

# TINJAUAN DURABILITAS BETON BERPORI SEBAGAI PERKERASAN JALAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

Fitria Munita Sari<sup>(1)</sup>, Ary Setyawan<sup>(2)</sup>, Kusno Adi Sambowo<sup>(3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: [vie\\_monita@yahoo.com](mailto:vie_monita@yahoo.com), [vie\\_monita@gmail.com](mailto:vie_monita@gmail.com).

## Abstract

Generally, a construction of the roads was used a flexible pavement and rigid pavement which has watertight types. It cause the green land reduction which impact on the water catchment areas. The use of porous concrete was expected to absorb water into the ground. The aims of this research was to determine the value of porosity, stiffness, and porous concrete shrinkage, and to determine the feasibility of porous concrete as construction materials that friendly environment road. The method of this research was Experiment which conducted in the laboratory, that is by reducing the proportion of smooth aggregate in normal concrete mix design. Crushed stone aggregate was used similar size of 1-2 cm. Smooth aggregate in the preliminary test with the proportion of 5%, 10% and 30% from the normal proportion of smooth aggregate concrete. After knowing the right proportion it will be tested porosity, stiffness, shrinkage with variations f.a.s 0.30, 0.35, and 0.40. The result of this research from the porous concrete test using 30% of sand with the variation of f.a.s 0.30, 0.35, and 0.40 shown that the highest porosity occurs in a mixture of 30% sand and f.a.s 0.40 was 20.807% (for normal concrete method) and 27.696% (for VIM method). The values of highest stiffness occurs to the f.a.s 0.35 that was 3.199 KN / mm. While the most of shrinkage values occurs in f.a.s. 0.4 that was 1881.81 of microstrain.

**Keywords:** Porous concrete, similar aggregate 1-2, water-cement ratio, porosity, stiffness, shrinkage

## Abstrak

Pembangunan jalan secara umum menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang kedap air menyebabkan berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air. Penggunaan beton berpori diharapkan dapat meresapkan air ke dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai porositas, kekakuan, dan susut beton berpori, serta untuk mengetahui kelayakan beton berpori sebagai bahan konstruksi jalan yang ramah lingkungan. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium, yaitu dengan mengurangi proporsi agregat halus pada mix desain beton normal. Agregat batu pecah yang dipakai yaitu ukuran seragam 1-2 cm. Agregat halus dalam uji pendahuluan dengan proporsi 5%, 10% dan 30% dari proporsi agregat halus beton normal. Setelah diketahui proporsi yang tepat maka akan diuji porositas, kekakuan, susut dengan variasi f.a.s 0,30; 0,35; dan 0,40. Dari hasil pengujian beton berpori menggunakan 30% pasir dengan variasi f.a.s 0,30; 0,35; dan 0,40. Porositas tertinggi terjadi pada campuran 30% pasir dan f.a.s 0,40 yaitu sebesar 20,807% (untuk metode beton normal) dan sebesar 27,696% (untuk metode VIM). Nilai kekakuan tertinggi terjadi pada f.a.s 0,35 yaitu sebesar 3,199 KN/mm. Sedangkan nilai susut paling besar terjadi pada f.a.s 0,4 yaitu sebesar 1881,81 microstrain.

**Kata Kunci:** Beton berpori, agregat seragam 1-2, faktor air semen, porositas, kekakuan, susut

## PENDAHULUAN

Beton berpori (*porous concrete*) merupakan material konstruksi yang memiliki keunikan tersendiri. Sesuai dengan namanya, beton berpori adalah beton yang memiliki pori-pori sehingga dapat ditembus oleh air. Dengan adanya pori-pori pada beton, maka dapat digunakan untuk menyerap limpasan permukaan dan sekaligus menambah cadangan air tanah. Dengan diaplikasikan pada perkerasan jalan misalnya pada bahu maka limpasan air dari jalan diharapkan akan terserap kedalam tanah, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase.

Perkerasan beton berpori sangat jarang digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Tetapi apabila melihat kegunaan dari beton berpori sebagai beton multifungsi terutama untuk menanggapi isu *green engineering*, maka beton berpori dapat dianggap layak dijadikan salah satu bahan konstruksi ringan yang memegang peranan penting di masa depan. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian tentang cara pembuatan, komposisi, dan daya tahan dari beton berpori sebagai bahan konstruksi yang ramah lingkungan terutama untuk aplikasi konstruksi dengan beban yang relatif ringan.

Dalam penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat 1-2 dengan gradasi seragam. Pemakaian agregat halus di dalam beton berpori sangat dibatasi. Dibatasinya pemakaian agregat halus ini bertujuan untuk mencegah terbentuknya beton yang padat sehingga beton yang dihasilkan tidak berpori lagi.

Oleh karena itu untuk mengetahui karakteristik beton berpori dengan agregat 1-2 dengan gradasi seragam, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui porositas, *stiffness*, *shrinkage* yang dapat dicapai oleh beton berpori

maupun faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton berpori dalam menahan perubahan bentuk yang terjadi akibat pembebanan.

### **Beton Berpori**

Beton berpori adalah beton yang memiliki pori-pori atau rongga pada strukturnya, sehingga memungkinkan cairan mengalir melalui rongga-rongga yang terdapat pada beton. Agregat yang digunakan hanya agregat kasar saja atau dengan sedikit agregat halus. Faktor air semen harus dijaga sedemikian rupa agar setelah beton mengeras pori-pori yang terbentuk tidak tertutup oleh campuran pasta semen yang mengeras. Selain itu kontrol pada faktor air semen juga bertujuan agar butir-butir agregat dapat terikat kuat satu sama lain.

### **Material Penyusun Beton Berpori**

#### Agregat

Agregat kasar yang digunakan pada beton berpori memiliki dimensi yang seragam atau dapat dikombinasikan dengan agregat berdimensi lain dengan minimal dimensi 9mm – 5mm. Sedangkan untuk agregat halus pada beton berpori hanya digunakan sedikit.

#### Semen

Semen yang dibutuhkan dalam pembuatan beton berpori sebaiknya dalam kondisi baik serta memenuhi standart SNI 15-2049-2004 mengenai semen *portland*. Jenis semen yang digunakan PPC (*Pozoland Portland Cement*).

#### Air

Kualitas air yang digunakan dalam campuran beton berpori tidak berbeda dengan beton normal, dimana air yang digunakan memiliki kualitas yang baik juga. Sesuai dengan persyaratan SNI 03-6871-2002. Pada pembuatan beton, air diperlukan dalam proses pengadukan untuk melarutkan semen supaya membentuk pasta semen yang kemudian mengikat semua agregat dari yang paling besar sampai yang paling halus dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dalam proses pengadukan, maupun pemadatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa air berperan sebagai penyatu dari keseluruhan komponen beton.

## **METODE**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data atau hasil yang menghubungkan antar variabel – variabel yang diselidiki. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian *stiffness*/ kekakuan, pengujian porositas, dan pengujian *shrinkage*/ penyusutan.

### **Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

Tahap I : Disebut tahap persiapan. Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

Tahap II : Disebut tahap uji bahan. Pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap material penyusun beton berpori. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut. Selain itu untuk mengetahui apakah material tersebut memenuhi persyaratan atau tidak.

Tahap III : Disebut tahap pembuatan benda uji. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut:

- a. Penetapan rancang campur (*mix design*) adukan beton berpori.
- b. Pembuatan adukan beton berpori.
- c. Pemeriksaan nilai *slump*.
- d. Pembuatan benda uji.

Tahap IV : Disebut tahap perawatan (*curing*). Pada tahap ini dilakukan perawatan terhadap benda uji yang telah dibuat pada tahap III. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji setelah dilepas dari cetaknya.

Tahap V : Disebut tahap pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian *stiffness*/ kekakuan, porositas dan *shrinkage*/ penyusutan. Pengujian *stiffness*/ kekakuan dilakukan terhadap benda uji balok berukuran 100x100x400 mm, pengujian porositas dilakukan terhadap benda uji kubus beton berukuran 50x50x50 mm, sedangkan pengujian *shrinkage*/ penyusutan terhadap benda uji balok beton dengan ukuran 300x60x60 mm.

Tahap VI : Disebut tahap analisa data. Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

Tahap VII : Disebut tahap pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Agregat Halus

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SK-SNI S-36-1990-03	Kesimpulan
Kandungan Zat Organik	kuning muda	Jernih atau kuning muda	Memenuhi Syarat
Kandungan Lumpur	2%	Maksimum 5%	Memenuhi Syarat
Bulk Specific Gravity	2,67	2,5 - 2,7	Memenuhi Syarat
SSD			
Absorbtion	0,60%	-	-
Modulus Halus Butir	2,67	2,3 - 3,1	Memenuhi Syarat
Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan

Modulus agregat halus berkisar antara 2,3-3,1 (Tjokrodimaljo, 1996). Dari hasil perhitungan modulus halus agregat halus sebesar 2,67 sehingga masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.

Dari Tabel 1. hasil pengujian gradasi agregat halus bisa diketahui pula bahwa pasir yang digunakan masih memenuhi syarat sebagai agregat halus untuk beton berpori menurut SK-SNI S-36-1990-03.

### Hasil Pengujian Agregat Kasar

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SK-SNI S-36-1990-03	Kesimpulan
Bulk Specific Gravity	2,69	2,5 - 2,7	Memenuhi Syarat
SSD			
Absorbtion	0,83%	-	-
Modulus Halus Butir	7,66	5 - 8	Memenuhi Syarat
Abrasi	10%	< 50%	Memenuhi Syarat

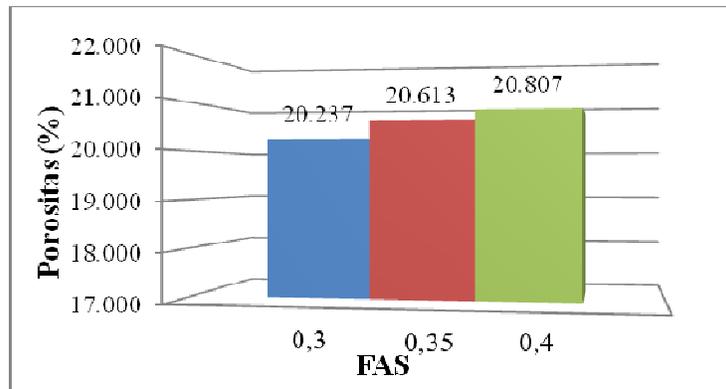
Modulus halus agregat kasar berkisar antara 5-8 (Tjokrodimaljo, 1996). Dari hasil perhitungan didapat nilai modulus halus agregat kasar sebesar 7,92. Karena masih berada dalam batasan yang seharusnya sehingga memenuhi syarat sebagai agregat kasar.

Dari Tabel 2. hasil pengujian gradasi agregat kasar dapat diketahui pula bahwa agregat kasar yang digunakan tidak memenuhi syarat sebagai agregat kasar untuk beton berpori menurut SK SNI S-36-1990-03. Karena gradasi yang digunakan untuk beton berpori digunakan gradasi seragam atau terbuka.

### Hasil Pengujian Porositas

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Porositas Beton Berpori dengan Metode Beton Normal

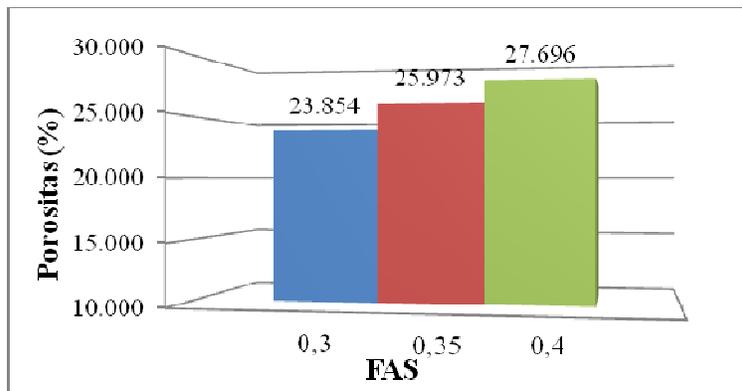
30% Pasir	Nomor Benda Uji	Porositas (%)	Porositas Rata-rata (%)
FAS 0,3	1	20,370	20,237
	2	19,626	
	3	21,905	
	4	19,048	
FAS 0,35	1	20,354	20,613
	2	20,354	
	3	21,053	
	4	20,690	
FAS 0,4	1	20,870	20,807
	2	19,130	
	3	19,008	
	4	24,219	



Gambar 1. Grafik Hubungan Porositas dengan FAS

Tabel 4. Hasil Pengujian Porositas Beton Berpori dengan Metode VIM (*Void In Mix*)

30% Pasir	Nomor Benda Uji	Porositas (%)	Porositas Rata-rata (%)
FAS 0,30	1	23,714	23,458
	2	22,526	
	3	24,133	
FAS 0,35	1	25,810	25,973
	2	27,137	
	3	24,971	
FAS 0,40	1	28,464	27,696
	2	27,207	
	3	27,416	



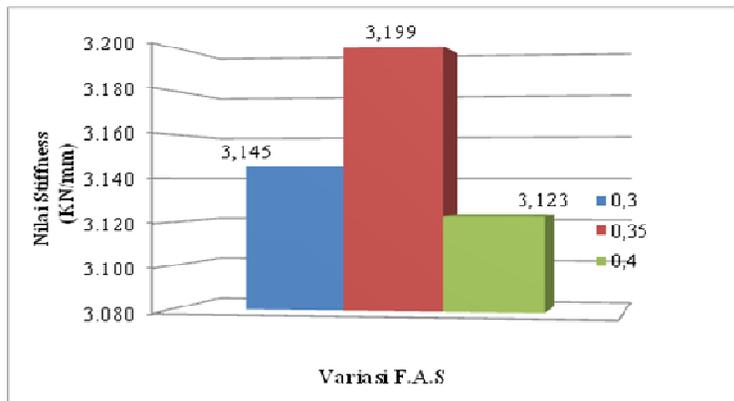
Gambar 2. Grafik Hubungan Porositas Metode VIM Dengan FAS

Dari Tabel 3; Tabel 4 dan Gambar 1; Gambar 2 menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi antara FAS dan porositas yang terjadi adalah semakin besar FAS maka semakin besar porositas yang terjadi dari FAS yang telah ditentukan yaitu 0,3; 0,35; dan 0,4. Pada penelitian ini didapat porositas yang terjadi dengan pergantian FAS 0,30; 0,35; dan 0,40 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Porositas terbesar menurut pengujian beton normal adalah sebesar 20,807 % pada FAS 0,40 dan pada pengujian dengan metode VIM di dapat porositas tertinggi sebesar 27,696% juga terjadi pada FAS 0,40.

**Hasil Pengujian Kekakuan / *Stiffness***

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kekakuan / *Stiffness* umur 28 hari

Kode Sampel	Stiffness (KN/mm)	Stiffness rata-rata (KN/mm)
0,30 - 1	2,815	3,145
0,30 - 2	1,864	
0,30 - 3	4,755	
0,35 - 1	2,048	3,199
0,35 - 2	6,086	
0,35 - 3	1,464	
0,40 - 1	5,480	3,123
0,40 - 2	1,897	
0,40 - 3	1,993	



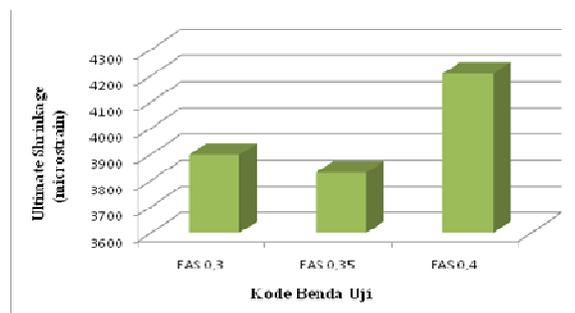
**Gambar 3.** Grafik Hubungan Nilai *Stiffness* umur 28 hari dengan Variasi FAS

Dari Tabel 5 dan Gambar 3 diatas dapat diketahui berapa besar pengaruh pergantian faktor air semen terhadap peningkatan nilai *stiffness*. Pada umur 28 hari pergantian FAS 0,30 sebesar 3,145 KN/mm, pergantian FAS 0,35 terjadi peningkatan sebesar 3,199 KN/mm dan pergantian FAS 0,40 terjadi penurunan sebesar 3,123 KN/mm.

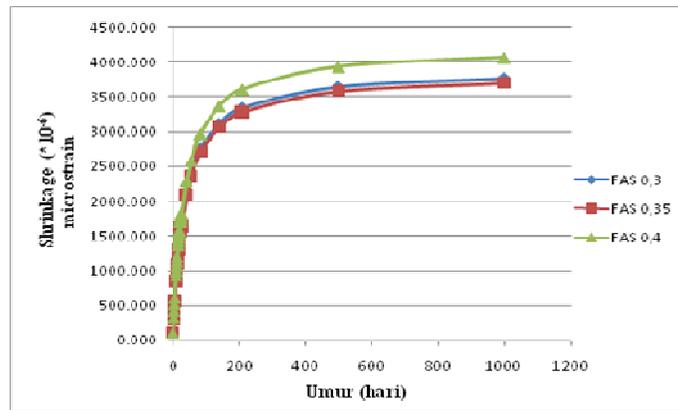
**Hasil Pengujian Susut / *Shrinkage***

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Susut / *Shrinkage* prediksi 28 hari dengan Metode ACI 209. R-92

Kode Benda Uji	<i>Ultimate Shrinkage</i> (Metode ACI 209. R-92)
FAS 0,3	3898
FAS 0,35	3830
FAS 0,4	4208



**Gambar 4.** Nilai *ultimate shrinkage* pada Beton Berpori



Gambar 5. Grafik prediksi *shrinkage* pada Beton Berpori dengan metode ACI 209. R-92

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa setelah mengalami pengeringan dalam jangka waktu yang relatif lama, maka susut pada beton berpori akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya umur beton. Nilai *shrinkage* akhir yang tidak akan bertambah lagi disebut *ultimate shrinkage*.

#### Aplikasi Beton Berpori sebagai Perkerasan

Menggunakan beton berpori sebagai salah satu alternatif perkerasan diharapkan dapat mengurangi permasalahan lingkungan yang ada. Dengan penggunaan beton berpori maka air permukaan, terutama air hujan akan dapat disalurkan ke dalam tanah kembali agar tidak terbuang begitu saja. Sehingga dapat menambah cadangan air tanah, serta mencegah terjadinya banjir. Akan tetapi dengan adanya pori-pori pada beton maka kuat tekan beton berpori akan lebih rendah dari pada beton normal, sehingga beton jenis ini lebih cocok digunakan untuk menahan beban lalu lintas yang rendah pada aplikasinya sebagai perkerasan.

#### SIMPULAN

Dari seluruh pengujian, analisis data dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar f.a.s maka porositas beton berpori dengan menggunakan metode uji beton normal maupun metode VIM hasilnya juga semakin besar. Porositas tertinggi terjadi pada campuran 30% pasir dan f.a.s 0,40 yaitu porositas sebesar 20,807% untuk (Metode beton normal), porositas sebesar 27,696% untuk (Metode VIM).
2. Nilai *stiffness*/ kekakuan beton berpori dengan variasi f.a.s 0,3 ; 0,35 ; 0,40 berturut- turut adalah 3,145 KN/mm ; 3,199 KN/mm ; 3,123 KN/mm. Nilai *stiffness* / kekakuan yang optimum terdapat pada f.a.s 0,35. *Stiffness*/ kekakuan yang tinggi diperlukan untuk menahan lentur yang terjadi akibat adanya beban yang bekerja terhadap beton berpori tersebut, sehingga akan mampu untuk menahan beban yang besar dengan lendutan yang kecil.
3. Nilai *shrinkage* dan *ultimate shrinkage* dengan f.a.s 0,4 hasilnya lebih tinggi dibanding variasi f.a.s 0,3 dan 0,35. Semakin banyak jumlah variasi f.a.s, maka nilai *shrinkage* / susut semakin besar. Namun semakin bertambahnya umur pengeringan beton berpori maka nilai *ultimate shrinkage* semakin kecil.
4. Beton berpori dalam penelitian ini belum layak untuk bahan konstruksi jalan. Karena hasil uji kuat tekan beton berpori yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa beton berpori memiliki kuat tekan yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 5,190 Mpa, sedangkan kuat tekan minimal beton berpori yang disyaratkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu sebesar 8,5 MPa. Maka kurang cocok jika digunakan untuk perkerasan yang memiliki intensitas tinggi. Walau demikian, penerapan beton berpori apabila dilihat dari fungsi serta kegunaannya memiliki peranan yang penting bagi lingkungan secara jangka panjang.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc.(Eng), Ph.D. dan Kusno Adi Sambowo, ST, M.Sc, Ph.D yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

#### REFERENSI

Aji Pramana, Setya. 2006. *Pengaruh Pembasaban (Wetting) dan Pengeringan (Drying) terhadap Susut Kering Beton Ringan*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- American Society for testing and materials*.1918. *concrete and material agregates (including manual of agregates and concrete testing)*. ASTM. Philadelphia.
- Basuki, Achmad. 2012. *Beton Ramah Lingkungan*. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Daryanto. 2011. *Kajian Toughness (keuletan) dan Stiffness (kekakuan) beton precast dengan agregat daur ulang dan serat baja dari ban bakar* . Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Firmansyah, Faisal. 2012. *Kajian Kekakuan (Stiffness) dan Keuletan (Toughness) Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ganpule, Sneha Sanjay. 2011. *Use of Porous Concrete as a Green Construction Material for Pavement*. International Journal of Earth Sciences and Engineering. India
- Hidayanti H.,Rakhmita. 2011. *Pengaruh Bahan Tambah Berbasis Gula Terhadap Porositas dan Permeabilitas Beton pada Lingkungan Agresif*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hindaryanto N, Eko. 2010. *Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ir. Agus Nugroho, MM . *Integrasi Lingkungan Dalam Perencanaan Teknis Jalan dan Pelaksanaan Fisik*.
- Neville, A.M. dan Brooks, J.J. 1987. *Concrete Technology*. New York: Longman Scientific & Technical.
- P. Rinayanti, Rika. 2010. *Tinjauan Susut Repair mortar dengan Bahan Tambah Polymer* . Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Paul Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton, dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rachmanto, Yanies. 2007. *Tinjauan Porositas dan Permeabilitas Beton Kedap Air dengan Bahan Tambah Complast X 421 M terhadap Perendaman Air Laut dan Larutan Sulfat*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rizki,Bagus. 2011. *Analisis Susut Beton Dengan Bahan Tambah Abu Terbang untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sagel, R.,Kole, P.,Kusuma, Gideon. 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Erlangga. Jakarta.
- Sambowo A, Kusno. 2002. *Engineering Properties and Durability Performance of Metakaolin and Metakaolin – PFA Concrete*. University of Sheffield (GB).
- Schaefer V.,Wang,K.,Suleimam. And Kevern.J. 2006. *Mix Design Development for pervious concrete in cold weather climates*.Final Report,2006-1: Center for Transportation research and education, Iowa state University.
- Sulistya, Krisna. 2010. *Susut Repair mortar dengan Bahan Tambah Polymer*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Arif, Yogyakarta.