

**STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI  
SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK  
BETON BERTULANG**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

**ADITYO WIDYA KRISTANTO**

**NPM : 130214702**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
JANUARI 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

### **STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG**

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, Januari 2018

Yang membuat pernyataan,



(Adityo Widya Kristanto)

# PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

## STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG

Oleh :

Adityo Widya Kristanto

NPM. : 130214702

Telah diperiksa dan disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, 20 - FEB - 2018

Pembimbing



A. Eva Lianasari, S.T., M.T.

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



FAKULTAS  
TEKNIK

J. Januar Sudjati, S.T., M.T.

**PENGESAHAN PENGUJI**

Laporan Tugas Akhir




**STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI  
SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK  
BETON BERTULANG**



**ADITYO WIDYA KRISTANTO**

NPM : 130214702

Telah diuji dan disetujui oleh :

	Nama	Tanggal	Tanda Tangan
Ketua	: A. Eva Lianasari, S.T., M.T.	20/2 1-2018	
Sekretaris	: Anggun Tri Atmajayanti, S.T., M.Eng.	20/2 2-2018	
Anggota	: Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng.	20/02/2018	

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, atas kasih karunia dan penyertaan-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir dengan judul “STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG” adalah untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang pendidikan tinggi Program Strata-1 (S-1) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus, karena penyertaan dan pekenanan yang sempurna dalam segala hal
2. Bapak, Ibu & Mbak Fani dan seluruh keluarga yang telah memberikan perhatian dan doa selama menjalani penelitian tugas akhir ini
3. Ibu Angelina Eva Lianasari, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir
4. Bapak J. Januar Sudjati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Bagian Pengajaran Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu dalam bidang administrasi

6. Anak-anak SADAP yang terdiri dari Arriel, Alfred, Ray, Ade dan Diego terima kasih sudah menjadi sahabat di kota pelajar ini, sukses buat kalian semua
7. Yoga, Atika, Mario, Petrus yang sudah menjadi teman nongkrong disaat teman-teman yang lain sudah pada pergi dari jogja
8. Arini, Linda, dan Thomas, yang sudah menjadi sahabat di kota pelajar ini
9. Bapak Obaja dan Ibu Warni yang sudah menjadi orang tua selama saya hidup di jogja
10. Tim pelayanan Asaf yang sudah menjadi keluarga dalam pelayanan
11. Tresno Soul Management yang selalu bisa menjadi tempat untuk sharing “berbagi” satu dengan yang lain
12. Anak-anak GKN Gloria bang Yoha, bang Togar, Muel, Ria, Grace, dan semua yang menjadi keluargaku selama di jogja
13. Anak-anak OMK St. Paulus Rasul Tumbang Titi, Robert, Kak Eten, Wawa, Bang Pedo, Kak Yuli, Sherly, Butet, Juan, Pilan, Lando & Theo, terima kasih banyak kalian sudah menjadi keluarga baru bagi saya selama KKN
14. Anak-anak KKN 71 Kelompok 69 Surya, Ferina, Mia & Kak Mar
15. Teman Satu perjuangan Skripsi Ignas, Melita dan Miko
16. Dan semua orang yang telah turut membantu dan mendukung yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, oleh karena itu penyusun dengan senang hati menerima kritik dan saran yang dapat bermanfaat bagi penyusunan laporan yang akan datang.

Yogyakarta, 20 Januari 2018

Penyusun

Adityo Widya Kristanto



## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR NOTASI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR PERSAMAAN .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
INTISARI .....	xvi
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Keaslian Tugas Akhir .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	6
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
1.7 Lokasi Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
<b>III. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>12</b>
3.1 Beton .....	12
3.2 Material Penyusun Beton .....	13
3.2.1 Semen Portland .....	13
3.2.2 Agregat .....	14
3.2.3 Air .....	14
3.3 Baja Tulangan .....	15
3.4 Beton Bertulang .....	15
3.5 Lumpur Sidoarjo .....	15
3.6 Balok Beton Bertulangan Rangkap .....	16
3.7 Kuat Geser .....	19
3.8 Kuat Tekan Beton .....	21
3.9 Pengujian Kuat Lentur Murni ( <i>Modulus of Rupture</i> ).....	21



3.10 Modulus Elastisitas Beton .....	22
<b>IV. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Umum .....	24
4.2 Tahapan Penelitian .....	25
4.3 Persiapan Penelitian .....	26
4.3.1 Bahan .....	26
4.3.2 Alat .....	30
4.4 Kerangka Penelitian .....	41
4.5 Tahap Pembuatan Benda Uji .....	41
4.6 Tahap Perawatan Benda Uji .....	43
4.7 Tahap Pengujian Benda Uji .....	43
4.7.1 Pengujian Kuat Tekan beton .....	43
4.7.2 Pengujian Modulus Elastisitas .....	44
4.7.3 Pengujian Kuat Lentur Murni .....	44
4.7.4 Pengujian Kuat Geser Balok .....	45
4.8 Tahap Analisis Data .....	45
4.9 Tahap Pelaksanaan Penelitian .....	45
<b>V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
5.1 Pengujian Bahan Campuran Beton .....	46
5.1.1 Pengujian Agregat Halus .....	46
5.1.2 Pengujian Agregat Kasar .....	48
5.2 Pengujian SEM Lumpur Sidoarjo .....	49
5.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan .....	51
5.4 Kebutuhan Bahan Adukan Beton .....	53
5.5 Kebutuhan Penulangan Balok Beton .....	54
5.6 Hasil Pengujian Beton .....	55
5.6.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	55
5.6.2 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	58
5.6.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur Murni ( <i>Modulus of Rupture</i> ) .....	59
5.7 Hasil Pengujian Balok Beton .....	61
5.7.1 Pengujian Kuat Geser Balok .....	61
5.7.2 Hubungan Beban dan Defleksi .....	63
5.7.3 Pola Retak Balok .....	64
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>69</b>
6.1 Kesimpulan .....	69
6.2 Saran .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengujian Kimia Lumpur Lapindo .....	7
Tabel 2.2 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Pasta Semen .....	8
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji .....	42
Tabel 4.2 Jadwal Rencana Penyelesaian Tugas Akhir .....	45
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Agregat Halus .....	46
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	48
Tabel 5.3 Hasil Pengujian EDX Lumpur Sidoarjo .....	49
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Sidoarjo .....	51
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan .....	52
Tabel 5.6 Kebutuhan Bahan Campuran Tiap 1 m <sup>3</sup> Beton .....	54
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	56
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	59
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Murni Beton .....	60
Tabel 5.10 Beban Kuat Geser Balok .....	61
Tabel 5.11 Defleksi Balok Beton .....	63

## DAFTAR NOTASI

NOTASI	ARTI
$f'c$	Kuat desak (MPa)
P	Beban Tekan
A	Luas penampang benda uji
w	Berat beton
$fp$	Tegangan
$ep$	Regangan
E	Modulus elastisitas beton
Po	Panjang awal
$\Delta p$	Perubahan panjang benda uji
$fy$	Kuat leleh maksimum
$fu$	Kuat tarik maksimum
s	Jarak sengkang (begel)
P12	Tulangan baja diameter 12 mm
P6	Tulangan baja diameter 6 mm
Mn	Momen nominal (Nmm)
Mu	Momen <i>ultimate</i> (Nmm)
Cc	Gaya pada daerah tekan penampang (N)
Cs	Gaya pada tulangan tekan (N)
As	Luas turangan tarik (mm <sup>2</sup> )
$fs'$	Tegangan luluh baja pada daerah tekan balok (MPa)
d	Jarak dari serat tarik terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal (mm)
d'	Jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal
a	Tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (mm)
c	Jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan (mm)
Es	Modulus elastis baja non-prategang dengan nilai sebesar 200.000 MPa
$\beta_1$	Faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi
$\emptyset$	Faktor reduksi sebesar 0,8
Vs	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (kN)
Vn	Kuat geser nominal (kN)
Vs	Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (kN)
bw	Lebar badan

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Distribusi Tegangan dan Regangan pada Penampang Balok Tulangan Rangkap .....	16
Gambar 4.1 Semen Gresik 40 kg .....	26
Gambar 4.2 Pasir Progo .....	27
Gambar 4.3 Batu Split / Kerikil Clereng .....	28
Gambar 4.4 Lumpur Sidoarjo yang telah dikeringkan .....	28
Gambar 4.5 <i>Superplasticizer Viscocrete 1003</i> .....	29
Gambar 4.6 Baja Tulangan .....	30
Gambar 4.7 Saringan dan Mesin Pengayak .....	30
Gambar 4.8 Oven .....	31
Gambar 4.9 Gelas Ukur .....	31
Gambar 4.10 Timbangan .....	32
Gambar 4.11 Kerucut Pasir dan Penumbuk .....	32
Gambar 4.12 <i>Gardner Standard Colour</i> .....	33
Gambar 4.13 Labu <i>Erlenmeyer</i> .....	33
Gambar 4.14 Mesin LAA .....	34
Gambar 4.15 Molen ( <i>Concrete Mixer</i> ) .....	34
Gambar 4.16 Cetakan Silinder Beton .....	35
Gambar 4.17 Kerucut Abrams .....	35
Gambar 4.18 Kaliper .....	36
Gambar 4.19 Keranjang Kawat .....	36
Gambar 4.20 <i>Universal Testing Machine</i> merk Shimadzu .....	37
Gambar 4.21 <i>Compressometer</i> .....	37
Gambar 4.22 <i>Compression Testing Machine</i> .....	38
Gambar 4.23 <i>Loading Frame</i> .....	38
Gambar 4.24 <i>Dial Gauge</i> .....	39
Gambar 4.25 <i>Data Logger Dewetron 201</i> .....	39
Gambar 4.26 Bekesting .....	40
Gambar 4.27 Diagram Alir Kerangka Penelitian .....	41
Gambar 4.28 <i>Setting</i> Pengujian Kuat Tekan .....	43
Gambar 4.29 <i>Setting</i> Pengujian Modulus Elastisitas .....	44
Gambar 4.30 <i>Setting</i> Pengujian Kuat Lentur Murni .....	44
Gambar 4.31 <i>Setting</i> Pengujian Kuat Geser Balok .....	45
Gambar 5.1 Detail Bentuk Lumpur Sidoarjo .....	50
Gambar 5.2 Grafik Pengujian Kuat Tarik Baja P12 .....	52
Gambar 5.3 Grafik Pengujian Kuat Tarik Baja P6 .....	52
Gambar 5.4 Detail Penulangan Balok (satuan mm) .....	54
Gambar 5.5 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton .....	55
Gambar 5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	57
Gambar 5.7 Grafik Modulus Elastisitas Beton .....	58
Gambar 5.8 Grafik Kuat Lentur Murni .....	59
Gambar 5.9 Grafik Kuat Geser Balok .....	61
Gambar 5.10 Grafik Defleksi Balok .....	62

Gambar 5.11 Grafik Hubungan Beban & Defleksi .....	63
Gambar 5.12 Pola Retak Balok BN-1 .....	64
Gambar 5.13 Pola Retak Balok BN-2 .....	65
Gambar 5.14 Pola Retak Balok BL-1 .....	65
Gambar 5.15 Pola Retak Balok BL-2 .....	66



## DAFTAR PERSAMAAN

No.	KETERANGAN	HAL
3-1	Persamaan kimia proses hidrasi semen	13
3-2	Persamaan kimia proses hidrasi semen	13
3-3	Persamaan kimia proses hidrasi lumpur sidoarjo	16
3-4	Persamaan kimia proses hidrasi lumpur sidoarjo	16
3-5	Persamaan untuk mencari $C_c$	17
3-6	Momen nominal 1	17
3-7	Persamaan untuk mencari $C_s$	17
3-8	Momen nominal 2	17
3-9	Momen nominal total	17
3-10	Momen <i>ultimate</i>	17
3-11	Persamaan untuk mencari $\epsilon_y$	17
3-12	Persamaan untuk mencari $\epsilon_s'$	17
3-13	Kondisi tulangan belum luluh	18
3-14	Persamaan untuk mencari $f_s'$	18
3-15	Momen nominal balok tulangan rangkap	18
3-16	Momen Ultimit Balok Tulangan Rangkap	18
3-17	Tegangan Geser	19
3-18	Kuat Geser Nominal	20
3-19	Kapasitas Geser Beton	20
3-20	Gaya Geser Nominal yang Disediakan Tulangan Geser	20
3-21	Kuat Tekan Beton	21
3-22	Kuat Lentur Benda Uji, Bidang Patah di Daerah Pusat	22
3-23	Kuat Lentur Benda Uji, Bidang Patah di Luar Daerah Pusat	22
3-24	Modulus Elastisitas Beton	23

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	KETERANGAN	HAL
A-1	Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	73
A-2	Pengujian Kandungan Zat Organik Agregat Halus	74
A-3	Pengujian Berat Satuan Volume Agregat Halus	75
A-4	Pengujian Berat Satuan Volume Agregat Kasar	76
A-5	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin LAA	77
A-6	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	78
A-7	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	79
A-8	Pengujian SEM-EDX Lumpur Sidoarjo	80
A-9	Pengujian Kandungan Lumpur Sidoarjo	81
A-10	Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan P12	82
A-11	Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan P6	85
B-1	Rencana Adukan Beton ( <i>Mix Design</i> )	88
C-1	Perencanaan Penulangan Balok Beton Bertulang	97
D-1	Jadwal Pengujian Beton	100
D-2	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton	100
D-3	Pengujian Modulus Elastisitas Silinder Beton	101
D-4	Pengujian Kuat Lentur Murni Beton	107
D-5	Pengujian Kuat Geser Balok Beton Bertulang	108
E-1	Dokumentasi Penelitian	113

## INTISARI

### **STUDI PENGARUH LUMPUR SIDOARJO SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT GESER BALOK BETON BERTULANG.**

Adityo Widya Kristanto, NPM 13 02 14702, tahun 2018, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Salah satu inovasi yang hadir dalam usaha mengurangi penggunaan semen adalah dengan menggantikan semen dengan bahan yang memiliki sifat serupa. Salah satu bahan yang bersifat serupa dengan semen adalah lumpur sidoarjo. Lumpur sidoarjo merupakan limbah yang dihasilkan dari kesalahan pengeboran yang dilakukan oleh perusahaan PT. Lapindo Brantas.

Dalam penelitian ini akan diperiksa mengenai pengaruh substitusi lumpur sidoarjo terhadap kuat geser balok beton bertulang. Perencanaan beton dibuat berdasarkan perencanaan beton normal menurut SNI dengan rencana kuat tekan 25 MPa. Lumpur sidoarjo yang digunakan sebagai substitusi 50% berat semen. Pengujian yang dilakukan antara lain kuat tekan, modulus elastisitas, kuat lentur murni beton, dan kuat geser balok beton bertulang. Balok beton bertulang pengujian geser berdimensi 120 x 240 x 1700mm, dengan 3 tulangan memanjang diameter 12 mm di bagian bawah dan 2 tulangan di bagian atas. Tulangan geser berdiameter 6 mm hanya dipasang di daerah lapangan, sepanjang 400 mm dari tumpuan tidak dipasang tulangan geser. Pembebanan dilakukan pada dua titik di 1/3 bentang balok beton bertulang. Pengambilan data menggunakan *data logger Dewetron 201* dan LVDT di daerah tengah bentang. Silinder pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas berdimensi 150 x 300mm, dan balok *rupture* berdimensi 100 x 100 x 500mm tanpa tulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi lumpur sidoarjo mempengaruhi kuat geser balok beton bertulang. Beton dengan substitusi lumpur sidoarjo memiliki kuat tekan sebesar 12,64 MPa dan 24,23 MPa untuk beton normalnya. Beton dengan substitusi lumpur sidoarjo memiliki modulus elastisitas sebesar 10637,665 MPa dan 18176,115 MPa untuk beton normalnya. Balok beton bertulang dengan substitusi lumpur sidoarjo memiliki kuat geser sebesar 19,23 KN dan 94,54 KN untuk beton normalnya. Beton bertulang dengan substitusi lumpur sidoarjo memiliki nilai defleksi sebesar 4,295 mm dan 4,96 mm untuk beton normalnya. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa beton dengan substitusi lumpur sidoarjo mengalami penurunan mutu betonnya.

Kata Kunci : Substitusi semen, lumpur sidoarjo, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat geser