

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 167 - 175	SURABAYA 2018	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	-----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website : tekniksipilunesa.org

Email : REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL	i
DAFTAR ISI	ii
• Vol. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)	
PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR FLATSLAB TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN <i>Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman,</i>	01 – 09
PENGARUH SUBSTITUSI FLY ASH DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M <i>Binti Nur Fitriahsari, Arie Wardhono,</i>	10 – 15
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH MARMER PADA FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA MOLARITAS 10M <i>Imam Agus Arifin, Arie Wardhono,</i>	16 – 23
PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN TINGGI BADAN MANUSIA TERHADAP 3 KELOMPOK YANG BERBEDA <i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	24 – 33
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH SURABAYA BARAT TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING <i>Oryn Wijaya, Machfud Ridwan,</i>	34 – 40
PENGARUH PENGGUNAAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA PAVING BLOCK DENGAN CAMPURAN LIMBAH KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN <i>Hilal Achmad Ghozali, Arie Wardhono,</i>	49 – 55
ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PENGURUKAN DI PROYEK JAVA INTEGRATED INDUSTRIAL PORTS AND STATE (JIPE) DI GRESIK - JAWA TIMUR (Studi Kasus : proyek pembangunan “Java Integrated Industrial Ports and State (JIPE), Gresik) <i>Laras Wulandari, Mas Suryanto,</i>	56 – 64
ANALISIS PRODUKTIVITAS PEMANCANGAN DENGAN ALAT JACK-IN PILE JENIS HYDROLIC STATIC PILE DRIVER PADA PROYEK APARTEMEN GRAHA GOLF SURABAYA <i>Brian Widyan Hadi-Mas Suryanto HS,</i>	65 – 72

ANALISIS PERBEDAAN VOLUME NAIK TURUN PENUMPANG DI TIAP-TIAP STASIUN PEMBERHENTIAN KA KOMUTER SURABAYA-SIDOARJO (SUSI) <i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	73 – 82
STUDI PENGGUNAAN CATALYST, MONOMER, FLY ASH DAN PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE SEBAGAI ALTERNATIF PEMBUATAN BETON RINGAN SELULER <i>Mita Sari, Muhammad Imaduddin,</i>	83 – 88
STUDI PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE, CATALYST, MONOMER DAN KAPUR SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER <i>Wahyu Wicaksono, Muhammad Imaduddin, Yogie Risdianto,</i>	89 – 94
PENGARUH PENGGUNAAN BGA (BUTON GRANULAR ASPHALT) PADA PERENCANAAN ASPAL BETON AC-WC PEN 60/70 DENGAN MENGGUNAKAN FLY-ASH SEBAGAI FILLER <i>Mohamad Yusup Awang Ma'ruf, Yogie Risdianto,</i>	95 – 101
PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATA RINGAN TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA <i>Rinaldy Bayuwirawan, Nur Andajani,</i>	102 – 109
PENGENDALIAN MUTU GENTENG BETON MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL PROCESS CONTROL DI PT. VARIA USAHA BETON <i>Miftakhul Jannah, Hasan Dani,</i>	110 – 117
PENGARUH PENGGUNAAN BOTTOM ASH SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PAVING BLOCK <i>Fitria Laila, Yogie Risdianto,</i>	118 – 122
PENGGUNAAN LAWELE GRANULAR ASPHALT (LGA) PADA PEMBUATAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) PEN 60/70 DENGAN FLY ASH SEBAGAI FILLER <i>Diana Atminingtias, Yogie Risdianto,</i>	123 – 127

PEMODELAN BIAYA RUMAH TINGGAL BERDASARKAN HSPK KOTA SURABAYA

Vina Oktavia, Mas Suryanto HS, 128 - 133

ANALISIS PENAMBAHAN SERBUK BATU GAMPING TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK

Ylma Yatif Sarotul Ynsiah, Nur Andajani, 134 – 140

ANALISA KONSEP CADANGAN WAKTU PADA PENJADWALAN PROYEK (STUDI KASUS : PROYEK HOTEL & APARTMENT CITY SQUARE MARGOREJO, SURABAYA)

Gumelar Sophia Maghfiroh, Mas Suryanto HS, 141 – 154

PENGARUH PENGGUNAAN *STEEL FIBER* PADA PEMBUATAN BETON MUTU NORMAL DENGAN SUBSTITUSI *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGGANTI PASIR

Yetty Asri Ovianti, Yogie Risdianto, 155 – 159

PENGARUH PASIR KUARSA SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Aka Asyhar Setiawan, Arie Wardhono, 160 – 166

PENGARUH ZEOLIT SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Ahmad Shofiul Iqbal, Arie Wardhono, 167 – 175



PENGARUH ZEOLIT SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Ahmad Shofiul Iqbal

Mahasiswa S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: ahmadiqbal@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi beton yang tidak memerlukan proses penggetaran pada saat penempatan dan pematangannya. SCC mampu mengalir dengan beratnya sendiri, mampu mengisi cetakan dengan baik dan mencapai pematangan sempurna meskipun pada pekerjaan dengan penulangan yang rapat. Beton *Self Compacting Concrete* yang telah kering memiliki sifat yang padat, homogen dan memiliki kemampuan mekanis dan ketahanan yang sama seperti beton konvensional yang diperlukan proses penggetaran.

Penelitian yang dilakukan dalam pembuatan *Self Compacting Concrete*, material zeolit digunakan sebagai material pengganti sebagian semen dengan kadar variasi penggunaan sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen pada campuran beton SCC. Material-material yang dibutuhkan untuk membuat beton SCC adalah semen portland, pasir Lumajang, agregat kasar ukuran 5-10 mm, air dan *superplasticizer*. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton segar meliputi pengujian *flowability*, *filling ability*, *passing ability*, kuat tekan dan porositas.

Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan penurunan nilai *flowability*, *filling ability* dan *passing ability* campuran beton seiring penambahan kadar penggunaan zeolit. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan kadar optimum variasi penggunaan zeolit sebesar 10% dengan hasil kuat tekan rata-rata 37,87 MPa dan pada pengujian kadar porositas mengalami kenaikan persentase porositas seiring penambahan penggunaan kadar zeolit.

Kata Kunci: Zeolit, SCC, *Workability*, Kuat Tekan, Porositas, *Superplasticizer*.

Abstract

Self Compacting Concrete (SCC) is an innovative concrete that does not require vibration for placing and compaction. It is able to flow under its own weight, completely filling formwork and achieving full compaction, even in the presence of congested reinforcement. The hardened concrete is dense, homogeneous and has the same engineering properties and durability as traditional vibrated concrete.

In this research to make *Self Compacting Concrete*, the use of zeolit are as a substituent material for the cement with amount of 0%, 5%, 10%, and 15% of the weight of the cement. Materials needed in order to make a SCC are Portland cement, Lumajang's sand, 5-10 mm coarse aggregate, Water, and *Superplasticizer*. The test performed for the concrete are *flowability*, *filling ability*, *passing ability*, compressive strength and porosity test.

Result obtained from *flowability*, *filling ability* and *passing ability* test shows a decreasing values respect to the increasing percentage the use of zeolit. Compressive strength test resulted an optimum number of 10% the use of zeolit with average compressive strength reaching up to 37,87 MPa and porosity test shows increasing values with respect to the increasing percentage the use of zeolit.

Keyword: Zeolit, SCC, *Workability*, Compressive strength, Porosity, *Superplasticizer*.

PENDAHULUAN

Beton memadat mandiri (*self compacting concrete, SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini dicampur memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplastisizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Ladwing, II – M., Woise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N, 2001).

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan inovasi beton yang tidak memerlukan penggetaran pada saat penempatan dan pemadatannya. SCC mampu mengalir dengan beratnya sendiri, mampu mengisi cetakan dan mencapai pemadatan sempurna meskipun dengan penulangan yang rapat. Beton memiliki kepadatan yang bagus, homogen, memiliki kemampuan mekanis dan ketahanan yang sama dengan beton biasa (EFNARC, 2005).

Pozzolan adalah bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen, termasuk daya tahannya terhadap agresi sulfat, air kotor, dan lain-lain. Di dalam bahan *pozzolan* terdapat sedikit atau tidak ada sama sekali sifat-sifat semennya. Bahan ini digunakan untuk penambahan atau untuk pengganti semen sampai dengan 70% dari semen. Bahan ini mereduksi kecepatan pengerasan beton dan ini adalah salah satu keberatan dari penggunaannya. Bukti-bukti yang ada menunjukkan bahwa kekuatan batas dengan mengganti sekurang-kurangnya 20% dari semen dengan *pozzolan* hampir tidak ada beda dengan bilamana semen saja yang digunakan (L.J. Murdock, K.M. Brook, 1979).

Zeolit alam memiliki kemiripan unsur kimia dengan *fly ash* (abu terbang), seperti Silika (SiO_2), Alumunium (Al_2O_3), Ferro Oksida (Fe_2O_3) dan Kalsium Oksida (CaO) dan juga mengandung unsur tambahan lain yaitu Magnesium Oksida (MgO), Titanium Oksida (TiO_2), Alkalin (Na_2O dan K_2O), Pospor Oksida (P_2O_5) yang merupakan beberapa unsur kimia yang terdapat di dalam semen. Penelitian yang menggunakan bahan material *fly ash* sebagai bahan pengganti semen telah banyak dilakukan, namun pada penelitian sebelumnya, zeolit alam sendiri mampu menggantikan fungsi sebagian semen. Substitusi semen

yang dilakukan bisa mencapai prosentase maksimum 10% dari massa semen yang dipakai untuk memperoleh kuat tekan maksimum yang telah direncanakan sebesar $f'c$ 80 MPa (Feng, 1990).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dilakukan penelitian untuk mengkombinasikan beton SCC dengan material zeolit.

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah di atas, maka permasalahan yang akan dihadapi dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana desain campuran beton SCC dengan penggunaan variasi penambahan zeolit?
2. Bagaimana pengaruh variasi zeolit pada kuat tekan dan porositas beton SCC pada umur 28 hari?
3. Bagaimana *workability* beton SCC dengan penambahan zeolit sebagai pengganti semen ditinjau dari tes *slump*, *slump flow*, *L-box*, *V-funnel* dan *J-ring*?

Ditinjau dari rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah:

1. Mendapatkan desain campuran beton SCC dengan penggunaan variasi penambahan zeolit.
2. Mengetahui pengaruh variasi zeolit pada kuat tekan dan porositas beton SCC pada umur 28 hari.
3. Mendapatkan *workability* beton SCC dengan penambahan zeolit sebagai pengganti semen ditinjau dari tes *slump*, *slump flow*, *L-box*, *V-funnel* dan *J-ring*?

Dengan ini penelitian diharapkan agar hasilnya dapat bermanfaat:

1. Dari penelitian ini diharapkan bisa digunakan sebagai tolak ukur untuk penelitian lain yang sejenis.
2. Dapat digunakan sebagai referensi bila ingin menggunakan zeolit pada SCC.

Untuk mempermudah di dalam penelitian dan mencegah terjadinya perluasan masalah serta mempermudah dalam memahami masalah, maka adanya pembatasan sebagai berikut:

1. Pengujian beton SCC yang dilakukan adalah hanya uji kuat tekan dan porositas pada umur 28 hari.
2. Pengujian *workability* beton SCC yang dilakukan adalah pengujian *slump*, *slump flow*, *L-box*, *V-funnel* dan *J-ring*.
3. Bahan substitusi yang digunakan sebagai pengganti semen adalah zeolit alam dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen.
4. Desain campuran beton yang digunakan adalah desain beton berdasarkan SNI 03-2847:2013

dipadukan dengan konsep beton SCC, antara lain jumlah aggregate kasar tak lebih dari 50% volume beton, jumlah agregat halus berkisar 55% dari seluruh agregat.

5. Rasio *water/cement* dipertahankan 0,45.
6. Penambahan *superplasticizer* tipe *high range water reducer* (HRWR) disesuaikan dengan kebutuhan campuran.
7. Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang.
8. Kerikil yang digunakan berukuran 5-10 mm.
9. Semen yang digunakan adalah semen OPC tipe 1.

METODE

A. Peralatan dan Bahan

1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah *moulding* berukuran 15 cm x 30 cm, timbangan digital, penggaris, *mixer* mini, *L-Box*, *V-Funnel*, *Slumpcone*, *J-Ring* dan alas besi ukuran 1 m x 1 m.

2. Bahan-bahan

a. Semen

Dalam hal pembuatan SCC, semen digunakan sebagai zat aktif pengikat antar agregat campuran beton. Dalam penelitian ini semen menggunakan merk Semen Gresik OPC tipe 1.

b. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan SK SNI S-04-1989-F yaitu pasir memiliki butiran tajam, kuat dan keras, dengan ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm, bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca, tidak mengandung lumpur, zat organik, dan garam. Pasir yang digunakan berjenis pasir Lumajang.

c. Kerikil

Kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri batu yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (SNI 03-2847-2002). Kerikil didapat dari *supplier* kerikil PT. Merak Jaya Beton. Kerikil yang digunakan berukuran $\pm 5 - 10$ mm.

d. Air

Menurut PBBI 1971, air yang baik adalah tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/ liter, tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak mortar (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter, tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5

gram/liter, tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

e. *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah bahan tambah yang bersifat *high range water reducer* (HRWR) yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air campuran cukup banyak namun tetap mempertahankan konsistensi tertentu. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sika *viscocrete* 1003.

f. Zeolit

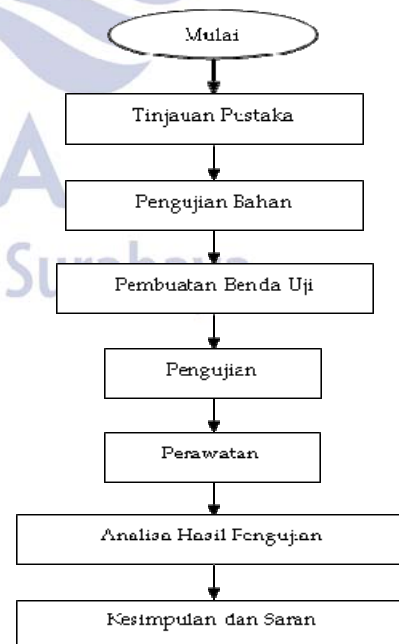
Zeolit yang digunakan adalah zeolit yang berukuran sama dengan semen yaitu mesh 200, zeolit sendiri didapat dari daerah Sidoarjo.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah merupakan jenis penelitian eksperimen yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data yang diperoleh nantinya akan dijadikan sebagai data acuan untuk penelitian selanjutnya.

Penelitian ini dilakukan di PT. Merak Jaya Beton yang berlokasi di Romo Kalisari kota Gresik. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan November tahun 2017.

Data yang diperoleh juga digunakan sebagai dasar untuk membuat keputusan, Garis besar tahapan pelaksanaan penelitian secara umum dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini:



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

C. Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas
Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pengganti zeolit dengan presentase campuran yaitu, 0%, 5%, 10% dan 15%.
2. Variabel Terikat
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton dan porositas beton.
3. Variabel Kontrol
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu faktor air semen, kerikil, pasir, air, *Superplastisizer* dan alat-alat yang digunakan.

D. Pembuatan Benda Uji

1. Perencanaan *Mix Design*
Self Compacting Concrete (SCC) merupakan perkembangan teknologi dari beton, dimana dalam metode *mix* desainnya juga mengalami perubahan-perubahan dari *mix design* sebelumnya. Mengingat dengan adanya bahan-bahan tambahan seperti *Superplasticizer*, maka sedikit banyak akan memberikan pengaruh pada hasil dari *mix design*. Untuk mendapatkan *mix design* yang optimal pada penelitian sifat fisik dan mekanik pada *Self Compacting Concrete*, maka dilakukan penyesuaian-penyesuaian dengan tetap menggunakan acuan metode *mix design* DOE sebagai dasar. *Mix Desain Self Compacting Concrete* dapat dilihat didalam Tabel 1.

Tabel 1 Mix Design Beton SCC

Bahan Campuran	Variasi Campuran per m ³			
	Variasi 0% (Kg)	Variasi 5% (Kg)	Variasi 10% (Kg)	Variasi 15% (Kg)
Air	205	205	205	205
Semen	455	432,25	409,5	386,75
Zeolit	-	22,75	45,5	68,25
Kerikil	702	702	702	702
Pasir	858	858	858	858
Sp	5,46	5,46	5,46	5,46

E. Pengujian Beton SCC

1. Pengujian Campuran Beton Segar

Pengujian campuran dilakukan untuk melihat apakah campuran beton memenuhi kriteria sebagai beton SCC, pengujian campuran meliputi:

- a. *Slumpflow* dan *Slump*
Slump flow digunakan untuk menilai aliran bebas horizontal dari SCC tanpa adanya penghalang. *Slump* digunakan sebagai indikator campuran apakah terjadi segregasi. Semakin tinggi nilai *slump-flow*, semakin baik kemampuan beton untuk mengisi bekisting dengan berat sendirinya. Nilai *slump-flow* kurang lebih 650 mm dibutuhkan untuk mencapai SCC.
- b. *L-Box*
Peralatan terdiri dari kotak penampung persegi dengan bentuk huruf L dengan penampung vertikal dan horizontal dipisahkan oleh sekat penutup yang berada di depan rangkaian tulangan vertikal. Penampung vertikal kemudian diisi dengan beton dan selanjutnya sekat penutup dibuka dan beton dibiarkan mengalir ke penampung horizontal. Setelah aliran berhenti, tinggi beton pada ujung penampung horizontal menunjukkan jumlah beton yang tersisa pada penampung vertikal. Hasil tersebut menunjukkan kemiringan beton ketika berhenti. Tes tersebut mengindikasikan kemampuan beton melewati tulangan atau derajat yang mana beton yang melewati tulangan terbatas. Penampung tulangan bisa menggunakan diameter yang berbeda dan dengan jarak yang bervariasi, berdasarkan jarak tulangan normal, 3x ukuran agregat maksimum.
- c. *V-Funnel*
Tes *V-Funnel* digunakan untuk menentukan kemampuan pengisian beton dengan ukuran agregat maksimum 20mm. Corong diisi sekitar 12 liter beton dan dihitung waktu aliran melalui bagian bawah corong. Setelah pengujian *V-Funnel* dapat digunakan kembali setelah dibiarkan selama 5 menit. Jika beton menunjukkan segregasi maka waktu aliran beton akan meningkat secara signifikan. Semakin pendek waktu pengaliran semakin baik kemampuan alirannya. Untuk SCC waktu aliran 10 detik dianggap layak.
- d. *J-Ring*
Tes ini digunakan untuk menentukan kemampuan beton melewati tulangan.

Peralatan terdiri dari plat dasar persegi panjang (30mm x 25mm) dengan lingkaran tulangan terbuka dan tulangan vertikal seperti pada tulangan terpasang. Bagian tulangan bisa menggunakan diameter tulangan yang berbeda dan dengan jarak yang berbeda, berdasarkan persyaratan tulangan normal, 3x ukuran agregat maksimal diperbolehkan. Diameter lingkaran tulangan vertikal adalah 300mm dengan tinggi 100mm.

2. Pengujian Beton Kering

Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan mekanis beton SCC zeolit, pengujian yang akan dilakukan meliputi:

a. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Persamaan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium dituliskan dengan persamaan.

$$f'c = P / A \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

f'c : kuat tekan beton (MPa)

P : beban tekan (N)

A : luas penampang benda uji (mm²)

Pengujian benda uji beton kering dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji beton silinder ukuran 15 cm x 30 cm.

b. Pengujian Porositas

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Beton mempunyai kecenderungan berisi rongga akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan.

Adapun rumus untuk menghitung nilai porositas pada mortar adalah sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \left\{ \left\{ \frac{wb-wk}{vb} \right\} \times \left(\frac{1}{P_{air}} \right) \right\} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dengan,

wb : berat sampel setelah direndam (gram)

wk : berat sampel kondisi kering (gram)

vb : volume benda uji (cm³)

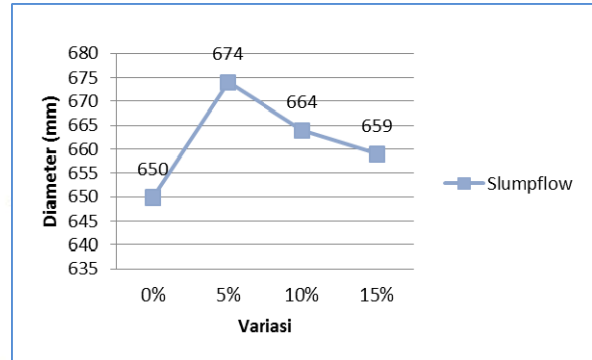
P_{air} : massa jenis air (gr/cm³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Campuran

1. Pengujian Slump dan Slumpflow

Hasil pengujian *slumpflow* dan *slump* campuran yang dilakukan menunjukkan bahwa hasil *slumpflow* untuk diameter rata-rata dengan variasi Zeolit 0%, 5%, 10% dan 15% adalah 650 mm, 674 mm, 664 mm dan 659 mm.

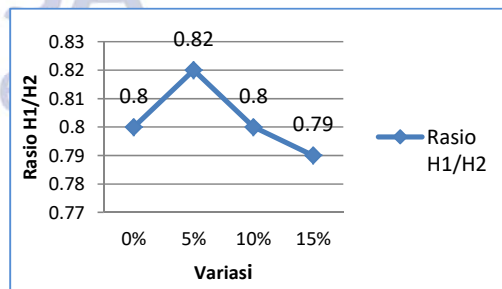


Gambar 2 Grafik Slumpflow

Sedangkan untuk hasil pengujian *Slump* mendapatkan nilai sebesar 280 mm, 281 mm, 280 mm, 280mm. Parameter selanjutnya adalah T₅₀ *Slumpflow* menunjukkan bahwa hasil T₅₀ untuk waktu penyebaran dengan variasi Zeolit 5%, 10% dan 15% adalah 2,17 detik, 2,54 detik dan 2,83 detik.

2. Pengujian L-Box

Dalam EFNARC 2005 disebutkan persyaratan *Passing Ability* (PA) untuk pengujian *L-box* dibagi menjadi 2 kategori, kategori pertama PA1, rasio H1/H2 dengan 2 tulangan *L-box* harus memiliki rasio lebih dari atau sama dengan 0,8 sedangkan kategori kedua PA2, rasio H1/H2 dengan 3 tulangan *L-box* harus memiliki rasio lebih dari atau sama dengan 0,8.



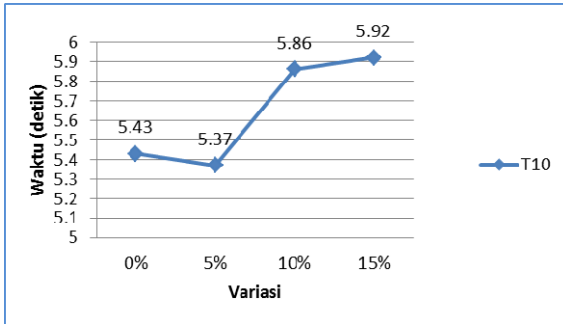
Gambar 3 Grafik Rasio H1/H2 L-Box

L-box yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan 3 tulangan dan hasil pengujian campuran menunjukkan rasio sebesar 0,80 pada variasi 0%, 0,82 pada variasi 5%, 0,80 pada variasi 10% dan 0,79 pada variasi 15%. Dapat

disimpulkan bahwa variasi campuran 0%, 5% dan 10% sesuai dengan persyaratan beton SCC kategori PA2.

3. Pengujian *V-Funnel*

Dalam EFNARC 2005 kriteria beton SCC dibagi menjadi 2 kategori berdasarkan T_{10} , kategori pertama adalah VF1 dengan waktu pengaliran T_{10} harus kurang dari atau sama dengan 8 detik dan kategori kedua adalah VF2 dengan waktu pengaliran T_{10} berkisar 9-25 detik.

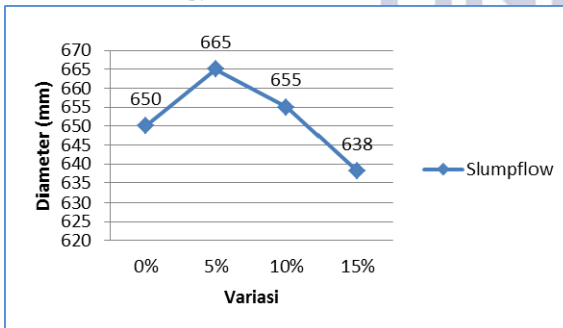


Gambar 4 Grafik T_{10} V-Funnel

Hasil pengujian T_{10} campuran beton SCC dengan zeolit menunjukkan waktu 5,43 detik pada variasi 0%, 5,37 detik pada variasi 5%, 5,86 detik pada variasi 10% dan 5,92 detik pada variasi 15%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran beton SCC zeolit memenuhi persyaratan beton SCC kategori VF1.

4. Pengujian *J-Ring*

Dalam EFNARC 2005 diameter *slumpflow* dikategorikan dalam 3 kelas, kelas pertama yaitu SF1 dengan rentang diameter *slumpflow* sebesar 550-650 mm, kelas kedua yaitu SF2 dengan rentang diameter *slumpflow* sebesar 660-750 mm, dan kelas ketiga yaitu SF3 dengan rentang diameter *slumpflow* sebesar 760-850 mm.



Gambar 5 Grafik Slumpflow J-Ring

Seluruh campuran beton SCC yang diuji dalam pengujian *J-ring* telah memenuhi persyaratan *Flowability* sebagai beton SCC karena memiliki nilai *slumpflow* 650 mm, 665 mm, 655 mm dan

638 mm yang masih dalam rentang beton SCC kelas SF2.

B. Hasil Pengujian Beton Kering

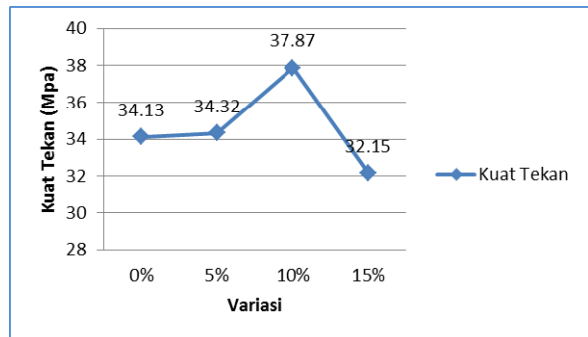
1. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan pada benda uji beton silinder ukuran 15x30 cm adalah pada umur 28 hari dengan variasi Zeolit sebagai pengganti semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Uji Kuat Tekan

Variasi Zeolit	Nomor Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
0%	1	33,95	34,13
	2	35,08	
	3	33,38	
5%	1	34,51	34,32
	2	33,95	
	3	34,51	
10%	1	38,36	37,87
	2	38,48	
	3	36,78	
15%	1	32,53	32,15
	2	29,14	
	3	34,80	

Dapat dilihat dari hasil pengujian kuat tekan pada Tabel 2 pada variasi 0% kuat tekan rata-rata yang didapat adalah sebesar 34,13 MPa, untuk variasi 5% naik menjadi 34,32 MPa, kenaikan terbesar terdapat pada variasi 10% dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37,87 MPa, pada variasi 15% nilai kuat tekan rata-rata menurun menjadi 32,15 MPa. Ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit paling efektif berada pada kisaran 10% dari berat semen yang digunakan. Dari data pada Tabel 2 dapat dibuat grafik hasil uji kuat tekan sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan

2. Hasil Pengujian Porositas

Prosedur pengujian porositas yang digunakan adalah dengan menggunakan berat basah dan berat kering benda uji silinder beton, rumus perhitungan kadar porositas dapat dilihat pada Rumus 2.2 berikut adalah rangkuman perhitungan kadar porositas beton SCC zeolit:

Tabel 3 Hasil Uji Porositas

No	Variasi Zeolit	Persentase Porositas Rata-rata (%)
1	Variasi 0%	0,47
2	Variasi 5%	0,75
3	Variasi 10%	0,84
4	Variasi 15%	1,03

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa terdapat kenaikan persentase porositas beton SCC dengan penambahan zeolit secara keseluruhan dengan nilai persentase porositas untuk variasi 5% sebesar 0,75%, dengan variasi 10% sebesar 0,84% dan variasi 15% sebesar 1,03% dibandingkan dengan variasi 0% yang mempunyai persentase porositas sebesar 0,47%.

C. Hubungan *Workability* dan Porositas

Berdasarkan data pengujian campuran beton SCC segar yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa keseluruhan data yang didapatkan dari setiap pengujian menunjukkan penurunan *workability* dari campuran beton SCC seiring bertambahnya variasi penggunaan zeolit. *Workability* pada beton SCC adalah kunci penting dalam mencapai kekuatan struktur yang baik, bila *workability* beton SCC yang meliputi *filling ability*, *passing ability* dan *flowability* memiliki nilai yang baik maka semakin bagus pula pematatan sendiri beton tersebut. Porositas memiliki keterkaitan penting dengan *workability* beton SCC karena berhubungan dengan kadar kepadatan beton, karena sifat beton SCC yang harus memadat sendiri maka porositas beton sangat dipengaruhi oleh *workability* campuran.

Tabel 4 Hasil Uji *Slumpflow* dan Porositas

Parameter	Variasi Campuran			
	Zeolit 0%	Zeolit 5%	Zeolit 10%	Zeolit 15%
Diameter <i>Slumpflow</i> (mm)	650	674	664	659
Porositas (%)	0,47	0,75	0,84	1,03

Dari data pada Tabel 4 dapat dilihat pola hubungan antara *flowability* pada pengujian *slumpflow* dengan nilai porositas beton. Data hasil variasi 5% pada pengujian *slumpflow* didapatkan diameter rata-rata campuran sebesar 674 mm dengan kadar porositas sebesar 0,75%, untuk variasi 10% pada pengujian *slumpflow* didapatkan diameter rata-rata campuran sebesar 664 mm dengan kadar porositas sebesar 0,84% dan variasi 15% pada pengujian *slumpflow* didapatkan diameter rata-rata campuran sebesar 659 mm dengan kadar porositas sebesar 1,03%. Dapat disimpulkan bahwa dengan penurunan nilai diameter rata-rata *slumpflow* dari variasi 5% sampai 15% terjadi kenaikan kadar porositas pada beton, hal ini disebabkan karena dengan penambahan variasi zeolit akan mengurangi *workability* beton sehingga tidak memadat dengan baik.

D. Hubungan Porositas dan Kuat Tekan

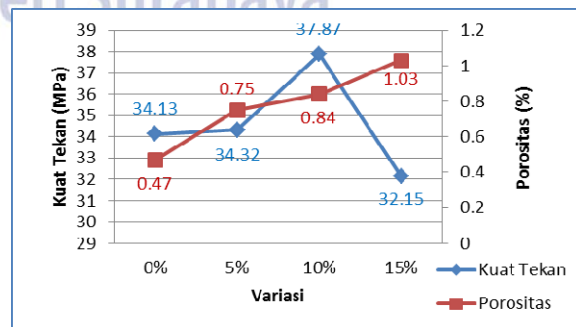
Telah dijelaskan bahwa pematatan yang kurang baik akan mempengaruhi kemampuan tekan pada beton, porositas dan kuat tekan memiliki keterkaitan yang sangat penting.

Dari pengujian kuat tekan dan porositas yang telah dilakukan dapat ditabelkan data hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil Uji Kuat Tekan dan Porositas

Parameter	Variasi Campuran			
	Zeolit 0%	Zeolit 5%	Zeolit 10%	Zeolit 15%
Kuat Tekan (MPa)	34,13	34,32	37,87	32,15
Porositas (%)	0,47	0,75	0,84	1,03

Dari data kedua parameter pada Tabel 4.21 dapat dibuat grafik hubungan hasil pengujian kuat tekan dan porositas beton SCC dengan penggunaan zeolit sebagai bahan pengganti semen sebagai berikut:



Gambar 7 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa penambahan zeolit pada campuran beton akan menaikkan kadar porositas pada beton namun seiring kenaikan tersebut kuat tekan beton juga mengalami peningkatan, pada variasi 5% dengan kadar porositas 0,75% kekuatan tekan yang dicapai sebesar 34,32 MPa, untuk variasi 10% dengan kadar porositas 0,84% kekuatan tekan yang dicapai sebesar 37,87 MPa, mengalami kenaikan dibandingkan dengan variasi 5% namun pada variasi 15% dengan kadar porositas 1,03% kekuatan tekan yang dicapai hanya sebesar 32,15 MPa, mengalami penurunan dibandingkan dengan variasi 5% dan 10%. Hal ini disebabkan zeolit yang memanfaatkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sisa reaksi hidrasi semen sehingga membentuk komponen C-S-H gel baru yang cenderung meningkatkan kekuatan beton meskipun juga menambah kadar porositas beton.

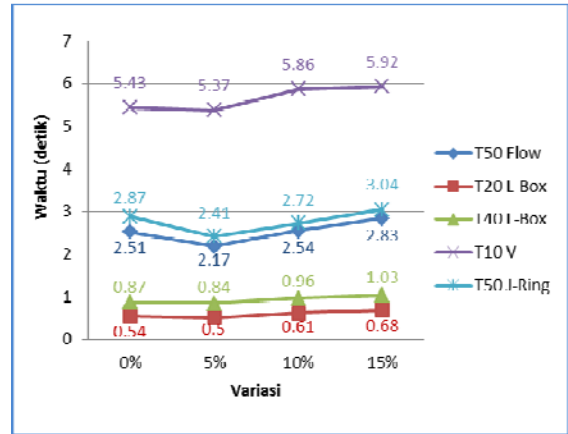
E. Hubungan Workability Pengetesan Beton SCC

Dari keempat pengujian yang dilakukan terdapat kesamaan sifat campuran beton yang diukur yaitu *flowability* dari beton SCC. berikut adalah tabel hasil pengukuran waktu dari masing-masing pengujian tersebut:

Tabel 6 Hasil Pengukuran Waktu Pengujian SCC

Parameter	Variasi Campuran			
	Zeolit 0%	Zeolit 5%	Zeolit 10%	Zeolit 15%
T ₅₀ Slumpflow (detik)	2,51	2,17	2,54	2,83
T ₂₀ L-Box (detik)	0,54	0,50	0,61	0,68
T ₄₀ L-Box (detik)	0,87	0,84	0,96	1,08
T ₁₀ V-Funnel (detik)	5,43	5,37	5,86	5,92
T ₅₀ J-Ring (detik)	2,87	2,41	2,72	3,04

Sifat *flowability* dapat diukur dari waktu yang didapatkan dari masing-masing pengukuran. Dari Tabel 4.23 tersebut dapat dibuat grafik hubungan *flowability* dari keempat pengetesan beton SCC dengan variasi penggunaan zeolit sebagai berikut:



Gambar 8 Grafik Hubungan Pengetesan SCC

Dari grafik tersebut dapat dilihat kesamaan pola dalam data pengujian campuran beton SCC dengan zeolit. Pada variasi 5% waktu pengaliran memiliki nilai yang terkecil atau bisa disebut tercepat pada semua pengujian dibandingkan dengan variasi lain, kemudian pada variasi 10% waktu pengaliran mengalami peningkatan dibandingkan variasi 5% pada semua pengujian dan pada variasi 15% waktu pengaliran tetap mengalami peningkatan waktu dibandingkan dengan variasi 10%, hal ini menunjukkan bahwa seiring penambahan variasi zeolit pada campuran beton SCC akan meningkatkan waktu alir pada semua pengujian yang berarti mengurangi *workability* pada beton SCC.

Dalam semua pengujian terdapat kesamaan pola hubungan antara satu dengan yang lainnya. Pada pengetesan *slumpflow* dengan variasi penambahan zeolit 5% didapatkan nilai diameter rata-rata sebesar 674 mm dengan T₅₀ selama 2,17 detik, pada variasi 10% diameter rata-rata *slumpflow* menjadi 664 mm dengan T₅₀ selama 2,54 detik, dapat dilihat terjadi penurunan nilai diameter *slumpflow* dan penambahan waktu T₅₀, efek penambahan variasi ini juga berdampak pada pengujian L-Box, hasil pengukuran rasio H1/H2 pada variasi 5% didapatkan rasio sebesar 0,82 dan pada variasi 10% didapatkan rasio H1/H2 sebesar 0,8, ini menunjukkan adanya penurunan nilai *flowability* seiring penambahan zeolit dan terjadinya *blocking* campuran beton oleh tulangan L-Box akibat penurunan kemampuan alir beton. Pengujian V-Funnel juga menunjukkan pola hasil yang serupa, dari pengamatan T₁₀ pada variasi 5% didapatkan waktu alir selama 5,37 detik dan pada variasi 10% selama 5,86 detik, penambahan variasi zeolit berdampak pada *flowability* karena air pada campuran terserap zeolit. Permasalahan *workability* pada beton SCC Zeolit dapat diimbangi dengan penambahan jumlah *superplasticizer* yang digunakan untuk menambah viskositas campuran namun juga harus memperhatikan kadar maksimum penggunaan *superplasticizer* agar tidak terjadi segregasi pada campuran beton segar.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan beton SCC dengan penggunaan zeolit sebagai bahan pengganti semen dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain campuran beton SCC dengan penggunaan variasi penambahan zeolit per meter kubik adalah air dengan jumlah 205 kg, semen dengan jumlah 455 kg, kerikil dengan jumlah 702 kg, pasir dengan jumlah 858 kg dan *superplasticizer* dengan jumlah 5,46 kg.
2. Pengaruh zeolit pada beton SCC adalah dapat meningkatkan kekuatan tekan dengan penggunaan optimal pada variasi 10% dari berat semen yang mampu mencapai kekuatan tekan rata-rata 37,87 MPa dan zeolit mampu menambah kadar porositas seiring penambahan variasi dengan kadar terbesar adalah 1,03 % pada variasi 15%, kadar variasi 0% menjadi campuran yang bagus dengan kadar porositas terendah sebesar 0,47%.
3. *Workability* pada beton SCC dengan penggunaan zeolit ditinjau dari tes *slump*, *slumpflow*, *L-box*, *V-funnel* dan *J-ring* mengalami penurunan seiring penambahan variasi penggunaan zeolit, pada pengujian *slumpflow* variasi 5% dengan diameter 674 mm turun menjadi 664 mm dan 659 mm pada variasi 10% dan 15%, campuran yang paling sesuai untuk SCC adalah campuran pada variasi 5%.

Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, maka penulis merekomendasikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penggunaan *superplasticizer* SIKA tipe *Viscocrete* 1003 terhadap segregasi pada campuran beton SCC.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang hubungan penyerapan kadar air oleh zeolit pada beton SCC dengan penambahan penggunaan *superplasticizer*.
3. Industri *ready mix* beton dapat mempertimbangkan penggunaan zeolit sebagai bahan pengganti semen dengan mempertimbangkan harga zeolit yang lebih murah dibandingkan dengan semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Ladwing, H. M., Woise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N. 2001. *Der neue Beton (Beton jenis bary) – Selbstverdichtender Beton (Beton memadat sendiri), Beton Fertigteil (BHF)*.
- Murdock, L. J. Dan Brook, K. M. 1991. *Bahan dan Praktek Beton, Edisi Keempat*, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. Jakarta: Erlangga.

Feng NQ, Li QZ dan Zang XW. 1990. *High-Strength and Flowing Concrete with a Zeolitic Mineral Admixture, Abstract, Cement, Concrete and Aggregates*.

EFNARC. 2005. *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*.

EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*.

SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.

PBBI. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*.