

POTENSI BATU BAUKSIT PULAU BINTAN SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA BETON

Angelina Eva Lianasari

Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jln Babarsari 43 Yogyakarta

e-mail: eva_lianasari@yahoo.com

Abstract: The unavailability of concrete-forming materials are often an obstacle in the implementation of development. Based on the problems it is necessary to find measures that can be taken to completion using the natural resources available in the construction project site. Bintan Island and surrounding areas, there is a natural resource that is not worth the bauxite stone quarry with a very large number, when the material stacking concrete form of natural gravel (stone) that fit the requirements of national standard is not easily obtained. As a result, many potential bauxite rock is not suitable to be used as aluminum precursor material is necessary to study its feasibility as a substitute for natural gravel coarse aggregate (stone). Research using experimental methods to test object made cylindrical with a diameter of ± 150 mm and ± 300 mm high with a variety of *fas* 0.40; 0.45 and 0.50 were tested compressive strength and modulus of elasticity of concrete at 28 days of age. The results showed that the optimum compressive strength of concrete can be achieved with a coarse stone aggregate of 30.24 MPa bauxite (for *fas* 0.4) and modulus of elasticity 19759.52 MPa. The results also indicate the nature of the bauxite stone has a high absorption of water resulted in a slump value lower than normal concrete but still meet the requirements of ISO so that the fresh concrete work is not difficult.

Keywords: bauxite aggregate, compressive strength, modulus of elasticity

Abstrak: Ketidaktersediaan bahan bangunan pembentuk beton sering kali menjadi kendala dalam pelaksanaan pembangunan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dicari langkah-langkah penyelesaian yang dapat diambil dengan menggunakan potensi sumber daya alam yang tersedia di lokasi proyek pembangunan. Pulau Bintan dan sekitarnya, terdapat sumber alam batu bauksit yang tidak layak tambang dengan jumlah yang sangat besar, padahal bahan susun beton berupa kerikil alam (batu kali) yang sesuai persyaratan SNI tidak mudah diperoleh. Akibatnya potensi banyaknya batuan bauksit tidak layak pakai sebagai bahan pembentuk aluminium perlu diteliti kelayakannya sebagai material pengganti agregat kasar kerikil alam (batu kali). Penelitian menggunakan metoda eksperimen dengan benda uji dibuat berbentuk silinder dengan diameter ± 150 mm dan tinggi ± 300 mm dengan variasi *fas* 0,40; 0,45 dan 0,50 yang diuji kuat tekan dan modulus elastisitasnya pada saat usia beton 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan optimum yang dapat dicapai beton dengan agregat kasar batu bauksit sebesar 30,24 MPa (untuk *fas* 0,4) dan modulus elastisitas 19759,52 MPa. Hasil penelitian juga menunjukkan sifat batu bauksit memiliki daya serap tinggi terhadap air mengakibatkan nilai *slump* yang lebih rendah dibandingkan beton normal namun masih memenuhi persyaratan SNI sehingga dalam pengerjaan beton segar tidak menyulitkan.

Kata kunci: agregat bauksit, kuat tekan, modulus elastisitas.

PENDAHULUAN

Ketidaktersediaan bahan bangunan pembentuk beton sering kali menjadi kendala dalam pelaksanaan pembangunan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dicari langkah-langkah penyelesaian yang dapat diambil dengan menggunakan potensi sumber daya alam yang tersedia di lokasi proyek pembangunan.

Kota Kijang, Pulau Bintan, merupakan pusat penambangan bauksit Indonesia dan termasuk terbesar di dunia selain Brasil, pada awalnya PT. Aneka Tambang Tbk adalah satu-satunya perusahaan yang memonopoli pertambangan bauksit di Pulau Bintan dan menjadi sumber pendapatan dari lapangan pekerjaan yang dominan. Dengan habisnya bauksit layak tambang di wilayah ini, PT. Aneka Tambang

Tbk di kota ini sudah banyak mengurangi aktifitas sejak tahun 1990-an. Sehingga yang tersisa adalah bauksit tidak layak tambang yang sangat melimpah.

Akibatnya banyaknya batuan bauksit tidak layak pakai sebagai bahan pembentuk aluminium sehingga batuan tersebut tidak dimanfaatkan. Pulau Bintan merupakan pulau kecil yang sulit didapatkan agregat kerikil alam (batu kali) yang memenuhi syarat sebagai bahan agregat kasar pada beton. Setelah melihat permasalahan dan potensi alam yang ada tersebut, maka itu dirasa perlu diteliti kelayakan batu bauksit tersebut sebagai material pengganti agregat kasar kerikil alam (batu kali).

TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Beton dapat didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Beton yang dipakai secara luas sebagai bahan bangunan diperoleh dengan cara mencampurkan semen *Portland*, air, dan agregat. Campuran ini bilamana dituang dalam cetakan dan dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan disebabkan oleh reaksi kimia antara air dan semen, dan hal ini berjalan dalam waktu yang panjang.

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimulyo, 1992). Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, berdasarkan pengalaman komposisi agregat tersebut berkisar 70%-75% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting (Mulyono, 2003). Secara umum, agregat dapat dibedakan menurut ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 5,0 mm dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 5,0 mm. Kerikil sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (PBI 1971 NI-2).

Batuan pada Pulau Bintan dan sekitarnya dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok sebagai berikut: (1) batuan pragrinitik berupa formasi batuan sedimen klastik berumur Trias yang terdiri dari serpih dan kuarsit, (2) batuan granitik berumur Yura yang terdiri dari granit, granodiorit, aplit granit, granit porfiri dan riolit. Kelompok batuan ini mengintrusi batuan pragrinitik dan menyebabkan proses hidrothermal serta kontak pneumatolitik pada batuan sekitarnya. Dari proses ini terbentuk batuan asal pembentuk endapan bauksit yaitu batuan hornfels berwarna hitam, dan 3) batuan sedimen batu pasir dan lempung berumur Tersier (esdm.go.id)

Residu bauksit dan ampas bauksit (asal Tayan, Kalbar) mengandung alumina (Al_2O_3) dan atau silikat (SiO_2). Residu bauksit mengandung 25% Al_2O_3 dan 3% (SiO_2) sedangkan ampas pencucian bauksit mengandung 32% Al_2O_3 dan 40% SiO_2 . Hasil karakterisasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa secara teknis residu bauksit dan ampas pencucian bauksit berpotensi menghasilkan material geopolimer yang memenuhi persyaratan untuk bangunan khususnya untuk bata dan mortar (Aziz, 2012).

Tabel 1. Kelas cadangan bauksit

Kelas cadangan	Al_2O_3	SiO_2
A	$\geq 50\%$	6%
B	48-50%	6-13%
C	48%	$\geq 13\%$

Sumber: esdm.go.id

Bauksit yang mempunyai kadar rendah bisa dimanfaatkan untuk bahan semen alumina. Salah satu pabrik semen di Pulau Sumatera, telah mengajukan permintaan ke PT. Aneka Tambang Unit Bisnis Penambangan Bauksit di Kijang sebanyak 6000 sampai 10.000 ton per tahun untuk bahan semen alumina. Sampai saat ini permintaan tersebut belum dilaksanakan karena terlalu kecil, sekitar 6000 ton per tahun. (esdm.go.id). Sehingga perlu di lakukan alternatif lain untuk pemanfaat bauksit *low grade* dengan kadar Al_2O_3 40% salah satunya dengan pembuatan beton dengan menggunakan agregat bauksit bukan hanya bermanfaat buat perusahaan semata tetapi lebih bisa bermanfaat bagi masyarakat di Pulau Bintan dan sekitarnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metoda eksperimen, yaitu penelitian dengan percobaan langsung di laboratorium yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Beton yang diuji merupakan beton dengan material agregat kasar berupa bauksit dibuat dengan variasi faktor air semen 0,40; 0,45; 0,50.

Hasil pengujian yang diperoleh berupa uji karakteristik batu bauksit, kuat tekan, dan modulus elastisitas beton yang kemudian akan dibandingkan dan diambil kesimpulan akhir.

Rencana perbandingan bahan susun beton dengan agregat kasar batu bauksit berdasarkan SNI T-15-1990-03 sesuai dengan Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Bahan susun beton bauksit

Bahan	Berat/m ³
Semen	462,25 kg/m ³
Pasir	613,14 kg/m ³
Bauksit	919,71 kg/m ³
Air	184,90 kg/m ³

Rumusan Masalah

Apakah batu bauksit memenuhi persyaratan minimal digunakan sebagai agregat kasar dalam beton?

Seberapa besar kuat tekan beton dengan yang dapat dihasilkan oleh beton dengan batu bauksit sebagai agregat kasar?

Seberapa besar nilai modulus elastis beton dengan agregat kasar batu bauksit?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini. (1) Memaksimalkan pemanfaatan batu bauksit untuk pembuatan beton terutama bagi masyarakat di Pulau Bintan dan sekitarnya. (2) Harapan agar batu bauksit dapat menjadi alternatif lain selain batu granit yang biasa digunakan oleh masyarakat sekitar untuk pembuatan beton. (3) Penggunaan batu bauksit yang lebih murah menjadi populer dibandingkan menggunakan batu granit atau

agregat kasar lainnya yang harus didatangkan dari daerah lain.

HASIL PENELITIAN

Sifat Fisik Batu Bauksit

Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar bauksit didapatkan nilai modulus halus butir (mhb) sebesar 7,345. Hasil ini memenuhi persyaratan karena berada dalam nilai antara 5 sampai 8. Makin besar nilai mhb suatu agregat maka semakin besar butiran agregatnya (Mulyono, 2003). Untuk mengurangi jumlah semen (sehingga biaya pembuatan beton berkurang) dibutuhkan ukuran butir-butir maksimum agregat yang sebesar-besarnya. Pengurangan jumlah semen ini juga berarti terjadi pengurangan panas hidrasi. Akibatnya akan mengurangi kemungkinan beton untuk retak akibat susut atau perbedaan panas yang besar (Tjokrodinuljo, 1992).

Pada umumnya agregat normal memiliki nilai berat jenis antara 2,5 sampai 2,7, sedangkan nilai berat jenis bauksit yang diperoleh sebesar 2,2829 kg/m³. Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton.

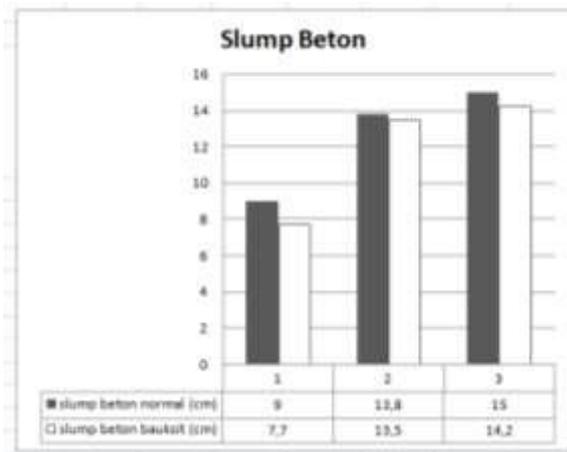
Tabel 3. Hasil pemeriksaan bauksit

Variabel	Berat jenis dan penyerapan
Berat jenis curah (<i>bulk specific gravity</i>)	2,1532 kg/m ³
Berat jenis curah kering permukaan (<i>bulk specific gravity SSD</i>)	2,2829 kg/m ³
Berat jenis semu (<i>apparent specific gravity</i>)	2,4742 kg/m ³
Penyerapan (<i>absorption</i>)	6,0240%

Pada Tabel 3 terlihat pula bahwa nilai serapan air dari bauksit cukup besar (6,024%), bila dibandingkan dengan krikil alam dengan rata-rata penyerapan air berkisar 2%. Hubungan antara berat jenis dan daya serap adalah semakin tinggi nilai berat jenis agregat maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut

(Mulyono, 2003). Setelah dilakukan pemeriksaan keausan terhadap agregat kasar (bauksit), maka diperoleh hasil pengujian keausan sebesar $26,12\% < 50\%$ (bagian yang hancur setelah putaran ke-500 tidak lebih dari 50% berat), sehingga memenuhi syarat PUBI 1982. Beratnya merupakan ukuran dari kekuatan agregat yang dinyatakan dalam persen hancur, semakin banyak bagian yang hancur semakin rendah kekuatan agregat tersebut (Mulyono, 2003).

Pengaruh Bauksit Pada Beton Segar



Gambar 1. Slump beton normal dan bauksit

Untuk mengetahui kelecakan (*consistency*) adukan beton segar maka dilakukan pengujian *slump* yang akan menunjukkan tingkat kelecakan adukan yang berpengaruh terhadap sifat mudah dikerjakan.

Tabel 4. Hasil pengujian *slump* beton segar

Variasi	Slump Beton Bauksit (cm)	Slump Beton Normal (cm)
fas 0,4	7,7	9
fas 0,45	13,5	13,8
fas 0,5	14,2	15

Dari Tabel 4 dan Gambar 1 terlihat bahwa nilai slump yang diperoleh selama pengadukan telah sesuai dengan nilai *slump* yang dituju yaitu antara 7,5–15 cm. Adukan beton dengan agregat bauksit akan menurunkan nilai *workability* dari adukan beton yang terlihat dari nilai *slump* dibandingkan dengan adukan beton agregat kerikil, karena daya resapan agregat bauksit lebih besar dibandingkan agregat kerikil. Namun secara keseluruhan nilai *slump*

beton dengan agregat kasar bauksit tidak berselisih banyak dibanding beton normal, sehingga sifat mudah dikerjakan dari adukan beton juga tidak berpengaruh banyak. Dan secara umum nilai *slump* masuk dalam persyaratan PBI 1971 N.I.-2.

Berat Jenis Beton Bauksit

Berat jenis beton bauksit setelah diperiksa menunjukkan hasil antara $2,20021\text{ t/m}^3$ sampai $2,286487\text{ t/m}^3$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan dengan menggunakan batu bauksit sebagai agregat kasar pada beton mengakibatkan turunnya berat jenis beton dibawah berat jenis beton normal yang berkisar $2,4\text{ t/m}^3$. Namun beton dengan agregat kasar batu bauksit belum dapat dikategorikan sebagai beton ringan karena berat jenisnya masih di atas 2 t/m^3 .

Kuat Tekan Beton Bauksit

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan agregat kasar batu bauksit tercantum dalam Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata hasil uji kuat tekan beton dengan umur pengujian 28 hari

Fas	Kuat tekan beton batu bauksit (MPa)
0,4	30,24052
0,45	28,05249
0,5	24,99784



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Batu Bauksit

Terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 2, semakin besar nilai faktor air semen (fas) menurunkan nilai kuat tekan beton. Kondisi ini terjadi karena beton dengan fas rendah mempunyai rongga yang lebih sedikit dibandingkan dengan

beton yang memiliki fas tinggi, sehingga kepadatan beton juga lebih tinggi pada beton dengan fas rendah. Tingkat kepadatan beton inilah yang menyebabkan tingginya kuat tekan beton.

Pada Tabel 5 terlihat pula bahwa hasil kuat tekan menunjukkan bahwa beton dengan agregat kasar batu bauksit dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti kerikil alam dalam pembuatan adukan beton karena kuat tekan yang dihasilkan cukup tinggi hingga mencapai 30,24052 MPa untuk beton dengan faktor air semen 0,4. Hasil tersebut di atas persyaratan minimal kuat tekan beton struktural yaitu 17,5 MPa (SNI 03-2847-2002).

Modulus Elastisitas Beton Bauksit

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1986). Berbeda dengan baja, modulus elastisitas beton berubah-ubah sesuai dengan kekuatan betonnya. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1986).

Modulus elastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi karena modulus elastisitas berbanding terbalik dengan nilai regangan. Nilai modulus elastisitas ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan, kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak kurva dan memiliki garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekakuan material sehingga kurva tidak linier lagi. Biasanya modulus sekan mempunyai nilai 25-50% dari kuat tekan $f'c$ yang diambil sebagai modulus elastisitas (Wang & Salmon, 1986).

Tabel 6. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Fas	$f'c$	0,3 $f'c$	Modulus Elastisitas (MPa)	M.Elastisita s teoritis (MPa)
0,4	33,19	9,96	19759,52	27077
0,45	28,76	8,63	18717,70	25205
0,5	26,43	7,93	16319,56	24162

Modulus elastisitas beton berkaitan erat dengan faktor air semen, kepadatan, dan kuat tekan beton. Nilai modulus elastisitas menurun seiring dengan meningkatnya nilai FAS. Peningkatan nilai FAS menyebabkan peningkatan jumlah pori pada beton dan berkurangnya kepadatan beton sehingga berefek pada menurunnya kuat tekan dan modulus elastisitas. Modulus elastisitas berubungan erat dengan kuat tekan beton, semakin rendah kuat tekan beton maka nilai modulus elastisitas makin menurun.

Menurut pasal 10.5 SNI-03-2847 (2002) hubungan antara nilai modulus elastisitas beton normal dengan kuat tekan beton adalah $E_c = 4700 f'c$. Nilai modulus elastisitas beton dengan agregat kasar batu bauksit lebih rendah dari beton normal yang berkisar 20000 MPa (Tabel 6). Nilai modulus elastisitas beton dengan agregat kasar batu bauksit lebih rendah dari nilai modulus elastisitas teoritis untuk beton normal, rumus modulus elastisitas teoritis beton normal tidak berlaku untuk beton dengan agregat kasar batu bauksit.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dengan menggunakan agregat bauksit dan agregat kerikil sebagai bahan penyusun beton, maka didapatkan hasil yang dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

Kondisi fisik batu bauksit: berat jenis bauksit yang diperoleh sebesar $2,2829 \text{ kg/m}^3$, berat tersebut lebih rendah dari berat jenis agregat normal yang berkisar antara $2,5-2,7 \text{ kg/m}^3$, nilai serapan air dari bauksit cukup besar (6,024%), bila dibandingkan dengan kerikil alam dengan rata-rata penyerapan air berkisar 2%, hasil pengujian keausan sebesar $26,12 \% < 50\%$ (bagian yang hancur setelah putaran ke-500 tidak lebih dari 50% berat), sehingga memenuhi syarat PUBI 1982.

Nilai workability dari adukan beton dengan agregat bauksit menurun, hal ini terlihat dari nilai *slump* dibandingkan dengan adukan beton agregat kerikil, karena daya resapan agregat bauksit lebih besar dibandingkan agregat kerikil.

Berat jenis beton bauksit menunjukkan hasil antara 2,20021 t/m³. sampai 2,286487 t/m³, dibawah berat jenis beton normal 2,2–2,5 t/m³, namun belum dapat dikatakan sebagai beton ringan karena berat jenisnya lebih besar dari 2 t/m³.

Kuat tekan yang dihasilkan cukup tinggi mencapai 30,24052 MPa (fas 0,4) sehingga persyaratan minimal kuat tekan beton struktural yaitu 17,5 MPa.

Nilai modulus elastisitas beton dengan agregat kasar batu bauksit lebih rendah dari beton normal yang berkisar 20000 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1971, PBI 1971-NI-2, Peraturan Beton Indonesia, Direktorat Penyelesaian Masalah Bangunan.
Anonim, 1982, PUBI-1982, Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan

Anonim, 2002, SNI 03 - 2847 - 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version), Badan Standarisasi Nasional.

Anonim, 1990, SNI T-15-1990-03, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standarisasi Nasional.

Aziz, 2012, *Karakterisasi Mineral Ampas serta Evaluasinya untuk Pembuatan Mineral Geopolimer Bangunan*, Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Vol.15 no 1, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.

esdm.go.id, <http://psdg.bgl.esdm.go.id/kolokium%202003/konservasi/Proc%20KI JANG-Harto%20 Lahar.pdf>

esdm.go.id, <http://kepri.antaranews.com/berita/16856/karang-taruna-manfaatkan-limbah-bauksit-untuk-batako>

Mulyono, Tri, 2003, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Murdock, L.J., Brook, K. M., dan Hindarko, S., 1986, *Bahan Dan Praktek Beton*, Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Tjokrodinuljo. K, 1992, *Teknologi Beton*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wang, C. K., Salmon, C. G., dan Binsar, H., 1986, *Disain Beton Bertulang*, Edisi keempat, penerbit Erlangga, Jakarta.