

**ANALISIS PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON POROUS
MENGUNAKAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN PENGISI
DENGAN VARIASI FAKTOR AIR SEMEN**

SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Program Strata-1
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti**



Oleh:

ARYA PRAJA NEGARA

NPM.1802210017

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI**

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Arya Praja Negara
NPM : 1802210017
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata-1
Judul Skripsi : Analisis Pengujian Kuat Tekan Beton Porous
Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengisi
Dengan Variasi Faktor Air Semen

Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Ir. Indra Syahrul Fuad, M.T
NIDN.0223076101

Pembimbing II



H. Bazar Asmawi, S.T., M.T
NIDN.0216126702

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T., M.M
NIDN.0218126201

Ketua Program Studi



Reni Andayani, S.T., M.T
NIDN.0003067801

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Arya Praja Negara
NPM : 1802210017
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis Pengujian Kuat Tekan Beton Porous
Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengisi
Dengan Variasi Faktor Air Semen

Dengan ini menyatakan sebesar-besarnya bahwa,

1. Skripsi dengan judul tersebut diatas adalah murni hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah skripsi dan disebutkan sebagai bahan referensi serta dimasukkan dalam daftar pustaka.
2. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau jiplakan dari skripsi karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan serta bersedia menerima sanksi hukum ng berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" pasal 70 yang berbunyi: Lulusan karya ilmiah yang digunakan untuk mendapatkan gelar akademik profesi atau vokasi sebagaimana dimaksud dalam pasal 25 ayat 2 (dua) terbukti jiplakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 tahun atau pidana denda paling banyak Rp200.000.000,- (Dua Ratus Juta Rupiah).

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, 10 Oct 2024



Penulis

(Arya Praja Negara)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada kehadiran Allah SWT atas segala rahmat berkat dan nikmat Allah kita masih bisa sehat wal afiat, sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Analisis Pengujian Kuat Tekan Beton Porous Menggunakan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengisi Dengan Variasi Faktor Air Semen”** ini dengan tepat waktu. Adapun maksud dari penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Indra Syahrul Fuad, M.T selaku pembimbing I dan kepada Bapak H. Bazar Asmawi, S.T., M.T selaku pembimbing II atas saran, bimbingan dan nasehat selama penulisan skripsi ini.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE., MS Selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Kedua orang tua saya, Alm. Papa Achmad Jusdian Rominkar, S.Sos yang sudah mau membiayai kuliah saya dari 2018-2024 sekarang, dan Mama Harliani yang sudah memberi asupan gizi yang baik buat saya dan memberi nasihat supaya tetap lanjut menyelesaikan studi ini. Dan saya juga berjanji diatas makam papa saya akan menyelesaikan masa studi ini.
3. Bapak Ir. Zulkarnain Fatoni, M.T, M.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

4. Ibu Reni Andayani, ST., MT., Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti yang sudah memberi kesempatan buat saya untuk menyelesaikan masa studi ini, saya sangat berterima kasih banyak.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Tridinanti atas ilmu yang telah diberikan, dan jajaran pegawai staf di Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
6. Teman-teman seperjuang skripsi tentang beton porous, erlanda kang siul, aldi brahem, tasya cantik dan bantuan tenaga dari sukma, ilham, krisna, anisah.

Dalam penyusunan skripsi, penulis menyadari masih banyak kekurangan untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan skripsi ini dikemudian hari. Akhirnya, hanya kepada Allah SWT. penulis berserah diri dan semoga Skripsi ini berguna bagi para pembaca dan terutama bagi penulis sendiri.

Palembang, 2024

Arya Praja Negara

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Keep Moving Forward”

Yang Artinya

“Tetap Bergerak Maju”

Inspirasi dari film Meet the Robinsons

PERSEMBAHAN:

“Untuk Papa Achmad Jusdian Rominkar, S.Sos. Alhamdulillah papa, arya sudah menyelesaikan masa studi sarjana teknik sipil ini Skripsi arya selesai, semoga papa tenang di alam sana terima kasih papa sudah memberikan segalanya membiayai masa kuliah arya tidak ada kata mengeluh dari papa. Dan untuk mama Harliani terima kasih sudah memberi arya gizi yang sangat baik, makan enak terus sampai arya gemuk macam sekarang, akhirnya mah arya sudah menyelesaikan kuliah ini walau lama banget wkwkwk. Alhamdulillah papa dan mama, arya sudah menjadi tukang insinyur kayak si doel tapi beda bidang, arya dibidang sipil pembangunan infrastruktur, kalau si doel bidang permesinan. Tetapi syukur alhamdulillah sama-sama sarjana teknik. Mungkin ini saja pa ma untuk persembahannya terima kasih banyak. Untuk tuhanku Allah SWT, terima kasih sudah memberi kesehatan buat arya menyelesaikan skripsi ini dan panjang umur untuk mama ani, semoga papa yus berada di sisi-Mu ya Allah, Aamiin”

ABSTRAK

Beton porous dikenal sebagai porous concrete merupakan salah satu inovasi dalam konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, karena memiliki rongga udara pada permukaan strukturnya yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke dalam tanah. Selain itu dalam penelitian ini menggunakan *fly ash* sebagai pengurangan semen dalam beton porous. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik bahan, komposisi campuran beton porous bervariasi, kuat tekan beton porous.

Penelitian dan pengujian ini dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Tridinanti dengan menggunakan metode SNI, ASTM, dan ACI. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton porous dengan menggunakan *fly ash* variasi 0% dan 15% komposisi faktor air semen 0.25, 0.3, dan 0.4. Berdasarkan penelitian didapatkan nilai kuat tekan rata-rata Beton Porous *Fly Ash* 0% (BP-FA 0%) untuk sampel FAS 0,25 sebesar 2,706 MPa, untuk sampel FAS 0,3 sebesar 2,151 MPa, untuk sampel FAS 0,4 sebesar 1,597 Mpa. Kuat tekan beton porous *fly ash* 0% mengalami penurunan yang disebabkan oleh dari faktor air semen tersebut. Berdasarkan penelitian didapatkan nilai kuat tekan rata-rata Beton Porous *Fly Ash* 15% (BP-FA 15%) untuk sampel FAS 0,25 sebesar 3,748 MPa, untuk sampel FAS 0,3 sebesar 3,623 MPa, untuk sampel FAS 0,4 sebesar 1.732 Mpa. Kuat tekan beton porous non *fly ash* lebih rendah dibandingkan beton porous *fly ash*. Hal ini disebabkan oleh karakteristik struktur beton porous non *fly ash* yang memiliki rongga-rongga (pori) lebih banyak.

Kata Kunci: Beton Porous, FAS, Fly Ash, Kuat Tekan, Metode ACI

ABSTRACT

Porous concrete, known as porous concrete, is one of the innovations in environmentally friendly road pavement construction, because it has air cavities on the surface of the structure which function to channel air from the surface into the ground. Apart from that, this research uses fly ash as a cement reducer in porous concrete. The aim of this research is to determine the characteristics of materials, the composition of various porous concrete mixtures, and the compressive strength of porous concrete.

This research and testing was carried out at the Civil Engineering Concrete Laboratory at Tridinanti University using SNI, ASTM and ACI methods. This research aims to determine the compressive strength value of porous concrete using variations of 0% and 15% fly ash composition with water cement factor of 0.25, 0.3, and 0.4. Based on research, the average compressive strength value of 0% Porous Fly Ash Concrete (BP-FA 0%) for the FAS 0.25 sample was 2.706 MPa, for the FAS 0.3 sample it was 2.151 MPa, for the FAS 0.4 sample it was 1.597 MPa. The compressive strength of 0% porous fly ash concrete decreased due to the cement water factor. Based on research samples, the average compressive strength value of 15% Porous Fly Ash Concrete (BP-FA 15%) for the FAS 0.25 sample was 3,748 MPa, for the FAS 0.3 sample it was 3,623 MPa, for the FAS 0.4 it was 1,732 MPa. The compressive strength of non-fly ash porous concrete is lower than that of fly ash porous concrete. This is caused by the structural characteristics of non-fly ash porous concrete which has more cavities (pores).

Key Words: *Porous Concrete, FAS, Fly Ash, Compressive Strength, ACI Method*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum.....	5
2.1.1. Kelebihan dan Kelemahan Beton.....	10
2.1.2. Sifat Beton.....	11
2.2. Pemadatan Beton.....	12
2.3. Beton Porous.....	13
2.4. Bahan Material Beton Porous.....	14
2.4.1. Semen Portland.....	14
2.4.2. Air.....	16

2.4.3. Agregat.....	17
2.4.4. Abu Terbang(<i>Fly Ash</i>).....	22
2.5. Sifat dan Karakteristik Beton.....	24
2.5.1. Kuat Tekan Beton.....	24
2.5.2. Porositas.....	26
2.5.3. Permeabilitas Beton Normal.....	26
2.5.4. Daya Serap Air (<i>Water Absorbtion</i>).....	27
2.5.5. Faktor Air Semen(FAS).....	28
2.6. Perancangan Campuran Beton.....	39
2.7. <i>Slump</i> Beton.....	30
2.8. Pengerjaan Beton.....	31
2.9. Standar Rujukan.....	34
2.10. Penelitian Terdahulu.....	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	41
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	42
3.3. Prosedur Penelitian.....	44
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan Penelitian.....	44
3.3.2. Pemeriksaan Bahan.....	52
3.3.3. Rencana Campuran Beton.....	53
3.3.4. Pembuatan dan Perawatan Beton.....	53
3.3.5. Pengujian Beton.....	54

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Penelitian.....	56
4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	57
4.2.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	57
4.2.2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	58
4.2.3. Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	59
4.2.4. Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	60
4.3. Rencana Campuran.....	61
4.3.1 <i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	62
4.4. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	66
4.5. Hasil Kuat Tekan.....	68
4.6. Hasil Analisa Data Pengujian Kuat Tekan.....	72

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	73
5.2. Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA.....	74
----------------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas Gradasi Agregat Halus.....	19
Tabel 2.2 Ketentuan Gradasi Agregat.....	22
Tabel 2.3 Perbandingan Sifat Kimia Antara Abu Terbang dan Batu Bara.....	23
Tabel 2.4 Perbandingan Sifat Kimia Antara <i>Fly Ash</i> dan Semen Portland.....	24
Tabel 2.5 Perkembangan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur.....	25
Tabel 2.6 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji.....	25
Tabel 2.7 Nilai-Nilai <i>Slump</i> Untuk Berbagai Pekerjaan.....	31
Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu.....	35
Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji.....	54
Tabel 4.1 Analisa Saringan Agregat Kasar.....	57
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	59
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	60
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	61
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Terbentuknya Beton.....	9
Gambar 2.2 Pengujian Porositas.....	26
Gambar 2.3 Kemungkinan <i>Slump</i> Yang Terjadi.....	30
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Labortorium.....	43
Gambar 3.4 Semen Portland Tipe I.....	44
Gambar 3.5 Agregat Kasar.....	45
Gambar 3.6 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	46
Gambar 3.7 Admixture Sika <i>Concrete</i>	46
Gambar 3.8 Timbangan.....	47
Gambar 3.9 Saringan.....	47
Gambar 3.10 Oven Laboratorium Teknik Sipil.....	48
Gambar 3.11 Batang Penusuk.....	48
Gambar 3.12 Penggaris.....	49
Gambar 3.13 Kerucut <i>Slump Test</i>	49
Gambar 3.14 Bak Perendam.....	50
Gambar 3.15 Cetakan Beton Silinder.....	50
Gambar 3.16 Mesin Press.....	51
Gambar 3.17 Mesin Pengaduk Beton (<i>Concret Mix</i>).....	51
Gambar 3.18 Mesin <i>Los Angeles</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair.

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot (*shotcrete*), beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri (*self compacted concrete*) dan lain-lain. Saat ini beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak dipakai di dunia.

Beton porous (*porous concrete*) adalah campuran semen hidrolis, agregat kasar, sedikit atau tidak ada sama sekali agregat halus, bahan tambah, dan air. Kandungan pori dari beton ini bervariasi antara 15% sampai 35% dengan kuat tekan berkisar antara 2,8-28 MPa. Untuk meningkatkan kekuatan beton, penambahan sedikit agregat halus dapat dilakukan. Akan tetapi kemampuan meloloskan air menjadi rendah. Salah satu alternatif lain untuk meningkatkan mutu beton porous adalah penggunaan fly ash.

Fly ash merupakan sisa dari pembakaran batu bara yang berupa butiran halus, ringan, dan bersifat pozolanik. Oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan senyawa *cementitious* yang memiliki kemampuan mengikat.

Dari uraian di atas penulis ingin meneliti bagaimana faktor air semen 0.25, 0.3, dan 0.4 dan hasil pengujian beton porous yang di campur *fly ash* variasi 0%, dan 15%, terhadap kuat tekan dengan menggunakan campuran beton f_c' 17.5 Mpa serta komposisi maksimum dan minimum yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah tentang penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil dari pengujian kuat tekan beton porous menggunakan bahan pengisi *fly ash* proporsi 0% dan 15% dengan variasi faktor air semen?
2. Bagaimana hasil analisis dari pengujian kuat tekan beton porous menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengisi dengan variasi faktor air semen?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang harus dicapai dalam penelitian:

1. Untuk mengetahui hasil dari pengujian kuat tekan beton porous menggunakan bahan pengisi *fly ash* variasi 0% dan 15% dengan variasi faktor air semen.
2. Untuk mengetahui hasil analisis dari pengujian kuat tekan beton porous menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengisi dengan faktor air semen.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mencegah terjadinya perluasan masalah, maka dalam penelitian ini digunakan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Semen yang digunakan adalah semen *Portland Composite Cement(PCC)* dengan merk semen baturaja tipe 1
2. Faktor air semen sebesar 0.25, 0.3, dan 0.4.
3. Pengujian kuat tekan selama 28 hari.
4. Pengujian ini hanya meliputi kuat tekan beton.
5. Mutu beton yang di rencanakan sebesar f_c' 17.5 MPa
6. *Fly Ash* berasal dari PT. Pupuk Sriwijaya Palembang dengan variasi 0%, dan 15%.
7. Cetakan untuk benda uji beton berbentuk silinder beton dengan ukuran diameter 15cm x 30cm.
8. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak 30 sampel silinder.
9. Batu agregat kasar yang digunakan adalah no.saringan 1/2'' dan 3/8''

1.5 Manfaat Penelitian

Penyusunan penelitian ini diharapkan nantinya akan memberikan manfaat bagi semua pihak. Adapun manfaat yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan informasi bagi perencana dan pelaksanaan bangunan teknik sipil.
2. Menambah pengetahuan tentang beton dengan variasi nilai FAS, terutama pengaruhnya terhadap kuat tekan beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah penyusunan skripsi ini, maka skripsi disajikan dalam 5 Bab yang tersusun pada sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan di bahas tentang latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisikan tentang landasan teori beton porous, matrial pembentukan beton, permeabilitas beton porous, porositas beton porous, dan kuat tekan beton porous.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab menjelaskan Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian dimuai dari waktu dan tempat pelaksanaan, metode pengambilan data, bahan dan peralatan yang digunakan, variabel penelitian serta prosedur penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan mengenai analisis data hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan grafik.

Bab V Penutup

Bab ini mengenai kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran yang berguna untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 522R-10. 2010. *Report On Pervious Concrete. Annual Book of ACI Standards.*
- ASTM C 642-97. 1997. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. Annual Book of ASTM Standards.*
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990. *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar.* Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. Standar Nasional Indonesia 03-1973-1990. *Metode Pengujian Berat Isi Beton.* Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. Standar Nasional Indonesia 15-2530-1991. *Metode Pengujian Kehalusan Semen Portland.* Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2011. Standar Nasional Indonesia 1974-2011. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dengan Cetakan Silinder .* Jakarta.
- Eka Purnamasari, Fitria Handayani. 2020. Jurnal. *Beton Porous Menggunakan Agregat Lokal Di Kalimantan Selatan.* Fakultas Teknik Sipil. Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari. Banjarmasin.
- Edi Kurniadi, Lava Himawan. 2019. Jurnal. *Kajian Kuat Tekan Dan Infiltrasi Pada Beton Non Pasir.*
- Ginting, Arusmalem. 2017. Jurnal. *Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Pervious Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus.*
- Made Bagus Januar, E.P, A.G. 2021. Jurnal. *Pengujian Kuat Tekan Dan Porositas Beton Pervious Dengan Variasi Bahan Pengisi Fly Ash (Abu Terbang).*
- Kardiyono, Tjokrodimuljo. 1992. *Teknologi Beton (Edisi Pertama).* Yogyakarta: Biro Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Khonado. 2019. Jurnal. *Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat.* Fakultas Teknik Sipil. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Neville, A.M., Brooks, J.J., 2010, *Concrete Technology, Second Edition,* Pearson Education Limited, Essex, England.

- Paul Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi
- SNI 03-2834-2000. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Trisnoyuwono, Diarto. 2014. *Beton Non Pasir*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Widhiarto & Sujatmiko. 2012. *Jurnal. Analisis Campuran Beton Berpori Dengan Agregat Bergradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu dan Biaya*. Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya.