

KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON MENGUNAKAN SILIKA PRESIPITASI (SiO_2) HASIL EKSTRAKSI LIMBAH ABU SAWIT

Iskandar Romey Sitompul*, Ismeddiyanto*, Edo Tahara**

*Staff Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

**Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

ABSTRACT

The using additive for concrete mixing has developed recently aim to increase the behaviour and compression strength of the concrete. Silica presipitated is one of additive materials used for concrete mixing. It's obtained from the crude palm oil industrial process. On this research, silica presipitated will be added by using comparison 0%, 4%, 8%, 12% of cement weight. According to this research, concrete compression strength increase 9,77% with addition 4% silica presipitated of concrete 0% silica presipitated at age 28 day. Modulus elasticity also increase 2,02% on adding 4% silica presipitated of concrete 0% silica presipitated at age 28 day.

Key word: *palm fiber and shell ash, silica presipitated, concrete compression strength, modulus elasticity*

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam teknologi beton memungkinkan untuk membuat beton yang memiliki karakteristik yang baik. Pemanfaatan bahan kimia (*chemical admixture*) yang telah lama dikembangkan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Bahan tambah mineral seperti abu terbang, abu sekam padi, dan abu sawit telah banyak diteliti. Berbagai penelitian tersebut menitik-beratkan pada sifat *pozzolanic* yang dimiliki bahan tambah tersebut. Sifat ini memungkinkan bahan tersebut berfungsi sebagai perekat seperti semen.

Silika presipitasi merupakan salah satu hasil pengolahan limbah padat industri sawit seperti cangkang dan abu sawit secara kimia yang banyak diproduksi di Riau yang mana pemanfaatannya belum maksimal. Menurut Graille (1985) dari semua limbah padat industri minyak sawit yang paling banyak mengandung silika adalah cangkang dan abu sawit. Pirolisis lebih lanjut dari hasil pembakarannya menunjukkan bahwa kandungan SiO_2 mencapai $\pm 60\%$ (Graille, 1985; dalam Saputra. E, 2005). Yang juga menarik, 15%-berat abu akan diperoleh dari total berat cangkang yang dibakar (Bhudi & Susanto, 1998; dalam Saputra. E, 2005) dan mineral SiO_2 dalam bentuk *Amorphous* (Astutiningsih, 2003; Sulisty, 1997; dalam Saputra. E, 2005).

Cangkang dan abu sawit merupakan limbah yang melimpah dan timbulannya akan meningkat sejalan dengan pertumbuhan industri sawit. Setiap satuan tandan masa tandan buah segar mempunyai kandungan minyak sawit sebesar 21%-massa, cangkang %-massa, dan abu sawit 11%-massa (Susanto & Budi, 1998; dalam Saputra. E, 2005). Jadi

jumlah cangkang dan abu sawit hampir mendekati dengan jumlah produksi minyak sawit mentah di Indonesia.

Mengingat jumlah limbah padat industri sawit yang cukup besar dan meningkat setiap tahunnya, maka pemanfaatan limbah ini akan memberikan sebuah solusi terhadap permasalahan limbah dan juga dapat memberikan nilai tambah karena diperkirakan dapat mereduksi penggunaan semen.

BAHAN DAN METODE

Agregat yang digunakan adalah pasir dan batu pecah dari kabupaten kampar. Pengujian karaktersitik agregat halus dan agregat kasar perlu dilakukan sehingga dihasilkan data-data yang akan digunakan dalam perencanaan campuran (*mix design*). Kuat tekan rencana benda uji beton adalah f'_c 35 MPa menuju umur 28 hari dengan metode SK SNI T-15-1990-03. Pengujian karakterisitik agregat yang dilakukan antara lain:

1. Kadar lumpur (%)
2. Berat jenis (gr/cm^3)
 - a. *Apparent specific gravity*
 - b. *Bulk specific gravity on dry*
 - c. *Bulk specific gravity on SSD*
 - d. *Absorption (%)*
3. Kadar air (%)
4. Modulus Kehalusan
5. Berat volume (gr/cm^3)
 - a. Kondisi lepas
 - b. Kondisi padat
6. Ketahanan aus

Bahan yang digunakan untuk membuat silika presipitasi adalah limbah abu sawit yang akan diolah dalam dua tahapan menjadi silika presipitasi.

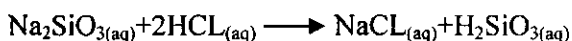
1. Tahapan proses ekstraksi reaksi silika
Cara ini dilakukan untuk mendapatkan

silika dengan kemurnian yang cukup tinggi, yaitu dengan mengekstraksi reaksi silika yang terkandung pada abu dengan larutan NaOH, karena dengan proses tersebut dapat menghasilkan silika dengan kemurnian diatas 80 % (Saputra dkk, 2004; dalam Saputra, E, 2004). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



2. Tahapan proses pembuatan sol atau gel

Asam silika yang terbentuk berupa sol atau gel (tergantung dari PH pengendapan) dapat diambil sebagai padatan dengan kemurnian tinggi berupa senyawa SiO_2 dengan cara filtrasi dan pencucian dari kadar garam (NaCL) yang dilanjutkan dengan pengeringan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Pembuatan sampel beton normal pada penelitian ini direncanakan dengan perbandingan antara penggunaan semen dan Silika presipitasi adalah 100%;0%, 96%;4%, 92%;8%, dan 88%;12%. Pembuatan benda uji ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik UNRI.

Setelah proses pencampuran selesai, dilanjutkan dengan pembuatan adukan benda uji silinder beton, kemudian campuran didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka lalu dilakukan perendaman kedalam air sebagai perawatan sehingga proses hidrasi pada beton dapat berlangsung dengan sempurna tanpa mengalami gangguan.

Pengujian benda uji dilakukan terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan alat *Compression Test Machine* dengan standar pengujian ASTM (*American Society for Testing Materials*) C39-86. Pengujian modulus elastisitas dilakukan berdasarkan *ASTM C 469* (Anonim, 1997), menggunakan alat tes kuat tekan yang dilengkapi dengan *compressometer* silinder beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian karakteristik agregat ditunjukkan pada Tabel 1.

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah bulk specific gravity on SSD basic. Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 gr/cm³ s/d 2,7 gr/cm³ akan menghasilkan beton dengan berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³ (Tjokrodinuljo, 1995). Hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus (*absorption*) berada dibawah spesifikasi penyerapan yaitu 2%-7%. Nilai ini memperlihatkan daya serap agregat yang kecil terhadap air. Pada kondisi padat nilai berat volume agregat halus ini memenuhi standar spesifikasi berat volume yaitu 1,4 gr/cm³ s/d 1,9 gr/cm³.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat halus

No	Pemeriksaan	Hasil
1.	Berat jenis (gr/cm ³)	
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,545
	b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,469
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,498
	d. <i>Water absorption (%)</i>	1,156
2.	Berat volume (gr/cm ³)	
	a. Kondisi padat	1,748
	b. Kondisi lepas	1,557
3.	Kadar air (%)	4,095
4.	Kadar lumpur (%)	6,99
5.	Modulus Kehalusan	7,675

Dengan demikian agregat halus ini dapat digunakan untuk pembuatan beton, karena kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatan beton akan bertambah. Kadar air agregat halus memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3%-5%. Kadar lumpur agregat halus sebesar 6,99%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu <5%, maka diperlukan pencucian terlebih dahulu sehingga terjadi lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Nilai modulus kehalusan agregat halus asal Kabupaten Kampar sebesar 7,675. nilai ini memperlihatkan ukuran butiran agregat yang kasar. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini diperoleh agregat halus ini memenuhi batas-batas pada zona II yang berbutir agak kasar.

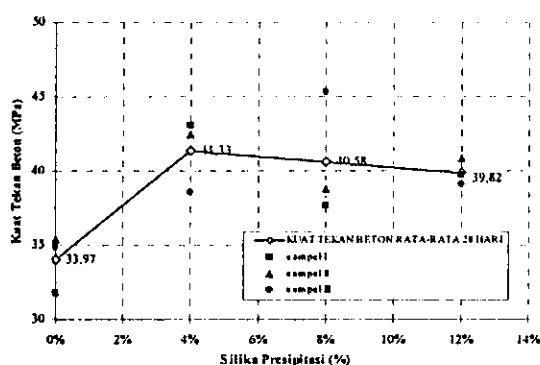
Tabel 2. Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat kasar

No.	Pemeriksaan	Hasil
1.	Berat jenis (gr/cm ³)	
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,860
	b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,791
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,816
	d. <i>Water absorption (%)</i>	0,971
2.	Berat volume (gr/cm ³)	
	a. Kondisi padat	1,433
	b. Kondisi lepas	1,340
3.	Kadar air (%)	2,630
4.	Kadar lumpur (%)	2,12
5.	Modulus Kehalusan	4,048
6.	Keausan (Mesin Los Angeles) (%)	3,000

Hasil dari pemeriksaan berat jenis agregat kasar dari Kabupaten Kampar ini adalah 2,86 gr/cm³. Apabila berat jenis agregat tinggi, maka menghasilkan berat jenis beton yang tinggi dan memiliki kuat tekan yang tinggi

pula. Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat kasar dari Kabupaten Kampar ini sebesar 0,971%, nilai ini berada pada standar spesifikasi penyerapan yaitu 2%-7%. Dengan demikian pembuatan beton sangat perlu mengurangi air untuk mempertahankan nilai FAS. Pada kondisi padat nilai berat volume agregat ini memenuhi standar spesifikasi berat volume yaitu 1,4 gr/cm³ s/d 1,9 gr/cm³. Kepadatan agregat menyebabkan volume pori beton kecil dan kekuatan beton akan bertambah. Kadar air agregat kasar tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air antara 3%-5% yaitu 2,63%. Hal ini disebabkan karena material yang diperiksa telah kering terkena sinar matahari langsung sebelum dilakukan penelitian. Kadar lumpur agregat kasar sebesar 2,12% Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur yaitu <1%. Pencucian agregat diperlukan terlebih dahulu sebelum penggunaan agregat ini sebagai material pembentuk untuk menghilangkan kadar lumpur sehingga lekatan yang baik terjadi antar agregat. Nilai modulus kehalusan agregat kasar asal Kabupaten Kampar sebesar 4,048. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi modulus halus butir agregat kasar yaitu 5,0-8,0. Dengan nilai MHB dibawah yang diisyaratkan berarti butiran agregat kasar lebih kecil. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar diperoleh agregat kasar ini memenuhi batas gradasi agregat kasar butir maksimum 40 mm menurut *British Standard*.

Kuat tekan didapat dari tiga buah benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada Gambar 1 kuat tekan beton pada umur 14 hari 0% silika presipitasi diperoleh kuat tekan beton sebesar 39,97 MPa.



Gambar 1. Kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari

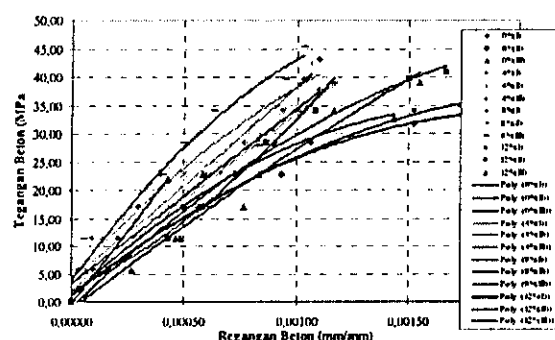
Kuat tekan beton dengan penambahan 4% silika presipitasi, terjadi peningkatan kekuatan sebesar 9,77% dari beton 0% silika presipitasi. Pada penambahan 8% silika beton masih memperlihatkan kuat tekan yang lebih tinggi dari pada beton 0% silika presipitasi sebesar 8,85%. Akan tetapi, pada 12% penambahan silika presipitasi kuat tekan betonnya masih lebih tinggi dari pada kuat tekan beton 0%.

Penambahan 8% dan 12% memperlihatkan kecenderungan penurunan kuat tekan setelah kada pemakaian silika 4%. Kecenderungan penurunan ini diakibatkan sisa silika yang tidak bereaksi dengan semen.

Kenaikan kuat tekan beton dengan penambahan silika presipitasi ini disebabkan silika presipitasi mampu mengikat kapur bebas Ca(OH)_2 sebagai hasil samping reaksi hidrasi semen. Tubermorit merupakan senyawa yang dibutuhkan dalam ikatan semen dan agregat, sedangkan merupakan unsur yang lemah dalam beton. Dengan adanya silika presipitasi, unsur Ca(OH)_2 akan bereaksi dengan SiO_2 (silika presipitasi) dan membentuk tubermorit baru yang justru dibutuhkan untuk pengikatan sempurna.

Berdasarkan nilai kuat tekan yang dihasilkan, maka silika presipitasi (SiO_2) layak dijadikan sebagai material bahan tambah pada pembuatan beton.

Pengujian terhadap modulus elastisitas beton didapat nilai defleksi beton pada pembacaan dial alat *compressometer* silinder beton dan diperoleh nilai regangan-tegangan beton tersebut.

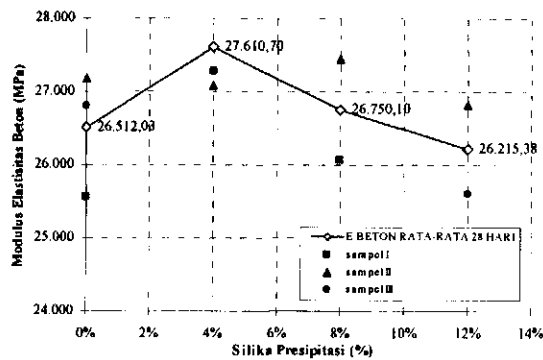


Gambar 2. Kurva hubungan regangan-tegangan beton pada umur 28 hari

Gambar 2. memperlihatkan regangan beton tanpa silika berkisar antara 0,00160-0,00173. Pada penambahan silika 4% dan 8% regangan beton lebih tinggi dengan nilai 0,0010-0,00116. Pada 12% penambahan silika presipitasi regangan beton yang dihasilkan kembali rendah 0,0015-0,0016. Penambahan silika presipitasi pada 4% dan 8% memperlihatkan kenaikan regangan beton yang mengakibatkan beton semakin getas. Kurva regangan-tegangan setelah melewati beban puncak tidak terlihat karena pembacaan dial tidak bisa dilakukan.

Pada umur 28 hari (Gambar 3) penambahan 4% silika mengakibatkan kenaikan modulus elastisitas sebesar 2,03%. Pada penambahan 8% silika presipitasi nilai modulus elastisitas beton lebih tinggi dari beton 0% dengan nilai $26,750.10^3$ MPa. Modulus elastisitas 12% adalah nilai modulus elastisitas terendah ($23,145.10^3$ MPa). Pada 8% dan 12% penambahan silika presipitasi, beton

memperlihatkan penurunan nilai modulus elastisitas setelah pemakaian 4% silika.



Gambar 3 Modulus elastisitas beton umur 28 hari

Nilai modulus elastisitas beton akan naik seiring dengan bertambahnya kuat tekan beton. Nilai modulus elastisitas yang tinggi berarti beton tersebut bersifat lebih getas. Beton dengan penambahan silika presipitasi memperlihatkan kecenderungan kenaikan nilai modulus elastisitas daripada beton tanpa silika presipitasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton dengan penambahan silika presipitasi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan silika 4% menghasilkan kenaikan kuat tekan beton tertinggi dengan kenaikan kuat tekan sebesar 9,77% dari beton tanpa silika pada umur 28 hari. Penurunan kuat tekan pada pemakaian lebih dari kadar 4% menyebabkan penurunan kekuatan beton karena silika presipitasi yang berlebihan.
2. Kenaikan modulus elastisitas pada 4% pemakaian silika presipitasi sebesar 2,03% dari nilai modulus elastisitas beton 0% silika presipitasi pada umur 28 hari. Kenaikan nilai modulus elastisitas ini memperlihatkan pengaruh penambahan silika presipitasi membuat beton akan menjadi semakin getas.
3. Berdasarkan kekuatan yang diperoleh dari pengujian laboratorium, silika presipitasi layak dipakai untuk bahan tambah dalam campuran beton.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal

Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini, melalui Program Hibah Kompetensi A2.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SK SNI T-15-1991-03. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1996. *SNI 03-0691-1996*. Jakarta: BSN Badan Sertifikat Nasional Indonesia.
- Anonim. 1997. *Teknologi Beton*. Bandung: Lembaga Penelitian ITB.
- ASTM. 1994. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM.
- BALITBANG PU. 1989. *Pedoman Beton*. Jakarta: BALITBANG PU.
- Damon, 2004. *Pemanfaatan Pasir Laut sebagai Bahan Agregat Halus Beton Kedap Air (Studi Pasir Laut Quarry Tanjung Balai Karimun-Riau)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Dipohusodo, Istimawan. 1997. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Indrawan, B, 2004. *Analisis Karakteristik Beton Mutu Tinggi Menggunakan Pasir Laut dengan Bahan Tambah Sikafume*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Laboratorium Bahan Bangunan. 2002. *Buku Panduan Praktikum Bahan Bangunan*. Jurusan Teknik Sipil S1. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Murdock, L.J. & Brooks, J.J. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Saputra, E, 2005. *Pengolahan Limbah Padat Abu Sawit Dengan Proses Isolasi dan Reduksi Menjadi Logam Silikon (Si) Grade Industri (Industrial Grade Silicon)*. Laporan Penelitian HIBAH PEKERTI II. Universitas Riau
- Supartono, F.X, 2001. *Beton, Bahan Dasar dan Unsur Kekuatannya dalam Trend Teknik Sipil Era Milenium Baru*. Yayasan John Hi-Tech Idetama dan UIP.
- Tjokrodinuljo, K, 1996. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UGM