

PEMANFAATAN ABU ENCENG GONDOK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KARAKTERISTIK BATAKO

Nur Aisyah Jalali¹ dan Khairil²

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang
Email: khairil041@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to utilize water hyacinth in the manufacture of concrete blocks and add insight about technology ash bricks using water hyacinth as an added ingredient. Test specimen in the form of brick or concrete hollow brick measuring 40x20x10 cm made from a mixture of cement, sand and water with the composition 1: 4 (ratio by volume). Ingredients added in the form of ash water hyacinth (AEG) drying and firing the result of water hyacinth stems. Variations of the test specimen consists of a brick without AEG, AEG and adobe with the addition of up to 25% every 5% increase in the volume of semen. The test includes examining the size, the compressive strength testing, and water absorption adobe. The measurement results showed that the length, width, and thickness of brick still within the limits allowed for all specimens. The test results an average compressive strength of concrete blocks shows that the higher the levels of AEG, the average compressive strength of concrete blocks began to decline. Based Research and Development Infrastructure (2003b), brick by AEG level of 5% into the quality of III, the levels of 10% and 15% included in the grade IV, while levels of 20% and 25% are not included in all categories. The test results of water absorption in the brick does not show a regular trend. According to the Research and Development Infrastructure (2003b), brick on all variations are included in all of the quality due to moisture absorption that occurs less than 25% (quality I) and 35% (quality II).

Keywords: *hyacinth, brick, size, compressive strength, water absorption*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan enceng gondok pada pembuatan batako dan menambah wawasan tentang teknologi batako yang menggunakan abu enceng gondok sebagai bahan tambah. Benda uji berupa batako atau bata beton berlubang berukuran 40x20x10 cm yang dibuat dari campuran semen, pasir, dan air dengan komposisi 1:4 (perbandingan volume). Bahan tambah berupa abu enceng gondok (AEG) hasil pengeringan dan pembakaran batang enceng gondok. Variasi benda uji terdiri atas batako tanpa AEG, dan batako dengan penambahan AEG hingga 25% setiap kenaikan 5% terhadap volume semen. Pengujian meliputi pemeriksaan ukuran, pengujian kuat tekan, dan penyerapan air batako. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ukuran panjang, lebar, dan tebal batako masih berada dalam batas yang diperkenankan untuk semua benda uji. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata batako menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar AEG, maka kuat tekan rata-rata batako semakin turun. Berdasarkan Balitbang Kimpraswil (2003b), batako dengan kadar AEG 5% masuk dalam mutu III, kadar 10% dan 15% masuk dalam mutu IV, sedangkan kadar 20% dan 25% tidak masuk dalam semua kategori. Hasil pengujian penyerapan air dalam batako tidak menunjukkan tren yang teratur. Menurut Balitbang Kimpraswil (2003b), batako pada semua variasi tidak masuk dalam semua mutu karena penyerapan air yang terjadi kurang dari 25% (mutu I) dan 35% (mutu II).

Kata kunci: batako, enceng gondok, kuat tekan, penyerapan air, ukuran

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia tumbuh dengan pesatnya, salah satunya adalah pembangunan gedung-gedung dan perumahan. Hal tersebut mengakibatkan tingginya kebutuhan akan bahan bangunan seperti batu, pasir, tanah lempung untuk bata merah, kapur atau semen untuk batako dan beton, dan sebagainya.

Masalah yang timbul pada suatu proses pembangunan di antaranya adalah tingginya biaya konstruksi (harga bahan dan

pelaksanaan), serta harga lahan. Pada saat ini, pembangunan perumahan di Indonesia masih banyak yang menggunakan batu bata atau bata merah dengan alasan mudah diperoleh dan relatif murah harganya bila dibandingkan dengan bahan lain dengan fungsi yang sama. Pembuatan batu bata yang bahan bakunya tanah lempung dari lahan pertanian banyak diusahakan oleh kelompok-kelompok masyarakat di Indonesia. Dampak positif dari kegiatan tersebut adalah terbukanya lapangan pekerjaan bagi masyarakat dan mendongkrak

roda perekonomian, namun terdapat pula dampak negatif salah satunya adalah kerusakan lahan pertanian.

Batako atau bata beton adalah bahan bangunan yang dapat digunakan dalam pembuatan dinding, berupa batu bata cetak yang tersusun dari bahan-bahan pasir, semen *portland*, dan air. Batako dapat dibuat dengan mudah menggunakan peralatan/mesin sederhana dan tidak perlu dibakar sehingga dapat menghemat energi hingga 80%. Oleh karena itu batako dapat digolongkan sebagai bahan bangunan ekologis (Frick dan Koesmartadi, 2012). Oleh karena itu batako dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti batu bata.

Beralih ke masalah lingkungan yang lain, yakni tanaman enceng gondok yang tumbuh di banyak perairan Indonesia. Enceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan karena dengan mudah menyebar melalui saluran air. Tidak sedikit biaya yang dikeluarkan untuk memberantas enceng gondok, namun hasilnya tidak sesuai harapan, seperti yang terjadi di Kota makasar. Merdeka.com (2014) menyatakan bahwa DKI Jakarta yang kala itu dipimpin oleh Joko Widodo, juga kewalahan mengatasi enceng gondok. Salah satunya adalah pembersihan enceng gondok di Waduk Pluit dengan bantuan *excavator*. Namun belum selesai dibersihkan, enceng gondok sudah mulai menyerang dan memenuhi waduk. Pembersihan waduk menggunakan cairan kimia dapat merusak ekosistem, tetapi apabila ingin menebar ikan maka waduk harus bersih dari enceng gondok. Hal ini tentu merupakan dilema.

Enceng gondok tumbuh sangat cepat sehingga tersedia dalam jumlah banyak dan mudah diperoleh. Meskipun telah dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan kerajinan tangan, namun belum sebanding dengan jumlah yang ada. Oleh karena itu, kami mencoba memanfaatkannya sebagai bahan tambah pada campuran batako guna menciptakan bangunan yang ramah lingkungan. Perlu diingat bahwa bangunan adalah pengguna energi terbesar

mulai bahan, tahap konstruksi, pada saat beroperasi, perawatan, hingga bangunan dihancurkan. Dengan adanya pemanfaatan abu enceng gondok pada bahan bangunan diharapkan mampu mengurangi penggunaan energi, mengurangi limbah, dan memperoleh bahan bangunan alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis batako dengan bahan tambah abu enceng gondok. Manfaat penelitian ini sebagai salah satu cara mereduksi limbah enceng gondok.

Batu cetak beton atau *conblock* (*concrete block*) atau batako adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau *pozzolan*, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya, yang dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Batako memiliki sifat-sifat panas dan ketebalan total yang lebih baik daripada beton padat. Batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Keunggulan dinding yang dibuat dari batako adalah dapat meredam panas dan suara. Semakin banyak produksi batako, maka semakin ramah terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan produksi batu bata tanah liat karena tidak perlu dibakar.

Batako atau batu cetak tras-kapur adalah batu bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam suasana lembab, campuran tras, kapur dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Bahan bangunan seperti batako secara umum biasanya digunakan untuk dinding beton. Batako digolongkan dalam dua kelompok utama yakni batako padat dan batako berlubang. Bata beton berlubang adalah batu cetak yang memiliki lubang sedemikian rupa hingga jumlah luas penampang lubangnya serta jumlah isi (volume) lubangnya masing-masing lebih besar dari 25% luas penampang serta isi batu cetak yang bersangkutan, sedangkan bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Berdasarkan SNI 03-6861.1-2002 (Balitbang Kimpraswil, 2003b) bata beton berlubang diklasifikasikan sesuai dengan pemakaiannya yakni: (1) Bata beton berlubang mutu I digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap); (2) Bata beton berlubang mutu II yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap); (3) Bata beton berlubang mutu III digunakan hanya untuk hal-hal seperti yang tersebut boleh tidak diplester; (4) Bata beton berlubang mutu IV dipergunakan hanya untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat, serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (di bawah atap).

Batako yang baik adalah yang permukaannya rata dan saling tegak lurus, serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Selain yang ditunjukkan pada Tabel 1, persyaratan lain pada batako antara lain permukaannya harus mulus, berumur minimal satu bulan, pada waktu pemasangan harus sudah kering, sisi-sisi batako harus lurus dan tegak lurus satu dengan yang lainnya, serta tidak mudah direpihkan dengan tangan.

Mengacu pada SNI 03-0349-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989) dan SNI 03-6861.1-2002 (Balitbang Kimpraswil, 2003b),

bata beton berlubang dibedakan menurut tingkat mutunya seperti yang tercantum pada Tabel 1. Kuat tekan dan penyerapan air mengidentifikasi mutu dari sebuah batako. Oleh karena itu spesifikasi dari karakter kualitas yang kritis produk batako adalah tingkat kuat tekan dan penyerapan airnya, dimana semakin tinggi kekuatan batako yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu batako yang dihasilkan.

Penggunaan batako memiliki beberapa keuntungan, di antaranya untuk 1 m² luas dinding, jumlah batu yang dibutuhkan lebih sedikit sehingga secara kuantitatif terjadi penghematan. Dalam hal penggunaan adukan juga terjadi penghematan sampai 75%, berat tembok diperingan sampai 50% sehingga ukuran pondasi juga dapat berkurang. Bentuk batako yang bermacam-macam memungkinkan variasi yang cukup banyak, dan jika kualitasnya baik maka tembok tersebut tidak perlu diplester karena sudah cukup menarik (Frick dan Koesmartadi, 2012). Persyaratan mutu yang harus dipenuhi oleh bata beton berlubang adalah: (1) Syarat-syarat fisis: Berikut ini disajikan persyaratan fisis, seperti yang disajikan pada Tabel 1; sedangkan ukuran standar dan toleransi disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Syarat-syarat Fisis Bata Beton Berlubang (Balitbang Kimpraswil, 2003b)

| Syarat fisik | Satuan | Tingkat mutu | | | |
|---|--------|--------------|-----|-----|-----|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Kuat tekan bruto, *) rata-rata, min | MPa | 7,0 | 5,0 | 3,5 | 2,0 |
| 2. Kuat tekan bruto, *) masing-masing benda uji, min. | MPa | 6,5 | 4,5 | 3,0 | 1,7 |
| 3. Penyerapan air rata-rata, maks. | % | 25 | 35 | - | - |

*) kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji hancur, dibagi dengan luas bidang tekan nyata dari benda uji, termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Tabel 2. Persyaratan Ukuran Standar dan Toleransi Bata Beton Berlubang (Balitbang Kimpraswil, 2003b)

| Jenis | Ukuran + toleransi (mm) | | | Tebal dinding sekatang lubang minimum (mm) | |
|-------|-------------------------|----------------|---------|--|-------|
| | Panjang | Lebar | Tebal | Luar | Dalam |
| Kecil | 390 + 3 - 5 | 190 + 3 - 5 | 100 ± 2 | 20 | 15 |

| Jenis | Ukuran + toleransi (mm) | | Tebal | Tebal dinding sekatang lubang minimum (mm) | |
|-------|-------------------------|----------------|---------|--|-------|
| | Panjang | Lebar | | Luar | Dalam |
| Besar | 390 + 3 - 5 | 190 + 3 - 5 | 200 ± 2 | 25 | 20 |

Adapun bahan-bahan penyusun batako diuraikan sebagai berikut:

Semen merupakan bahan ikat yang paling banyak digunakan dalam pembangunan fisik dari sektor konstruksi sipil. Semen adalah suatu bahan pengikat yang mengeras apabila bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Ketika semen *portland* dicampur dengan air, para konstituen senyawa kimia menjalani serangkaian reaksi kimia yang menyebabkannya mengeras. Reaksi kimia ini semuanya melibatkan penambahan air ke senyawa kimia dasar, reaksi kimia dengan air ini disebut hidrasi. Setiap reaksi-reaksi ini terjadi pada waktu yang berbeda. Bersamaan, hasil reaksi ini menentukan bagaimana semen *portland* mengeras dan memperoleh kekuatan.

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton maupun batako. Agregat ini menempati sebanyak 70% dari volume benda uji. Sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi benda ujinya sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton atau batako. Agregat yang digunakan dalam campuran dapat berupa agregat alam atau agregat buatan.

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat kasar dan agregat halus berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan lainnya. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (standar ASTM), jadi agregat halus adalah batuan yang ukurannya lebih kecil dari 4,80 mm atau 4,75 mm.

Dalam proses pembuatan batako, penggunaan air bertujuan agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran air dan semen menjadi keras setelah

lewat beberapa waktu tertentu. Selain itu juga berfungsi sebagai pelicin antara campuran pasir dan semen yang akan memudahkan pekerjaan, serta untuk merawat batako selama proses pengeringan dan pengerasan.

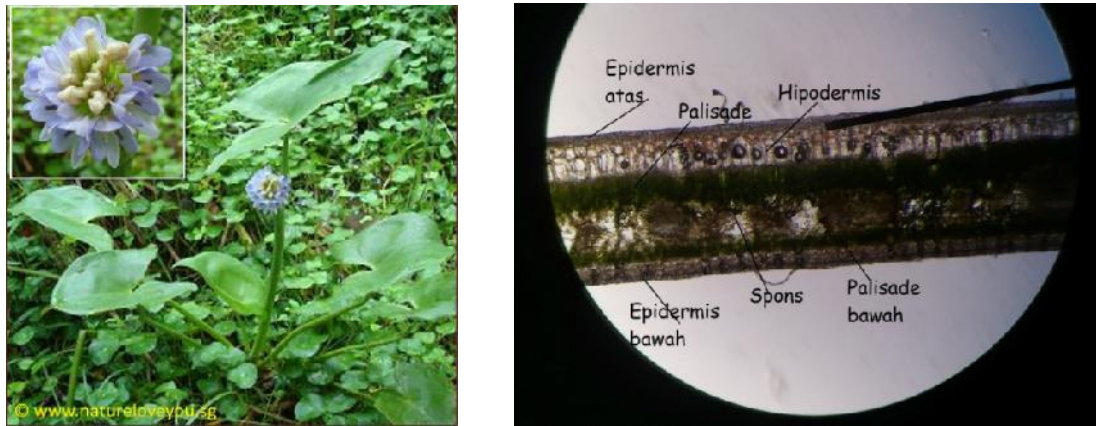
Bahan selanjutnya adalah air. Air yang digunakan untuk pembuatan campuran dan pemeliharaan batako setelah mengeras harus memenuhi persyaratan sebagai berikut: (1) Tidak mengandung lumpur atau benda-benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter; (2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih besar dari 15 gram/liter; dan; (3) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih besar dari 0,5 gram/liter, serta tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram liter.

Enceng gondok atau *Eichornia crassipes* (Latin) merupakan salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Selain dikenal dengan nama enceng gondok, di beberapa daerah di Indonesia, enceng gondok mempunyai nama lain seperti *Kelipuk* (Palembang), *Ringgak* (Lampung), *Ilung-ilung* (Dayak) dan di Manado dikenal dengan nama *Tumpe*.

Enceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh Martius, seorang ahli botani berkebangsaan Jerman pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon, Brasil. Enceng gondok mudah menyebar melalui saluran air, hidup mengapung di air, dan kadang-kadang berakar di dalam tanah. Tinggi enceng gondok sekitar 0,4-0,8 meter, tidak mempunyai batang, daunnya tunggal, dan berbentuk oval, ujung dan pangkalnya meruncing, dimana pangkal tangkai daun menggelembung, serta permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, dan kelopaknya berbentuk bulat berwarna hitam. Buahnya berupa kotak beruang tiga dan berwarna hijau, sedangkan akarnya merupakan akar serabut.

Enceng gondok dapat tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, dari ketinggian air, arus air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur,

serta racun-racun dalam air. Tanaman enceng gondok di tempat tumbuhnya dan struktur anatomi batang enceng gondok ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tanaman Enceng Gondok dan Struktur Anatomi Batang Enceng gondok

Pertumbuhan enceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama kaya akan nitrogen, fosfat, dan potasium. Kandungan garam dapat menghambat pertumbuhan enceng gondok. Enceng gondok akan bertambah sepanjang musim hujan dan berkurang saat kandungan garam naik pada musim kemarau. Serat enceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit. Secara ilmiah pemanfaatannya belum banyak digunakan, oleh sebab itu material komposit yang menggunakan serat enceng gondok perlu

dikembangkan. Serat enceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena mudah didapat, lebih murah, dan dapat mengurangi polusi lingkungan sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan serta tidak membahayakan kesehatan.

Penelitian Utomo (1975) dalam Aji dan Rahayu (2009) menunjukkan bahwa terdapat komposisi senyawa kimia dan kandungan mineral pada tanaman enceng gondok, baik dalam keadaan basah maupun kering (Tabel 3).

Tabel 3. Komposisi Senyawa Kimia dan Kandungan Mineral pada Tanaman Enceng Gondok (utomo, 1975; Aji dan rahayu, 2009)

| Komposisi senyawa kimia pada enceng gondok basah | Kadar (%) | Kandungan mineral pada enceng gondok kering | Kadar (%) |
|--|-----------|---|-----------|
| Protein kasar | 13,03 | K ₂ O | 5 |
| Serat kasar | 20,06 | Cl | 3-9 |
| Lemak | 1,1 | Mg | 0,96 |
| BETN | 25,98 | PO ₄ | 0,36 |
| Abu | 23,8 | - | - |

Rahmi (1998) dalam Aji dan Rahayu (2009) berpendapat bahwa enceng gondok sangat

potensial digunakan sebagai bahan organik karena berdasarkan hasil analisis di laboratorium mengandung 1,681% N, 14,286%

K, 37,654% C dengan nisbah C/N 22, 399. Dari komposisi kimia tersebut, enceng gondok memiliki kadar serat yang cukup tinggi (20,6%) namun memiliki kadar abu dan pengotor (*vortex*) yang tinggi pula.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa enceng gondok mengandung mineral yang dapat digunakan sebagai bahan tambah pada semen karena semen juga merupakan mineral alam yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam pencampuran batako. Pengujian sifat-sifat fisis pada batako terdiri atas:

Pengukuran benda uji, yang terdiri atas berbagai kegiatan yang dilakukan paling sedikit tiga kali pada setiap sisi, kemudian dihitung nilai rata-ratanya.

Pengujian kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum pada waktu benda uji hancur dengan luas bidang tekan bruto Persamaan (1).

METODE

Bahan-bahan yang digunakan adalah: (1) Semen jenis *Portland Composite Cement* (PCC) produksi PT. Semen Tonasa; (2) Agregat halus berupa pasir, berasal dari Bili-bili; (3) Air dari PDAM; (4) Enceng gondok yang dijadikan abu, diambil dari Danau Unhas

Peralatan-peralatan yang digunakan meliputi: (1) Peralatan untuk pengujian karakteristik pasir yaitu talam, *mould*, sendok material, mistar ukur, tongkat pemadat/perata, botol uji, timbangan, sekop, ayakan agregat halus 1 set dan penggetar ayakan, serta oven; (2) Peralatan untuk membuat benda uji, diantaranya ayakan pasir, sekop, sendok spesi, gelas ukur, ember, bak aduk, cetakan batako, dan mesin pembuat batako; (3) Peralatan untuk

$$f_{ic} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana:

f_{ic} = kuat tekan (kg/cm^2)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm^2)

Selanjutnya yang terakhir adalah pengujian penyerapan air pada batako yang dihitung berdasarkan selisih penimbangan dalam keadaan basah dan kering berdasarkan persen berat benda uji kering Persamaan (2).

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (2)$$

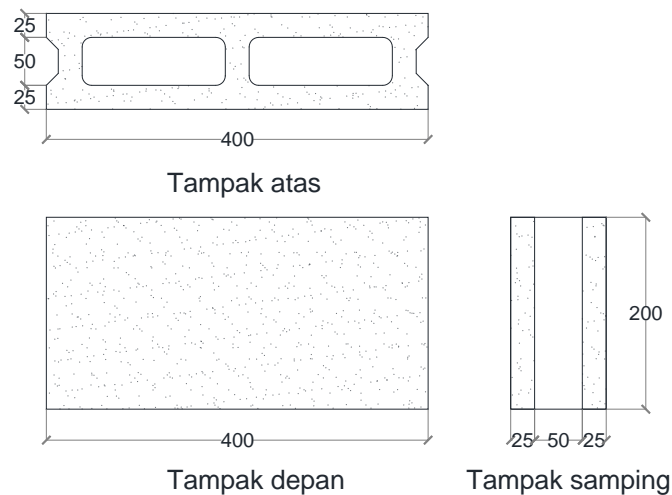
dimana:

A = berat benda uji dalam keadaan basah (kg)

B = berat benda uji dalam keadaan kering (kg)

pengukuran benda uji yakni mistar ukur; (4) Peralatan untuk pengujian kuat tekan berupa mistar ukur, dan mesin uji tekan (*Compressive Test Machine*); (5) Peralatan untuk pengujian penyerapan air yaitu bak perendam, timbangan, dan oven.

Benda uji berupa batako (bata beton berlubang) berukuran 40 x 10 x 20 cm (Gambar 2). Bahan-bahan pencampur batako terdiri atas semen, pasir, dan air, dengan komposisi 1 semen dan 4 pasir (dalam perbandingan volume). Variasi campuran terdiri atas batako tanpa AEG (kadar 0%), dan batako dengan bahan tambah AEG sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, serta 25% terhadap kebutuhan volume semen.



Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Benda Uji Batako

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

Pada tahapan persiapan bahan dan peralatan, Semua bahan dan peralatan yang akan digunakan disiapkan, termasuk enceng gondok. Enceng gondok yang berasal dari danau diambil batangnya kemudian dikeringkan di dalam oven. Setelah kering, dibakar hingga menjadi abu yang akan digunakan sebagai bahan tambah.

Dalam pengujian karakteristik agregat, pengujian karakteristik pasir yang meliputi pengujian kadar lumpur, kadar organik, berat volume, dan analisa saringan yang mengacu pada Balitbang Kimpraswil (2003a).

Untuk Perhitungan bahan-bahan pencampur batako, Kebutuhan bahan disesuaikan dengan variasi campuran, jenis pengujian, dan jumlah benda uji. Ada 6 variasi benda uji dimana setiap variasi berjumlah 8 sampel untuk pengujian kuat tekan dan 8 sampel untuk penyerapan air, sedangkan pengukuran dilakukan sebelum kedua pengujian tersebut (16 sampel). Untuk menghitung kebutuhan AEG digunakan Persamaan di bawah ini

$$Vol.Semen = \frac{Berat\ Semen}{Berat\ Vol.\ Semen} \quad (3)$$

Volume AEG = variasi abu e.g. x vol. semen

Berat AEG = volume abu e.g. x berat volume abu e.g.

Komposisi campuran yang digunakan adalah 1 semen : 4 pasir. Penambahan AEG pada proses pencampuran didasarkan pada jumlah semen. Berdasarkan pengujian karakteristik pasir, diperoleh komposisi bahan campuran batako sebagai berikut:

$$\text{Berat volume pasir} = 1440 \text{ kg/m}^3 = 1,44 \text{ kg/liter}$$

$$\text{Berat volume semen} = 1240 \text{ kg/m}^3 = 1,24 \text{ kg/liter}$$

$$\text{Berat volume enceng gondok} = 160,5 \text{ kg/m}^3 = 0,1605 \text{ kg/liter}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas, maka diperoleh jumlah bahan-bahan penyusun batako dengan campuran AEG yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Bahan-bahan Penyusun Batako dengan Campuran AEG

| No. | Kode benda uji | Variasi abu enceng gondok | Volume 16 buah batako (liter) | Komposisi campuran* | Kebutuhan bahan-bahan penyusun batako (liter) | | | |
|-----|----------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|---|-----|-------|-----|
| | | | | | Semen | Abu | Pasir | Air |
| 1 | BB.EG.0 | 0% | 0,12 | 1 : 0 : 4 | 24,0 | 0,0 | 96 | 12 |
| 2 | BB.EG.5 | 5% | 0,12 | 0,095:0,05:4 | 22,8 | 1,2 | 96 | 12 |
| 3 | BB.EG.10 | 10% | 0,12 | 0,09:0,1:4 | 21,6 | 2,4 | 96 | 12 |
| 4 | BB.EG.15 | 15% | 0,12 | 0,085:0,15:4 | 20,4 | 3,6 | 96 | 12 |
| 5 | BB.EG.20 | 20% | 0,12 | 0,08:0,2:4 | 19,2 | 4,8 | 96 | 12 |
| 6 | BB.EG.25 | 25% | 0,12 | 0,075:0,25:4 | 18,0 | 6,0 | 96 | 12 |

*) Komposisi campuran = semen : abu enceng gondok : pasir

Untuk pembuatan benda uji, proses pencampuran dan pencetakan batako mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (1989) dan Benu (2013) dengan uraian sebagai berikut: (a) Mempersiapkan alat dan bahan; (b) Mengayak pasir kemudian mencampurnya dengan semen dan diaduk bersama-sama secara manual hingga homogen. AEG ditambahkan ke dalam campuran tersebut dan diaduk lagi hingga merata. Terakhir memasukkan air; (c) Campuran tersebut kemudian diaduk kembali hingga homogen dan siap untuk dicetak; (d) Campuran kemudian pada mesin pencetak batako dengan menggunakan sekop dan sendok spesi; (e) Permukaan cetakan diratakan menggunakan sendok spesi, lalu mesin pencetak tersebut digetarkan dengan cara dengan menjatuhkan lempengan besi khusus secara cepat guna menekan campuran batako. Agar campuran tersebut padat, mesin pencetak digetarkan sekali lagi; (f) Batako yang telah tercetak tersebut dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan pada permukaan yang rata (lembaran papan/multipleks), kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan dan harus dihindarkan dari sinar matahari langsung.

Pada tahapan Perawatan benda uji, perawatan dilakukan dengan cara menyiram benda uji selama dua hari berturut-turut dan diletakkan pada tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung, tujuannya agar benda uji tidak kering dan tidak mudah retak. Benda uji kemudian disimpan selama 28 hari untuk kemudian diperiksa ukurannya, dan diuji kuat tekan, serta penyerapan airnya.

Sedangkan untuk pengujian sifat fisis benda uji batako menurut Badan Standardisasi Nasional, (1989) meliputi: (a) Pengukuran benda uji; (b) Pengukuran benda uji meliputi pengukuran panjang, lebar, dan tebal, serta tebal dinding bata berlubang yang dilakukan 4 kali pada tempat yang berbeda-beda, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Untuk setiap variasi kadar abu enceng gondok, jumlah benda uji yang dilakukan pengukuran sebanyak 16 buah. Ukuran dan toleransi yang diperkenankan ditunjukkan pada Tabel 2; (c) Kuat tekan: Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat batako berumur 28 hari. Arah tekanan pada bidang tekan disesuaikan dengan arah tekanan beban di dalam pemakaiannya di lapangan. Kecepatan penekanan mulai pemberian beban sampai benda uji hancur diatur sehingga tidak kurang dari 1 menit dan tidak lebih dari 2 menit. Kuat tekan benda uji dihitung menggunakan Persamaan (1) dengan jumlah benda uji untuk setiap variasi kadar abu enceng gondok sebanyak 8 buah; (d) Penyerapan air: Pengujian penyerapan air pada batako dimulai dengan merendam benda uji seutuhnya di dalam air bersih yang bersuhu ringan selama 24 jam, kemudian diangkat dari rendaman, dan air sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 menit. Permukaan bidang diseka dengan kail lembab, agar air yang berlebihan di bidang permukaan benda uji terserap kain lembab tersebut. Benda uji tersebut di timbang (A), kemudian dikeringkan di oven dengan suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya pada 2 kali penimbangan tidak berbeda lebih dari 0,2% dari penimbangan yang terdahulu (B). Penyerapan air pada batako dihitung menggunakan

Persamaan (2). Adapun jumlah benda uji untuk setiap variasi kadar abu enceng gondok yakni 8 buah

selanjutnya analisis hasil pengujian sifat-sifat fisis pada batako diolah dengan cara dirata-ratakan untuk setiap variasi campuran kemudian dianalisis dengan melihat pengaruh penambahan AEG, dan membandingkan batako tanpa AEG dengan yang menggunakan AEG.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian sifat fisis pada batako diuraikan sebagai berikut:

Hasil pengukuran rata-rata benda uji ditunjukkan pada Tabel 6. Ukuran batako yang diperoleh untuk setiap variasi yakni 400 x 100 x 180 mm, sedangkan ukuran cetakan batako

Sebagai penutup pada tahapan kesimpulan ini, hasil pengujian batako disimpulkan dan dapat diberikan saran-saran atau solusi atas penelitian yang telah dilaksanakan. Jika ditemukan kekurangan, kiranya dapat diberikan alternatif pemecahan masalah, dan jika terdapat kelebihan maka hal ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya, serta pengembangan material bangunan pada masa yang akan datang.

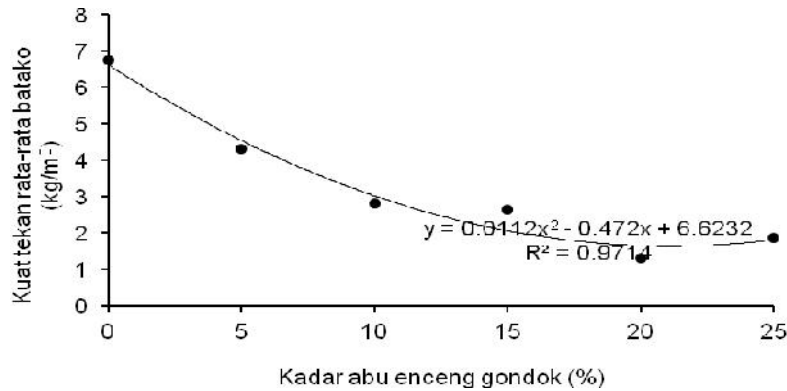
adalah 400 x 100 x 200 mm, sehingga terjadi ketidakselarasan dengan standar yang dijadikan acuan (SNI) yaitu 390 x 100 x 190 mm. Merunut pada SNI, penyimpangan/toleransi yang diperkenankan adalah +3 cm dan -5 cm untuk ukuran panjang dan lebar, serta ± 2 cm untuk tebal batako.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Rata-rata Batako

| No. | Kode benda uji | Kadar abu enceng gondok (%) | Ukuran rata-rata bata beton berlubang (mm) | | | Tebal dinding sekatan lubang (mm) | |
|-----|----------------|-----------------------------|--|-------|--------|-----------------------------------|-------|
| | | | Panjang | Lebar | Tebal | Luar | Dalam |
| 1 | BB.EG.0 | 0% | 399,17 | 99,13 | 178,55 | 25,97 | 27,25 |
| 2 | BB.EG.5 | 5% | 398,67 | 98,66 | 179,00 | 25,95 | 26,75 |
| 3 | BB.EG.10 | 10% | 399,02 | 99,23 | 180,39 | 25,73 | 27,17 |
| 4 | BB.EG.15 | 15% | 399,31 | 98,69 | 181,09 | 25,70 | 26,44 |
| 5 | BB.EG.20 | 20% | 399,08 | 99,47 | 180,97 | 25,83 | 27,52 |
| 6 | BB.EG.25 | 25% | 399,31 | 99,11 | 179,80 | 26,33 | 26,46 |

Sebagai pendekatan, hasil pengukuran setiap benda uji dan secara rata-rata untuk panjang harus berada dalam batas 395-403 mm, lebar 95-103 mm, dan tebal 175-183 mm yang dianggap masih memenuhi persyaratan. Tabel 6 menunjukkan bahwa ukuran panjang, lebar, dan tebal batako masih berada dalam batas yang diperkenankan, sedangkan tebal dinding sekatan tidak memiliki batas toleransi sehingga tidak dianalisis.

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata ditunjukkan pada Gambar 3 dimana diperoleh kuat tekan untuk variasi 0% hingga 25% berturut-turut 6,76 MPa, 4,32 MPa, 2,82 MPa, 2,64 MPa, 1,32 MPa, dan 1,87 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penggunaan AEG di dalam batako, mengakibatkan penurunan kuat tekan rata-rata dari kadar abu 5% hingga 20%, tetapi mengalami peningkatan pada kadar abu 25%. Jadi semakin tinggi kadar abu enceng gondok, maka kuat tekan rata-rata batako semakin turun.

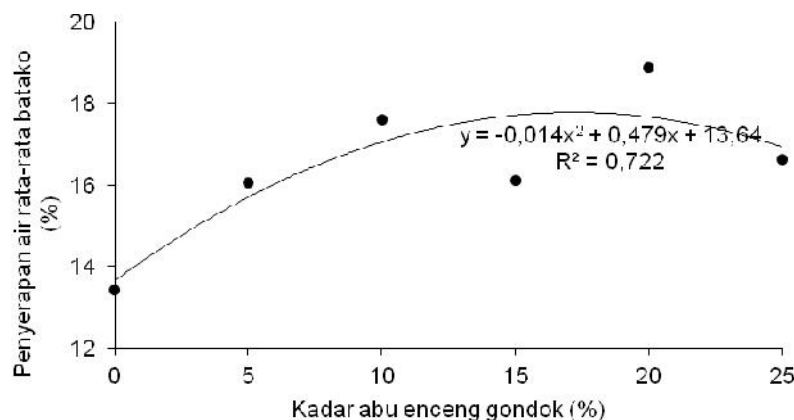


Gambar 3. Hubungan antara Kadar Abu Enceng Gondok dengan Kuat Tekan Rata-rata Batako

Berdasarkan Balitbang Kimpraswil (2003b), batako dengan kadar AEG 5% masuk dalam mutu III (kuat tekan rata-rata minimum 3,5 MPa) yang dapat digunakan untuk hal-hal seperti yang tersebut dalam mutu IV dan boleh tidak dipilester. Batako dengan kadar abu 10% dan 15% masuk dalam mutu IV (kuat tekan rata-rata minimum 2,0 MPa) yang dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat, serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari. Batako dengan kadar abu 20% dan 25% tidak masuk dalam semua kategori karena memiliki kuat tekan minimum rata-rata kurang dari 2,0 MPa.

penyerapan air batako diperoleh hasil 13,42% untuk batako tanpa kadar AEG, sedangkan untuk batako dengan kadar abu 5% hingga 25% diperoleh hasil berturut-turut 16,07%, 17,61%, 16,10%, 18,87%, dan 16,63%. Jadi dengan adanya AEG di dalam batako, maka penyerapan air yang terjadi tidak menunjukkan tren yang teratur, dimana terjadi peningkatan dari kadar AEG 5% ke 10% namun mengalami penurunan pada kadar 15%. Peningkatan terjadi lagi dari kadar 15% ke 20%, tetapi menurun pada kadar 25%. Terjadinya penyerapan air yang tidak teratur kemungkinan disebabkan oleh proses pemadatan yang tidak seragam, meskipun proses perendaman dan pengeringan relatif sama/seragam.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian penyerapan air rata-rata batako. Dari pengujian



Gambar 4. Hubungan antara Kadar Abu Enceng Gondok dengan Penyerapan Air Rata-rata Batako

Menurut Balitbang Kimpraswil (2003b), hasil pengujian penyerapan air batako pada semua variasi kadar abu tidak termasuk dalam semua

mutu karena nilainya kurang dari 25% (untuk mutu I) dan 35% (untuk mutu II).

SIMPULAN

Simpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut: berdasarkan sifat-sifat fisis batako yang diuji sebanyak 3: (1) Pengukuran batako. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa ukuran panjang, lebar, dan tebal batako masih berada dalam batas yang diperkenankan dimana semua benda uji dan secara rata-rata untuk ukuran panjang berada dalam *range* 395-403 mm, lebar 95-103 mm, dan tebal 175-183 mm yang dianggap masih memenuhi persyaratan; (2) Kuat tekan batako: Hasil pengujian menunjukkan bahwa adanya penggunaan abu enceng gondok di dalam batako, terjadi penurunan kuat tekan rata-rata dari kadar abu 5% hingga 20%, tetapi mengalami peningkatan pada kadar abu 25%. Jadi secara keseluruhan, semakin tinggi kadar abu enceng gondok, maka kuat tekan rata-rata batako semakin turun.

Berdasarkan Balitbang Kimpraswil (2003b), batako dengan kadar abu 5% masuk dalam mutu III (kuat tekan rata-rata minimum 3,5 MPa, kadar abu 10% dan 15% masuk dalam mutu IV (kuat tekan rata-rata minimum 2,0 MPa), sedangkan kadar abu 20% dan 25% tidak masuk dalam semua kategori karena memiliki kuat tekan minimum rata-rata kurang dari 2,0 MPa, (3) Penyerapan air batako.

Adanya penggunaan abu enceng gondok di dalam batako, tidak menunjukkan tren penyerapan air yang teratur, dimana dari kadar abu 5% ke 10% terjadi peningkatan penyerapan air, namun terjadi penurunan pada kadar abu 15%. Dari kadar abu 15% ke 20% terjadi peningkatan, tetapi menurun lagi pada kadar 25%. Terjadinya penyerapan air yang tidak teratur kemungkinan disebabkan oleh proses pemadatan yang tidak seragam, meskipun proses perendaman dan pengeringan relatif sama/seragam.

Persentase abu enceng gondok yang tepat pada batako, a) hasil pengukuran rata-rata pada batako menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan pada semua variasi benda uji, dimana nilai-nilainya berkisar pada 400 mm untuk panjang, 100 mm untuk lebar, dan 180 mm untuk tebal, b) hasil pengujian kuat tekan rata-rata batako pada variasi 0% hingga 20% abu enceng gondok mengalami penurunan yang kemudian meningkat lagi pada variasi 25%, C0 asil pengujian penyerapan air rata-rata menunjukkan ketidakteraturan dimana terjadi kenaikan dari variasi 0% hingga 10% kemudian menurun pada variasi 15%, yang naik lagi pada variasi 20%, dan kembali menurun pada variasi 25%

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Aji P., Rokhati dan Anik Kristi Rahayu. 2009. *Optimasi Proses Pembuatan Serat Enceng Gondok untuk Menghasilkan Komposit Serat dengan Kualitas Fisik dan Mekanik yang Tinggi*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.
- [2] Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah. 2003a. *Metoda, tata cara, dan Spesifikasi, Bagian 2: Batuan, Sedimen, Agregat*. Jakarta.
- [3] ----- . 2003b. *Metoda, tata cara, dan Spesifikasi, Bagian 13: Kayu, Bahan Lain, Lain-lain* Jakarta.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. 1989. *Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Jakarta.
- [5] Benu. 2013. Proses Pembuatan Batako. (Online), (<http://www.ilmusipil.com>, diakses ' tanggal 15 Juli 2014).

- [6] Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia*. Jakarta. Soegijapranata University Press. Yogyakarta dan Semarang.
- [7] Frick, Heinz dan Ch. Koesmartadi. 2012. *Ilmu Bahan Bangunan. Eksploitasi, Pembuatan, Penggunaan, dan Pembuangan*. Penerbit Kanisius &
- [8] Merdeka.com. Jokowi Kewalahan Atasi Enceng Gondok di Waaduk Pluit. (Online), (www.Merdeka.Com). Diakses tanggal 3 Agustus 2014)