

PROSIDING

SIMPOSIUM NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN (SNTT) I / 2013

ISSN 2339 - 028X

**Mendorong PTM
untuk berperan
meningkatkan
daya kreasi
dan inovasi
teknologi terapan**

FORUM GRUP DISKUSI TEKNOLOGI
PERGURUAN TINGGI MUHAMMADIYAH SE - INDONESIA

FGDT-PTM IV

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
RABU, 27 NOVEMBER 2013



FORUM GRUP DISKUSI TEKNOLOGI
PERGURUAN TINGGI MUHAMMADIYAH



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
PENGURUS PUSAT MUHAMMADIYAH



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA

Sertifikat

Diberikan kepada :

Yenny Nurchasana

Sebagai Pemakalah

Simposium Nasional Teknologi Terapan I (SNTT 2013)

Dengan Tema

“ MENDORONG PTM UNTUK BERPERAN MENINGKATKAN DAYA KREASI DAN INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN ”

Rektor,



Dr. dr. Sukadiono, MM



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

FORUM GRUP DISKUSI TEKNOLOGI
PERGURUAN TINGGI MUHAMMADIYAH SE - INDONESIA

FGDT-PTM

UMSURABAYA 27-28 NOPEMBER 2013

Ketua Panitia



Ir. Gunawan, MT



FORUM GRUP DISKUSI TEKNOLOGI
PERGURUAN TINGGI MUHAMMADIYAH



PERMEABILITAS PADA KONSTRUKSI BETON DENGAN BAHAN BAKU POZOLAN ALAM SEBAGAI ALTERNATIF PENGANTI SEMEN

Yenny Nurhasanah^{1*}, Aditya Setyawan¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Tromol Pos I Pabelan, Surakarta.

*Email: yn.chasanah@gmail.com

Abstrak

Deposit tanah pozolan di Indonesia berlimpah seiring dengan keberadaan pegunungan aktif. Disisi yang lain meningkatnya kebutuhan terhadap semen tidak dapat direduksi yang mengakibatkan polusi dan penggunaan bahan bakar yang tidak terbarukan dalam produksi semen tidak bisa dihindarkan, maka telah diuji suatu bahan alternatif yang akan diaplikasikan sebagai pengganti semen pada konstruksi beton, yaitu tanah pozolan dari Tulakan Pacitan Jawa Timur. Salah satu parameter untuk mengukur performance beton adalah tingkat daya resap atau permeabilitas beton. Permeabilitas beton adalah tingkat derajat kerapatan konstruksi beton untuk dapat ditembus oleh zat cair. Dikatakan permiable jika beton tersebut dapat dilalui air dan jika sebaliknya maka dikatakan impermeable. Telah diuji beton silinder untuk mengetahui nilai permeabilitas beton. Rencana campuran adukan beton menggunakan metode perancangan menurut cara SNI dengan faktor air semen (f.a.s) rencana 0,5 dengan variasi penggantian semen dengan tanah pozolan 5%, 10%, 15% dan 20% dan masing-masing ditambahkan kapur 10%. Nilai permeabilitas beton normal 0,0041 MPa. Nilai permeabilitas beton dengan penggantian tanah Tulakan 5% sampai dengan 20%+kapur 10% mampu mempertahankan nilai permeabilitasnya dan bahkan memiliki kecenderungan untuk berada di bawah nilai permeabilitas beton normal.

Kata kunci: kapur, permeabilitas beton, semen, tanah pozolan

PENDAHULUAN

Keberadaan pozzolan alam di Indonesia banyak dijumpai di daerah dekat pegunungan yang masih aktif seperti di daerah Nagrek (Jawa Barat), Gunung Muria (Jawa Tengah), Gunung Lawu (Jawa Timur) dan daerah lainnya di pulau Jawa, Sumatra, Sulawesi, Nusa Tenggara dan Halmahera. Bahan pozzolan itu sendiri sudah lama dikenal di Indonesia sebagai bahan bangunan yang dicampur kapur padam. Hanya pengolahannya masih terbatas dan belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk itu diperlukan teknologi yang lebih maju dalam pengolahannya.

Dimanapun dan siapapun produsen semen, mereka tetap menggunakan bahan yang sama, yakni 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.

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.

METODE PENELITIAN

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 pozolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozolan

mempunyai mutu yang baik apabila jmlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur.

Ketiga kelas pozzolan tersebut adalah :

Kelas N : Pozolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomioic, 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 mngandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Kelas F : Fly ash yang mngandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

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 lainya, yaitu memperlambat waktu setting sehingga kekuatan awal beton rendah, bereaksi dengan $\text{CaO}(\text{OH})_2$ membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (CSH) sehingga mengurangi kandungan $\text{CA}(\text{OH})_2$ dalam beton, membuat beton tahan terhadap air laut dan sulfat.

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 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (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

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.

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 agegat 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.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan pokok yang digunakan adalah :

- Semen *Portland type I*, digunakan sebagai bahan ikat hidrolis untuk pembuatan beton.
- Agregat halus (pasir), digunakan sebagai bahan pengisi beton.
- Agregat kasar (batu kerikil), digunakan sebagai bahan pengisi beton. Agregat kasar yang digunakan dibatasi yaitu yang berdiameter maksimum 10 mm.
- Air, digunakan pereaksi semen Portland yang juga berfungsi sebagai pelumas adukan beton.
- Kapur, sebagai pengganti kekurangan senyawa CaO.
- Tanah Tulakan-pacitan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton.

Pengukuran Permeabilitas Beton

Untuk mengetahui dan mengukur permeabilitas beton perlu dilakukan pengujian. Uji permeabilitas ini terdiri dari dua macam; (1) uji aliran (*flow test*) dan, (2) uji penetrasi (*penetration test*). Uji yang pertama digunakan untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air jika ternyata air dapat mengalir melalui sampel beton. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sampel. Dari data yang dihasilkan oleh uji permeabilitas ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas, suatu angka yang menunjukkan kecepatan rembesan fluida dalam suatu zat.

Pada uji aliran, koefisien permeabilitas dihitung dengan Rumus Darcy sebagai berikut:

$$K = \frac{\rho \cdot g \cdot L \cdot Q}{P \cdot A} \quad (1)$$

dengan :

K : koefisien permeabilitas (cm/det) ; ρ : massa jenis air (kg/cm³)
 g : percepatan gravitasi (cm/det²) ; L : panjang atau tinggi sampel (cm)
 Q : debit aliran air (cm³/det) ; P : tekanan air (kg/cm²)
 A : luas penampang sampel (cm²)

Pada uji penetrasi, rumus yang dipakai adalah

$$K = \frac{d^2 \cdot u}{2 \cdot T \cdot h} \quad (2)$$

dengan :

K : koefisien permeabilitas (m/det) ; d : kedalaman penetrasi (m)
 T : waktu penetrasi (det) ; h : tinggi tekanan (m)
 u : angka pori beton

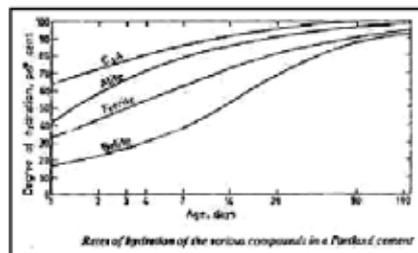
Angka pori beton, v , dihitung dengan menggunakan rumus

$$u = \frac{\{(w/c) \cdot (100 - a) \cdot 36,15\}}{(w + 100/g)} \quad (3)$$

dengan :

v : angka pori beton ; w/c : faktor air semen
 w : jumlah air bebas dalam beton (g/cm²) ; g : massa jenis beton (g/cm³)
 a : derajat hidrasi beton

Derajat hidrasi beton, α , diperoleh dari grafik yang menyatakan hubungan antara derajat hidrasi dan umur pasta semen untuk tipe semen tertentu. Bentuk tipikal grafik ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik derajat hidrasi semen menurut komponen penyusun semen

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 *f_{as}* yang digunakan adalah 0,5. Komposisi Tanah Tulakan pada campuran adalah (0% ; 5% ; 10% ; 15% ; 20%) 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 dilakukan setelah usia benda uji mencapai mencapai umur yang telah ditentukan.

Setelah benda uji sampai pada umur rencana, kemudian dilakukan pengujian permeabilitas beton dengan cara memberikan tekanan air pada permukaan beton, alat ini mempunyai kapasitas tekanan maksimal 10 bar. Langkah-langkah pemeriksaan adalah sebagai berikut: (i) menghaluskan permukaan beton agar rata dan tidak terjadi kebocoran saat pengujian, (ii) memasang tabung penneabilitas pada permukaan yang dihaluskan, supaya lebih rapat pada bagian pertemuan tabung dan beton diberi karet dan dilem, (iii) kemudian beton dipasang pada dudukan penekan dan baut dikencangkan, (iv) tabung air diisi dengan air dan dipompakan sampai diperoleh tekanan 3 bar (kg/cm^2), dan dilakukan selama 1 jam, setelah 1 jam benda uji dikeluarkan dari alat uji permeabilitas, kemudian dibelah menggunakan mesin uji tekan dengan posisi silinder terbaring. Setelah silinder beton terbelah, diukur kedalaman rembesan air dari permukaan beton. Dengan menggunakan Persamaan (2) dihitung koefisien permeabilitas (*K*) benda uji.

Tahap V : Analisis hasil pengujian

Data hasil pengujian permeabilitas benda uji silinder, dapat ditentukan besarnya kedalaman penetrasi (rembesan) air dalam beton. Dengan menggunakan Persaman (2) dapat ditentukan nilai koefisien permeabilitas (*K*) dari masing-masing benda uji. Dari lima benda uji, diambil nilai rata-ratanya. Dari membandingkan koefisien permeabilitas rerata antara variasi benda uji, dapat diketahui seberapa besar pengaruh komposisi jumlah tanah+kapur dan jenis perendaman terhadap tingkat kekedapan air yang dihasilkan.

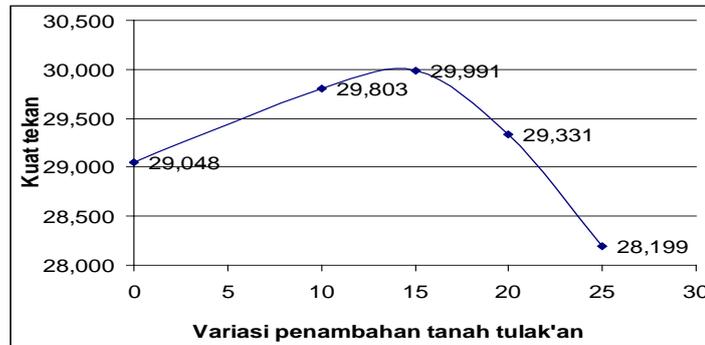
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton

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.

Hasil pemeriksaan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 2. berikut :

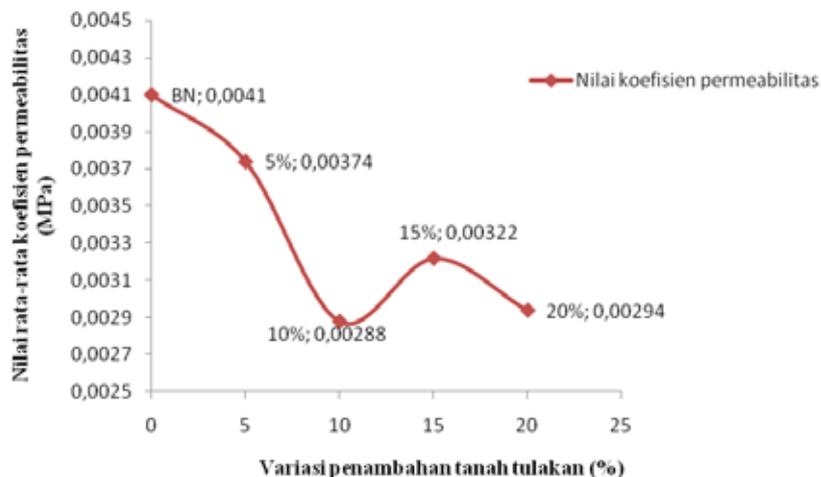


Gambar 2. Grafik Hubungan antara kuat tekan beton dan penambahan Tanah Pozolan

Pengujian Permeabilitas Beton

Tabel 2. Nilai Koefisien Permeabilitas Beton Silinder

No	Jenis Beton	Nilai Koefisien permeabilitas (cm/dt)					Rata-Rata
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	
1	Beton Normal (BN)	0,0049	0,0042	0,0039	0,0042	0,0035	0,0041
2	Beton 5%	0,0042	0,0045	0,0039	0,0032	0,0029	0,00374
3	Beton 10%	0,0032	0,0029	0,0029	0,0025	0,0029	0,00288
4	Beton 15%	0,0032	0,0039	0,0029	0,0032	0,0029	0,00322
5	Beton 20%	0,0025	0,0029	0,0032	0,0029	0,0032	0,00294



Gambar 3. Grafik Hubungan antara variasi penambahan tanah tulakan dengan nilai rata-rata koefisien permeabilitas

Pemeriksaan permeabilitas beton dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas beton sehingga diperoleh beton yang lebih kedap terhadap air atau tidak bisa dilewati oleh air. Sebelum dilakukan pengujian permeabilitas, beton yang telah direndam

kemudian didiamkan sampai beton tersebut benar-benar kering, agar dalam pelaksanaan pengujian permeabilitas dapat diketahui seberapa dalamkah air meresap dalam beton. Oleh karena itu, dilakukan penimbangan setiap masing-masing beton agar didapatkan berat yang stabil atau konstan, setelah itu beton sudah dapat diuji permeabilitasnya. Hasil penimbangan dan pemeriksaan permeabilitas beton dapat dilihat pada Tabel 2.

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 menurunkan koefisien Permeabilitas beton pada komposisi campuran tertentu yaitu berada pada prosentase penggantian semen antara 5% sampai dengan 20% sebagai bahan campuran pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, B., 2009. *Pemanfaatan Tanah Tulakan dan kapur Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Campuran Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Fu, X. and Chung, D.D.L., 1997, *Improving the Bond Strength Between Steel Rebar and Concrete by Increasing the Water/Cement Ratio*, Cement and Concrete Research Vol. 27, No. 12, Pergamon.
- Istimawan D, 1994., *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia, Jakarta.
- Iswanto, H., 2009. *Pemanfaatan Tanah Tulakan dan kapur Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Campuran Beton yang direndam air lembah*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Nawy, E.G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Eresco, Bandung
- Nugraha. P., 1982, *Teknologi Beton dengan Antisipasi terhadap Pedoman Beton*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Nurchasanah, Y, 2011. *Addition of Lime to Improve the Characteristic of Tulakan Soil as Natural Pozzolan to Substitute Portland Cement as Construction Material*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Vol.11, No.2-Mei 2011.
- Nurchasanah, Y, 2012. *Durabilitas of 'Tulakan' Soil As Natural Pozzolan To Substitute Portland Cement As Construction Material*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Vol.12, No.3 – September 2012.
- Nurchasanah, Y, 2013. *Characteristic of 'Tulakan' Soil as Natural Pozzolan to Substitute Portland Cement as Construction Material*, Procedia Engineering at Elsevier Ltd. Procedia Engineering – Vol 54, Pgs 1 - 884. (2013) - ScienceDirect.com.
- Rahim, Syahril A, Wahyudi, L. (1997). “*Struktur Beton Bertulang*. Jakarta”: PT. Gramedia Pustaka Utama. Rancangan Standar Nasional Indonesia (2002)
- Rahmat, A., 2009. *Pemanfaatan Tanah Tulakan Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Campuran Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rooseno, 1954, *Beton Bertulang*, Turagung, Jakarta
- Suharno, Bambang. 2011. *Diktat Kuliah Pengcoran Logam 2011*. Depok: Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
- Tjokrodinuljo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Vis, W. C. dan Kusuma, G, H., 1993. *Dasar-dasar perencanaan beton bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*, Seri Beton I, Penerbit Erlangga, Jakarta.