

KoNTekS 6

Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Sipil dan Lingkungan
dalam Mempertahankan Kinerja Infrastruktur di Indonesia

SERTIFIKAT

Diberikan Kepada

YENNY NURCHASANA, ST.,MT.

atas peran serta sebagai

PEMBICARA

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 6

1-2 November 2012

Universitas Trisakti, Jakarta

Ketua Panitia Pelaksana

Dr. Ir. Trihono Kadri, MS.

DISELENGGARAKAN OLEH



TRISAKTI



UJAY



UPI



UNS



UNUD



ITENAS



UNSOED



UNTAR



Nomor : **01/KoNTekS-6/II/2014**
Perihal : Pengalihan Hak Publikasi

SURAT PERNYATAAN PENGALIHAN HAK PUBLIKASI

Menyatakan bahwa makalah dengan,

Judul : DURABILITAS BETON DENGAN BAHAN BAKU TANAH SEBAGAI
POZOLAN ALAM
Penulis : Yenny Nurchasanah
Instansi : Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta.

yang telah dipresentasikan dan dimuat dalam Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 6
(KoNTekS 6) 01-02 November 2012 Universitas Trisakti Jakarta, pada pelaksanaan acara:

Hari/Tanggal : Kamis – Jumat, 01 – 02 November 2011
Waktu : Pukul 08.00 WIB s/d selesai
Tempat : Jurusan Teknik Sipil – FTSP – Gedung C, Lantai 5
Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa Grogol, Jakarta Barat

Menyetujui hak publikasi pengelektronikannya kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian
masyarakat dan Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta pada laman
<http://publikasiilmiah.ums.ac.id/>

Demikian hal ini kami sampaikan. Atas perhatiannya, perkenan, dan kerjasamanya kami
ucapkan terima kasih.

Jakarta, 10 Februari 2014
Ketua Penyelenggara

(Dr. Ir. Trihono Kadri, MS)
1272/Usakti

DURABILITAS BETON DENGAN BAHAN BAKU TANAH SEBAGAI POZOLAN ALAM

Yenny Nurhasanah¹

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Tromol Pos I, Pabelan, Kartasura
Email: yn.chasanah@gmail.com*

ABSTRAK

Keberadaan pozolan alam di Indonesia banyak dijumpai di daerah dekat pegunungan yang masih aktif. Salah satunya adalah tanah yang berasal dari kecamatan Tulakan, kabupaten Pacitan, Jawa Tengah. Tanah ini mempunyai warna keabu-abuan mirip dengan warna semen. Tanah ini diperoleh dengan cara menggali pada kedalaman ± 8 m. Oleh penduduk sekitar sering dipakai dalam pembuatan sumur, karena apabila sering terkena air maka akan menjadi semakin keras. Berdasarkan hasil analisis kimia yang telah dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Kegunungpian (BPPK) Yogyakarta, tanah tersebut mempunyai kandungan unsur pozolan. Tanah Tulakan mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan dalam pembentukan semen konvensional, yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 . Sifat pozolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam (aktif) dan air pada suhu kamar ($240\text{C} - 270\text{C}$) membentuk senyawa yang padat dan tidak larut dalam air. Telah dilakukan pengujian kuat tekan dan uji kuat tarik belah terhadap silinder beton serta pengujian kuat lekat tulangan pada kubus beton dengan komposisi bahan baku tertentu sehingga diketahui tingkat durabilitasnya. Komposisi Tanah Tulakan pada campuran adalah 10% sampai dengan 40% dari jumlah semen yang digunakan. Rencana campuran adukan beton menggunakan metode perancangan menurut cara SNI dengan faktor air semen (fas) rencana 0,5. Secara keseluruhan, pada prosentase penggantian semen antara 10% – 20% sebagai bahan campuran pada beton, penggunaan Tanah Tulakan sebagai pengganti semen efektif bisa mempertahankan bahkan menaikkan nilai kuat tekan beton sampai dengan 3,24%, pada pengujian kuat tarik belah mampu menaikkan sampai dengan 2,513% dari nilai beton normal dan pada pengujian kuat lekat tulangan mampu bertahan dan naik sampai dengan 9,783% dari nilai normalnya.

Kata kunci: Beton ; Kuat Tekan ; Durabilitas ; Pozzolan Alam ; Pacitan

1. PENDAHULUAN

Sebagai bahan konstruksi, beton digunakan lebih banyak dari bahan baku lainnya. Penggunaannya bersaing dengan bahan-bahan lainnya seperti kayu, baja, aspal, batu, plastis dan sebagainya, karena penggunaannya sangat mudah dibentuk. Untuk mencukupi kebutuhan tuntutan produksi beton di Indonesia sampai saat ini pabrik semen terus menerus ditingkatkan kapasitas produksinya. Permintaan semen nasional naik 16,6% dari 34,2 juta ton tahun 2007 menjadi 39,9 juta ton tahun 2008. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya beton dalam era pembangunan di negara kita.

Peningkatan penggunaan beton ini perlu diantisipasi dengan penggunaan alternatif lain dalam memenuhi bahan baku beton tersebut. Sehingga diperlukan penelitian tentang material-material lain yang dapat menggantikan material yang biasa dipakai pada campuran beton, sejauh sifat-sifatnya masih memenuhi syarat sebagai material beton dan tentunya memberikan sumbangan terhadap karakteristik beton yang diinginkan.

Tanah Tulakan adalah sejenis tanah yang berasal dari kecamatan Tulakan, kabupaten Pacitan, Jawa Tengah. Tanah ini mempunyai warna keabu-abuan mirip dengan warna semen. Tanah Tulakan diperoleh dengan cara menggali pada kedalaman ± 8 m. Oleh penduduk sekitar sering dipakai dalam pembuatan sumur, karena apabila sering terkena air maka akan menjadi semakin keras. Berdasarkan hasil analisis kimia yang telah dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Kegunungpian (BPPK) Yogyakarta, tanah tersebut mempunyai kandungan unsur pozzolan. Sifat pozzolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan

halus dapat bereaksi dengan kapur padam (aktif) dan air pada suhu kamar (240C – 270C) membentuk senyawa yang padat dan tidak larut dalam air.

Tanah Tulakan adalah tanah yang mengandung unsur silikat dan aluminat. Sehingga apabila digunakan bersamaan dengan kapur, maka sifatnya bisa berubah menjadi layaknya semen karena secara umum kandungan semen adalah kapur, silikat, dan aluminat. Jadi, tanah Tulakan mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan dalam pembentukan semen konvensional, yaitu senyawa-senyawa oksida seperti CaO, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Karena itu, seharusnya tanah Tulakan dapat difungsikan sebagai pengganti tanah liat yang digunakan pada pembuatan semen konvensional.

2. IDENTIFIKASI DAN PERUMUSAN MASALAH

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dari tanah Tulakan dalam upayanya untuk menggantikan semen sebagai bahan konstruksi. Bagaimana peran tanah Tulakan tersebut dalam menggantikan bahan semen, serta bagaimana kinerjanya sebagai beton struktur, bila sebagian semen sebagai salah satu komponen bahan penyusun beton sudah tergantikan dengan tanah Tulakan.

3. TINJAUAN PUSTAKA

Pozolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah. Standar mutu pozzolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ tinggi dan reaktivitasnya tinggi dengan kapur.

Ketiga kelas pozzolan tersebut adalah :

- Kelas N : Pozzolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomik, opaline cherts dan shales, tuff dan abu vulkanik atau pumicite, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.
- Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.
- Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Jenis-jenis pozzolan menurut proses pembentukannya (asalnya) di dalam ASTM 593-82 dibedakan menjadi dua jenis yaitu Pozzolan alam dan Pozzolan buatan. Pozzolan alam adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi. Sedangkan untuk pozzolan buatan sebenarnya banyak macamnya, baik merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran, seperti abu terbang (*fly ash*), abu sekam (*rice husk ash*), silika fume dan lain-lain.

Pozzolan alam mempunyai mutu, bentuk serta warna yang berbeda-beda antara satu deposit dengan deposit yang lainnya. Misalkan mutu pozzolan di daerah Kalibagor, Situbondo mempunyai mutu jauh lebih baik dari pada yang berasal dari daerah Wlingi, Blitar. Karena mutu pozzolan alam yang tidak sama disetiap tempat, maka untuk mengontrol kualitasnya digunakan standarisasi mutu pozzolan dari ASTM.

Sifat pozzolan alam terhadap beton pada dasarnya mirip dengan pozzolan lainnya, yaitu memperlambat waktu setting sehingga kekuatan awal beton rendah, bereaksi dengan Ca(OH)₂ membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) sehingga mengurangi kandungan CA(OH)₂ dalam beton, membuat beton tahan terhadap air laut dan sulfat.

Di dalam proses hidrasi semen selain menghasilkan senyawa CSH, CAH dan CAF yang bersifat sebagai bahan perekat juga menghasilkan kapur yang angka kelarutannya tinggi dan bersifat basa. Dengan adanya pozzolan maka kapur yang timbul akan beraksi membentuk CSH, CAH dan CAF yang mempunyai sifat

sebagai bahan perekat. Semen yang mempunyai bahan tambahan pozzolan akan mempunyai sifat-sifat seperti panas hidrasi akan turun karena dengan adanya tambahan pozzolan kandungan C_3A dalam semen berkurang, campuran pasta semen pada keadaan konsistensi normal maka faktor air semen akan meningkat dengan adanya pozzolan, workabilitas dari beton yang memakai semen pozzolan akan lebih baik, merubah waktu setting, merubah kekuatan beton.

Menurut Persyaratan Kimia Berdasarkan ASTM C618-92a, kandungan *pozzoland* dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 1. Persyaratan Kimia Berdasarkan ASTM C618-92a

Komposisi	Kelas		
	N	F	C
Jumlah $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (min, %)	70.0	70.0	70.0
SO_3 (max, %)	4.0	5.0	5.0
Na_2O (max, %)	1.5	1.5	1.5
Kadar kelembaban (max, %)	3.0	3.0	3.0
Hilang pijar (max, %)	10.0	6 ^A	12

^A Penggunaan pozzolan kelas F dengan hilang pijar sampai 12 % harus dengan persetujuan dan didukung oleh hasil pengujian laboratorium.

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.

Kuat Lekat Tulangan

Kemampuan antara baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya gaya yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (Winter, 1993).

Pada penggunaan sebagai salah satu komponen bangunan, beton selalu diperkuat dengan batang baja tulangan yang diharapkan baja dapat bekerjasama dengan baik, sehingga hal ini akan menutup kelemahan yang ada pada beton yaitu kurang kuat dalam menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan.

Kuat lekat beton sangat dipengaruhi oleh daya alir beton segar, semakin tinggi faktor air semen akan meningkatkan kecacakan dan daya alir beton segar sehingga beton dapat menyelimuti permukaan tulangan secara sempurna (fu dan cheng, 1997)

Beton bertulang dapat berfungsi sebagai bahan komposit dengan baik jika diusahakan supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari satu bahan ke bahan yang lain.

Pengujian kuat lekat tulangan pada beton dilaksanakan dengan memberikan gaya tarik pada tulangan yang tertanam didalam beton.

$$f_b = \frac{F}{\pi \cdot D \cdot L}$$

dengan :

f_b = kuat lekat beton (N/mm^2)

F = gaya tarik baja tulangan (N)

D = diameter baja tulangan (mm).

L = panjang tulangan yang tertanam pada beton (mm)

4. METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan pokok yang digunakan adalah :

1. Semen *Portland type I*, digunakan sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton.
2. Agregat halus (pasir), digunakan sebagai bahan pengisi beton.
3. Agregat kasar (batu kerikil), digunakan sebagai bahan pengisi beton. Agregat kasar yang digunakan dibatasi yaitu yang berdiameter maksimum 10 mm.
4. Air, digunakan bahan pereaksi semen Portland yang juga berfungsi sebagai pelumas adukan beton.
5. Tanah Tulakan-pacitan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.
6. Baja Tulangan D 19.



Gambar 1. Tanah dan lokasi pengambilan sampel

Tahapan Penelitian

Tahap I : Pengadaan dan Pemeriksaan bahan

Pada tahap ini dipersiapkan semua bahan yang akan dipakai dalam penelitian, yaitu semen Portland type I, tanah tulakan, kapur, pasir, kerikil, dan air. Sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kualitas bahan. Untuk semen dan tanah Tulakan 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. Bahan-bahan tersebut secara kualitas harus memenuhi persyaratan yang diatur dalam peraturan.

Tahap II : Perencanaan benda uji

Rencana campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode perancangan menurut SNI. Nilai fas yang digunakan adalah 0,5. Komposisi Tanah Tulakan pada campuran adalah (0% ; 10% ; 15% ; 20% ; 25%) dari jumlah semen yang digunakan, dengan 5 buah benda uji untuk masing-masing variasi campuran.

Tahap III : Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah perhitungan rencana campuran selesai, dan persiapan alat-alat maupun bahan harus dalam kondisi baik.

Pengujian nilai slump. Pengujian nilai *slump* dimaksudkan untuk mengetahui kekentalan (konsistensi) dari pasta beton yang telah dibuat dengan menggunakan kerucut *Abram's* yang digunakan berbentuk terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Nilai *slump* yang direncanakan adalah 7,5 cm sampai 10 cm.

Perawatan (curing). Perawatan beton dilaksanakan dengan tujuan untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu dalam kondisi lembab.

Pengujian berat jenis beton. Pengujian berat jenis beton dimaksudkan untuk mengetahui kepadatan suatu beton.

Tahap IV : Pelaksanaan pengujian

Pengujian kuat tekan beton. Benda uji di uji pada umur 28 hari. Sehari sebelum pengujian, benda uji silinder diangkat dari bak perendaman untuk dikeringan dengan cara diangin-anginkan. Kemudian silinder diangkat dan ditempatkan secara sentries pada dudukan mesin penguji, dalam hal ini *Universal Testing Machine*. Setelah siap, maka dimulai pembebanan dengan kecepatan pembebanan diatur 15 MPa/menit. Selama pengujian, dicatat besarnya beban dan perpindahan benda uji. Pengamatan dilakukan sampai benda uji hancur.

Pengujian kuat lekat tulangan

Benda uji kubus berukuran 150 mm, dan tulangan diameter 19 mm ditanam pada benda uji tersebut. Benda uji dicor, dipadatkan dan dirawat. Baja dibebani (ditarik) tidak melampaui 34 MPa/mm. Beban dan slip dicatat selama interval tes sampai leleh. Beton terbelah (slip), atau terjadi slip 2,5 mm pada pembebanan akhir. Kekuatan lekat dihitung sebagai beban dibagi luas permukaan nominal beton yang tertanam

Tahap V : Analisis hasil pengujian

Pengujian kuat tekan. Data hasil pengujian kuat desak silinder yang berupa beban P dan perpindahan 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 komposisi tanah terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.

Pengujian kuat lekat tulangan

Dari data-data hasil pengujian, kekuatan lekat dihitung sebagai beban dibagi luas permukaan nominal beton yang tertanam. Dari lima benda uji, diambil nilai rata-ratanya. Dari membandingkan nilai kuat lekat tulangan rerata antara variasi benda uji, dapat diketahui seberapa besar pengaruh komposisi jumlah tanah+kapur dan jenis perendaman terhadap tingkat kuat lekat tulangan yang dihasilkan.

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tanah Tulakan

Dari hasil anilisis kimia yang dilakukan di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian (BPPTK) Yogyakarta, didapatkan hasil :

Tabel 2. Kandungan Tanah Tulakan

UNSUR	KANDUNGAN (%)
SiO ₂	53,36
Al ₂ O ₃	14,68
Fe ₂ O ₃	7,66
CaO	4,87
MgO	1,10
Na ₂ O	2,15
K ₂ O	2,69
MnO	0,07
TiO ₂	1,08
P ₂ O ₅	0,27
H ₂ O	4,20
HD	7.84

Berdasarkan kandungan yang dimiliki, tanah Tulakan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam pozzolan kelas N, terlihat dari Tabel 2. di atas jumlah SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ lebih dari 70 % dan kandungan SO₃ kurang dari 4% dari beratnya (Berdasarkan ASTM C618-92).

Tabel 3. Perencanaan campuran beton untuk 5 buah benda uji.

fas	Tanah (%)	Air (Kg)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Semen (Kg)	Tanah (kg)
0,5	0	3,236	12,579	16,274	6,473	0
	10				5,825	0,6473
	15				5,502	0,9709
	20				5,178	1,2946
	25				4,854	1.6182

Pengujian Kuat Tekan Beton

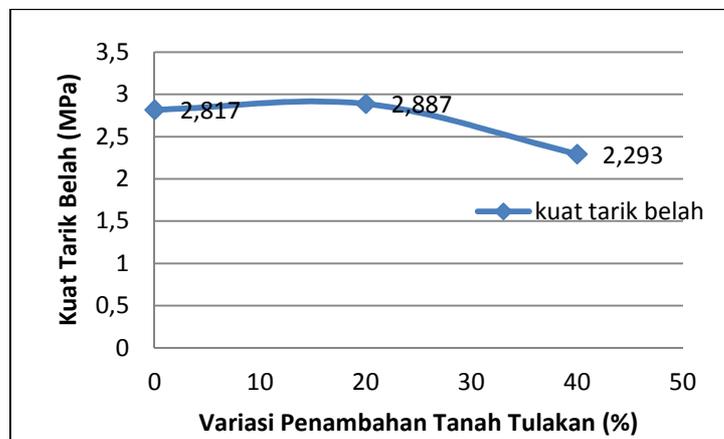


Gambar 2. Grafik Hubungan antara kuat tekan beton dan penambahan Tanah Pozolan

Perbandingan antara beton silinder normal dengan beton silinder yang diganti sebagian semen dengan tanah Tulakan memperlihatkan kuat tekan dari masing-masing variasi, yaitu penggantian semen dengan tanah sebesar 10% mengalami kenaikan 0,755 MPa atau 2,59% dari kuat tekan rata - rata beton normal sebesar 29,048 MPa menjadi 29,803 MPa. Sedangkan pada penambahan tanah sebesar 15% mengalami kenaikan 0,943 MPa atau 3,24 % dari kuat tekan rata - rata beton normal menjadi 29,991 MPa. Pada penambahan tanah sebesar 20% mengalami kenaikan 0,283 MPa atau 0,97% dari kuat tekan rata - rata beton normal menjadi 29,331 MPa. Sedangkan yang terjadi pada penambahan tanah sebesar 25% mengalami penurunan 0,849 MPa atau 2,93% dari kuat tekan rata - rata beton normal sebesar 29,048 MPa menjadi 28,199 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggantian semen dengan tanah sebesar 15% kuat tekan rata - rata beton mencapai maksimum, yaitu 29,991 MPa sedangkan pada penambahan tanah sebesar 25% mengalami penurunan sehingga kuat tekan rata – ratanya 28,199 MPa. Jadi penggantian semen dengan tanah Tulak'an yang efektif berkisar antara 10 – 20% yang masih bisa digunakan sebagai campuran pada beton.

Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

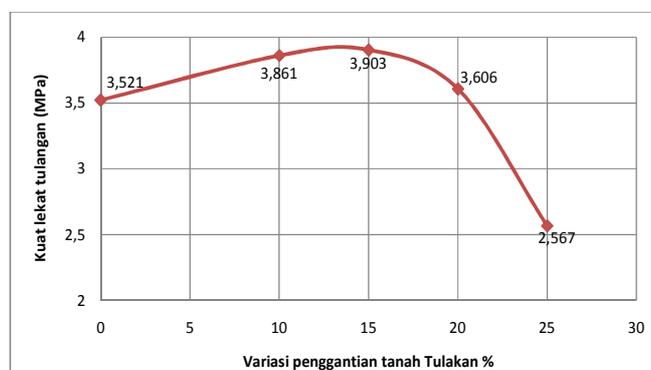
Hasil uji kuat kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa penggantian semen dengan tanah Tulakan meningkat pada prosentase 20% sebesar 2,513% dan prosentase 40% mengalami penurunan sebesar 20,588%.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara kuat tarik belah beton dan penambahan Tanah Pozolan

Pengujian Kuat Lekat Beton

Nilai kuat lekat tulangan beton rata-rata pada penggantian tanah Tulakan 10% mengalami kenaikan sebesar 8,971%, penggantian tanah Tulakan 15% mengalami kenaikan sebesar 9,783%, penggantian tanah Tulakan 20% mengalami kenaikan sebesar 2,353% dan penggantian tanah Tulakan 25% mengalami penurunan sebesar 27,108% sehingga menjadi 2,567 MPa. Kuat lekat optimal terdapat pada beton dengan campuran tanah Tulakan 10% - 20%.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara kuat lekat tulangan beton dan penambahan Tanah Pozolan

6. KESIMPULAN

Berdasarkan kandungan kimia yang dimiliki, tanah Tulakan termasuk dalam pozzolan kelas N, yaitu dengan jumlah $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 70 % dan kandungan SO_3 kurang dari 4% dari beratnya (Berdasarkan ASTM C618-92).

Secara keseluruhan, pada prosentase penggantian semen antara 10% – 20% sebagai bahan campuran pada beton, penggunaan Tanah Tulakan sebagai pengganti semen efektif bisa mempertahankan bahkan menaikkan nilai kuat tekan beton sampai dengan 3,24%, pada pengujian kuat tarik belah mampu menaikkan sampai dengan 2,513% dari nilai beton normal dan pada pengujian kuat lekat tulangan mampu bertahan dan naik sampai dengan 9,783% dari nilai normalnya.

Secara keseluruhan, penggunaan Tanah Tulakan sebagai pengganti sebagian semen efektif bisa mempertahankan bahkan dapat menaikkan tingkat durabilitas beton pada komposisi campuran tertentu yaitu berada pada prosentase penggantian semen antara 10% sampai dengan 20% sebagai bahan campuran pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- American Standart Testing Method C 618 – 93, 1991. *Standard Test Method for Fly Ash*, Annual book of ASTM volume 04.02, USA
- Anonim, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SKSNI T15-1990-03, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Puspen dan Pengembangan Pemukiman, Jakarta.
- Gideon, H. K., Kole P, Sagel, 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Murdock, dan K.M.Brook, 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Nugraha, P, 1989. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K, 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

