

PENAMBAHAN LIMBAH PADAT PABRIK GULA (BLOTONG) SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON

Muhammad Ujianto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura 57102, Telp 0271-717417
Email : ujianto.ums@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur teknik sipil di Indonesia masih banyak memilih material beton sebagai struktur utama. Salah satu material penyusun beton adalah semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat bersama air dengan komposisi sekitar 25% - 40%. Harga semen relatif mahal dibandingkan dengan material penyusun beton yang lain. Pada penelitian ini digunakan limbah blotong yang berasal dari limbah padat proses pembuatan gula pasir yang diharapkan dapat mengganti semen. Penggunaan limbah blotong dalam penelitian ini karena limbah blotong belum banyak digunakan kemanfaatannya yang selama ini hanya di buang begitu saja di lahan milik pabrik gula. Limbah ini berasal dari bahan dasar berupa kapur dan belerang. Secara umum bahan tersebut susunan utamanya banyak mengandung Ca dan S.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan porositas beton dari tiap-tiap persentase pengurangan semen akibat penambahan limbah blotong dalam campuran adukan beton dan untuk mengetahui persentase optimum pengurangan semen akibat penambahan limbah blotong dalam campuran adukan beton sehingga diperoleh kuat tekan yang maksimum serta porositas yang minimum. Metode perencanaan campuran dalam penelitian ini adalah metode SK SNI T-15-1990-03 dengan faktor air semen 0,3 dan 0,5. Benda uji dibuat dengan cetakan silinder 15 x 30 cm untuk uji kuat tekan dan benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm untuk uji porositas. Persentase pengurangan semen akibat penambahan blotong adalah 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% dan 40%. Pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pemakaian limbah blotong dapat menggantikan semen sebagai bahan dasar campuran beton. Meskipun hasil analisis menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang menggunakan limbah blotong cenderung lebih rendah antara 1,073% sampai dengan 10,09% pada fas 0,5 dan lebih rendah 6,61% sampai dengan 17,94% pada fas 0,3 pada seluruh prosentase pengurangan semen, namun secara keseluruhan, beton dengan penambahan limbah blotong mampu mempertahankan nilai kuat tekannya sebagai beton struktur sebesar 24 MPa sampai dengan 28 MPa. Adapun dari hasil analisis menunjukkan bahwa rembesan mengalami kenaikan sampai dengan 19,48% pada fas 0,3 dan 15,59% pada fas 0,5.

Kata kunci : beton ; blotong ; fas ; kuat tekan

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton mempunyai banyak keunggulan merupakan yang bahan sangat kuat, tahan karat dan tahan suhu tinggi api. Selain itu, kelebihan beton yang lebih menonjol dibandingkan bahan konstruksi yang lain yaitu beton memiliki kuat tekan yang tinggi. Beton dengan kuat tekan yang tinggi tersebut dapat diperoleh dengan cara pemilihan, perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan penyusun beton yang dipakai.

Rekayasa teknologi beton sebagai salah satu unsur teknik sipil yang selalu mengalami perkembangan. Bahan susun beton yang umum digunakan sampai saat ini adalah semen, pasir, kerikil atau batu pecah. Salah satu material penyusun beton adalah semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat bersama air dengan komposisi sekitar 25% - 40%. Harga semen relatif mahal dibandingkan dengan material penyusun beton yang lain. Pada penelitian ini digunakan limbah *blotong* yang berasal dari limbah padat proses pembuatan gula pasir yang diharapkan dapat mengganti semen. Penggunaan limbah *blotong* dalam penelitian ini karena limbah *blotong* belum banyak digunakan

kemanfaatannya yang selama ini hanya di buang begitu saja di lahan milik pabrik gula. Limbah ini berasal dari bahan dasar berupa kapur dan belerang. Secara umum bahan tersebut susunan utamanya banyak mengandung Ca dan S.

Identifikasi dan Perumusan Masalah

Dalam penggunaan bahan tambahan harus dilakukan dengan takaran atau kadar yang tepat sehingga pengaruh penambahannya dapat mencapai hasil yang maksimal pada beton, karena penggunaan bahan tambahan yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kualitas beton. Untuk itu perlu didapatkan kadar optimum besarnya bahan yang akan ditambahkan. Bahan baku semen batu kapur atau batu gamping dan tanah liat atau tanah lempung. Batu kapur merupakan hasil tambang yang mengandung senyawa kalsium oksida (CaO). Sedangkan tanah lempung mengandung silica dioksida (SiO₂) serta aluminium oksida (Al₂O₃). Kedua bahan ini kemudian mengalami proses pembakaran hingga meleleh.

Pada penelitian ini bahan tambah yang dipakai adalah memanfaatkan limbah pabrik gula PG Gondang Baru Klaten. Limbah sering disebut blotong yang bahan dasarnya adalah dari kapur dan belerang sehingga banyak unsur kimia Ca dan S. Penelitian ini mencoba mengaplikasikan limbah yang melimpah ketika musim giling dan belum termanfaatkan secara maksimal untuk campuran beton

Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif pemanfaatan limbah blotong dalam mengurangi jumlah semen pada campuran beton, sekaligus berapa kuat tekan dan porositasnya. Secara teoritis, hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu teknologi beton khususnya dalam pemakaian bahan tambah. Jika hasil penelitian ini signifikan, diharapkan pemakaian beton dengan bahan tambah blotong ini dapat diterapkan dan mampu memberikan solusi terhadap pemanfaatan bahan sisa penggilingan pabrik gula limbah *blotong* yang saat ini belum banyak dimanfaatkan keberadaannya di bidang teknik bangunan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian beton

Beton adalah campuran material berupa semen *portland*, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah tertentu dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang ke dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. (Tjokrodinuljo,1996).

Di Indonesia terdapat banyak mineral *blotong* karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari batuan gunung api atau rempah-rempah gunung api yang merupakan sumber mineral *blotong*. Menurut penyelidikan para ahli geologi telah diketemukan 47 tambang *blotong* galian industri yang terdapat di wilayah Indonesia. (Sutarti dan Rachmawati,1994)

Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Beton

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi. Dengan demikian untuk meninjau mutu beton umumnya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas beton antara lain sebagai berikut :

Faktor Air Semen (fas)

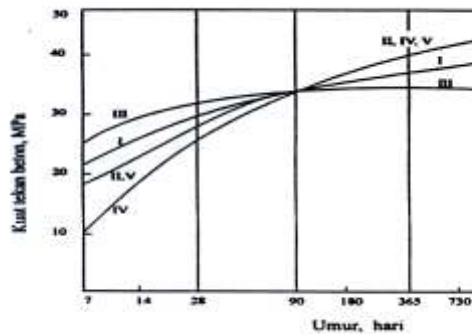
Terdapat hubungan antara kuat tekan, faktor air semen, dan nilai banding antara semen dan agregat. Semakin banyak semen yang dipergunakan, makin tinggi kuat tekan betonnya. Demikian juga nilai faktor air semen yang tepat untuk setiap nilai proporsional antara semen dan agregat. Faktor air semen tertentu yang optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum.

Sifat Agregat

Sifat agregat akan mempengaruhi kekuatan beton, agar kekuatan beton tinggi diperlukan agregat yang kuat yang melebihi kekuatan pastinya. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya.

Jenis Semen

Jenis semen ikut menentukan kekuatan betonnya, jenis-jenis ini dibagi menurut kegunaannya masing-masing. Terdapat lima jenis semen di Indonesia, masing-masing mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda-beda. Seperti tergambar pada Gambar 1.



Gambar 1. Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen (Sumber : Tjokrodimuljo, 1996)

Jumlah Semen

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika nilai *slump* sama, (nilai faktor air semen berubah) beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini karena pada nilai *slump* sama jumlah air hampir sama, sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen, yang berakibat penambahan kuat tekan beton.

Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya.

Bahan Tambah Beton

Pengertian bahan tambah menurut Tjokrodimuljo, 1996, ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton sebelum, setelah atau selama pengadukan beton dengan tujuan untuk mengubah sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras.

III. LANDASAN TEORI

Pada saat ini, beton merupakan bahan bangunan yang banyak dipakai secara luas, banyaknya pemakaian beton disebabkan oleh karena terbuat dari bahan-bahan yang umumnya mudah didapat serta mudah diolah sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Bahan-bahan dasar penyusun beton harus diketahui oleh perencana, sehingga dapat mengembangkan dan memilih bahan penyusun yang baik serta dapat menentukan komposisi yang tepat. Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yaitu yang kuat tekannya tinggi, mudah dikerjakan, murah, tahan lama dan tahan aus.

Material Penyusun Beton

Bahan-bahan susun yang dipergunakan harus dalam kondisi yang baik. Di samping itu, perencanaan campuran yang baik juga mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu untuk mengetahui sifat-sifat dari masing-masing bahan agar dapat menentukan material yang akan digunakan secara tepat.

Semen Portland

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus *clinker*, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gips* sebagai bahan tambah. Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang kompleks.

Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Menurut Tjokrodimuljo, 1996, agregat ini menempati 70% dari volume beton. Agregat halus (pasir), agregat halus untuk bahan beton dapat berupa pasir alam ataupun berupa pasir buatan yang dihasilkan alat-alat pemecah batu dengan variasi ukuran 0,15 mm sampai dengan 5 mm. Agregat kasar (kerikil/batu pecah), pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran 5 mm sampai 40 mm. Spesifikasi agregat kasar juga tidak berbeda dengan agregat halus, yaitu mengenai komposisi kimia dan mineral, kekerasan dan kekuatan tergantung dari tempat asal batuan, bentuk dan ukuran butir, serta tekstur permukaan.

Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, selain itu juga fungsi air menjadi bahan pelumas atau pelicin dalam campuran antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Bahan Tambah Limbah Blotong

Untuk menghasilkan gula yang berkualitas dibutuhkan campuran-campuran bahan berupa kapur dan belerang. Kapur dan belerang ini dicampurkan dalam mesin press dengan nira hasil press tanaman tebu dalam suatu wadah. Proses pencampurannya ditambahkan air. Tahap selanjutnya adalah pemisahan nira dan tetes tebu dengan bahan-bahan yang tidak berguna, bahan-bahan inilah yang menghasilkan limbah yang biasa disebut blotong. Secara visual blotong ini berwarna kuning dan berbau yang sangat menyengat. Blotong mengandung unsur kimia utama berupa Ca dan S.

Perencanaan Beton

Pada penelitian ini, perencanaan adukan beton menggunakan metode SK-SNI-T-15-1990-03. Prosedur perencanaannya meliputi penetapan kuat tekan beton yang direncanakan (f'_c), penetapan nilai deviasi standar (S), penghitungan nilai tambah atau margin (M), penetapan kuat-tekan beton rencana rata-rata (f'_{cr}), penetapan jenis semen portland yang diusahakan, penetapan jenis agregat, penetapan faktor air semen (f_{as}), penetapan nilai slump, penetapan besar ukuran agregat maksimum, penetapan jumlah air, penetapan jumlah semen, penetapan perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar, penetapan berat jenis agregat campuran, penetapan berat jenis beton, penetapan kebutuhan agregat halus, dan penetapan kebutuhan agregat kasar. Persentase penggunaan zat aditif menggunakan ketentuan yang telah disyaratkan.

Kuat Tekan Beton

Menurut Murdock, dan K. M. Brook, 1991, beton dapat mencapai kuat hancur sampai 80 MPa atau lebih, tergantung pada perbandingan air dengan semen serta tingkat pematatannya. Kuat tekan beton diperoleh dengan pembuatan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang ditekan pada sisi yang berbentuk lingkaran. Besarnya kuat tekan dari benda uji dilakukan perhitungan menggunakan rumus (Gideon, H. Kusuma.,1994) sebagai berikut :

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

dengan :

- f'_c = kuat tekan beton salah satu benda uji (N/mm^2)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas permukaan benda uji yang tertekan (mm^2)

IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimen, yaitu dengan mengadakan percobaan di laboratorium guna mendapatkan hasil yang menjelaskan hubungan antara bagian-bagian yang diteliti. Penelitian ini seluruhnya dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Percobaan ini dilakukan dengan menambah limbah *blotong* ke dalam adukan beton untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan bahan tersebut terhadap kuat tekan beton.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

- a) Semen yang digunakan adalah semen merk *Holcim*.
- b) Agregat halus berupa pasir, berasal dari kaliworo, Klaten, Jawa Tengah.
- c) Agregat kasar berupa batu pecah, berasal dari Wates, Kulonprogo, Yogyakarta.
- d) Air yang digunakan adalah air dari laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- e) Bahan tambah yang berupa limbah *blotong* yang sudah berbentuk halus seperti tepung/granula. Limbah *blotong* berasal dari Pabrik Gula PG Gondang Baru Klaten.

Tahapan Penelitian

Tahap I : Persiapan alat dan penyediaan bahan

Pada tahap ini dipersiapkan semua bahan yang akan dipakai dalam penelitian, yaitu semen Portland type I, pasir, kerikil, limbah *Blotong*, dan air. Sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kualitas bahan. Untuk semen meliputi : uji kehalusan butiran, dan uji visual. Agregat halus (pasir) meliputi : uji kandungan zat

organik, kandungan lumpur, berat jenis, dan gradasi butiran. Agregat kasar (kerikil) meliputi : uji kekerasan butiran, berat jenis, berat satuan, dan gradasi butiran. Untuk limbah *Blotong* meliputi : uji berat jenis, dan gradasi. Bahan-bahan tersebut secara kualitas harus memenuhi persyaratan yang diatur dalam peraturan.

Tahap II : Perencanaan beton

Setelah diketahui bahan-bahan yang digunakan memenuhi persyaratan, maka berikutnya dilakukan perencanaan campuran adukan beton. Perencanaan campuran dalam penelitian ini menggunakan metode SNI, dan dilakukan dengan 2 macam fas., yaitu 0,40 dan 0,50.

Tahap III : Pembuatan benda uji

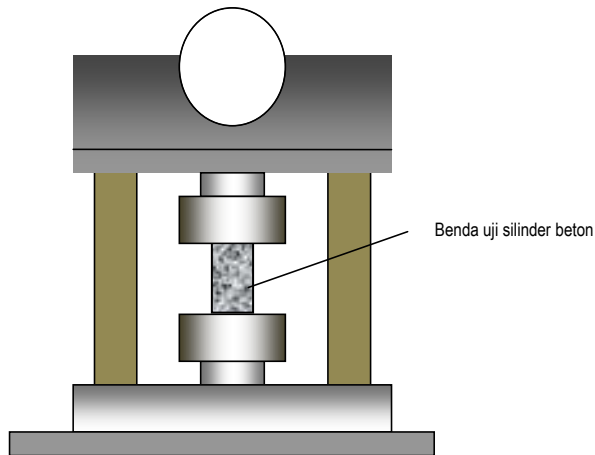
Setelah dilakukan pemeriksaan, dan sudah dapat ditentukan komposisi bahan penyusun beton, maka dilakukan pembuatan benda uji. Pembuatan adukan beton dimulai dengan memasukkan agregat kasar ke dalam concrete mixer, kemudian berturut-turut dimasukkan agregat halus dan semen portland dengan perbandingan berat sesuai perencanaan. Setelah ketiga bahan tersebut sudah tercampur dengan secara cukup merata, kemudian dimasukkan air sejumlah yang diperlukan. Setelah kira-kira 15 menit, dan adukan sudah diyakini merata, sebelum adukan dituang ke cetakan silinder, terlebih dahulu dilakukan uji *slump* dengan kerucut *Abrams* untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan beton. Setelah pencetakan, diteruskan dengan pekerjaan perawatan beton. Pekerjaan perawatan dilakukan sampai beton mencapai umur yang direncanakan. Benda uji yang dibuat adalah benda uji silinder untuk uji kuat tekan beton. Jumlah benda uji dibuat sesuai dengan variasi dan kepentingan penelitian

Tahap IV : Pelaksanaan pengujian kuat tekan

Setelah usia benda uji mencapai mencapai umur yang ditentukan, kemudian dilakukan pengujian. Sehari sebelum pengujian, benda uji silinder diangkat dari bak perendaman untuk dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Kemudian silinder diangkat dan ditempatkan secara sentries pada dudukan mesin penguji, dalam hal ini *Concrete Testing Machine*. Setelah siap, maka dimulai pembebanan dengan kecepatan pembebanan diatur 15 MPa/menit. Selama pengujian, dicatat besarnya beban dan perpendekan benda uji. Pengamatan dilakukan sampai benda uji hancur. Adapun perhitungan nilai porositas beton adalah : dengan pengujian permeabilitas yang hasilnya adalah seberapa panjang rembesan air yang terjadi pada silinder beton. Dari panjang pendek rembesan akan dapat diketahui seberapa tingkat porositas yang ada pada beton.

Tahap V : Analisis data dan kesimpulan

Setelah selesai pengujian, kemudian dilakukan analisis hasil pengujian. Data hasil pengujian kuat tekan silinder yang berupa beban P dan perpendekan benda uji dari pembacaan *dial gauge* digambarkan dalam suatu grafik hubungan tegangan-regangan. Kuat desak beton, f'_c diperoleh dengan menghitung persamaan kuat-tekan beton. Dari lima benda uji, diambil nilai rata-ratanya. Dari membandingkan nilai kuat-tekan rerata antara variasi benda uji, dapat diketahui seberapa besar pengaruh f.a.s dan pengurangan jumlah semen terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Besarnya permeabilitas ditunjukkan dengan seberapa panjang air merembes ke dalam beton akibat tekanan air yang diberikan.



Gambar 2. Set-up pengujian tekan silinder beton

V. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada fas 0,3 persentase optimum pengurangan jumlah semen adalah 15 % dari total penambahan limbah *blotong*. Kuat tekan beton dengan bahan tambah blotong cenderung lebih rendah atau menurun dibandingkan dengan beton normal, yaitu antara 6,61% sampai dengan 17,94%. Pada fas 0,5, beton dengan bahan tambah blotong cenderung lebih rendah atau menurun nilai kuat tekannya dibandingkan dengan beton normal, yaitu antara antara 1,073% sampai dengan 10,09%, persentase optimum terjadi pada penambahan bahan tambah blotong dengan pengurangan semen sebesar 15 %.

Dari dua variabel fas yang terpakai, terlihat bahwa fas 0,5 memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dari fas 0,3, hasil nilai kuat tekan yang diperoleh lebih mendekati ke nilai kuat tekan beton normal. Namun secara keseluruhan, beton dengan penambahan limbah blotong mampu mempertahankan nilai kuat tekannya sebagai beton struktur, yaitu berada pada kisaran 25 MPa sampai dengan 28 MPa.

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa pemakaian limbah blotong dapat diaplikasikan pada pembuatan beton struktur.

Hasil pemeriksaan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. kuat tekan rata-rata silinder beton pada umur 28 hari.

Pengurangan Semen (%)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	
	fas 0,3	fas 0,5
0	30.27	26.37
15	28.40	26.08
20	25.46	25.63
25	25.23	25.18
30	25.69	25.29
35	24.84	25.12
40	25.57	23.71

Hasil Pengujian Porositas Beton

Perhitungan porositas beton dilakukan pada setiap variasi pengurangan semen akibat penambahan limbah *blotong* dengan melakukan percobaan permeabilitas beton. Hasil pengujian permeabilitas berupa panjang rembesan air yang masuk ke dalam beton akibat tekanan.

Dari hasil pengujian permeabilitas dapat diketahui bahwa besarnya rembesan pada penambahan blotong secara umum mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton normal. Kenaikan nilai rembesan paling tinggi terjadi pada fas 0,3 pada pengurangan semen 35% sebesar 19,48% dibandingkan dengan beton normal. Sehingga pada beton dengan fas 0,3 penambahan 35% mempunyai nilai porositas yang paling tinggi. Pada fas 0,5 dengan pengurangan jumlah semen 35%, nilai rembesan mengalami kenaikan sebesar 15,59% dari beton normal. Hasil pengujian permeabilitas untuk keseluruhan disajikan dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian permeabilitas beton

Pengurangan Semen (%)	Permeabilitas (Cm)	
	fas 0,3	fas 0,5
0	3.94	4.37
15	3.79	4.04
20	3.42	3.73
25	4.05	3.95
30	3.71	3.85
35	4.25	4.21
40	3.17	3.69

VI. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, beton dengan penambahan limbah *Blotong* dengan variasi pengurangan jumlah semen mampu mempertahankan nilai kuat tekannya sebagai beton struktur, yaitu berada pada kisaran 24 MPa sampai dengan 28 MPa, meskipun terjadi sedikit kecenderungan untuk memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton normal. Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah blotong dapat diaplikasikan pada pembuatan beton struktur. Nilai porositas beton dengan pengurangan jumlah semen akibat penambahan blotong mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton normal.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, (PUBI, 1971), Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton SK SNI M-14-1989*, Penerbit Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SK SNI T-15-1991, Yayasan LPMB Puslitbang Pemukiman Balitbang PU, Jakarta.

- Kusuma, G.H., Kole, P. dan Sagel. 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Murdock, L.J. dan K.M. Brook. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Cetakan Pertama, Bandung.
- Sukandar,R.1990. *Bahan Galian Industri*, UGM Press, Yogyakarta.
- Sutarti, M., dan Rachmawati, M. 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, PT. Nafiri, Jakarta.
- Waskita, A.H.2004.*Variasi Penambahan Kadar Zeolit Sebagai Bahan Aditif Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.