

ANALISIS MIKROSTRUKTUR DAN NILAI REDAMAN PADA BETON POLIMER BERBASIS RESIN EPOKSI DENGAN *FILLER* SiO_2 DAN CaCO_3

Sri Fatonatut Toharoh , Nugrahani Primary P., Lydia Rohmawati

Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: siefa.toharoh@gmail.com

Abstrak

Beton polimer adalah material komposit, dimana bindernya dari polimer dan mineral *fillernya* dapat berupa *aggregate*, *gravel*, dan *crushed stone*. Beton yang digunakan pada wilayah perairan harus mempunyai morfologi yang baik agar tidak mudah terabrasi, dan nilai redaman yang tinggi agar mampu meredam gelombang air yang menghantam beton. Untuk mendapatkan karakteristik tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu ke dalam campuran beton, diantaranya SiO_2 dan CaCO_3 sebagai *filler*. *Filler* dengan ukuran nano dapat meningkatkan *interfacial area* antara *filler* dan *matriks*. Pada penelitian ini telah dibuat beton polimer dengan *matriks* resin epoksi dengan *filler* SiO_2 dan CaCO_3 sebanyak 0 – 20 % wt. SiO_2 disintesis dari lumpur Sidoarjo dengan metode kopresipitasi dan CaCO_3 disintesis menggunakan metode karbonasi dari cangkang kerang bulu yang didapatkan di pantai Kenjeran. Hasil yang didapatkan adalah beton polimer dengan nilai redaman sebesar 1,478 N.s/m- 23,21 N.s/m, nilai *loss factor* sebesar 0,516% - 5,255%, nilai elastisitas sebesar 34,445 GPa – 90,824 GPa, dan nilai degradasi sebesar 0,25% - 6,69%. Struktur morfologi pada beton terlihat bahwa penyebaran *filler* tidak merata. Komposisi terbaik untuk uji degradasi dan elastisitas dalam penelitian ini terdapat pada beton polimer dengan komposisi 10 %wt, dan nilai redaman komposisi terbaik terdapat pada beton polimer dengan komposisi 20%wt.

Kata kunci: beton polimer, nilai redaman, kopresipitasi, dan karbonasi.

Abstract

Concrete is use in the territorial matters shall have good morphology, so that is not easily abraded, besides it also requires high attenuation value to be able to damp the wave water that hit the concrete. To obtain the characteristics of the concrete, it can be done by adding certain materials into the concrete mix, such as SiO_2 can be used as filler, filler with smallest size can increase the interfacial area between the matrix and filler. The concretes were made with addition of SiO_2 and CaCO_3 filler about 0% until 20%. SiO_2 that is synthesized from Sidoarjo use coprecipitation method and CaCO_3 that is synthesized use of carbonation from clam's shell that is obtained in the Kenjeran beach area. This results obtained is made of polymer concrete have attenuation value was 1,478 N.s/m- 23,21 N.s/m. Loss factor of value was 0,516% - 5,255%, elasticity values was 34,445 GPa – 90,824 GPa, degradation values was 0,25% - 6,69%. Microstructure of polymer concrete has been made seen that not formed composite and spread filler not evenly. The best composition for degradation and elasticity tests contained of the polymer concrete composition 10%. But for the best composition of the attenuation value contained of the polymer concrete with a composition of 20%.

Keyword: polymer concrete, attenuation value, coprecipitation method, and carbonation method.

PENDAHULUAN

Penggunaan semen sebagai material pengikat pada pembuatan beton memiliki beberapa permasalahan, diantaranya yaitu lamanya waktu pengeringan (Cavaleri, 2003) dan berat beton yang dihasilkan relatif besar (Yassar, 2008). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, para ilmuwan melakukan rekayasa material beton agar didapatkan material beton dengan ukuran yang lebih kecil, kuat, dan lebih ringan.

Material bangunan dalam satu kesatuan struktur selain dirancang untuk memikul (menyangga) beban,

juga dirancang untuk menghadapi pengaruh alami lingkungan serta pengaruh penggunaan. Beton sebagai material bangunan harus memenuhi kriteria kekuatan dan daya tahan. Beton merupakan campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (Departemen Pekerjaan Umum, 1989). Bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung berfungsi untuk mengubah sifat-sifat beton, agar lebih cocok untuk pekerjaan tertentu dan menghemat biaya.

Rekayasa beton dengan polimer atau *Polymer Modified Concrete* merupakan suatu perekayasaan material beton dengan menggunakan material organik rantai panjang atau polimer. (Gemert V.D. et al, 2004). Beton polimer memiliki keunggulan antara lain, kekuatannya tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibanding beton portland konvensional. Penambahan polimer pada beton pengganti semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton dan memperpendek waktu proses fabrikasinya. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai pondasi galangan kapal, tangga, lantai, bangunan komersial, pemipaan, dan lain-lain (Samekto, 2011). Epoksi digunakan sebagai *matriks* karena dapat mempercepat proses pengerasan dengan penambahan *hardener* pada resin epoksi dapat membantu percepatan pengerasan (Gemert V.D. et al, 2004).

Pada penelitian Isneini (2009) tentang pembuatan beton dengan *filler Fly Ash* didapatkan hasil, bahwa semakin banyak persentase *filler* maka nilai *loss factor* (η), koefisien redaman (c), serta *damping ratio* (ξ) semakin besar. Sedangkan penelitian Harahap, dkk (1999) tentang pembuatan beton dengan *filler* nikel, kaca, dan batu merah diperoleh bahwa dengan bertambahnya persentase *filler* maka nilai *loss factor* (η), koefisien redaman (c), serta *damping ratio* (ξ) semakin menurun.

Dengan adanya penelitian tersebut maka pada penelitian ini dibuat beton polimer dengan *matriks* epoksi dan *filler* yang digunakan kalsium karbonat dari cangkang kerang dan silika dari lumpur Sidoarjo. *Filler* yang digunakan berukuran nano partikel dikarenakan *filler* dengan ukuran nano dapat meningkatkan *interfacial area* antara *filler* dan *matriks* (Abdullah, 2008). Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai redaman, degradasi dan mikrostruktur pada beton polimer.

METODE

Pada penelitian kali ini melalui 3 tahap, dimana tahap pertama yaitu sintesis kalsium karbonat dari cangkang kerang dengan menggunakan metode karbonasi. Pembuatan kalsium karbonat merujuk pada penelitian sebelumnya (Nurjanah, 2013).

Tahap kedua yaitu sintesis silika dari lumpur Sidoarjo dengan menggunakan metode kopresipitasi yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Januar, 2013).

Tahap yang ketiga yaitu pembuatan beton polimer. Pembuatan beton polimer berdasarkan penelitian sebelumnya (Zheng, dkk, 2003). Adapun langkah yang dilakukan yaitu Memanaskan resin epoksi sampai temperatur 120°C dengan tujuan mengurangi *viskositas* epoksi, kemudian ditambahkan partikel CaCO_3 dan SiO_2 dengan variasi 5% wt - 20% wt dan diaduk agar campuran menjadi homogen sambil menurunkan temperatur sampai $\pm 80^\circ\text{C}$. Setelah bahan sudah homogen menambahkan *hardener* untuk mempercepat proses pengerasan. Sampel dimasukkan dalam cetakan dengan ukuran yang sudah ditentukan (25 cm x 1 cm x 1 cm). Memanaskan sampel pada *furnace* dengan temperatur 120°C selama 5 jam, kemudian menaikkan temperatur 150°C selama 5 jam. Dan dilanjutkan dengan menguji

sampel dengan uji redaman, uji degradasi, dan uji SEM-EDX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang sudah jadi dilakukan uji redaman dengan cara meletakkan sampel pada penampang. Setelah sampel terletak dengan baik, sampel diberikan getaran dengan cara memukulkan palu pada sampel sehingga akan didapatkan nilai *natural frequency* dan *half power point*. Data yang sudah didapatkan digunakan untuk menghitung Nilai *loss factor* dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\eta = \frac{f}{\Delta f} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

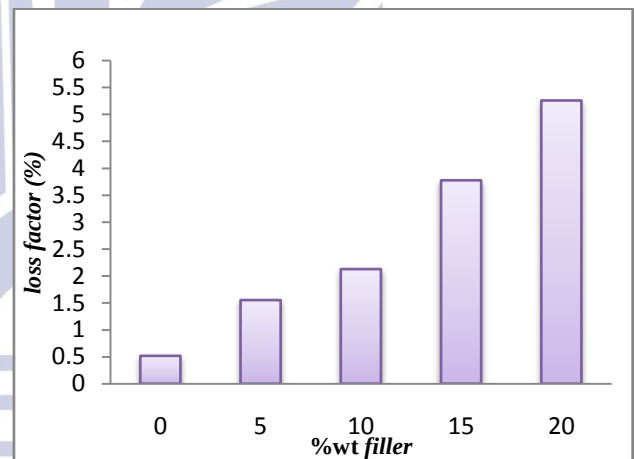
dan nilai redaman didapatkan dengan menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$C = \omega \eta \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dimana C adalah nilai redaman (N.s/m), ω adalah frekuensi sudut (rad/s), dan η adalah *loss factor* (%), f adalah frekuensi (Hz). Frekuensi sudut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3 sebagai berikut:

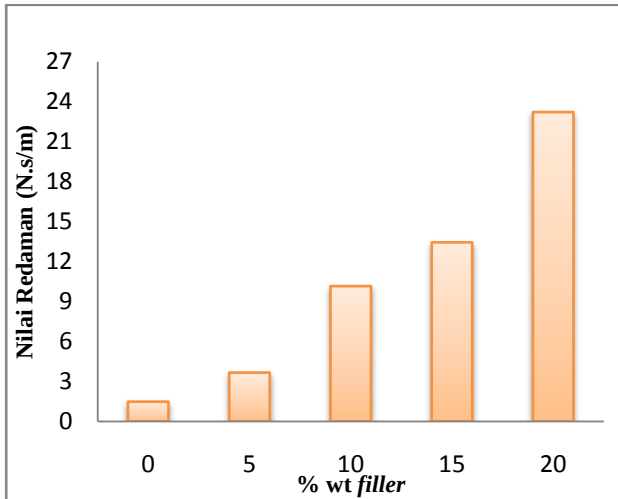
$$\omega = 2\pi f \quad \dots\dots\dots(3)$$

Sehingga didapatkan data *loss factor* dapat dilihat pada gambar 1 dan nilai redaman dapat lihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik penambahan *filler* dengan *loss factor*

Pada Gambar 1 terlihat bahwa penambahan *filler* meningkatkan *loss factor* dimana nilai *loss factor* terbesar terdapat pada beton polimer dengan komposisi filler 20 %wt yaitu sebesar 5,255%. Menurut Isnaeni, 2009 semakin besar nilai *loss factor* maka benda uji tersebut akan baik untuk diaplikasikan di daerah yang rawan terkena gelombang (getaran atau bunyi) dikarenakan mampu menyerap (gelombang) semakin besar. Namun beton polimer ini belum bisa diaplikasikan sebagai beton konvensional (bangunan) pada daerah rawan getaran, hal tersebut dikarenakan pada penelitian yang dilakukan Ryanto, 1993 dalam Harahap, 1999 didapatkan nilai *loss Factor* pada beton konvensional sebesar 5,7806%.



Gambar 2. Grafik hubungan antara penambahan persen berat *filler* dengan nilai redaman

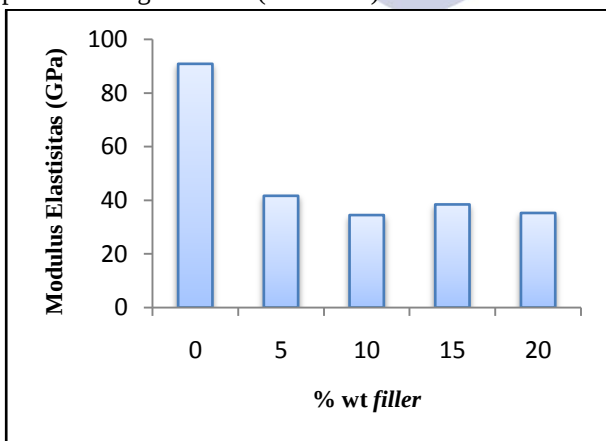
Gambar 2 menunjukkan dengan penambahan *filler* silika dan kalsium karbonat meningkatkan nilai redaman. Nilai redaman paling besar terdapat pada beton polimer dengan penambahan *filler* 20% yaitu sebesar 23,210 N.s/m.

Nilai terbesar untuk redaman maupun *loss factor* terdapat pada beton polimer dengan penambahan *filler* 20 %wt, dimana nilainya sebesar 23,210 N.s/m dan 5,255 % sehingga beton ini saat diaplikasikan pada daerah rawan getaran tidak akan mampu menopang beban secara maksimal.

data yang yang sudah didapatkan saat pengujian redaman digunakan untuk menghitung nilai modulus elastisitas dengan menggunakan persamaan (4)

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \dots\dots\dots(4)$$

sehingga didapatkan nilai modulus elastisitas beton polimer sebagai berikut (Gambar 3):

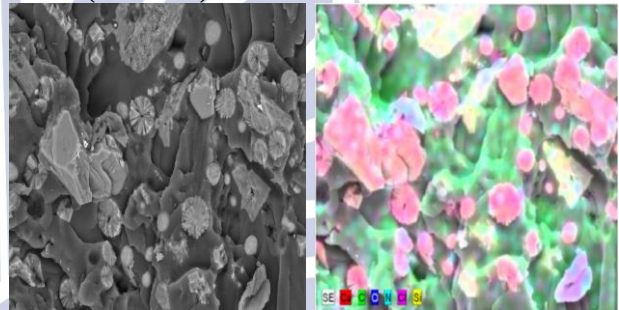


Gambar 3. Grafik hubungan antara penambahan persen berat *filler* dengan nilai modulus elastisitas

Pada Gambar 3 terlihat bahwa dengan penambahan *filler* SiO₂ dan CaCO₃ dapat memperbaiki modulus elastisitas dari suatu bahan, dimana modulus elastisitas epoksi sebesar 90,824 GPa, namun dengan penambahan *filler* menurunkan nilai modulus elastisitas.

Menurut Lawrence (2001), besar modulus elastisitas sebuah beton antara 17-31 GPa. Pada penelitian ini penambahan *filler* 5 %wt nilai modulus elastisitasnya sebesar 41,624 GPa, penambahan *filler* 10 %wt nilai modulus elastisitasnya sebesar 34,445 GPa, penambahan *filler* 15 %wt nilai modulus elastisitasnya sebesar 38,411 GPa, penambahan *filler* 20 %wt nilai modulus elastisitasnya sebesar 35,228 GPa. Hasil beton dengan *filler* 10 % mendekati kriteria sebuah beton dibandingkan dengan hasil yang lainnya. Sifat modulus elastisitas sampel terbaik terdapat pada beton polimer dengan penambahan *filler* 10%wt. Nilai modulus elastisitas yang terlalu besar ataupun terlalu kecil dari rentang nilai modulus elastisitas beton tidak dapat digunakan sebagai bahan bangunan, karena jika nilai modulus elastisitas sebuah beton terlalu besar maka beton tersebut akan bersifat getas, dan sebaliknya jika nilai modulus elastisitas sebuah beton terlalu kecil maka beton tersebut tidak dapat memikul beban yang tinggi.

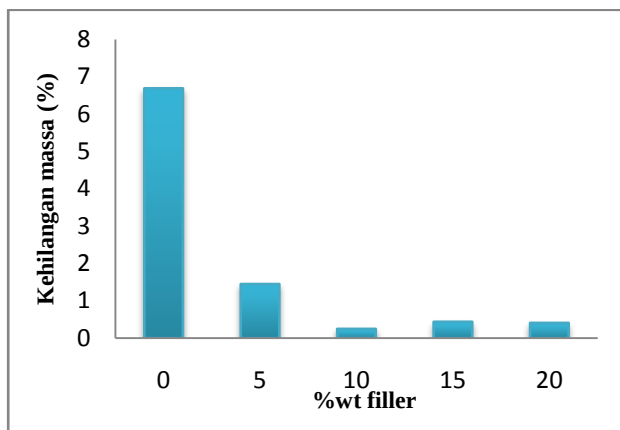
Beton yang mempunyai nilai redaman dan *loss factor* tertinggi dalam penelitian ini yaitu beton polimer dengan penambahan komposisi *filler* 20% sehingga sampel tersebut dikarakterisasi menggunakan *scanning Electron Microscope* (SEM) dan didapatkan data sebagai berikut (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil SEM pada beton polimer 20%wt

Hasil SEM pada Gambar 4 terlihat bahwa sampel tidak homogen (persebaran CaCO_3 dan SiO_2 tidak merata), hal tersebut dikarenakan proses pengadukannya dilakukan dengan pengadukan biasa dan temperatur pemanasan saat pengadukan tidak stabil. Dengan tidak meratanya *filler* menyebabkan tidak maksimalnya nilai redaman dan nilai degradasi (kehilangan massa) yang didapatkan.

untuk mengetahui degradasi (kehilangan massa) pada beton yaitu dengan cara merendam beton pada larutan HCl 3.5% selama 20 hari. Hasil degradasi beton terlihat pada Gambar 5,



Gambar 5. Hasil uji degradasi

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa beton dengan filler 10%wt memiliki nilai degradasi paling kecil/minimal dibandingkan dengan yang lainnya, yaitu sebesar 0,011 gram/20 hari (0,25%). Larutan HCl yang bersifat asam kuat dapat menyebabkan degradasi, hal tersebut karena larutan HCl menyebabkan putusnya ikatan diantara rantai epoksi namun pada penambahan filler 15 %wt nilai degradasinya meningkat, hal tersebut dikarenakan kalsium dalam beton akan terurai dari CaCO_3 seperti reaksi kima berikut:



Dimana sifat CaCl_2 dapat menyerap air dengan baik (Ahfilah, 2011) sehingga dapat menurunkan kekuatan pada beton polimer. Selain itu SiO_2 yang digunakan juga akan terurai dari beton polimer seperti reaksi dibawah ini:



Untuk aplikasi beton dalam perairan dibutuhkan beton yang memiliki degradasi rendah, jika beton memiliki nilai degradasi yang tinggi maka kekuatan pada beton akan terpengaruhi terutama pada degradasi yang berbentuk sumuran.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada pengelola Lab. Material UNESA, LPPM ITS, Lab. Korosi dan kerusakan bahan metalurgi ITS, dan Lab. teknik mesin UNS yang telah mengizinkan penulis dalam melakukan penelitian serta teman-teman material yang telah membantu dalam penelitian.

PENUTUP

Simpulan

1. Nilai redaman beton polimer yaitu sebesar 1,478 N.s/m - 23,210 N.s/m, dan memiliki nilai *loss factor* sebesar 0,516% - 5,255%. Nilai elastisitas pada beton polimer sebesar 34,445 GPa - 90,824 GPa. Besar persentase degradasi yang didapatkan sebesar 0,25% - 6,69%. Dan struktur morfologi pada beton polimer terlihat penyebaran filler yang tidak merata.
2. Komposisi terbaik untuk uji korosi dan elastisitas dalam penelitian ini terdapat pada beton polimer dengan komposisi 10 %wt, namun untuk nilai redaman dan *loss factor* tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada beton polimer komposisi 20 %wt.

Saran

1. Melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh beton polimer dengan filler SiO_2 dan CaCO_3 dengan komposisi diatas 20 %wt;
2. Mengontrol temperatur dan lama pengadukan pada saat pencampuran;
3. Saat uji korosi (degradasi), menambah waktu perendaman agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2008). sintesis nano materials. *jurnal nano sains dan teknologi*, vol.1 No.2. (diakses tanggal 4 juli 2012).
- Cavaleri L, N. Miraglia, M. Papia. 2003. *Pumice Concrete for Structural Wall Panels*. Engineering Structures, Vol 25, No 1, Januari 2003, pp. 115-125.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU. 1989. *Pedoman Beton 1989*. Jakarta. Gamert V. D., L. Czarniecki, P. Lukowski and E. Krapen. 2004. *Cement Concrete and concrete polymer composite*. Katolik University Leuven, Belgium.
- Fatonatut T. , Sri, Primary P. Nugrahani , Rohmawati. Lydia. 2014. *Studi Awal Nilai Redaman Beton Polimer Berbasis Bahan Alam*. Seminar dan Lokakarya Nasional Fisika 2014, 22 November 2014. ISBN : 978-979-028-666-5.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. Singapore: Mc GRAW HILL International. Hal.402-404.
- Harahap, Hana T, Herawaty N. 1990. *Kajian Eksperimental Faktor Redaman Beton Polimer*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
- Isneini. 2009. *ANALISIS MODULUS ELASTISITAS LENTUR TERHADAP LOSS FACTOR BETON POLIMER*. Jurnal Rekayasa Vol. 13 No. 1, April 2009.

- Januar, A Pribadi. ,dkk. 2013. *Pengaruh pH Akhir Larutan pada Sintesis Nanosilika dari Bahan LuSi dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi*. Surabaya: Jurnal Inovasi Fisika Indonesia Vol. 02 No. 03 Tahun 2013, 7-10.
- Jin, Fan-Long and Soo Jin Perk. 2009. *Thermal Stability of Trifunctional Epoxy Resin Modified With Nanosized Calcium Carbonate*. Bull. Korean Chem. Soc, Vol. 30, No. 2.
- Nawy, Edward G, Reinforce. 1985. *Concrete a Fundamental Approach*. Cetakan pertama. PT Eresco. Bandung.
- Nurjanah R. Ika. 2013. *Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas CO₂ Terhadap Kemurniandan Ukuran Kristal Nanokalsit dari Cangkang Kerang Bulu dengan Metode Karbonasi*. Skripsi. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Samekto, Wuryati, Candra Rahmadiyanto. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius. Hal 35-41.
- Sidayu, M. 2010. Penggunaan kalsium karbonat. www.calcium.karbonat.com. Diakses tanggal 25 desember 2013.
- Siregar, Shinta M. 2009. *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*. Tesis. Universitas Negeri Sumatera Utara: Medan.
- Vino. 2010. *Vibration Tests for Concrete*. www.test.vibration.com. Diakses pada tanggal 26 maret 2014.
- Zheng, Yaping, Ying Zeng and Rongchang Ning. 2003. *Effect of nanoparticles SiO₂ on the performance of nanocomposite*. Materials Latter.

