

**PENGARUH PEMAKAIAN *FLY ASH* SEBAGAI
CEMENTITIOUS PADA BETON TERHADAP PENETRASI
ION KLORIDA MENGGUNAKAN METODE DIPERCEPAT**

Tugas Akhir

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

Deni Dwi Prasetya

NIM : D 100 020 043

NIRM : 02 6 106 03010 5 0043

kepada

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2007**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PEMAKAIAN *FLY ASH* SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA
BETON TERHADAP PENETRASI ION KLORIDA MENGGUNAKAN
METODE DIPERCEPAT**

Tugas Akhir

Diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji,
Pada tanggal :
diajukan oleh :

Deni Dwi Prasetya
NIM : D 100 020 043
NIRM : 02 6 106 03010 5 0043

Susunan dewan penguji

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

H. Muh. Ujjianto, S.T., M.T.
NIK : 728

Moch. Solikin, S.T., M.T.
NIK : 792

Anggota,

Ir. Suhendro Trinugroho, M.T.
NIK : 732

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil
Surakarta,.....

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. H. Sri Widodo, M.T.
NIK : 542

H. Muh. Ujjianto, S.T., M.T.
NIK : 728

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, salam serta shalawat penulis panjatkan pada Rasulullah SAW serta para sahabat penerus risalah Beliau. Penulis bersyukur telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul " PENGARUH PEMAKAIAN *FLY ASH* SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA BETON TERHADAP PENETRASI ION KLORIDA MENGGUNAKAN METODE DIPERCEPAT".

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan dalam meraih gelar kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- 1). Bapak Ir. H. Sri Widodo, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 2). Bapak H. Muh. Ujianto,ST, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta dan selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
- 3). Bapak Moch. Solikin,S.T M.T., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan saran, motifasi serta bimbingan kepada penulis dalam rangka menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 4). Bapak Ir. Suhendro T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- 5). Ibu Senja Rum H., S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik, bapak Budi Setiawan S.T.,M.T., Ir. Abdul Rahman. M.T., Gurawan Djati, S.T., Jaji A., S.T., M.T., dan Ibu Nurul Hidatati, S.T., M.T., Qunik W., S.T., M.T., yang memberikan arahan pada penulis.
- 6). Pihak TPSDP yang telah meringankan beban material kepada penulis.
- 7). Teruntuk Bapak dan Ibu tercinta yang selalu menanyakan kapan ananda lulus studi dan memberikan seluruh doa dan materi yang tiada henti, semangat dan

kasih sayang selalu mengiringi hidupku, kesabaran dalam menghadapi seluruh tingkahku sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

- 8). Teruntuk kakakku Endah + Mufid yang selalu memberikan dukungan moril maupun sepirituil dan keponakanku Alfinda, jangan nakal makasih atas, keceriaan yang akan selalu kita rindukan selamanya.
- 9). Keluarga besar di NGAWI.
- 10). Teman-temen seperjuangan diproyek research grant Joko drak, dan Susilo, makasih atas kerjasana dan kebersamaannya.
- 11). *Crew* pembuat alat Mas Joko S.T., Pak Daliman dkk, Pak Hari, Dari.
- 12). Seluruh teman-temanku di Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- 13). Temen-temen kos” ASTER, Tri, Heru, Mulyadi, Andi, Dimas, Simon” Ibu kos beserta keluarga yang memberikan tempat dan fasilitas, serta sering memberi ananda makanan.
- 14). Seluruh pihak yang tak bisa disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan masukannya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laboran Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun Sangat penulis harapkan dan semoga laboran ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya. *Amiin*.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, Agustus 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GRAFIK	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBUL	ivx
INTISARI	xv
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Lingkup Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Beton	6
B. Sifat Beton	7
1. Sifat Kelebihan Beton	7
2. Sifat Kekurangan Beton	8
C. Kuat Tekan Beton	8
D. Penetrasi Ion klorida	10
BAB III. LANDASAN TEORI	
A. Bahan Susun Beton	12
1. Semen Portland	12
2. Agregat	13

a. Agregat Halus	14
b. Agregat Kasar	15
3. Air	15
B. Bahan Tambah Untuk Beton	15
C. Campuran Beton dengan <i>Fly Ash</i>	16
1. <i>Fly Ash</i> kelas C	17
2. <i>Fly Ash</i> kelas F	17
3. <i>Fly Ash</i> kelas N	18
D. Perencanaan Campuran Beton	18
E. Pengujian Kuat Tekan Beton	23
F. Pengujian Terhadap Penetrasi Ion Klorida	23
G. Pengujian Porositas Beton	24

BAB IV. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian	26
1. Air	26
2. Semen <i>Portland</i>	26
3. Agregat	26
B. Peralatan Penelitian	27
1. Gelas ukur	27
2. <i>Volumetric flas</i>	27
3. Saringan atau ayakan	28
4. Alat penggetar ayakan (<i>Seiver</i>)	28
5. Timbangan	29
6. Mesin uji <i>Los Angeles</i>	30
7. <i>Oven</i>	30
8. <i>Desicator</i>	31
9. <i>Molen</i>	31
10. Kerucut <i>Abram'm</i>	32
11. Tongkat baja	32
12. Cetakan silinder	32
13. <i>Hellige Tester</i>	33

14. Mesin uji tekan	33
15. Mesin uji penetrasi ion klorida	33
16. Alat uji porositas	34
17. Kerucut <i>Abram's</i> dan <i>Tamper</i>	34
18. <i>Vicat Aparatus</i>	35
19. Peralatan penunjang	35
C. Tahapan Penelitian	36
D. Standar Penelitian	40
E. Jalannya Penelitian	42
1. Pemeriksaan bahan	42
1a). Pemeriksaan <i>specific gravity</i> dan <i>absorpsi</i>	42
1b). Pemeriksaan <i>saturated surface dry (SSD)</i>	43
1c). Pemeriksaan <i>gradasi</i> agregat halus	43
1d). Pemeriksaan kandungan bahan <i>organic</i>	44
1e). Pemeriksaan keausan agregat kasar	45
1f). Pemeriksaan <i>sifat kekal (soundness test)</i>	45
1g). <i>Pemeriksaan sand equivalent</i> agregat halus	48
1h). Pemeriksaan Ikatan Awal Semen	50
1i). Pengujian nilai <i>slump</i>	50
2 Pembuatan benda uji beton	51
3 Perawatan benda uji	51
4 Pengujian kuat tekan beton	52
5 Pengujian penetrasi ion klorida	53
6 Pengujian perositas	55

BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Agregat, <i>Fly Ash</i> dan Semen	56
1. Pemeriksaan Agregat	56
2. Pemeriksaan <i>Fly Ash</i>	62
3. Pemeriksaan Semen	62
B. Perencanaan Campuran Adukan Beton	63
1. <i>Mix design</i> (Perencanaan campuran)	63

2. <i>Test Slump</i>	64
C. Hasil Pengujian Beton	64
1. Analisis kuat tekan beton	64
2. Analisis penetrasi ion klorida	67
3. Analisis porositas pada beton	69

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.

A. Kesimpulan	72
B. Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III. 1. Komposisi bahan utama semen (Tjokrodimuljo, 1996).....	12
Tabel III. 2. Jenis-jenis semen <i>portland</i> (Tjokrodimuljo, 1996).....	13
Tabel III. 3. Gradasi agregat halus (SK-SNI-T_15-1990-03).....	14
Tabel III. 4. Gradasi agregat kasar (SK-SNI-T_15-1990-03).....	15
Tabel III. 5. Kandungan kimia <i>Fly Ash</i> (ASTM C 618-93).....	18
Tabel III. 6. Penetapan nilai <i>slump</i> (Tjokrodimuljo, 1996).....	19
Tabel III. 7. Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton	19
Tabel III. 8. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan	20
Tabel III. 9. Stándar ASTM C 1202 nilai dari penetrasi ion klorida	24
Tabel IV. 1. Rincian jumlah pembuatan benda uji beton.....	38
Tabel IV. 2. Standar yang dipakai dalam penelitian	40
Tabel IV.3. Standar yang dipakai dalam penelitian	40
Tabel IV. 4. Fraksi-fraksi agregat halus.....	46
Tabel IV. 5. Fraksi-fraksi agregat kasar.....	46
Tabel V. 1. Hasil pemeriksaan agregat	56
Tabel V. 2. Perhitungan gradasi pasir	60
Tabel V. 3. Perhitungan gradasi kerikil	61
Tabel V. 4. Analisa nilai <i>fly ash</i>	62
Tabel V.5. Perencanaan campuran beton per m ³	63
Tabel V. 6. Perencanaan campuran beton per silinder D 15 cm, T 30 cm.....	63
Tabel V. 7. Perencanaan campuran beton per silinder D 15 cm, T 5 cm.....	63
Tabel V. 8. <i>Test slump</i>	64
Tabel V. 9. Hasil analisis kuat tekan rata-rata beton normal	65
Tabel V. 10. Hasil analisis kuat tekan rata-rata beton dengan <i>fly ash</i>	66
Tabel V. 11. Hasil analisis penetrasi ion klorida beton normal	67
Tabel V. 12. Hasil analisis penetrasi ion klorida beton dengan <i>fly ash</i>	68
Tabel V. 13. Hasil analisis porositas beton normal.....	69
Tabel V. 14. Hasil analisis porositas beton dengan <i>fly ash</i>	70

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik III. 1. Penetapan persentase agregat halus terhadap agergat untuk ukuran butir maksimal 20 mm	21
Grafik III. 2. Penetapan hubungan kandungan air, berat jenis agregat dan berat beton SK SNI M-15 1990 03.....	22
Grafik V. 1. Gradasi pasir	60
Grafik V. 2. Gradasi kerikil.....	61
Grafik V. 3. Ikatan awal semen.....	62
Grafik V. 4. Hubungan antara variasi perawatan dan kuat tekan beton normal dan beton dengan bahan tambah <i>fly ash</i>	66
Grafik V. 5. Hubungan antara variasi perawatan dan penetrasi rata-rata normal dan beton dengan bahan tambah <i>fly ash</i>	68
Grafik V. 6. Hubungan antara variasi perawatan dan porositas beton normal dan beton dengan bahan tambah <i>fly ash</i>	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II. 1. Skematik percobaan penentuan koefisien difusi CI dengan cara dipercepat dengan Medan listrik	10
Gambar IV. 1. Porositas pada beton	10
Gambar IV. 1. Limbah batubara	26
Gambar IV. 2. Gelas ukur	27
Gambar IV. 3. <i>Volumetric flash</i>	27
Gambar IV. 4. Saringan atau ayakan	28
Gambar IV. 5. Alat penggetar ayakan (<i>Seiver</i>)	28
Gambar IV. 6. Timbangan <i>digital</i> dan Timbangan besar	29
Gambar IV. 7. Timbangan dalam air	29
Gambar IV. 8. Mesin <i>Los Angeles</i>	30
Gambar IV. 9. <i>Oven</i>	30
Gambar IV. 10. <i>Desicator</i>	31
Gambar IV. 11. <i>Molen</i>	31
Gambar IV. 12. Keucut <i>Abram's</i> dan tongkat baja	32
Gambar IV. 13. Cetakan silinder	32
Gambar IV. 14. <i>Hellige Tester</i>	33
Gambar IV. 15. Mesin uji tekan	33
Gambar IV. 16. Mesin uji penetrasi ion klorida	34
Gambar IV. 17. Mesin uji porositas	34
Gambar IV. 18. Keucut <i>Abram's</i> dan Tamper	35
Gambar IV. 19. <i>Vicat apparatus</i>	35
Gambar IV. 20. Peralatan penunjang lain	36
Gambar IV. 21 Model pengujian penetrasi ion klorida metode dipercepat	39
Gambar IV. 22. Proses vakum dan penjenjuran benda uji	39
Gambar IV. 23. Bagan alir penelitian	41
Gambar IV. 24. Perawatan benda uji beton	52
Gambar IV. 25. Hasil pengujian kuat tekan beton	52

Gambar V. 1.	Cara pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	57
Gambar V. 2.	Cara pengujian kandungan bahan organik agregat halus	58
Gambar V. 3.	Cara pengujian <i>sand equivalent</i> agregat halus	58

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran IV. 1. Pemeriksaan kandungan organik.....	L-1
Lampiran IV. 2. Pemeriksaan SSD	L-2
Lampiran IV. 3. Pemeriksaan SSD	L-3
Lampiran IV. 4. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar.....	L-4
Lampiran IV. 5. Pemeriksaan berat jenis agregat halus.....	L-5
Lampiran IV. 6. Pemeriksaan kandungan lumpur pada pasir	L-6
Lampiran IV. 7. Pemeriksaan keausan agregat kasar	L-7
Lampiran IV. 8. Pemeriksaan gradasi pada pasir.....	L-8
Lampiran IV. 9. Pemeriksaan gradasi pada pasir.....	L-9
Lampiran IV. 10. Pemeriksaan gradasi pada pasir.....	L-10
Lampiran IV. 11. Pemeriksaan gradasi pada kerikil.....	L-11
Lampiran IV. 12. Pemeriksaan gradasi pada kerikil	L-12
Lampiran IV. 13. Pemeriksaan gradasi pada kerikil	L-13
Lampiran IV. 14. Pemeriksaan gradasi pada kerikil	L-14
Lampiran IV. 15. Pemeriksaan gradasi pada kerikil	L-15
Lampiran IV. 16. Pemeriksaan pelapukan <i>soundness test</i> pasir	L-16
Lampiran IV. 17. Pemeriksaan pelapukan <i>soundness test</i> pasir	L-17
Lampiran IV. 18. Pemeriksaan <i>sand equivalent</i>	L-18
Lampiran IV. 19. Pengujian ikatan awal semen	L-19
Lampiran IV. 20. Pembuatan <i>Mix design</i>	L-20
Lampiran IV. 21. Pembuatan <i>Mix design</i>	L-21
Lampiran IV. 22. Pembuatan <i>Mix design</i>	L-22
Lampiran IV. 23. Pengujian <i>slump</i>	L-23
Lampiran IV. 25. Pengujian kuat tekan beton normal	L-25
Lampiran IV. 26. Pengujian kuat tekan beton dengan <i>fly ash</i>	L-26
Lampiran IV. 32. Pengujian penetrasi beton normal	L-32
Lampiran IV. 38. Pengujian penetrasi beton dengan <i>fly ash</i>	L-38
Lampiran IV. 39. Pengujian porositas beton normal	L-39
Lampiran IV. 40. Pengujian porositas beton dengan <i>fly ash</i>	L-40

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas luas penampang (cm^2 atau mm^2)
P	= Beban tekan maksimum (kg atau N)
f'_c	= Kuat tekan beton (MPa)
f'_{cr}	= Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
P_{maks}	= Beban tekan maksimum (N)
Q	= Muatan yang lewat (<i>Coulombs</i>)
I_0	= Kuat arus saat dihitung listrik (amper)
I_t	= Kuat arus setelah t detik (Amper)
n	= Porositas (%)
D	= Berat benda uji dalam air (gr)
A	= Berat benda uji kondisi <i>oven</i> (gr)
C	= Berat benda uji kering setelah di <i>vakum</i> SSD (gr)
fas	= Faktor air semen
MHB	= Modulus Halus Butir
y	= berat total agregat
W_i	= Berat agregat yang mengalami pelapukan
X_i	= Berat agregat yang lolos saringan sesudah diuji
Y_i	= Berat agregat terhadap total berat agregat
$B_{j \text{ agg hls}}$	= berat jenis agregat halus (gram/cm^3)
$B_{j \text{ agg ksr}}$	= berat jenis agregat kasar (gram/cm^3)
%	= Persen
a	= Berat mula-mula (gram)
b	= Berat tertahan saringan 12,5 mm setelah dibersihkan (gram)
ϕ	= porositas
V_v	= volume rongga
V_T	= volume total

PENGARUH PEMAKAIAN *FLY ASH* SEBAGAI *CEMENTITIOUS* PADA BETON TERHADAP PENETRASI ION KLORIDA MENGGUNAKAN METODE DIPERCEPAT

INTISARI

Beton adalah suatu material komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Bahan tambah yang dipakai untuk pengganti semen adalah *fly ash*. Untuk meneliti kuat tekan, porositas dan penetrasi ion klorida menggunakan metode dipercepat terhadap beton dengan penambahan *fly ash* sebagai *mineral admixture* dari berbagai variasi umur perawatan beton.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji beton normal dan beton dengan bahan tambah *fly ash*, berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm untuk pengujian kuat tekan dengan metode SK SNI M-14 -1989-F dan ukuran 5 x 10 cm untuk pengujian penetrasi ion klorida dengan metode ASTM C 1202 dan pengujian porositas dengan metode ASTM C642-90. Jumlah benda uji sebanyak 80 buah. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,4. Bahan tambah *fly ash* dengan prosentase 12,5% dari berat semen pada masa perawatan selama 3, 7, 14, 21 hari dengan cara disiram dan 28 hari dengan cara direndam. Kemudian diuji pada umur 28 hari dengan pengujian kuat tekan, penetrasi ion klorida dan porositas terhadap benda uji yang telah dipersiapkan.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kuat tekan beton terbesar 28,011 MPa dihasilkan dari beton dengan bahan tambah *fly ash* pada perawatan 28 hari dengan cara direndam. Penetrasi ion klorida terendah pada beton dengan bahan tambah *fly ash* pada perawatan 28 hari dengan cara direndam yaitu sebesar 666 *coulombs*, tingkat penetrasi ion klorida masuk dalam kategori sangat rendah. Porositas terendah pada beton dengan bahan tambah *fly ash* dengan perawatan 21 hari dengan cara disiram sebesar 23,12%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* meningkatkan kuat tekan beton, menambah hambatan dan mengurangi arus yang lewat serta rongga pada beton lebih sedikit dibanding dengan beton normal.

Kata kunci : *Beton, fly ash, kuat tekan, penetrasi ion klorida, porositas, umur perawatan*

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 618-93. “*Standard Test Method for Fly Ash and Row or calcined Natural Pozzolan for Use as a mineral Admixture in Portlan Cement Concrete,*” American S”ociety for Testing of Concrete’s,1991
- ASTM C 642-90.”*Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*” American Society for Testing of Concretes”,1991
- ASTM C 1202-91.”*Standard Test Method for Electrical Indication of concrete’s Ability to Resist Chloride Ion Penetration,*” American Society for Testing of Concretes”,1991.
- DPU, 1989. “*Stándar Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SK SNI T – 1990 – 0,3*”, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.
- DPU, 1989. “*Stándar Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SK SNI T – 1990 – 0,3*”, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.
- Haricipto.A., 2005. “*Pemanfaatan Limbah Briket Batu bara Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut*”, Tugas Akhir, Jurusan teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Kompas, 2006. 30 ”*Persen Industri Tekstil Beralih ke Batubara*”, Kompas Cyber Media, www.kompas.com.
- Koto. I, 2005. “ *Studi Analisis Durabilitas Stuktur Beton Bertulang di Lingkungan Klorida Dengan teori Keandalan Struttur*”. [www. Teknik Sipil ITB. Com](http://www.TeknikSipilITB.Com).
- L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1991.”*Bahan dan Praktek Beton*”, Erlangga, Jakarta
- Mulyono.T, 2003. ”*Teknologi Beton*”, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Nawi. E,1982. “*Fundamental of High Performance Concrete*”, Departemen Of Civil and Environmental Engineering Rutgers University of New Jersey.
- Nawi. E, 1998. ”*Beton Bertulang*”, Penerbit PT. Refika Aditam, Bandung.
- PLTU, 2006. “*Abu batu bara PLTU Surabaya*”, www.suralaya.com.
- Porosity, 2007. “*Porosity – Wikipedia, the encyclopedia*”, www.porosity.com

- Prasetya, D dkk, 2003, "*Laporan Praktikum Teknologi Bahan kontrolasi*", Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- R. Sagel, 1994. "*Pedoman Pengerjaan Beton*", Erlangga, Jakarta.
- Siregar. R, 2005. "*Studi Eksperimen Perilaku Material Beton Dalam Lingkungan Kholrida*". www. Teknik Sipil ITB. Com
- Subakti. A. 1995. "*Sifat – Sifat Fisik dan Mekanik Beton Mutu Tinggi Dengan Fly Ash*". Teknik Sipil ITS.
- Tempo, 2006. "*Industri Tekstil di Surakarta Gunakan Batu Bara Untuk Sumber Energi*" www. Tempo. Com.
- Tiem, 2001. "*Pedoman Penyusunan Laporan Kerja Praktek, Usulan Tugas Akhir*", *Laporan Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Tjokrodinuljo. K, 1996. "*Teknologi Beton*", Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Thomas. M.D.A, (2006). "*Testing The Chloride Penetration Resistance of Concrete*". www. Rapid Chloride Penetration Test. Com.