

Sifat Mekanik Beton Polimer Epoksi dengan Pengisi Partikel Nanokalsit-silika

Mechanical Properties of Polymer Concrete Epoxy Filler Particles with Nanocalcite-silica

Nugrahani Primary Putri*, Diah Hari Kusumawati, Lydia Rohmawati
Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Surabaya
Jalan Ketintang, Surabaya 60231

ABSTRAK

Beton polimer yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah telah banyak dikembangkan, salah satunya dengan limbah cangkang kerang dan lumpur sidoarjo. Pemanfaatan kedua limbah ini belum optimal, untuk itu dengan dijadikan sebagai filler pada polymer concrete diharapkan limbah akan mempunyai nilai ekonomis lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang dan lumpur sidoarjo sebagai filler beton polimer. Kedua limbah disintesis terlebih dahulu menjadi nano partikel dengan mengambil kalsit dan silikanya saja (cangkang kerang menjadi nanokalsit dan lumpur sidoarjo menjadi nanosilika), sebelum digunakan sebagai filler. Setelah terbentuk nanokalsit dan nanosilika, komposit dengan matriks resin epoksi dan filler nanokalsit dan nanosilika dibuat dengan memvariasi persentase berat masing-masing filler 5-10% berat. Kemudian dilakukan karakterisasi berupa uji tarik, kekerasan, bending, dan uji dampak. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa beton polimer yang dihasilkan mempunyai sifat fisis, mekanik, termal dan mikroskopik yang baik dan mempunyai nilai optimum pada filler 10% kalsit + 10% silika, yaitu kuat tekan 218,39 MPa, kuat tarik 3,32 MPa, kuat patah 8,04 MPa, dan nilai kekerasan berkisar antara 16,08-18,3 HVN. Keseluruhan hasil karakterisasi telah memenuhi standar untuk beton polimer.

Kata Kunci: sifat mekanik, beton polimer, nanokalsit, nanosilika

ABSTRACT

Polymer concrete environmentally friendly by utilizing the waste has been developed, one with waste mussel shells and sidoarjo mud. Utilization of the waste is not optimal, for it to be used as filler in polymer concrete waste will be expected to have a higher economic value. This research aimed to utilize the waste of cockle's shells and sidoarjo mud as filler of polymer concrete. Both waste first synthesized into nano particles by taking calcite and silica alone (mussel shells into nanocalcite and sidoarjo mud into nanosilica), before being used as a filler. Once formed nanocalcite and nanosilica, composites with epoxy resin matrix and filler nanocalcite and nanosilica created by varying the percentage weight of each filler 5-10% by weight. Then the characterization was conducted in the form of tensile test, hardness, bending and impact test. The test results showed that the resulting polymer concrete has physical properties, mechanical, thermal and microscopic good and has an optimum value at 10% filler calcite + 10% silica, which is 218.39 MPa compressive strength, tensile strength of 3.32 MPa, a strong fracture of 8.04 MPa and hardness values ranged from 16.08 to 18.3 HVN. Overall the results have met the standards for the characterization of polymer concrete.

Key words: mechanical properties, polymer concrete, nanocalcite, nanosilica

* Alamat Korespondensi:
e-mail: primarypu3@yahoo.com

PENDAHULUAN

Beton polimer (*polymer concrete*) adalah material komposit, yang matriksnya terdiri atas polimer sintesis organik atau dikenal sebagai beton resin. Beton resin dengan matriks polimer seperti polimer termoset dan mineral fillernya dapat berupa *aggregate*, *gravel* dan *crushed stone*. Keunggulan beton polimer antara lain, kekuatannya tinggi, tahan terhadap kimia dan korosi, penyerapan air rendah dan stabilitas pemadatan tinggi dibanding beton portland konvensional. Proses pengerasan pada beton semen portland untuk menghasilkan kondisi terbaik biasanya 28 hari, sedangkan dengan beton polimer dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja. Penambahan polimer pada beton tanpa semen adalah untuk meningkatkan sifat-sifat beton, memperpendek waktu proses fabrikasinya, dan memperkecil biaya operasional. Produk beton polimer antara lain dapat digunakan sebagai fondasi galangan kapal, tangga, sanitari, lantai, panel, bangunan komersial, pemipaan dan lain-lain (Nawy *et al.*, 1985).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki sifat beton polimer, seperti yang telah dilakukan oleh Zheng dkk (2003) telah berhasil membuat nanokomposit resin epoksi dengan filler nanosilika, dan hasilnya ternyata penambahan nanosilika dapat meningkatkan kekuatan impak dari nanokomposit tersebut. Jin & Park (2009) telah berhasil membuat komposit antara resin epoksi dengan kalsium karbonat berorde nano. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa dengan penambahan nanokalsit akan meningkatkan stabilitas termal bahan komposit.

Resin epoksi atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekaniknya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Gemert *et al.*, 2004).

Serbuk kulit kerang merupakan serbuk yang dihasilkan dari pembakaran kulit kerang yang dihaluskan. Serbuk ini dapat digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan beton. Penambahan

serbuk kulit kerang yang homogen akan menghasilkan campuran beton yang lebih reaktif (Siregar, 2009).

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian yang kami lakukan bertujuan untuk membuat beton polimer berbasis resin epoksi dengan filler nanokalsit yang berasal dari cangkang kerang dan nanosilika yang berasal dari lumpur sidoarjo. Beton polimer ini dimaksudkan dapat berfungsi sebagai bahan suplemen untuk beton dari semen portland yang telah banyak digunakan sebagai bahan bangunan di kalangan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan sintesis, cangkang kerang bulu yang diambil dari Pantai Kenjeran Surabaya terlebih dahulu dibersihkan dengan HCl (97%) 2M dan akuades kemudian dikeringkan. Setelah itu cangkang kerang bulu dihaluskan dan diayak dengan ayakan 200 mesh sehingga diperoleh ukuran butir yang homogen. Kemudian dilakukan proses kalsinasi pada suhu 900°C selama 5 jam. Hasil dari kalsinasi (yaitu serbuk) dilarutkan dengan 10 ml HCl 10M dan akuades hingga volume larutan sebesar 50 ml (terbentuk larutan CaCl₂). Untuk sintesis nanokalsit, 50 ml larutan CaCl₂ ditambahkan NH₄OH (95%) 2M hingga mencapai pH 10, dan ditambahkan aquades hingga volume larutan sebesar 100 ml. Setelah itu dilakukan proses karbonasi dengan mengalirkan gas CO₂ ke dalam larutan. Proses ini dilakukan selama 10 menit dengan kecepatan aliran gas CO₂ sebesar 2,8 liter/menit. Larutan hasil karbonasi diendapkan selama 36 jam untuk masing-masing kecepatan aliran gas CO₂. Setelah proses pengendapan, dilakukan penyaringan dan dikeringkan pada suhu 90°C selama 24 jam.

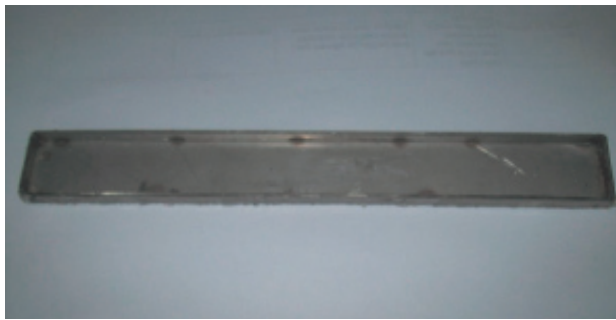
Untuk proses sintesis silika, pertama lumpur sidoarjo dikeringkan, digerus, dan diayak hingga 250 mesh. Setelah itu direndam dengan larutan HCl 2M selama 24 jam, dicuci dengan aquades, dikeringkan dan digerus kembali hingga 250 mesh. Serbuk LuSi 10 gram dilarutkan ke dalam 60 ml NaOH 1 M dan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C selama 1 jam. Kemudian larutan tersebut ditambahkan dengan 60 ml larutan NaOH 7M, ditambah akuades 250 ml dan disaring dengan kertas saring. Larutan hasil saringan dititrasi dengan HCl 2M dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya dicuci dengan aquades, disaring dan dikeringkan selama 24 jam.

Pada penelitian ini, penambahan nanosilika dan nanokalsit divariasi menurut persentase berat. Variasi penambahan persen berat nanosilika antara 5-10% berat, begitu juga dengan variasi penambahan nanokalsit. Hal ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Jin & Park (2009) dan Zheng *et al.* (2003). Nanosilika dan nanokalsit dicampurkan ke dalam resin epoksi pada suhu 120°C untuk mengurangi viskositas

resin. Pencampuran dilakukan dengan pengadukan selama 20 menit. Katalis untuk resin epoksi diberikan pada suhu antara 70–80°C. Setelah terjadi *degasification*, adonan kemudian dengan cepat dimasukkan ke dalam cetakan baja yang sudah terlebih dahulu dilumuri dengan oli sebagai *mold release agent*. Cetakan kemudian dimasukkan ke dalam oven dan dibakar dengan suhu 130°C selama 5 jam dan dinaikkan suhunya pada 150°C selama 5 jam, kemudian didinginkan pada suhu kamar untuk membentuk spesimen uji (Zheng *et al.*, 2003). Selanjutnya dilakukan pengujian mekanik, di antaranya uji tarik, uji bending, uji dampak, dan uji kekerasan (Vickers Microhardness). Sampel berbentuk balok dengan cetakan ukuran 25 mm x 4 mm x 225 mm sesuai dengan ASTM D3039 (Gambar 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

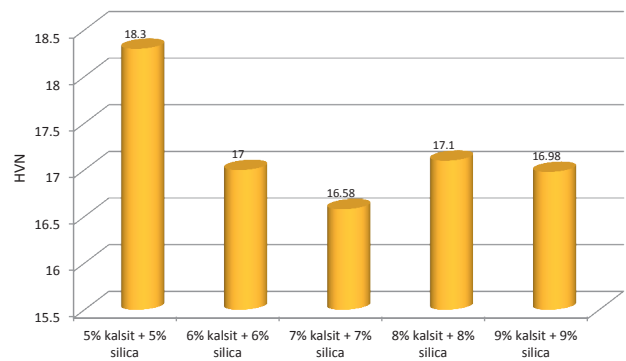
Setelah dilakukan proses pembuatan beton polimer, dilakukan pengujian antara lain uji bending, uji tarik, kekerasan dan uji dampak. Hasil dari beberapa pengujian tersebut didapatkan bahwa sampel dengan filler 10% kalsit + 10% silika mempunyai nilai tertinggi (Gambar 2).



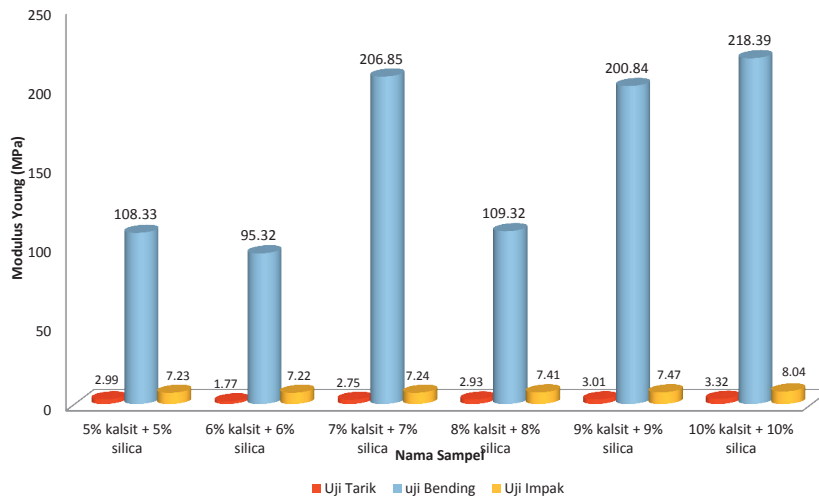
Gambar 1. Cetakan sampel sesuai ASTM D3039

Nilai Modulus Young tertinggi terdapat pada sampel 10% kalsit + 10% silika baik untuk uji bending, uji tarik maupun uji dampak, yaitu sebesar 218,39 MPa; 3,32 MPa; dan 8,04 MPa (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi 10% kalsit + 10% silika dapat dikategorikan ulet, kuat, dan tangguh. Perpaduan sifat-sifat tersebut sesuai dengan sifat beton polimer yang diinginkan.

Sampel untuk uji kekerasan diuji pada 5 titik yang berbeda, kemudian dirata-rata dan hasil uji kekerasan menggunakan alat uji Vickers Microhardness menunjukkan bahwa nilai kekerasan paling tinggi ada pada sampel dengan penambahan 5% kalsit + 5% silika, yaitu sebesar 18,3 HVN (Gambar 2). Hasil uji kekerasan dari semua sampel berisi filler kalsit dan silika mempunyai nilai HVN yang lebih besar dari sampel 100% resin. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa komposit yang dihasilkan mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan matriks dari komposisinya sehingga *filler* yang ditambahkan menyebabkan kekerasan dari sampel bertambah.



Gambar 3. Hasil uji kekerasan



Gambar 2. Hasil uji mekanik

Dari penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan sampel beton polimer yang mempunyai perpaduan sifat getas dan ulet. Pulungan, dkk (2013) menyatakan bahwa kuat tarik beton polimer dengan menggunakan campuran batu apung dan agregat pasir serta tepung ketan dengan perekat poliester adalah sebesar 5,8 Mpa, sedangkan penelitian yang kami lakukan, beton polimer dengan filler 10 % memiliki kuat tarik sebesar 3,32 MPa. Kurniawan dkk (2011) melaporkan beton polimer (resin epoxy dan abu vulkanik mikro) memiliki kuat tekan sebesar 850,5 kgf/cm² atau sebesar 83,4 MPa. Nilai kuat tekan ini jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan penelitian yang telah kami lakukan, yaitu sebesar 218 MPa (beton polimer dengan filler 10%). Iman (2005) menyatakan bahwa beton normal yang mempunyai kuat tekan sebesar minimal 17 MPa, dan densitas antara 2240–2400 kg/m³. Dengan demikian, beton polimer hasil penelitian dapat dikatakan memenuhi syarat. Dilihat dari beberapa penelitian mengenai pembuatan beton polimer, hasil yang dicapai oleh beton polimer berbasis resin epoksi dengan filler kalsit dan silika mempunyai karakteristik mekanik yang memenuhi syarat sebagai beton polimer dan dapat bersaing dengan produk lain.

SIMPULAN

Dari pembuatan beton polimer berbasis resin epoksi dengan filler nanokalsit yang berasal dari cangkang kerang dan nanosilika yang berasal dari lumpur sidoarjo, dapat disimpulkan bahwa, beton polimer dengan filler nanokalsit dan nanosilika

mempunyai sifat fisik dan mekanik yang cukup baik. Karakteristik terbaik diperoleh pada sampel dengan 10% kalsit + 10% silika, yaitu kuat tekan 218,39 MPa, kuat tarik 3,32 MPa, kuat patah 8,04 MPa. Nilai kekerasan berkisar antara 16,08–18,3 HVN, densitas berkisar antara 6–93 gram/cm³. Pengaruh penambahan filler pada karakteristik beton polimer, dengan bertambahnya filler bertambah baik pula sifat fisik dan mekanik dari beton polimer.

DAFTAR PUSTAKA

- Gemert VD, Czarniecki L, Lukowski P, & Krapen E, 2004. *Cement Concrete and Concrete-Polymer Composites*. Belgium: Katolik Universiti Leuven.
- Iman S, 2005. *Lightweight Styrofoam Concrete for Lighter and more Ductile Wall*. Department of Civil Engineering Gajah Mada University. Indonesia.
- Jin F & Park S, 2009. Thermal stability of trifunctional epoxy resins modified with nanosized calcium carbonate. *Bull. Korean Chem. Soc.*, 30(2).
- Jumiati E, 2009. *Pembuatan beton semen polimer berbasis sampah rumah tangga dan karakterisasinya*. Universitas Sumatera Utara.
- Kurniawan C, Sebayang P, Muljadi, 2011. Pembuatan beton high-strength berbasis mikrosilika dari abu vulkanik gunung merapi. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH.*, 29: 15-21.
- Nawy, Edward G, Reinforce, 1985. *Concrete a Fundamental Approach*. Bandung: PT Eresco.
- Pulungan, Arifah H, Fauzi, Sembiring, Kurnia, 2013. Pembuatan dan karakterisasi beton polimer dengan menggunakan campuran batu apung dan agregat pasir serta tepung ketan dengan perekat poliester. *JSF.*, 1(1).
- Siregar SM, 2009. Pemanfaatan kulit kerang dan resin epoksi terhadap karakteristik beton polimer. *Tesis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Zheng Y, Zheng Y, & Ning R, 2003. *Effect of Nanoparticles SiO₂ on the Performance of Nanocomposites*. *Materials Letters*.