutkan dengan penambahan air sedikit demi sedikit.

7. Setelah campuran dalam molen merata, campuran yang berada dalam molen dituang ke ember besar
 8. Menyediakan cetakan yang telah diolesi oli kotor terlebih dahulu
 9. Memasukkan campuran ke dalam cetakan 1/3 tinggi cetakan, kemudian dijorok beberapa bagian untuk menjamin kepadatan susunan campuran menggunakan tongkat pematik.
 10. Bentuk cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.
 11. Memasukkan kembali 1/3 bagian campuran ke dalam cetakan, kemudian dijorok hingga padat. Kemudian permukaan cetakan diratakan dengan sakrap dan membiarkan selama 24 jam.
 12. Setelah beton berumur 24 jam cetakan dibuka dan dirawat dalam bak perendam sampai massa pengujian setelah diberi nomor kode sesuai yang diinginkan.
 13. Perawatan beton dilakukan selama 28 hari kemudian dikeluarkan dari bak dan dikeringkan selama dua hari.
 14. Setelah itu benda uji dibakar di dalam oven dalam variasi suhu
 15. Setelah pembakaran selesai, kemudian melakukan pengujian yang meliputi uji kuat tekan dan uji pola keretakan beton.
3. Menghidupkan mesin penggeraknya dan handle di stel pada posisi penekanan secara perlahan-lahan.
 4. Mengamati pergerakan jarum manometer tadi, pada saat jarum penunjuk skala beban tidak naik lagi atau bertambah, maka skala yang ditunjukkan oleh jarum tersebut sebagai beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda tersebut.
 5. Catat nilai maksimum beban yang dapat ditahan oleh benda uji (sampai benda uji pecah). Setelah dibagi dengan luas penampang benda uji didapat nilai kuat tekan karakteristik beton tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beton yang dibuat dengan campuran semen, pasir, pasir merah, kerikil, Styrofoam dan air. Benda uji dikeluarkan setelah berumur 28 hari dari bak perendaman dan diletakkan pada ruang perawatan sampai sampel kering selama 24 jam. Setelah itu dimasukkan ke mesin furnace dengan variasi suhu 300°C, 400°C, 500°C dan waktu penahanan 2 jam. Komposisi yang digunakan mengacu pada standar beton K 175 yaitu semen : pasir : kerikil = 1:2:3. Untuk mengetahui karakteristik beton tersebut maka perlu dilakukan pengujian mekanisnya yaitu : kuat tekan dan pola keretakan beton.

Tekanan Beton

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tekanan Beton Pasca Bakar

Kode Sampel	Variasi Suhu (°C)	Luas (cm ²)	Beban Tekanan (F) (kN)	Beban Tekanan (MPa)
A1	300	0,0225±0,0015	410 ± 1	18.22
A2		0,0225 ±0,0015	352 ± 1	15.64
A3		0,0225 ±0,0015	288 ± 1	12.80
A4		0,0225 ±0,0015	278 ± 1	12.35

Pengujian Bahan Pengujian Tekanan

Untuk mengetahui besarnya kekuatan tekan dari beton, maka perlu dilakukan pengujian yang mengacu pada standar (ASTM C 39/C 39M-2001). Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan adalah *Compression Testing Machine* (CTM). Prosedur pengujian kuat tekan:

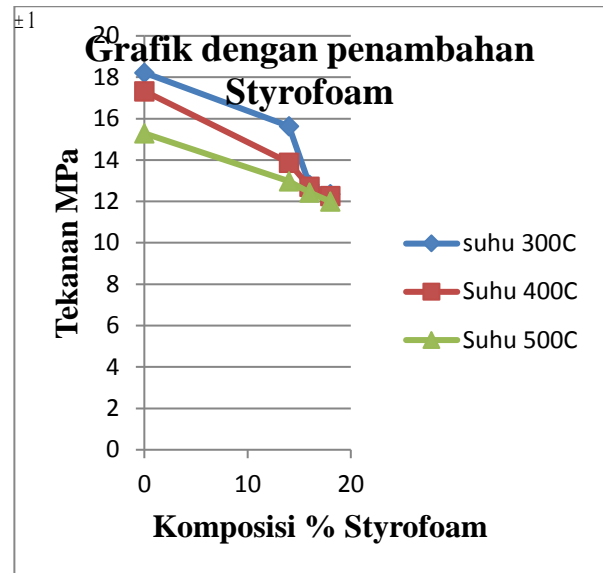
1. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah perawatan 28 hari. Beton dikeluarkan dari bak perendam kemudian dilakukan pengeringan.
2. Meletakkan benda uji pada meja penekanan. Memeriksa manometer yang akan digunakan, memutar jarum merahnya sehingga berimpit dengan jarum hitam pada skala nol.

B1	400	0,0225 ±0,0015	390 ± 1	17.33
B2		0,0225 ±0,0015	312 ± 1	13.87
B3		0,0225 ±0,0015	286 ± 1	12.71
B4		0,0225 ±0,0015	276 ± 1	12.21
C1	500	0,0225 ±0,0015	344 ± 1	15.28
C2		0,0225 ±0,0015	292 ± 1	12.98
C3		0,0225 ±0,0015	280 ± 1	12.44
C4		0,0225 ±0,0015	270 ± 1	12.00

Berdasarkan tabel 4.1. di atas beton ringan dengan campuran Styrofoam dengan komposisi yaitu 0%, 14%, 16%, dan 18% dari total agregat kasar yang digunakan. Benda uji direndam selama 28 hari. Disamping itu juga dilakukan pembakaran beton pada mesin furnance dengan suhu 300°C, 400°C, dan 500°C selama 2 jam.

Kode sampel A1, A2, A3, A4, menyatakan beton dengan campuran styrofoam sebesar 0%, 14%, 16%, dan 18% dari total agregat kasar yang digunakan kemudian benda uji dibakar pada suhu 300°C memiliki nilai tekanan (12,35 – 18,22) MPa. Kode sampel B1, B2, B3, B4, campuran styrofoam sebesar 0%, 14%, 16%, dan 18% dari total agregat kasar yang digunakan kemudian benda uji dibakar pada suhu 400°C memiliki nilai tekanan (12,21 – 17,33) MPa. Kode sampel C1, C2, C3, C4, campuran styrofoam sebesar 0%, 14%, 16%, dan 18% dari total agregat kasar yang digunakan kemudian benda uji dibakar pada suhu 500°C memiliki nilai tekanan (12,00 – 15,28) MPa. Untuk mengetahui lebih jelas hubungan tekanan beton campuran styrofoam sebesar 0%, 14%, 16%, dan 18% paska bakar pada suhu 300°C, 400°C, 500°C dapat dilihat pada grafik dibawah ini:

Gambar 4.1. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Styrofoam 0%,14%, 16%,18%,Pasca Bakar (120 Menit).



Berdasarkan gambar grafik 4.1 di atas dapat dilihat bahwa semakin rendah suhu pembakaran maka kekuatan tekan beton semakin tinggi begitu juga sebaliknya. Dan dapat dilihat bahwa tekanan beton dengan penambahan *styrofoam* yang dilarutkan dengan Toluena mengalami penurunan. Penurunan nilai tekanan ini disebabkan karena suhu sangat mempengaruhi tekanan pada beton.

Berdasarkan referensi diperoleh beton pada dasarnya tidak mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Beton yang dipanaskan hingga di atas 800°C, mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi setelah proses pendinginan. Beton tidak menghasilkan titik api namun beton mampu menyerap dan menyimpan panas sehingga terjadi siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian dan mengakibatkan kerusakan struktur karena terjadi perubahan komposisi kimia pada beton. Untuk itu perlu untuk mengetahui sejauh mana kualitas beton yang terbakar (Sirait, 2008).

Tabel 4.2. berikut ini adalah klasifikasi beton ringan berdasarkan nilai tekanannya.

Tabel 4.2. Kategori beton ringan berdasarkan nilai tekanannya

Kategori beton ringan	Tekanan
Non struktural	< 7 MPa
Struktural ringan	7 – 17 MPa

Struktural > 17 MPa
beton normal

Sumber : Ringkasan (Neville, A.M. 1981)

Maka, berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 di atas beton yang dihasilkan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori yaitu kategori struktural ringan pada beton dengan penambahan *styrofoam* yang dilarutkan dengan toluena 14%, dan 16%, 18% .

Pola Retakan Beton

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh suhu yang tinggi terhadap beton ringan, setelah beton ringan dibakar maka dapat dilihat keretakan yang terjadi pada beton ringan. Dalam pengujian ini beton ringan yang sudah mengalami perendaman 28 hari kemudian dikeringkan selama 24 jam. Untuk lebih jelas dapat dilihat hasil pengujian pola keretakan beton ringan yang dicampur dengan styrofoam terlampir pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2. Data Pengujian Pola Keretakan Beton

Kode Sampel	Variasi TL (%)	Variasi Suhu	Pembakaran (jam)	Kondisi Retakan
A1	0	300	2 Jam	Tidak ada retakan
A2		400	2 Jam	Ada retakan
A3		500	2 Jam	Retak-retak rambut
B1	14	300	2 Jam	Ada retakan
B2		400	2 Jam	Retak-retak rambut
B3		500	2 Jam	Retak-retak rambut
C1	16	300	2 Jam	Ada retakan
C2		400	2 Jam	Retak-retak rambut
C3		500	2 Jam	Retak-retak rambut

D1	18	300	2 Jam	Ada retakan
D2		400	2 Jam	Retak-retak rambut
D3		500	2 Jam	Retak-retak rambut

Pada pengujian pola retakan beton ringan pasca kebakaran dengan suhu 300°C, 400°C, 500°C dengan lama pembakaran selama 2 jam menunjukkan adanya retakan yang terjadi pada beton ringan dengan komposisi penambahan *Styrofoam* 14%, 16%, dan 18% . dan terdapat retakan paling banyak pada pembakaran suhu 500°C dan pada komposisi Styrofoam yang dilarutkan dengan toluena 18%. Retakan ini disebabkan oleh penyusutan beton pada saat terjadi proses pembakaran dan semakin tinggi suhu pembakaran, semakin banyak terdapat keretakan pada beton, dan sebaliknya. Semakin banyak komposisi Styrofoam yang digunakan pola keretakan beton semakin terlihat. Retakan ini disebabkan semakin banyak Styrofoam yang digunakan semakin banyak juga penggunaan toluena, dimana toluena bersifat mudah terbakar, dimana toluena membuat Styrofoam berikatan dengan semen, maka pada saat pembakaran beton lebih mudah mengalami penyusutan dibanding dengan beton tanpa Styrofoam. Hal ini mengakibatkan lebih banyak terdapat keretakan pada beton dengan Styrofoam, dibanding dengan beton tanpa Styrofoam.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Nilai tekanan beton pasca bakar pada tiga variasi suhu dengan komposisi 14% - 18% di dapatkan hasil paling optimal pada campuran 14% sekitar 15,64 MPa. Sedangkan komposisi campuran diatas 14% mengalami penurunan.
2. Pada pengujian pola retakan beton pasca kebakaran dengan suhu 300°C, 400°C, 500°C dengan lama pembakaran selama 2 jam menunjukkan adanya retakan yang terjadi pada beton dengan komposisi penambahan Styrofoam 14%- 16% dan Retakan ini disebabkan oleh penyusutan

beton pada saat terjadi proses pembakaran.

3. Suhu berpengaruh dalam menentukan sifat mekanik beton dan nilai keoptimalan ditunjukkan pada benda uji suhu 300°C pada penggunaan komposisi Styrofoam 14% yang memenuhi syarat kekuatan tekan beton normal sekitar 15,64 MPa.
4. Nilai tekanan beton pasca bakar pada tiga variasi suhu dengan komposisi, 0% , 14%,16%, 18% didapatkan hasil paling optimal pada campuran Styrofoam 0% pada suhu 300°C sekitar 18,22 Mpa. Sedangkan dengan penambahan Styrofoam 14%,16%, 18% mengalami penurunan tekanan dibandingkan tanpa campuran Styrofoam.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk karakterisasi ikatan senyawa kimia antara toluena dengan Styrofoam pada beton pasca bakar.
2. Ada baiknya untuk penelitian selanjutnya melakukan pengujian daya serap air, dan kelenturan beton.
3. Agar peneliti berikutnya, perlu diperhatikan pada pencetakan seharusnya menggunakan perojokan sehingga beton yang dicetak tidak berongga.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyadi, Y., 2010. Pengujian Karakteristik Mekanik Genteng. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
<http://etd.eprints.ums.ac.id/10073/2/D200020067.pdf> diakses tanggal 4 April 2011.

Agustina, (2012), Pengaruh Penambahan Volume Pasir Merah Labuhan Batu Selatan Terhadap Massa Jneis, Daya Serap Air, serta Kuat Tekan Beton, Skripsi, FMIPA, UNIMED, Medan.

Ali, J.C., (2009), Pembuatan Panel Beton Ringan Berbasis Perlit Dan Efek

Komposisi Terhadap Karakteristiknya, TESIS, FMIPA, Universitas Sumatera Utara (USU), Medan.

Badan Standarisasi Nasional, 2002, SNI 03-1974-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Jakarta, BSN

Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, Jakarta, BSN

Badan Standarisasi Nasional, 2008, SNI 1969:2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Jakarta, BSN

Cahyadi,W.D., (2012), Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah Yang Mengandung abu Sekam Padi (RHA) Dan Limbah Adukan Beton (CSW),Skripsi,FT, UI, Depok.

Corsika, Y., (2013), Analisis Perilaku Mekanis Dan Fisis Beton Pasca Bakar Skripsi, Fakultas Teknik, USU, Medan.

Febrina, F., (2010), Pengaruh Suhu Dan Waktu Pembakaran Pada Struktur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton, Skripsi, FMIPA, USU, Medan.

Giri,I, B, D., Sudarsana,K., danTutarani, N, M., (2008), Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon), Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 12 No. 1. pdf diakses tanggal 20 Oktober 2014.

Gunawan,P., Wibowo, dan Nurmantian,S., (2014), Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene Pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas, Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 2 No. 2/Juli 2014/206.

Husna,I., (2011), Pemanfaatan Serbuk Bekas dan Styrofoam dalam Campuran Aspal Untuk Pembuatan Genteng Polimer, Skripsi,FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan

Jumiati,E., (2009), Pembuatan Beton Semen Polimer Berbasis Sampah Rumah Tangga dan Karakterisasinya, Tesis,FMIPA, USU,Medan.

- Kadarningsih, R., dan Arya, K.U., (2012), Batako Styrofoam sebagai Bahan Konstruksi Dinding, Penelitian IPTEK, Gorontalo
- Maidayani, (2009), Pengaruh Aditif Lateks dan Komposisi terhadap Karakteristik Beton dengan Menggunakan Limbah Padat (Sludge) Industry Kertas, Tesis, FMIPA, USU, Medan.
- Mulyono, T., (2005), Teknologi Beton, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- Musana, Satyarno, Kardiyono, (2006), Pemanfaatan Limbah Styrofoam sebagai Bahan Campuran Beton Ringan dengan Semen PCC 250,300,350 Kg/m³, Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 2 No.3. pdf diakses tanggal 20 Nopember 2014.
- Mutiawati, I., (2010), Kajian Eksperimental Pada Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Buatan Dari Lumpur Lapindo, Skripsi, FMIPA, UNDIP, Semarang.
- Murdock, L.J., dan Brook, K.M., (1991), Bahan dan Praktek Beton, Jakarta, Erlangga
- Neville A.M., (1981), Properties of concrete, 3rd Edition, Pitman Books Ltd, london.
- Nilson, A, H., Darwin, D., (2005), Design of Concrete Structures, New York, The McGraw-Hill
- Nugraha, P., Antoni., (2007), Teknologi Beton, Yogyakarta, Andi Offset
- Putra, S.A., Slamet, P., dan Purnawan, G., (2013), Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas. Jurnal Matriks Teknik Sipil/September 2013/235. pdf diakses tanggal 20 Desember 2014.
- Riangendarto, M., dan Zulfiarheri, M., (2010), Kajian Eksperimen Kuat Tekan Beton Ringan Menggunakan Agregat Bambu dan Bahan Tambah Beton, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 13, No. 1. pdf diakses tanggal 20 Desember 2014.
- Simanjuntak, T., (2010), Pemanfaatan Batu Apung dalam Pembuatan Beton Ringan dengan Sikament-NN dan Sika Fume, Tesis, FMIPA, USU, Medan
- Sagel, R., Kole, P., (1993), Pedoman Pengerjaan Beton, Jakarta, Erlangga
- Sirait, K.B., (2000), Kajian Beton Bertulang Pasca Bakar, Tesis, Fakultas Teknik, USU, Medan.
- Suseno, H., Wahyuni, E., dan Hariono, B., (2008), Pengaruh Variasi Proporsi Campuran dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Slump, Berat Isi dan Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Beragregat Batuan Andesit Piroksin, Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 2 No.3
- Supatmi, (2011), Analisis Kualitas Genteng Beton dengan Bahan Tambah Serat Ijuk dan Pengurangan Pasir, Skripsi, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta
- Suryati, (2012), Pembuatan Dan Karakterisasi Genteng Komposit Polimer Dari Campuran Resin Poliester, Aspal, Styrofoam Bekas Dan Serat Panjang Ijuk, Tesis, FMIPA, USU, Medan
- Syaram, Z., (2010), Pembuatan dan Karakterisasi Beton Ringan dengan Memanfaatkan Batu Apung, Skripsi, FMIPA, USU, Medan.
- <http://digilibgunadarma.ac.id/go> diakses tgl 18 - 10-2014
- <http://wijoseno.wordpress.com/2008/09/22/beton-ringan/> diakses tgl 18-10-2014
- <http://Yanarta.com/civilengineering/beton/beton-special> diakses tgl 18-10-2014
- <http://en.wikipedia.org> diakses tgl 18 -10-2014