

PENGARUH PASIR BATU BREKSI SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS DITINJAU DARI KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON

Yurri Nosepa Cahyo¹⁾, Kusno Adi Sambowo²⁾, Supardi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln. Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : yurri_nosepa@yahoo.com

Abstract

The Study of effect of breksi stone as a substitute for fine aggregate in concrete mix aims to find value of compressive strength and modulus of elasticity, and determine the feasibility of using concrete and breksi stone as structural concrete. In this study, writer used an experimental method at laboratory. Writer tests fine aggregates (sand), coarse aggregate, sand stone and breksi stone as components of concrete. After component meet the requirements, they are tested to find compressive strength and modulus of elasticity by using specimen cylinder, measured 15 cm x 30 cm with variation of breksi stone on level 0%, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, and 100 % toward the weight of the fine aggregate in the concrete mix. From the test, writer find the value of compressive strength and modulus of elasticity tends to decrease after the substitution with breksi stone. Average values of concrete compressive strength on 28 days is 36.768 MPa (0% breksi stone); 30.92 MPa (20% breksi stone); 28.28 MPa (40% breksi stone); 25.27 MPa (60% breksi stone); 22.63 MPa (80% breksi stone); 19.609 MPa (100% breksi stone). Average values of modulus of elasticity value are 28062.67 MPa (0% breksi stone), 21614.00 MPa (20% breksi stone), 19643.67 MPa (40% breksi stone), 18728.00 MPa (60% breksi stone), 17814.00 MPa (80% breksi stone), 14709.00 MPa (100% breksi stone). From the test results to 5 levels of variation of breksi stone, the variation of 0% to 80% indicates that the compressive strength qualifies as a structural concrete, except at 100% levels have a compressive strength below 20 MPa, which is 19.609 MPa.

Keywords: breksi stone, compressive strength, modulus of elasticity.

Abstrak

Penelitian pengaruh pasir batu breksi sebagai pengganti agregat halus pada pencampuran beton bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas serta untuk mengetahui layak atau tidaknya beton dengan pasir batu breksi digunakan sebagai beton struktural. Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen di laboratorium. Dilakukan pengujian terhadap agregat halus (pasir), agregat kasar, dan pasir batu breksi sebagai komponen pembuat beton. Setelah benda uji memenuhi syarat, dilakukan pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas dengan benda uji silinder berukuran 15 cm x 30 cm dengan variasi kadar pasir batu breksi sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% terhadap berat agregat halus pada campuran beton. Dari hasil pengujian didapat nilai kuat tekan dan modulus elastisitas yang cenderung menurun setelah dilakukan substitusi dengan pasir batu breksi. Nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 36,768 MPa (pasir breksi 0%); 30,92 MPa (pasir breksi 20%); 28,28 MPa (pasir breksi 40%); 25,27 MPa (pasir breksi 60%); 22,63 MPa (pasir breksi 80%); 19,609 MPa (pasir breksi 100%). Nilai modulus elastisitas rata-rata adalah 28062,67 MPa (pasir breksi 0%), 21614,00 MPa (pasir breksi 20%), 19643,67 MPa (pasir breksi 40%), 18728,00 MPa (pasir breksi 60%), 17814,00 MPa (pasir breksi 80%), 14709,00 MPa (pasir breksi 100%). Dari hasil pengujian terhadap 5 kadar variasi batu breksi, pada variasi 0% hingga 80% menunjukkan nilai kuat tekan yang memenuhi syarat sebagai beton struktural kecuali pada kadar 100% yang memiliki nilai kuat tekan dibawah 20 Mpa, yaitu 19,609 MPa.

Kata kunci : pasir breksi, kuat tekan, modulus elastisitas.

PENDAHULUAN

Pemakaian beton pada bidang konstruksi di Indonesia telah menjadi hal wajib dalam membangun sebuah struktur bangunan. Beton sangat diminati karena merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan. Beton juga akan menjadi bahan bangunan yang ekonomis apabila tempat pembuatannya menggunakan bahan-bahan yang mudah diperoleh dari sekitarnya. Kemampuannya dalam menerima kuat tekan, tahan aus, rapat air, tahan lama dan dapat dibentuk sesuai keinginan membuat beton menjadi bahan utama dalam pembangunan-pembangunan struktur dan terus dikembangkan sampai sekarang.

Di kawasan desa Sambirejo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta terdapat sumber daya alam yang berupa batuan alam diantaranya, batu candi, batu breksi, dan batu paras. Batuan alam yang terdapat di Desa Sambirejo ini biasanya diolah untuk dimanfaatkan sebagai ornamen ornamen pada dinding. Masyarakat sekitar pada umumnya adalah penambang batuan alam tersebut. Dari banyaknya batu yang diolah di tempat ini maka banyak juga limbah yang di hasilkan, hal inilah yang menjadi dasar pemikiran utama untuk memanfaatkan limbah dari batuan alam yang ada di kawasan tersebut untuk di jadikan campuran pada pembuatan beton.

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan pemakaian limbah batu breksi yang berupa pasir batu breksi sebagai pengganti agregat halus pada beton normal. Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan acuan mengenai bahan alternatif pengganti pasir yang sudah berkembang di masyarakat pada umumnya. Limbah batuan dari batu breksi yang digunakan sebagai bahan alternatif untuk pengganti agregat halus diharapkan menghasilkan kekuatan dan kualitas beton yang optimum dengan biaya yang relatif murah ditinjau dari kuat tekan dan modulus elastisitasnya.

LANDASAN TEORI

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002)

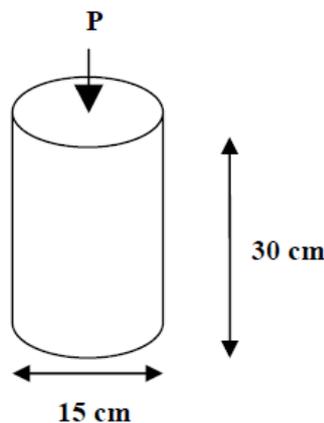
Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen *portland* atau bahan tambah kimia, sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun, pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencana tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur. (Mulyono, 2003)

Keunggulan lain dari material beton dibandingkan dengan material lain yaitu mempunyai kuat tekan dan stabilitas volume yang baik dan biaya perawatannya relatif lebih murah. Selain itu, material beton lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan, tidak mudah terbakar, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, sehingga banyak digunakan sebagai pelindung struktur baja terhadap pengaruh kebakaran pada bangunan gedung (Hidayat,2009)

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum.

Besarnya kuat tekan beton pada umur dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \dots\dots\dots [1]$$



Gambar 1. Sampel uji kuat tekan silinder beton

dimana,

- σ_b = kuat tekan beton pada umur tertentu (N/mm² atau Mpa)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas penampang benda uji yang ditekan (mm²)

Elastisitas adalah perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Daerah elastis pada beton menurut ASTM dibatasi antara regangan 0,00005 dengan tegangan pada 40% tegangan maksimum, sehingga rumus modulus elastisitas pada beton adalah sebagai berikut:

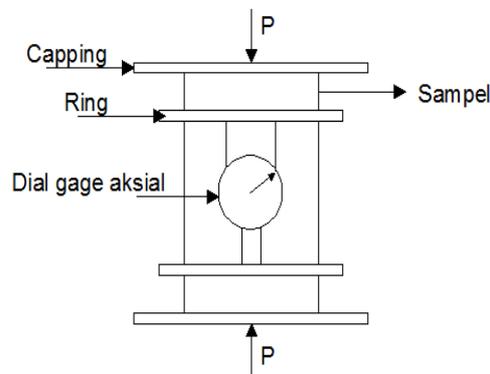
$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \text{ kg/cm}^2 \text{ atau N/mm}^2 \dots\dots\dots [2]$$

dimana,

S1 = Tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal akibat tegangan sebesar 0,00005

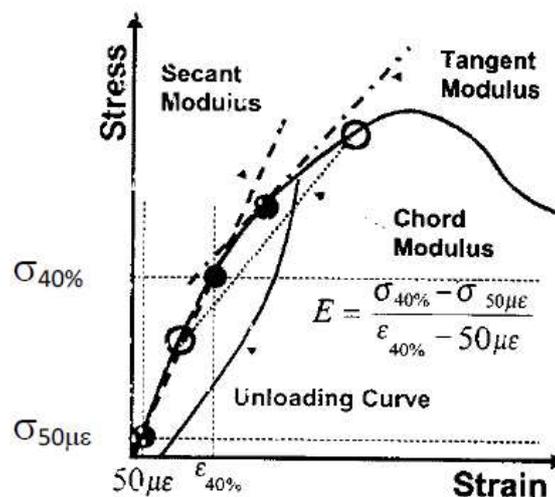
S2 = Tegangan sebesar 40% beban maksimum.

ϵ_2 = Regangan longitudinal akibat tegangan S2



Gambar 2 *Set-up* Pengujian Tegangan Regangan Beton

Modulus elastisitas adalah kemiringan kurva tegangan-regangan di dalam daerah elastis linier pada sekitar 40% beban puncak (Mindess et al, 2003 & ASTM STP 169D Chapter 19).



Gambar 3. Macam-macam bentuk modulus elastisitas

(Sumber : ASTM STP 169D Chapter 19, 1994)

METODOLOGI

Tahapan penelitian:

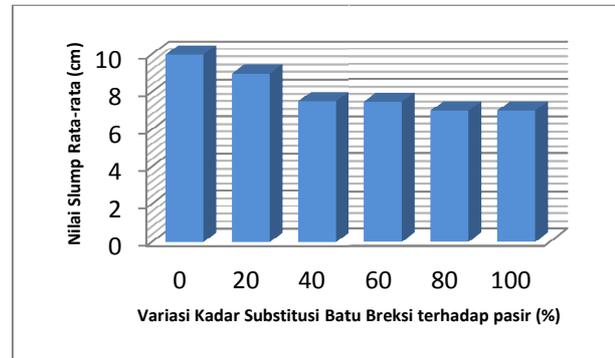
- Studi kasus, meninjau lokasi tambang batu breksi di Desa Sambirejo, Sleman, Yogyakarta.
- Pengambilan batu breksi, dan bahan pembuat beton lainnya (semen, agregat halus, agregat kasar)
- Pengujian bahan-bahan pembuat beton.
- Perancangan campuran beton dengan variasi batu breksi sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari berat agregat halus.
- Pengujian nilai *slump* untuk melihat *workability* dari beton segar.
- Pembuatan benda uji dengan silinder berukuran 15 x 15 x 30 cm
- Perawatan benda uji (*curing*) selama 28 hari
- Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton
- Menganalisis data pengujian bahan-bahan pembuat beton.
- Menganalisis nilai kuat tekan dan modulus elastisitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian nilai *slump* pada adukan beton normal bertujuan untuk melihat *workability* pada campuran beton. Pada penelitian ini pengujian nilai *slump* dilakukan pada masing-masing adukan beton dengan kadar substitusi batu breksi yang berbeda-beda dari 0% hingga 100%. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafik rata-rata nilai slump dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

Variasi Kadar Substitusi Batu Breksi terhadap Pasir (%)	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Nilai <i>Slump</i> Rata-rata (cm)	10	9	7.5	7,5	7	7



Gambar 4. Grafik rata-rata nilai slump

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compressing Testing Machine*) merk Controls. Nilai kuat tekan didapatkan dari beban maksimum yang terjadi pada saat beton hancur (P_{maks}). Dari data beban tersebut maka diperoleh kuat tekan maksimum dengan rumus :

$$f_c' = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots [3]$$

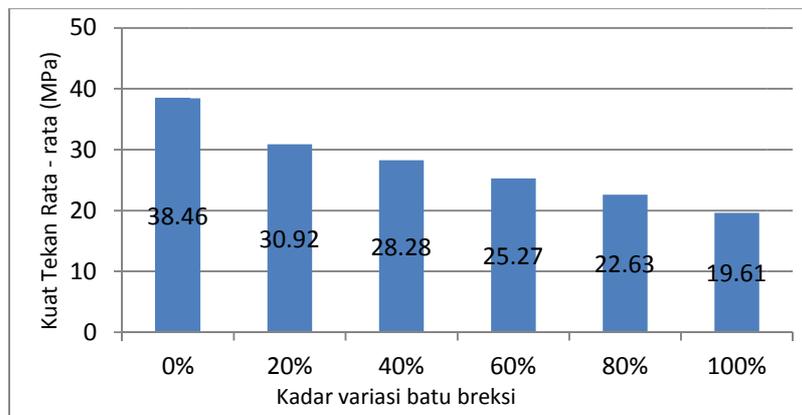
dimana,

- f_c' = Kuat Tekan (Mpa)
- P_{maks} = Beban maksimum (kN)
- A = Luas tampang silinder (mm)
- π = 22/7 atau 3,14

Luas silinder (A)

$$= 0,25 \times \pi \times (150)^2 = 17678,571mm^2$$

Dari hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji umur 28 hari dengan variasi 0% hingga 100% didapat nilai kuat tekan rata-rata yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hubungan Kuat Tekan dan Kadar Batu Breksi

Dari analisis, diketahui seberapa besar pengaruh variasi jumlah kadar penggunaan batu breksi terhadap nilai kuat tekan beton. Pengaruh penambahan batu breksi dapat dilihat pada Tabel 2.

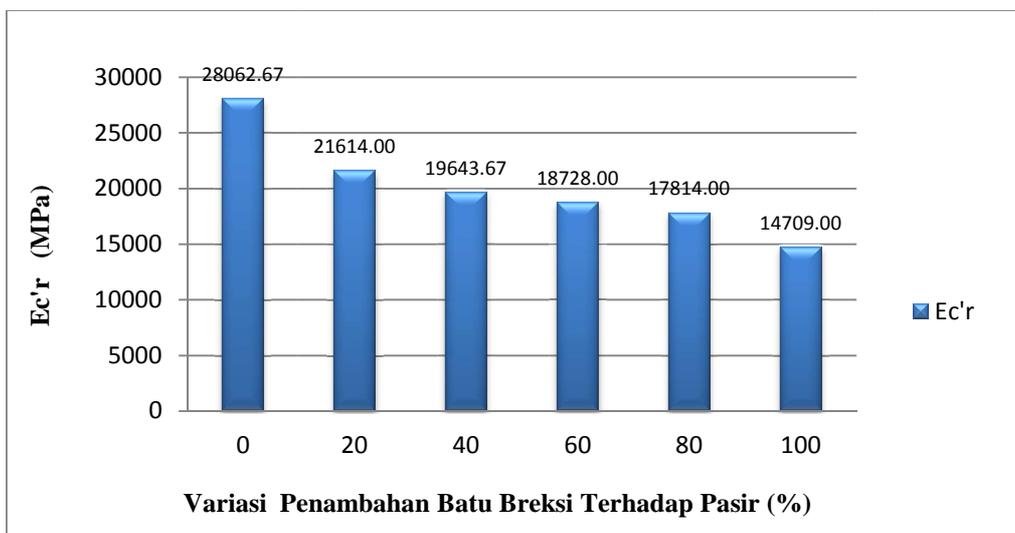
Tabel 2. Pengaruh Penggunaan Kadar Batu Breksi Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Tekan

No	Kadar Batu Breksi	Kuat Tekan Beton dengan Breksi (Mpa)	Kuat Tekan Beton Tanpa Breksi (MPa)	Selisih Kuat Tekan (MPa)	%
1	20%	30,92		7,54	19,604
2	40%	28,28		10,18	26,46
3	60%	25,27	38,46	13,19	34,295
4	80%	22,63		15,83	41,159
5	100%	19,61		18,851	49,014

Berdasarkan hasil pengujian tersebut diatas dapat diketahui bahwa :

1. Berdasarkan tabel 2, jika ditinjau dari variasi kadar batu breksi yang dipakai tampak bahwa kuat tekan beton menurun antara 19,604% sampai 49,014%.

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan dengan mengamati besarnya perubahan panjang silinder beton akibat pembebanan serta besarnya beban (P) pada saat beton retak. Diamati dengan menggunakan alat compressometer yang di pasang pada benda uji saat benda uji diletakkan pada mesin uji kuat tekan (CTM). Perubahan panjang dibaca pada saat beban bertambah secara konstan setiap 20 kN. Pengujian modulus elastisitas dilakukan saat beton berumur 28 hari, bersamaan dengan pengujian kuat tekan. Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Hubungan Modulus Elastisitas dan Kadar Batu Breksi

Modulus elastisitas merupakan suatu ukuran nilai yang menunjukkan kekakuan dan ketahanan beton untuk menahan deformasi (perubahan bentuk) dengan cara mengamati perubahan panjang silinder beton akibat pembebanan. Modulus elastisitas beton ditentukan dari hubungan antara tegangan dan regangan beton.

Tabel 3. Pengaruh Penggunaan batu breksi Sebagai Pengganti pasir Terhadap Modulus Elastisitas

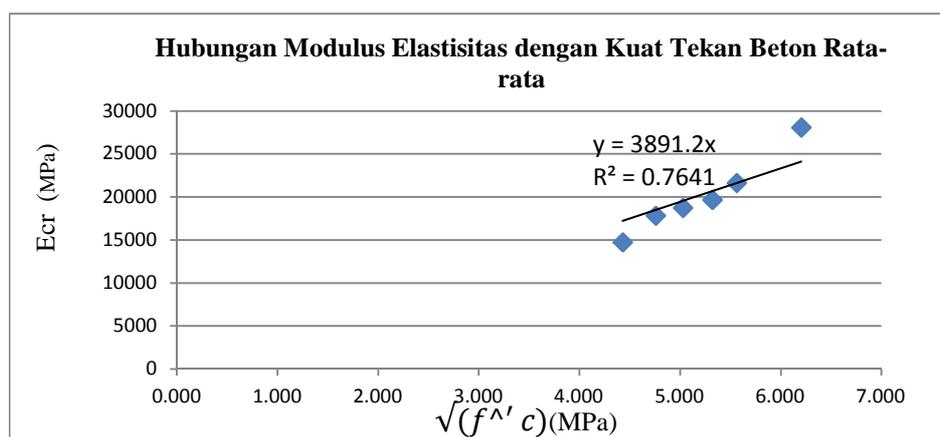
No	Kadar Batu Breksi	MOE Beton dengan Batu Breksi(Mpa)	MOE Beton	Selisih MOE terhadap beton 100% Pasir	
			100% Pasir Normal (MPa)	(MPa)	%
1	20%	21614,00		6448,67	22,979
2	40%	19643,67		8419	30,007
3	60%	18728,00	28062,67	9334,67	33,263
4	80%	17814,00		10248,67	36,520
5	100%	14709,00		13353,67	47,585

Berdasarkan tabel 3. jika ditinjau dari variasi kadar batu breksi yang dipakai tampak bahwa modulus elastisitas beton menurun sampai 47,585% terjadi pada campuran kadar 100%. Penggunaan batu breksi memiliki nilai modulus elastisitas yang lebih rendah dari pada pasir biasa pada beton .

Tabel 4. Data Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Perhitungan

No	Kode Benda Uji	fc'r (MPa)	$\sqrt{fc'r}$ (MPa)	Ec r Perhitungan (MPa)
1	BB0	38,46	6,202	28062,67
2	BB20	30,92	5,561	21614,00
3	BB40	28,28	5,318	19643,67
4	BB60	25,27	5,027	18728,00
5	BB80	22,63	4,757	17814,00
6	BB100	19,61	4,428	14709,00

Dengan memasukkan data $\sqrt{fc'}$ dan modulus elastisitas dari tabel 4 ke dalam analisis regresi pada program Microsoft excel, didapatkan grafik hubungan $\sqrt{fc'}$ dan Ec serta persamaan regresi *linear* yang ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Dari hasil penelitian diketahui bahwa semakin menurun nilai kuat tekan maka nilai modulus elastisitas juga semakin menurun.

Dari grafik dapat diketahui bahwa hubungan antara modulus elastisitas dan kuat tekan pada penelitian memiliki rumus empiris sebagai berikut:

$$E_c = 3891,2 \cdot \sqrt{f_{c'}} \dots\dots\dots [4]$$

(Rumus empiris hasil regresi *linear* dari gambar 7)

Sedangkan hubungan antara modulus elastisitas dan kuat tekan dalam beton normal memiliki rumus empiris sebagai berikut :

$$E_c = 4730 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{ACI 318-89, Revised 1992, 1996}) \dots \dots \dots [5]$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (\text{SK SNI-T-15-1991}) \dots \dots \dots [6]$$

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data dan pembahasan yang dijabarkan pada BAB IV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Substitusi pasir breksi terhadap agregat halus menunjukkan nilai penurunan pada kuat tekan. Semakin besar penambahan pasir breksi terhadap pasir maka semakin kecil nilai kuat tekannya. Nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah:
 - a. Pasir breksi 0% : 38,46 MPa
 - b. Pasir breksi 20% : 30,92 MPa
 - c. Pasir breksi 40% : 28,28 MPa
 - d. Pasir breksi 60% : 25,27 MPa
 - e. Pasir breksi 80% : 22,63 MPa
 - f. Pasir breksi 100% : 19,609 MPa

Pada hasil uji kuat tekan di atas, walaupun nilai kuat tekan akibat substitusi pasir breksi cenderung menurun, tetapi beton dengan substitusi pasir breksi 20%, 40%, 60%, dan 80% masih dapat digunakan untuk komponen struktural karena nilai kuat tekan berada di atas 20 MPa (K-225) yang menurut PBI 1971 termasuk kedalam beton kelas III, dan menurut SNI 03-2847-2002 termasuk dalam kategori beton sedang (*medium strength concrete*) karena nilai f_c' berada diantara 17,5 MPa hingga 40 MPa.

2. Nilai modulus elastisitas pada beton dengan agregat halus Pasir Breksi, mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar variasi pasir breksi. Semakin besar penambahan pasir breksi maka semakin kecil nilai modulus elastisitasnya. Nilai modulus elastisitas rata – rata beton adalah sebesar:
 - a. Pasir Breksi 0% : 28062,67 Mpa
 - b. Pasir Breksi 20% : 21614,00 Mpa
 - c. Pasir Breksi 40% : 19643,67 Mpa
 - d. Pasir Breksi 60% : 18728,00 Mpa
 - e. Pasir Breksi 80% : 17814,00 MPa
 - f. Pasir Breksi 100% : 14709,00 MPa

3. Berdasarkan nilai kuat tekan pada beton dengan substitusi pasir breksi terhadap agregat halus (pasir) didapat nilai kuat tekan berada antara 20 MPa sampai 38 MPa, menurut PBI 1971 N.I.-2 MPa (K-225), dan beton dapat digunakan untuk pemakaian struktural. Menurut SNI 03-2847-2002 beton termasuk dalam beton mutu sedang (*medium strength concrete*) dengan f_c' diantara 17,5-40 MPa.

Berdasarkan nilai modulus elastisitas dari hasil perhitungan diperoleh $E_c = 3891,2 \cdot \sqrt{f_c'}$. Nilai ini sedikit dibawah rumus modulus elastisitas beton normal menurut SNI 03-2847-2002 yaitu $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$ sehingga pasir breksi dapat digunakan sebagai pengganti pasir pada beton struktural.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Kusno Adi Sambowo dan Bapak Supardi yang senantiasa membimbing saya sampai terselesainya penelitian ini.

REFERENSI

ACI Committee 318, 1992. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary*, ACI 318-89 (Revised 92) and ACI 318R-89 (Revised 96). Detroit. MI.

- Anonim, 1991, SK SNI T-15-1991-03. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Anonim, 2002, SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Anonim. 1988. *Annual Book Of American Society For Testing And Materials Standart (ASTM)*. Philadelphia
- Lamond, Joseph. F Dan Pielert, James, H. 1994. *Signifance of test and Properties of Concrete and Concrete – Making Materials*. ASTM International Standards Worldwide STP 169D.
- Mindess, Sidney et al. 2003., “CONCRETE 2ND EDITION”. Pearson
- Mulyono Tri. (2003,2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI Yogyakarta.
- PBI, 1971, *Peraturan beton Bertulang Indonesia*, 1971 N.1-2, Cetakan ke-7, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Ciptakarya, Bandung
- Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*.
- Syarif Hidayat. 2009. Semen, Jenis dan Aplikasinya. PT. Pustaka kawan. Jakarta