

KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BETON POLIMER DENGAN FILLER NANOSILIKA DAN NANOKALSIT

Didik Hariadi

S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: didikhariadi36@yahoo.com

Nugrahani Primary P. M.Si¹, Lydia Rohmawati, M.Si²

^{1,2}Dosen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Beton merupakan bahan konstruksi dengan perekat semen dan agregatnya berupa pasir atau kerikil. Beton yang menggunakan perekat bahan semen memiliki kelemahan antara lain relatif berat dan tidak tahan terhadap lumut atau kelembaban tinggi yang menyebabkan beton cepat rapuh. Bahan lain yang bisa menutupi kekurangan beton konvensional adalah beton polimer. Beton polimer merupakan campuran agregat kasar dan halus dengan bahan perekat polimer. Beton polimer dalam penelitian ini menggunakan filler nanosilika dari lumpur Sidoarjo dan nanokalsit dari cangkang kerang serta matriksnya menggunakan polimer resin epoksi. Pengujiannya berdasarkan sifat mekanik dan divariasikan dengan komposisi persen berat filler nanosilika-nanokalsit yaitu 0% hingga 20% karena penambahan filler berskala nano dapat meningkatkan kekuatan mekanik beton polimer. Kesimpulan yang didapatkan adalah nilai kuat tekan, kuat lentur dan kuat impak menunjukkan nilai optimum pada 15% filler yang nilainya berturut-turut adalah 6,25 kg/mm²; 300 MPa dan 16,23 kJ/m². Nilai kuat tarik optimum pada 10% filler yaitu sebesar 3,34 MPa. Kuat tekan optimum beton polimer lebih tinggi dari beton konvensional yaitu 625 kg/cm² pada beton polimer sedangkan beton konvensional memiliki kuat tekan rerata 245,58 kg/cm². Pemberian filler nanosilika-nanokalsit berdampak pada peningkatan nilai mekanik dari epoksi. Semakin banyak filler nanosilika dan nanokalsit yang diberikan, maka semakin tinggi nilai kuat mekanik yang didapatkan sampai menunjukkan titik jenuh atau komposisi maksimal filler yang optimum.

Kata kunci: beton polimer, filler, nanosilika, nanokalsit, sifat mekanik

Abstract

Concrete is a construction material with cement and aggregates form of sand or gravel. It has a lot of advantages compared with other construction materials but concrete that use cement adhesive has weakness such as too weight and intolerant humidity which causing quick fragile. Concrete polymer can cover it's deficiency. It is made by coarse and fine aggregates with an adhesive polymer. This study uses nanosilica from Sidoarjo mud and nanocalcite from shells as aggregates of concrete polymer, then matrix is resin epoxy. The test is based on mechanical properties which varied on the weight percent filler nanosilica-nanocalcite (0%, 5%, 10%, 15% and 20%). The conclusion is compressive, impact and bending strength showed optimum value at 15% wt nanosilica-nanocalcite (6,25 kg/mm²; 300 MPa dan 16,23 kJ/m²). Tensile strength showed optimum value at 10% wt nanosilica-nanocalcite (3,34 MPa). Compressive strength of this concrete polymer has higher value than the konvensional concrete. Adding filler nanosilica-nanocalcite has impact on the increase of mechanical property of epoxy. More filler nanosilica and nanocalcite that given, the higher value obtained 'till the mechanic strong showed maximum filler for optimal composition.

Keyword: concrete polymer, mechanical properties

PENDAHULUAN

Pada umumnya beton merupakan bahan konstruksi dengan perekat semen dan agregatnya berupa pasir atau kerikil. Beton sebagai material bangunan harus memenuhi kriteria kekuatan dan daya tahan atau keawetan. Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (Departemen

Pekerjaan Umum, 1989). Umumnya bahan utama semen Portland terdiri dari batu kapur (CaCO₃), silika, alumina dan oksida besi. Dalam proses pembuatan semen ini cenderung tidak ramah lingkungan yaitu terjadi polusi udara yang dihasilkan oleh gas CO hasil pembakaran.

Penambahan material tertentu ke dalam struktur beton secara umum dimaksudkan untuk memperoleh kualitas beton yang lebih baik, sehingga dapat dipelajari struktur dan karakteristik yang dihasilkan (Candra dkk,

2011). Namun kekuatan beton konvensional selama ini yang menggunakan perekat bahan semen memiliki kelemahan antara lain: relatif berat, proses pengerasannya cukup lama (maksimal 28 hari), tidak tahan terhadap lumut atau kelembaban tinggi yang menyebabkan beton cepat rapuh (Calvelri, et. all., 2003). Alternatif bahan lain yang bisa menutupi kekurangan beton konvensional adalah beton polimer.

Beton polimer merupakan beton yang dibuat dari campuran agregat kasar dan halus dengan bahan perekat polimer, sedangkan campuran antara polimer, semen dan agregat disebut polimer-beton modifikasi (*polymer-modified concrete*). Beton polimer memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan beton konvensional, diantaranya cepat mengeras, proses pengerjaan yang cepat, kekuatan yang tinggi, ketahanan tinggi terhadap ancaman bahan kimia dan durabilitas yang tinggi (Aggarwal dkk, 2007).

Kelemahan beton konvensional yang mana cepat rapuh karena kelembaban tinggi merupakan salah satu hal yang menyebabkan beton polimer lebih unggul. Namun beton polimer dengan matriks epoksi saat ini hanya memakai filler nanosilika atau nanokalsit saja. Oleh karena itu, diharapkan dengan menambahkan kedua jenis filler tersebut kedalam epoksi mampu meningkatkan kekuatan mekanik lebih optimal jika dibandingkan beton polimer berfiller nanosilika atau nanokalsit maupun beton konvensional. Hal ini didasarkan pada pernyataan bahwa penambahan nanosilika dapat meningkatkan kuat impak dan kuat tarik beton polimer matriks epoksi (Yaping Zheng, 2002) sedangkan nanokalsit mampu menambah nilai kuat tekan beton polimer matriks epoksi (Rina Priatna, 2008).

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), yaitu mencuci cangkang kerang yang didapat dari pantai Kenjeran, Surabaya dengan HCl, kemudian dibilas menggunakan aquades, dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang kerang yang sudah kering dikalsinasi pada temperatur 900°C selama 5 jam. Kemudian cangkang kerang dihaluskan dengan mortar dan alu, dilanjutkan dengan mengayak serbuk cangkang kerang dengan ukuran 200 mesh sehingga didapatkan serbuk CaO. Langkah selanjutnya yaitu membuat larutan CaCl₂ dengan cara, serbuk CaO sebanyak 2,8 gram dilarutkan dengan HCl 10 M, kemudian ditambahkan aquades hingga volume menjadi 50 ml, dan terbentuk larutan CaCl₂. Setelah itu larutan CaCl₂ ditetesi NH₄OH. Selanjutnya ditambahkan aquades sehingga volume campurannya menjadi 100 ml dan dialiri gas CO₂ dengan laju aliran 2,8 L/menit dan diendapkan selama 36 jam. Setelah itu hasil endapan disaring dengan kertas saring. Hasil yang tidak lolos saring dikeringkan ke dalam *furnace* pada temperatur 90°C selama 24 jam.

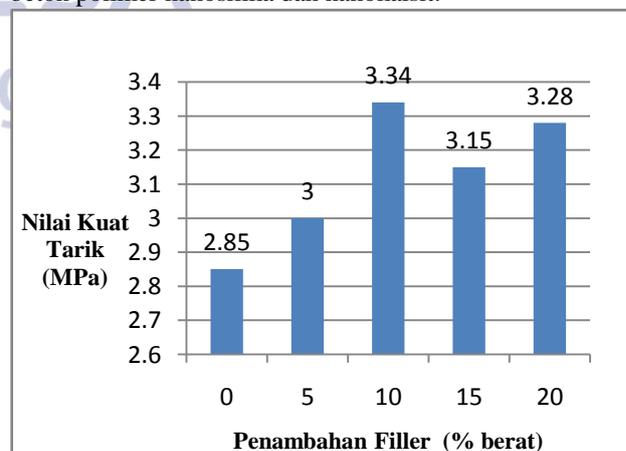
Tahap kedua yaitu sintesis silika dari lumpur Sidoarjo dengan menggunakan metode kopresipitasi yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Januar, 2013) yaitu mengeringkan lumpur Sidoarjo dan dilanjutkan dengan menghaluskan lumpur Sidoarjo dengan mortar dan diayak dengan ayakan ukuran 200 mesh. Sebanyak 10 gram serbuk lumpur Sidoarjo yang sudah halus direndam dengan HCl 2M selama 24 jam. Setelah itu disaring, kemudian ditambahkan NaOH 7M pada material yang tidak lolos saring dan distirer selama 1.5 jam agar larutan menjadi homogen. Selanjutnya ditambahkan aquades sebanyak 200 ml lalu disaring. Presipitat yang lolos saring dititrasi menggunakan HCl 2M sampai pH 1 sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga terbentuk gel. Mencuci larutan selama 6 kali dan dilanjutkan menyaring presipitat. material yang tidak lolos saring yaitu partikel SiO₂.

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 CaCO₃ dan SiO₂ dengan variasi 5% wt - 20% wt dan diaduk agar campuran menjadi homogen sambil menurunkan temperatur sampai ± 80°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 suhu 120°C selama 5 jam, kemudian menaikkan temperatur 150°C selama 5 jam. Dan dilanjutkan dengan menguji sampel dengan uji mekanik pada komposisi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% serta uji SEM-EDX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kuat Tarik

Hasil pengujian kuat tarik dari kelima sampel (komposisi 0% - 20%) menunjukkan nilai kuat tarik optimum sebesar 3,34 MPa pada komposisi 15% berat filler. Dibawah ini adalah diagram batang hasil uji tarik beton polimer nanosilika dan nanokalsit.

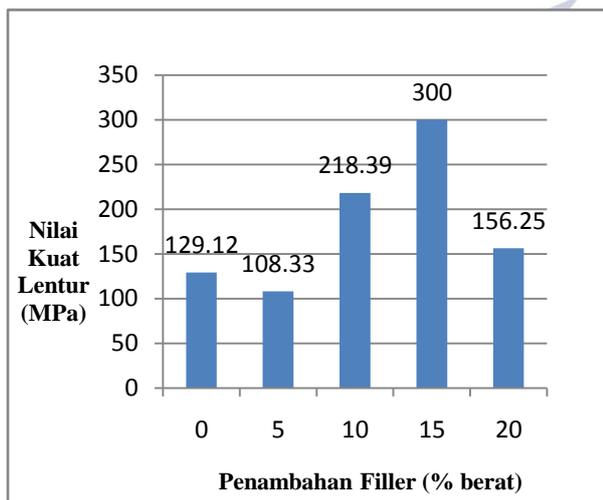


Gambar 1. Diagram hubungan antara nilai kuat tarik dengan variasi penambahan filler nanosilika-nanokalsit

Kuat tarik terendah berdasarkan diagram diatas adalah pada sampel tanpa penambahan filler nanosilika-nanokalsit dengan nilai sebesar 2,85 MPa sedangkan komposisi lain menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Hal ini menjelaskan bahwa penambahan filler nanosilika-nanokalsit mampu meningkatkan nilai kuat tarik beton polimer. Setelah komposisi 10%, nilai kuat tarik memperlihatkan penurunan yaitu dari 3,34 MPa menjadi 3,15 MPa dan 3,28 MPa. Dari keadaan tersebut dapat dikatakan bahwa 10% merupakan komposisi optimum sampel kuat tarik beton polimer dalam penelitian ini.

B. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Hasil pengujian kuat lentur menunjukkan nilai optimum sebesar 300 MPa pada komposisi 15% berat filler. Dibawah ini adalah diagram batang hasil uji kuat lentur beton polimer nanosilika-nanokalsit.

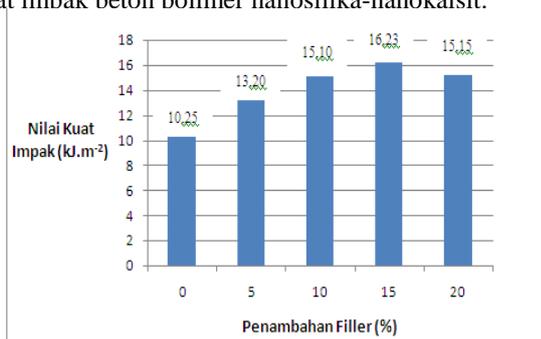


Gambar 2. Diagram hubungan antara nilai kuat tarik dengan variasi penambahan filler nanosilika-nanokalsit

Berbeda dengan diagram kuat tarik, pada diagram kuat lentur, peningkatan nilainya dimulai dari komposisi 5% hingga 15% berat filler dan kuat lentur menunjukkan nilai optimum pada komposisi 15%, hal ini dikarenakan penambahan silika mampu meningkatkan nilai kuat lentur beton polimer dan pemberian kalsit memperbaiki kekerasan bahan sehingga semakin tahan terhadap proses pembebanan.

C. Hasil Pengujian Kuat Impak

Hasil pengujian kuat impak juga menunjukkan nilai optimum pada 15% berat filler dan nilainya sebesar 16,23 kJ/m². Dibawah ini adalah diagram batang hasil uji kuat impak beton polimer nanosilika-nanokalsit.

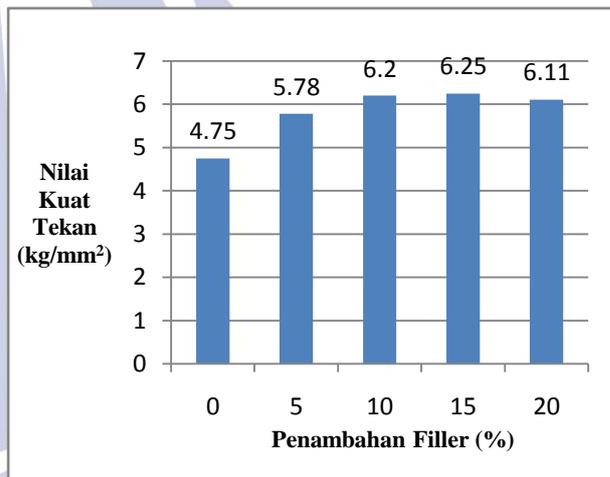


Gambar 3. Diagram Hasil Uji Kuat Impak

Nilai kuat impak pada diagram diatas mengalami peningkatan dari komposisi 0% hingga 15% berat filler namun mulai turun pada komposisi 20% berat filler. Nilai tertinggi adalah 16,23 kJ.m⁻² sedangkan nilai terendahnya yaitu 10,25 kJ.m⁻². Terdapat kecenderungan nilai yang sama jika dibandingkan dengan hasil kuat lentur, yaitu sama-sama menunjukkan bahwa 15% berat filler yang menjadi nilai tertinggi. Hal ini dikarenakan prinsip pengujian dari kuat lentur dan kuat impak adalah ketahanan terhadap pembebanan yang tertuju tepat pada posisi pusat dari benda. Sehingga nilai yang didapatkan cenderung sama yaitu optimum pada 15% filler silika-kalsit. Kuat impak pada 20% turun nilainya dikarenakan titik jenuhnya pada komposisi 15% berat filler.

D. Hasil Pengujian Kuat Tekan

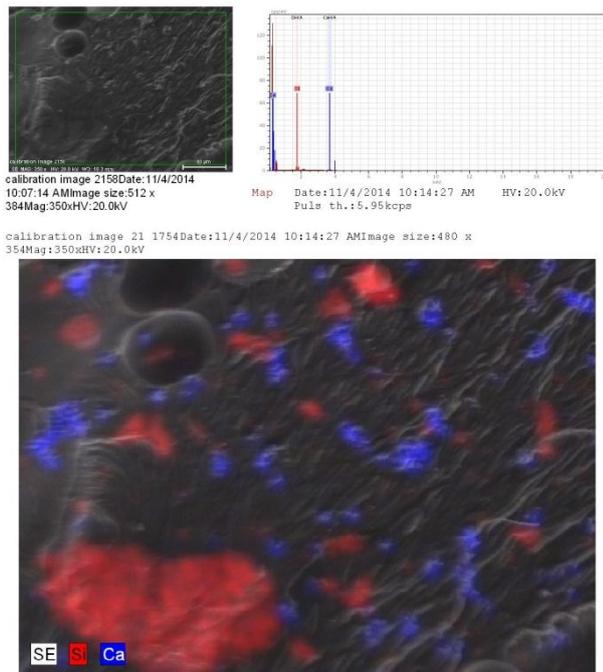
Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan nilai optimum sebesar 6,25 kg/mm² pada komposisi 15% berat filler. Dibawah ini adalah diagram batang hasil uji kuat lentur beton polimer nanosilika-nanokalsit.



Gambar 4. Diagram hubungan antara nilai kuat tekan dengan variasi penambahan filler nanosilika-nanokalsit

Nilai kuat tekan pada diagram diatas mengalami peningkatan dari komposisi 0% hingga 15% berat filler namun mulai turun pada komposisi 20% berat filler. Nilai tertinggi adalah 6,25 kg/mm² sedangkan nilai terendahnya yaitu 4,75 kg/mm². Jika dibandingkan dengan hasil kuat lentur dan kuat impak, terdapat kemiripan yaitu 15% berat filler yang menjadi nilai tertinggi. Hal ini dikarenakan prinsip pengujian dari kuat lentur dan kuat impak sama halnya dengan pengujian kuat tekan yaitu ketahanan terhadap pembebanan yang tertuju tepat pada posisi pusat dari benda. Selain itu, penambahan kalsit mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton polimer (Rina Pritria, 2008) sehingga terlihat peningkatan nilai kuat tekan juga dalam beton polimer ini.

E. Hasil Uji SEM-EDX



Gambar diatas menunjukkan hasil uji SEM pada komposisi 15% berat filler nanosilika-nanokalsit untuk sampel uji tarik. Warna biru memperlihatkan persebaran atom Ca sedangkan warna merah menunjukkan atom Si. Dapat dilihat bahwa persebaran Si-Ca tidak merata dan belum terlihat ada ikatan antar muka sehingga bisa dikatakan belum terbentuk komposit

Tidak meratanya persebaran Si-Ca menjadi faktor yang menyebabkan 15% berat filler tidak bisa menjadi nilai komposisi optimum pada pengujian kuat tarik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada pengelola Lab. Material UNESA, LPPM ITS dan Lab. Fisika Baristand Surabaya yang telah mengizinkan penulis dalam melakukan penelitian serta teman-teman material yang telah membantu dalam penelitian ini.

PENUTUP

Simpulan

1. Nilai kuat tekan, kuat lentur dan kuat impak menunjukkan nilai optimum pada komposisi 15% filler nanosilika-nanokalsit. Kuat tekan, kuat lentur dan kuat impak optimum nilainya berturut-turut adalah $6,25 \text{ kg/mm}^2$; 300 MPa dan $16,23 \text{ kJ/m}^2$. Nilai kuat tarik menunjukkan nilai optimum pada komposisi 10% filler nanosilika nanokalsit yaitu sebesar 3,34 MPa. Selain itu didapatkan pula data yang menunjukkan bahwa kuat tekan beton polimer lebih tinggi dari beton konvensional yaitu 625 kg/cm^2 pada beton polimer (nilai optimum) sedangkan beton konvensional memiliki kuat tekan rerata $245,58 \text{ kg/cm}^2$. Hal ini disebabkan ukuran filler dalam beton konvensional masih dalam skala mikro sedangkan beton polimer dalam penelitian ini memakai filler

berskala nano sehingga mempengaruhi kekuatan mekaniknya.

2. Pemberian filler nanosilika-nanokalsit memberikan dampak pada peningkatan nilai mekanik dari epoksi. Semakin banyak filler nanosilika dan nanokalsit yang diberikan, maka semakin tinggi pula nilai kuat mekanik yang didapatkan sampai menunjukkan titik jenuh atau komposisi maksimal filler yang optimum.

Saran

1. Mengontrol temperatur dan lama pengadukan pada saat pencampuran;
2. Mengusahakan agar sampel memiliki permukaan yang lebih halus sehingga bisa didapatkan nilai kuat mekanik dengan nilai yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Blaga A., et. all. 1985. *Polymer Modified Concrete*. Division of Building Research, National Research Council Canada, Canadian Building Digest 241, Ottawa.
- Callister, William D. 2011. *Fundamental of Materials Science and Engineering*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Gao, Jianing, dkk. 2012. *The Mechanical Properties of Epoxy Composites Filled with Rubbery Copolymer Grafted SiO_2* . Sweden: Polymers 2012, 4, 187-210.
- Januar, Akmad, dkk. 2013. *Pengaruh pH Akhir Larutan pada Sintesis Nanosilika dari Bahan Lusi dengan Metode Kopresipitasi*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia Vol.02 No.03.
- Kurniawan, Candra, dkk. 2011. *Pembuatan Beton High-Strength Berbasis Mikrosilika dari Abu Vulkanik Gunung Merapi*. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH.
- Munasir, dkk. 2010. *Perbandingan Massa Kalium Hidroksida pada Ekstraksi SiO_2 Orde Nano Berbasis Bahan Alam Pasir Kuarsa*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan.
- Nurjanah, Ika. 2013. *Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas CO_2 Terhadap Kemurnian dan Ukuran Kristal Nanokalsit dari Cangkang Kerang Bulu dengan Metode Karbonasi*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia Vol.02 No. 03.
- Rina, Pritria. 2008. *Uji Sifat Mekanik Komposit Partikel Kalsit dan Epoksi*. IPB : Bogor.
- Sastranegara, Azhari. *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam*. Artikel Penelitian.
- Sian, Buen, dkk. 2013. *Uji Eksperimental Kuat Lentur Balok dan Pelat Beton Bertulang dengan Agregat Kasar dan Halus Beton Daur Ulang*. Bandung: LPPM Universitas Katolik Parahyangan.
- Zheng, Yaping, dkk. 2002. *Effects of Nanoparticles SiO_2 on the Performance of Nanocomposites*. Materials Letters 57 (2003) 2940-2944.
- Zool, Pickr. 2012. *Pengertian beton*, <http://ilmukonstruksi.blogspot.com/2012/11/pengertian-beton>.