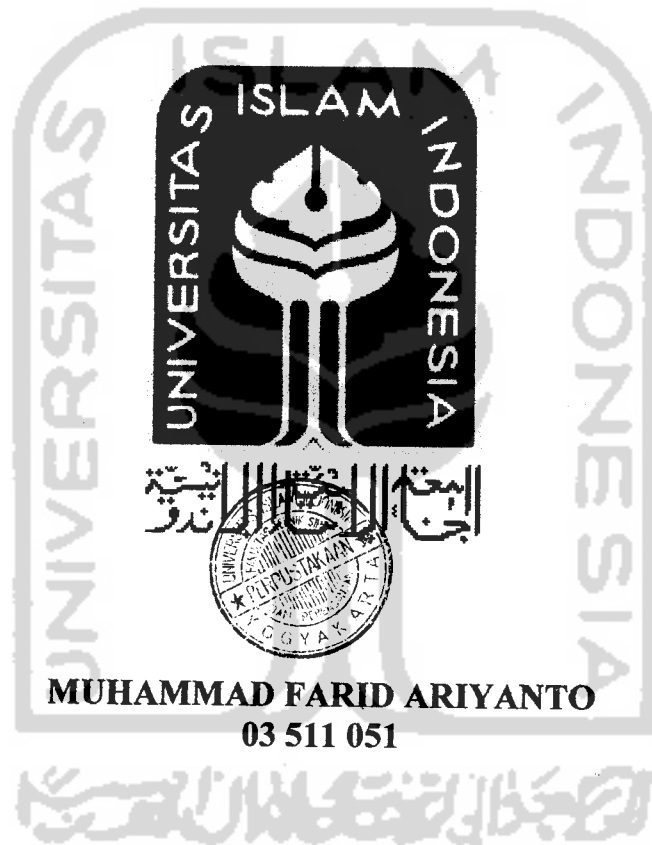


PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HADIRAH/BELI	
TGL. TERIMA :	29 - 11 - 2007
NO. JUDUL :	2620
NO. INV. :	5120002620001
NO. INDUK :	002620

**TUGAS AKHIR**

**OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT  
PADA SIKAGROUT FM**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



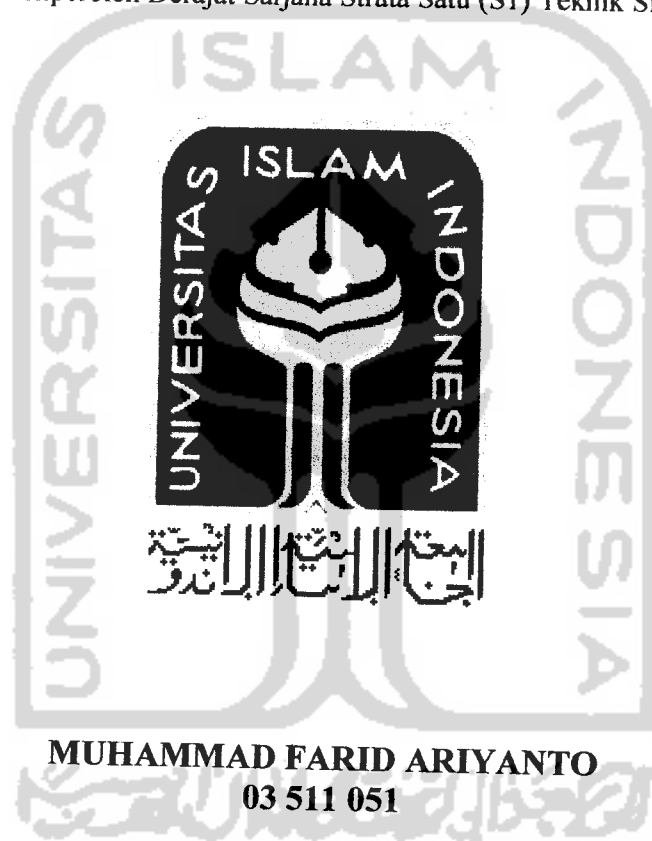
**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**  
**OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT**  
**PADA SIKAGROUT FM**

***OPTIMIZING THE ADDITION OF SPLIT COMBINATION AT***  
***SIKAGROUT FM***

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil

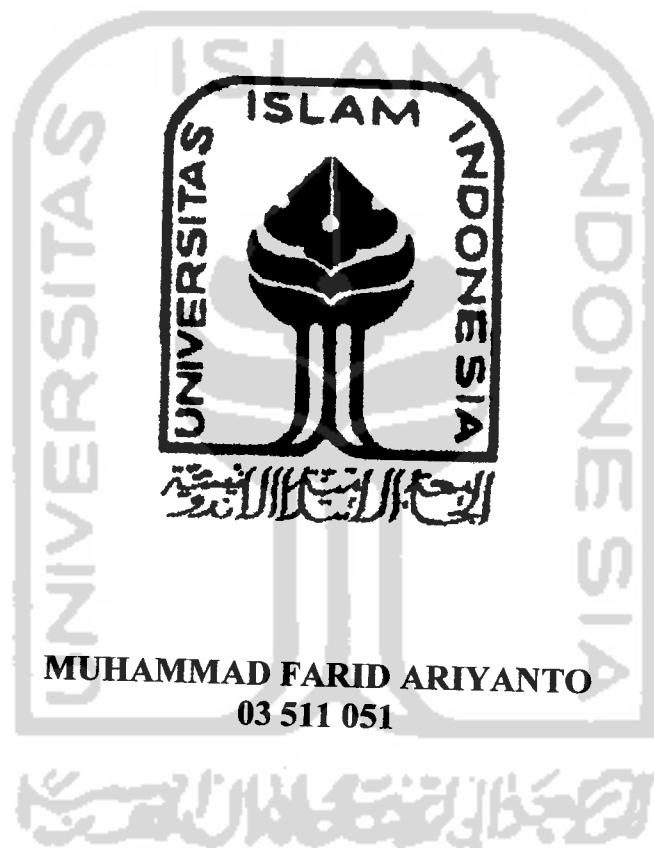


**MUHAMMAD FARID ARIYANTO**  
**03 511 051**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2007**

**TUGAS AKHIR**  
**OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT**  
**PADA SIKAGROUT FM**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2007**

**TUGAS AKHIR**  
**OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT**  
**PADA SIKAGROUT FM**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



Disusun oleh:

**Muhammad Farid Ariyanto**  
**03 511 051**

Disetujui oleh:

Peribimbing

**Ir. H. A. Kadir Aboe, MS**

Tanggal : 12/06-2007



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

*Alhamdulillah* rabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayah, kesempatan, dan kemudahan dalam menjalankan amanah sehingga tugas akhir yang berjudul "OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT PADA SIKAGROUT FM" ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, inspirasi akhlak dan pribadi mulia.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan material dan spiritual sehingga tugas akhir ini dapat terwujud, yaitu kepada:

1. Ibu yang selalu memberikan doa.
2. Ibu yang selalu memberikan doa.
3. Ibu yang selalu memberikan doa.
4. Kedua kakakku yang selalu memberikan doa.
5. Alm. Ayah yang selalu menjadi panutanku selama ini.
6. Yth. Rektor Universitas Islam Indonesia, Prof. DR. H. Edy Suandi Hamid, M.Ec.
7. Yth. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, DR. Ir. H. Ruzardi, MS.

8. Yth. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, Ir. H. Faisol A.M., MS dan Ir. H. Suharyatmo, MT.
9. Yth. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah.
10. Seluruh dosen serta karyawan FTSP-UII. Pak Santoro, Pak Heri, Pak Pardi, dan Pak Harto, terima kasih atas dukungan serta bantuannya. Pak Warno, Pak Darus, dan Pak Aris, terima kasih atas bimbingannya dalam pengujian.
11. Alm. Ayah tercinta Abdul Haris Suwanto, terima kasih telah membimbing kami untuk mencintai Allah SWT.
12. Ibuku tercinta Hj. Sri Astuti, Mba' Nining Yuli Astuti + Mas Bayu dan Mas Nanang Muh. Yusuf Rifa'i bersama keluarga terima kasih atas segala doa, dukungan, kritik, dan sarannya. Serta seluruh keluarga besarku.
13. Kekasihku tersayang Theresia Indri Aryani, yang selalu memberikan doa, dukungan, perhatian, cinta dan kasih sayangnya.
14. Kost IBC ("Irawan Boxing Camp") yang sudah menjadi rumah keduku beserta para penghuninya (Sandi, Untung, Uki, Mr.Candil) yang selalu mendukungku.
15. Cah *cumlauders* (Prima, Randy, Vembri, Aji, Krisna, Tile, Untung, Johan, Sandi, Uki) kapan touring lagi euy?!?
16. Trio Macan yang ndutz2 + chubby2 (aNiEnz....PutZz....Dee2) dan managernya Mrs. Tisa.....(kapan konsernya?!?)....hehehehe.....
17. Teman-teman yang membantuku pada saat di laboratorium: teman-temanku kost IBC, Prima + Randy (nuwun banget yo!), Trio Macan + managernya, Agus, Adi, Danur, Danu, Azwar dan.....?????makasih banyak ya prend..... ☺
18. Rekan-rekan Teknik Sipil UII, khususnya angkatan 2003 yang selalu memberikan *support* dan dorongannya kepada penulis.

19. Teman-teman KKN *Cadas!!!* angkatan 33 unit 124 (Mamad “MadRock”, Ega, Chandra, Rina, Maya, Ery)....sori kalo kadang-kadang *nyleneh* suka kabur... ☺
20. Sahabat terbaikku Anita + Anton....Teman-teman *Ex IPA 2 Muhi Jogja* angk.'03, Ex 3 A angk.'00 SMP N 3 Jogja, dan Ex SD N GedongKuning III angk.'97.
21. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

*Wabillahittaufiq wal hidayah*

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Yogyakarta, Mei 2007

Penulis

**Muh.Farid Ariyanto**

## Motto

---

"...Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri..." (QS. Ar Ra'da: 11)

"Maka sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah (urusan yang lain) dengan sungguh-sungguh, dan hanya kepada Tuhanmu hendaklah engkau berharap." (QS. Al Insyirah: 5-8)

"Allah satu-satunya tempat bergantung." (QS. Al Ikhlas: 2)

"Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidup dan matiku hanyalah untuk Allah, penguasa semesta alam tiada sekutu bagi-Nya, dan demikian itulah yang diperintahkan kepadaku dan aku adalah orang yang pertama-tama menyerahkan diri kepada Allah." (QS. Al An'Am: 162-163)

"Aku mungkin tidak mampu mengubah dunia yang aku lihat disekitarku, tetapi aku dapat mengubah cara aku melihat dunia yang ada didalamku".

"Nothing easy, but nothing impossible" (Napoleon Bonaparte)

"Never Put Off Till Tomorrow What You Can Do Today"

# HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan perasaan bahagia dan syukur  
Berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya  
kupersembahkan Laporan Tugas Akhir ini kepada:*

- ~ Alm. Ayahku tercinta
- ~ Ibuku tercinta
- ~ Kedua kakakku tercinta

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Lembar Motto.....	vi
Lembar Persembahan.....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Notasi .....	xii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran .....	xvi
Abstraksi .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Umum .....	7
2.2 Sifat-sifat Beton.....	8
2.3 Perbaikan Mutu Beton .....	10
2.4 Hasil-hasil Penelitian Terdahulu .....	11
2.4.1 Ardi Novianto dan Robensyah (2005) .....	11
2.4.2 Rumpoko Hadi dan Erwin Priyatna (2003).....	12
2.4.3 Nomida Setiadi dan Dani Purwo Prasetio (2004).....	13

2.5	Keaslian Penelitian .....	13
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI .....</b>	<b>14</b>
3.1	Optimalisasi Penambahan Kombinasi Split Pada Sikagrout FM .....	14
3.2	Bahan Penyusun .....	16
3.2.1	Sikagrout FM .....	16
3.2.2	Agregat .....	17
3.2.3	Air .....	21
3.2.4	Udara .....	23
3.3	<i>Flow Test</i> .....	23
3.4	<i>Workability</i> .....	24
3.5	Segregasi .....	25
3.6	<i>Bleeding</i> .....	25
3.7	Modulus Elastisitas .....	26
3.8	Pengujian Beton Grouting .....	27
3.8.1	Kuat Tekan Beton Grouting .....	27
3.8.2	Kuat Lentur Beton Grouting .....	28
3.9	Perawatan Beton .....	31
3.10	Teori Pengolahan Data .....	33
3.10.1	Persamaan Regresi Polynomial .....	33
3.10.2	Korelasi .....	34
3.11	Hipotesis .....	35
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
4.1	Umum .....	36
4.2	Standar dan Spesifikasi Bahan .....	36
4.3	Peralatan yang Digunakan .....	38
4.3.1	Saringan .....	38
4.3.2	Talam .....	38
4.3.3	Cetok .....	39
4.3.4	Palu .....	39

4.3.5	Gayung .....	39
4.3.6	Gelas Ukur 500 ml .....	40
4.3.7	Kaliper atau Jangka Sorong .....	40
4.3.8	Timbangan Kapasitas 13000 gr .....	41
4.3.9	Kolam Perendam.....	41
4.3.10	Cat dan Spidol.....	42
4.3.11	Lap dan Kuas .....	42
4.3.12	Ember .....	42
4.3.13	Kerucut Abrams .....	43
4.3.14	Tumpuan Baja.....	43
4.3.15	Baja Pembebanan.....	44
4.3.16	Cetakan Silinder.....	44
4.3.17	Cetakan Balok.....	45
4.3.18	Oli dan kuas .....	45
4.3.19	Cawan.....	46
4.3.20	Molen .....	46
4.3.21	<i>StopWatch</i> .....	46
4.3.22	Mesin <i>Los Angeles</i> .....	47
4.3.23	Mesin Uji Kuat Tekan Beton Grouting.....	47
4.3.24	Mesin Uji Kuat Lentur Beton Grouting .....	48
4.4	Pembuatan Benda Uji Beton Grouting .....	48
4.5	Pengujian Benda Uji .....	49
4.5.1	Pengujian Kuat Desak Silinder Beton Grouting.....	49
4.5.2	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Grouting .....	49
4.6	Rawatan Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Grouting .....	50
4.6.1	Rawatan Beton Grouting Umur 7 Hari .....	50
4.7	Rekapitulasi Benda Uji .....	51
4.8	Pengolahan Data.....	52
4.9	Bagan Alir Penelitian.....	53
4.10	Waktu Pelaksanaan.....	54



<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
5.1	Umum .....	55
5.2	Hasil Pengujian Kekuatan Agregat.....	55
5.3	Nilai <i>Flow Test</i> dan <i>Workability</i> .....	58
5.4	Perbandingan Berat Volume .....	60
5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Grouting.....	64
5.6	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Campuran .....	69
5.7	Hasil Pengujian Tegangan-Regangan Beton Grouting Kuat Tekan Beton Grouting .....	76
5.8	Analisis Modulus Elastisitas .....	78
5.9	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting.....	81
5.10	Hasil Pengamatan Kuat Tekan .....	86
5.11	Hasil Pengamatan Kuat Lentur .....	87
5.12	Prosentase Perubahan Kekuatan Beton.....	89
5.13	Analisis Biaya Terhadap Penambahan Kombinasi Split .....	91
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>93</b>
6.1	Kesimpulan .....	93
6.2	Saran-saran.....	95
Daftar Pustaka .....		96
Lampiran		

## DAFTAR NOTASI

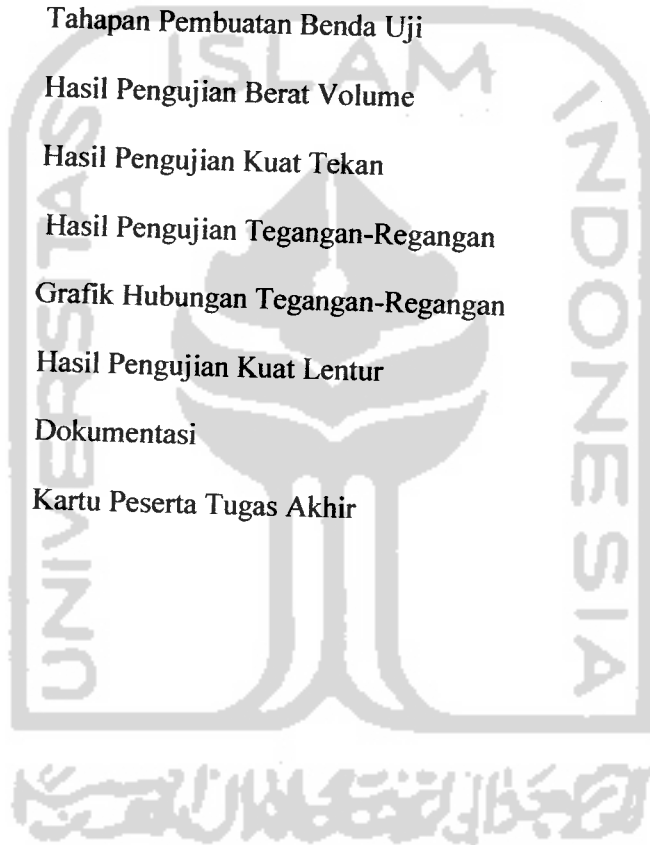
$a$	= bilangan konstan (konstanta dari variabel)
$A$	= luasan permukaan benda uji
$b$	= bilangan konstan (konstanta dari variabel)
$f_s$	= <i>Flexural strength</i> (kuat lentur beton grouting)
$C$	= Celcius
$f'_c$	= <i>Compressive strength</i> (kuat tekan beton grouting)
$\varepsilon$	= Regangan Beton Grouting
$\sigma$	= Tegangan Beton Grouting
$\pi$	= koefisien jari-jari lingkaran
$\mu$	= <i>micron</i> (satuan ukuran)
$f'_{cr}$	= Kuat Tekan Beton Grouting Rata-rata
$E$	= Modulus Elastisitas Beton Grouting
$n$	= jumlah sampel
$P_{max}$	= beban maksimum pengujian
$r$	= koefisien korelasi
$R^2$	= koefisien determinasi
$x$	= <i>independent variable</i> (variabel bebas)
$y$	= <i>dependent variable</i> (variabel tergantung)
#	= nomor saringan
°	= derajat
$\emptyset$	= diameter

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Syarat Agregat Kasar Menurut <i>British Standard</i> .....	20
Tabel 3.2	Persen Butir Ukuran Agregat Maksimum 30 mm.....	21
Tabel 3.3	Standar Waktu Vebe Time dengan nilai <i>flow test</i> .....	23
Tabel 3.4	Hubungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan korelasi .....	35
Tabel 4.1	Tata Cara Penamaan Benda Uji Tekan dan Uji Lentur.....	51
Tabel 4.2	Jadwal Kegiatan Penelitian .....	54
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Keausan Agregat.....	56
Tabel 5.2	Syarat Mutu Kekuatan Agregat sesuai SK SNI .....	57
Tabel 5.3	Hasil Nilai Flow Test Beton Grouting .....	58
Tabel 5.4	Berat Volume Beton Grouting Umur 7 hari.....	61
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Grouting.....	66
Tabel 5.6	Gradasi Agregat Campuran BGC 1090.....	70
Tabel 5.7	Modulus Elastisitas (E) Beton Grouting .....	81
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting.....	83
Tabel 5.9	Prosentase Perubahan Kekuatan Beton Grouting .....	89
Tabel 5.10	Kebutuhan Total Bahan Adukan Beton Grouting.....	91
Tabel 5.11	Perbandingan Harga .....	92

## DAFTAR LAMPIRAN

- |             |  |
|-------------|--|
| Lampiran 1  | Data Pemeriksaan Bahan                   |
| Lampiran 2  | Hasil Analisa Saringan dan Kurva Gradasi |
| Lampiran 3  | Data Benda Uji                           |
| Lampiran 4  | Kebutuhan Bahan Penyusun                 |
| Lampiran 5  | Tahapan Pembuatan Benda Uji              |
| Lampiran 6  | Hasil Pengujian Berat Volume             |
| Lampiran 7  | Hasil Pengujian Kuat Tekan               |
| Lampiran 8  | Hasil Pengujian Tegangan-Regangan        |
| Lampiran 9  | Grafik Hubungan Tegangan-Regangan        |
| Lampiran 10 | Hasil Pengujian Kuat Lentur              |
| Lampiran 11 | Dokumentasi                              |
| Lampiran 12 | Kartu Peserta Tugas Akhir                |



## ABSTRACT

May 27th 2006's earthquake shake, caused buildings in Yogyakarta and surrounding area effected a terrible damages, even total destruction. Damages that happen to the concrete caused deterioration of the building concretes strength. If a building made from prestressed concrete and damage on its structure meant that building's strength was deteriorated. Nevertheless, as long as the building deserved to be used. The building probably fixed or revised by step up the building's structure strength as before the earthquake.

One of the rehabilitation method is grouting. Prepack Method (grouting) by using plaster readymix mortar Sikagrout FM definitely give a satisfied result. The structure become stronger than before. This plaster have compressive strength 30 MPa on 3 days. Nevertheless, compressive strength increase until 52 MPa on 28 days. But this method cost enough big money on using it.

This Thesis deal with experiment study concerning about addition split combination to Sikagrout FM, especially about compressive strength and flexure strength grouting concrete with corn split combination ratio and 1:1 split were 1090 ; 2080 ; 3070 ; 4060 ; 5050 ; 6040 ; 7030 ; 8020 ; 9010. The result will be compared to compressive strength and flexure strength without addition split combination, also compared with standard concrete strength requirements.

Based on the result of the experiment, it show that grouting concrete's compressive strength with BGC 9010 split combination on 7 days have compressive strength higher than normal grouting concrete. It is 61,0562 MPa with ascending percent 28,8070%. Flexure strength is 4,3030 MPa with ascending percent 18,5085%. BGC 9010 grouting concrete bulk density is 2294,0455 kg/m<sup>3</sup>, smaller than another. It shows that concrete strength effected by solidity and cementitious. Not even forever, good grade result high concrete strength. This is proved by BGC 9010 split combination addition. It's compressive strength reversed comparition with mixture aggregate gradation because surface extensive of corn split bigger than 1:1 split, so need amount of water. Because of that, it's advisable split percent addition to get an optimum value.

The result of the experiment shows that the effect of addition split combination will increase grouting concrete quality. It means, addition split combination can be used as one of alternative grouting material from economy or even safety point of view.

**Keyword:** grouting, readymix Sikagrout FM, compressive strength, flexure strength, gradation

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Dibandingkan dengan bahan struktur yang lain, pemilihan beton sebagai material struktur utama pada bangunan mempunyai beberapa kelebihan, antara lain, relatif lebih murah, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan biaya pemeliharaan yang kecil.

Ditinjau dari sudut estetikanya, beton hanya membutuhkan sedikit pemeliharaan. Selain itu, beton tahan terhadap serangan api. Sifat-sifat yang beton kurang disenangi adalah mengalami deformasi yang tergantung pada waktu dan disertai dengan penyusutan akibat mengeringnya beton serta gejala lain yang berhubungan dengan hal tersebut. Pengaruh-pengaruh keadaan lingkungan, rangkai, penyusutan, pembebanan yang mengakibatkan perubahan dimensi pada struktur beton dan elemen-elemennya harus mendapat perhatian khusus yang cukup pada tahap perencanaan untuk mengatasi kesulitan yang akan terjadi.

Perlu diingat, bahwa beton juga dapat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh mekanis, fisika dan kimia. Mulyono (2003) menjelaskan bahwa kerusakan akibat pengaruh mekanis yang paling umum adalah akibat terjadinya gempa, dengan variasi kerusakan yang timbul dapat berupa goresan-goresan (retak-retak rambut) sampai ke kerusakan hancur. Kerusakan akibat pengaruh fisika dapat terjadi karena pengaruh temperatur yang dapat menimbulkan kehilangan panas hidrasi. Kerusakan akibat pengaruh fisika yang lain dapat terjadi akibat waktu dan suhu, misalnya *creep* dan *crack* serta penurunan yang tidak sama pada tanah dasarnya. Kerusakan yang paling banyak muncul pada struktur beton adalah akibat dari pengaruh kimia, misalnya akibat korosi dan tingkat keasaman yang tinggi.

Sebagai contoh nyata kerusakan-kerusakan tersebut adalah terjadinya gempa tektonik pada tanggal 27 Mei 2006, pukul 05:54 pagi di daerah Yogyakarta dan sekitarnya dengan durasi gempa adalah 57 detik. Akibat guncangan gempa

tersebut, secara fisik banyak bangunan di kota Yogyakarta dan sekitarnya yang mengalami kerusakan, bahkan kehancuran total. Menurut data yang didapat dari *mediacenter.com* sampai dengan tanggal 17 Juni 2006 jumlah rumah/bangunan yang rata tanah mencapai 145.929 unit, jumlah rumah rusak berat mencapai 190.843 unit, sedangkan jumlah rumah rusak ringan mencapai 273.779 unit.

Hal ini tentunya mengakibatkan berbagai permasalahan, baik sosial, ekonomi, maupun permasalahan-permasalahan pelik lainnya. Termasuk salah satu gedung Universitas Islam Indonesia yaitu gedung Fakultas Hukum yang mengalami kerusakan parah. Banyak orang yang mengatakan bahwa gedung itu tidak dapat dipergunakan lagi sebagaimana mestinya. Tetapi, para pakar kegempaan mengatakan lain bahwa gedung itu dapat digunakan kembali (layak pakai) dengan perbaikan lebih lanjut agar kekuatan strukturnya kembali ke kekuatan awal. Struktur bangunan yang terletak pada daerah rawan gempa seperti Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia harus memperhatikan aspek desain yang memperhitungkan beban gempa. Bangunan yang mengalami beban gempa akan merespon beban tersebut dengan menyerap energi gempa secara terus menerus sehingga mencapai keadaan plastis dan mencapai batas kekuatannya, dan menyebabkan terjadinya sendi plastis pada joint balok-kolom. Selain hal itu, juga akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada kolom seperti pada gedung tersebut.

Pada kondisi gempa kuat, bangunan diharapkan tidak mengalami runtuh, walaupun terjadi kerusakan pada strukturalnya. Metode perbaikan pada bagian struktural bangunan yang mengalami kerusakan, merupakan alternatif yang perlu dipertimbangkan untuk dilakukan.

Metode perbaikan yang dimaksud adalah dengan cara injeksi beton dan grouting. Metode injeksi beton dilakukan jika terjadi retakan atau rekahan pada bangunan dengan ketebalan maksimum 5,0 mm. Sedangkan metode dengan cara grouting dilakukan jika lebar rekahan pada struktur bangunan lebih dari 100 mm.

Pada kondisi seperti itu, PT. Sika Indonesia mencoba memberikan satu alternatif dalam perbaikan gedung kampus UII Fakultas Hukum yaitu metode prepack (grouting) dengan menggunakan bahan perekat *ready mix mortar*

SikaGrout FM. Ternyata, dengan metode tersebut cukup memberikan hasil yang memuaskan yaitu struktur menjadi lebih kuat dari sebelumnya. Bahan perekat ini mempunyai kuat tekan sebesar 30 MPa pada umur 3 hari. Bahkan, kuat tekannya mencapai 52 MPa pada umur 28 hari. Akan tetapi, metode tersebut membutuhkan dana yang cukup besar dalam penggunaannya.

Pada penelitian ini dilakukan penambahan kombinasi split pada SikaGrout FM yaitu antara split ukuran 1:1 dengan split jagung. Dengan penambahan kombinasi split yang optimum, diharapkan dapat dijadikan satu alternatif untuk memperbaiki struktur yang rusak baik dari segi ekonomi maupun keamanannya.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dikemukakan diatas, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Tingkat pemakaian Sikagrout FM sangat boros.
2. Apakah penambahan kombinasi split pada Sikagrout FM dapat dimanfaatkan sebagai bahan grouting? Mengingat persyaratan grouting kuat desak harus lebih tinggi dari kuat desak beton yang akan digrouting.
3. Seberapa besar persentase kuat lentur dan kuat desak terhadap penambahan kombinasi split sehingga kuat desaknya masih cukup untuk memenuhi persyaratan grouting pada beton yang rusak?
4. Seberapa besar persentase penurunan kuat lentur dan kuat desak terhadap penambahan split dengan SikaGrout tanpa penambahan tersebut?
5. Seberapa besar proporsi dari penambahan kombinasi split terhadap syarat standar kekuatan beton grouting?
6. Apakah dengan penambahan split dapat menghemat biaya?



### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui rasio penambahan kombinasi split terhadap SikagROUT FM yang optimal untuk mendapatkan kuat desak dan kuat lentur beton grouting yang diinginkan.

### 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dapat kita ambil dari penelitian ini adalah:

- Menghasilkan kinerja beton grouting segar dan beton grouting keras yang lebih baik.
- Dengan penambahan kombinasi split, diharapkan dapat menghasilkan persentase variasi campuran yang optimum dengan kuat desak dan kuat lentur yang paling tinggi.
- Memberikan informasi yang akurat bagi akademisi maupun praktisi pengaruh penambahan kombinasi split pada SikaGrout FM sebagai suatu modifikasi bahan grouting, sehingga dapat menjadi acuan bagi pembuatan beton grouting selanjutnya.
- Dengan penambahan split tersebut, diharapkan dapat meminimalisir biaya dengan tidak mengurangi kualitas struktur bangunannya.

### 1.5 BATASAN MASALAH

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka agar ruang lingkup penelitian lebih jelas dan terarah diperlukan adanya batasan-batasan masalah, yaitu:

1. benda uji menggunakan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*),
2. bahan pengganti semen yang digunakan adalah SikagROUT FM yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia,
3. air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,

4. agregat kasar yang digunakan:
  - batu split jagung dengan jenis gradasi saringan lolos 3/8" (9,5 mm) dan tertahan No.4 (4,5 mm),
  - batu split 1:1 dengan jenis gradasi saringan lolos 1" (25,4 mm) dan tertahan 3/4" (1,9 mm),
  - berasal dari Kali Clereng, Kulonprogo,
  - mempunyai nilai ketahanan keausan agregat sebesar 25,5% setelah dilakukan pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*,
5. sifat agregat kasar bermutu baik, memiliki nilai keausan antara (20 - 30) %
6. kombinasi split tersebut hanya digunakan untuk grouting dengan ukuran maksimum agregat  $\geq 30$  mm,
7. benda uji yang digunakan adalah silinder beton ( $\varnothing 10$  cm x 20 cm) untuk pengujian kuat desak beton,
8. pengujian kuat lentur beton menggunakan balok (10 cm x 10 cm x 40 cm),
9. pengujian kuat desak dan kuat lentur dilakukan setelah sampel berumur 7 hari untuk masing-masing variasi penambahan,
10. variasi rasio penambahan batu split 1:1 dengan split jagung adalah (10:90)% ; (20:80)% ; (30:70)% ; (40:60)% ; (50:50)% ; (60:40)% ; (70:30)% ; (80:20)% , (90:10)% dari optimasi persentase split 1:1 dan split jagung sebesar 40 %,
11. 40% dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang digunakan untuk menentukan optimasi persentase penambahan untuk masing-masing split 1:1 dan split jagung,
12. benda uji kuat tekan beton grouting setiap variasi adalah 3 buah, maka jumlah benda uji adalah 30 buah,
13. benda uji kuat lentur beton grouting setiap variasi adalah 3 buah, maka jumlah benda uji adalah 30 buah,
14. jumlah total benda uji adalah 60 buah,
15. analisis kimia pada SikaGrout FM akibat penambahan split diabaikan,
16. pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan,
17. penyebaran sampel dalam campuran dianggap homogen dan merata,

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 UMUM

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Menurut SK SNI T-15-1991-03, Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambahkan dengan pasta semen.

Beton mutu tinggi didefinisikan sebagai beton dengan kuat tekan melebihi 41 MPa. Jenis material dasar yang digunakan untuk menghasilkan beton mutu tinggi ini pada prinsipnya tidak banyak berbeda dengan jenis material dasar yang digunakan untuk memproduksi beton mutu normal. Pada dasarnya beton merupakan material komposit yang bersifat sangat heterogen yang terdiri atas unsur-unsur seperti pasta semen, agregat, zona kontak antara pasta semen-agregat, rongga-rongga kosong (*void*). Oleh karena itu, perilaku mekanik beton, seperti kekuatan tekannya, tentunya akan dipengaruhi oleh karakteristik unsur-unsur penyusunnya. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Kuat tekan beton pada umur 7 hari didapat lebih tinggi pada beton dengan campuran *silica fume* dibandingkan dengan beton tanpa *silica fume* (Khayat, Vachon, dan Lanctot, 1997).

Beton yang baik mempunyai kuat tekan, dan kuat lekat yang tinggi, kedap air, tahan aus, tahan cuaca, tahan zat-zat kimia, susutan pengerasannya kecil dan elastisitasnya tinggi ( Triono Budi Astanto, 2001 ).

Beton segar yang baik ialah beton yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadi segregasi (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). (Tri Mulyono, 2003)

Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sifat agregat yaitu kekasaran dan ukuran maksimum agregat tersebut, pada pemakaian ukuran butiran maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti semakin sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar didalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi). (Kardiyono Tjokrodimoelyo, 1992)

Tri Mulyono (2004), mengemukakan bentuk agregat akan mempengaruhi kualitas mutu beton yang dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga udara minimum 33% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat lainnya. Gradasi yang baik dan teratur (*contunius*) dari agregat, besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi.

Kole dan Kusuma (1993), menyatakan air dibutuhkan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen dan juga sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Murdock dan Brook (1986), mengemukakan bahwa kualitas dari beton dapat dipengaruhi dari bahan-bahan seperti semen (kualitas dan kecepatan pengerasan), agregat (gradasi mempengaruhi kemudahan pengerjaannya, kadar air mempengaruhi perbandingan air-semen, kebersihannya (mempengaruhi kekuatan dan sifat awet beton), air (kualitas mempengaruhi pengerasan), dan bahan campuran (modifikasi dari sifat-sifat beton).

## 2.2 SIFAT-SIFAT BETON

Karakteristik atau sifat beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Pendekatan praktis yang paling baik untuk mengusahakan kesempurnaan semua sifat beton, akan berarti pemborosan bilamana dipandang dari segi ekonomi. Yang paling diharapkan dari suatu konstruksi ialah dapat memenuhi harapan maksimal, dengan tepat mengikuti variasi sifat-sifat beton, dan tidak hanya terpancang pada suatu pandangan saja, misalnya kekuatan harus semaksimal mungkin.

Menurut Murdock dan Brook (1978), beton memiliki sifat-sifat sebagai berikut ini :

#### 1. Kuat Hancur

Kuat tekan beton adalah sekitar  $80 \text{ N/mm}^2$  ( $12000 \text{ lb/in}^2$ ), atau lebih, tergantung pada perbandingan air-semen serta tingkat kepadatannya. Kuat hancur antara  $20$  dan  $50 \text{ N/mm}^2$  pada umur 28 hari biasa diperoleh di lapangan bila pengawasan di lapangan baik.

#### 2. Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton berkisar seper-delapan belas kuat desak pada waktu umur beton masih muda, dan berkisar seper-duapuluh sesudahnya. Biasanya tak diperhitungkan dalam perencanaan bangunan beton. Kuat tarik merupakan bagian terpenting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

#### 3. Kuat Geser Beton

Di dalam praktek, geser dalam beton selalu diikuti oleh kuat desak dan kuat tarik oleh lenturan, dan bahkan di dalam pengujian tidak mungkin menghilangkan elemen lentur.

Mutu dan kualitas dari beton data dilihat/didasarkan pada (Murdock L.J, Brook K.M, 1986)

1. Kekuatan tekannya.
2. Workabilitas (sifat mudah dikerjakan, yang berkaitan dengan plastisitas, mobolitas dan monolitas).
3. Durabilitas (keawetan/ketahanan)
4. Permeabilitas (kerapatan terhadap air)
5. Penyelesaian akhir.

Mutu dan kualitas beton diatas, secara umum dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan campuran, cara pelaksanaan dan perawatannya. Secara lebih rinci, mutu dan kualitas beton dipengaruhi oleh (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993):

1. Tipe dan mutu semen.
2. Sifat, bentuk dan kualitas agregat.
3. Ukuran dan gradasi agregat.
4. Rasio perbandingan antara air dan semen.
5. Kandungan bahan organis dan kotoran dalam agregat dan air.
6. Cara pelaksanaan (pencampuran, pengangkutan, penuangan, pemadatan dan perawatannya)

Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton (Tri Mulyono, 2004):

1. Proporsi bahan-bahan penyusun,
2. Metode perancangan,
3. Perawatan, dan
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan.

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat yang penting yang harus selalu diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi, dan *bleeding* (Tri Mulyono, 2004).

### 2.3 PERBAIKAN MUTU BETON

Perbaikan mutu beton dapat dilakukan dengan memperhatikan hal-hal berikut ini :

1. Pemilihan agregat dan semen (Murdock dan Brook, 1978)
2. Perawatan yang baik terhadap beton (Mulyono, 2004)
3. Penggunaan air suling untuk menghasilkan beton dengan kekuatannya lebih dari 90% (Astanto, 2001)
4. Penambahan zat kimia untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton (Kusuma dkk, 1994)

## 2.4 HASIL-HASIL PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa usaha melalui penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan beton sebagai struktur bangunan dengan pertimbangan penghematan material pembentuk beton yang secara langsung akan mengurangi biaya. Berikut ini merupakan hasil penelitian yang berkaitan secara teknis maupun non-teknis terhadap penelitian ini.

### 2.4.1 Ardi Novianto dan Robensyah (2005)

Dalam penelitian "*Pengaruh Penambahan Silica Fume dan Superplasticizer terhadap Kuat Desak Beton*", adukan beton normal dibuat dengan dosis *silica fume* dan *Superplasticizer* yang telah ditentukan, yaitu dengan variasi penambahan *silica fume* 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% dan variasi penambahan *Superplasticizer* 0,6% ; 0,8% ; 1% ; 1,2% untuk beton umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Penambahan *silica fume* dan *superplasticizer* bertujuan untuk menghasilkan beton yang lebih padat dibandingkan beton normal sehingga seiring dengan penambahan tersebut kuat desak akan meningkat.

Hasil penelitian dengan penambahan *silica fume* dan *Superplasticizer* menunjukkan bahwa nilai kuat desak beton meningkat untuk semua variasi. Pada variasi *silica fume* 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% dan *Superplasticizer* 0,6% ; 0,8% ; 1% ; 1,2% untuk umur beton 28 hari, kuat desak meningkat berturut-turut sebesar 40,98 MPa ; 45,72 MPa ; 53,76 MPa dan 56,36 MPa, atau telah mencapai kekuatan 100%. Prosentase kuat desak beton umur 3 hari sebesar 60% ; 58,98% ; 50,78% dan 52,58% untuk variasi 2,5 ; 5 ; 7,5 dan 10 terhadap beton umur 28 hari. Beton umur 7 hari menghasilkan kuat desak 86,26% ; 82,97% ; 72,57% dan 75,02% untuk variasi 2,5 ; 5 ; 7,5 dan 10% terhadap beton umur 28 hari. Kuat desak yang paling besar dihasilkan oleh penambahan *silica fume* 10% dan *superplasticizer* 1,2% terhadap berat semen. Namun demikian, ikatan awal yang paling besar ditunjukkan oleh variasi penambahan *silica fume* 2,5% dan *superplasticizer* 0,6%.

#### 2.4.2 Rumpoko Hadi Susetiarto dan Erwin Priyatna (2003)

Dalam penelitian "*Pengaruh Variasi Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Desak Beton Pasca Bakar*", penambahan *silica fume* dilakukan dengan variasi 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10%. Penambahan *silica fume* dilakukan untuk menambahkan kuat desak beton dan mengurangi penurunan kuat desak beton setelah kebakaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat desak beton pra bakar dengan penambahan *silica fume* meningkat untuk semua variasi. Pada variasi 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% terhadap berat semen meningkat berturut-turut sebesar 2,5% ; 4,12% ; 8,19% dan 18,08%.

Setelah dibakar pada suhu 400 °C selama  $\pm$  4 jam, beton variasi 2,5% terhadap berat semen mengalami peningkatan kuat desak 0,288% dan beton variasi 0% ; 5% ; 7,5% dan 10% mengalami penurunan kuat desak berturut-turut sebesar 1,88% ; 2,994% ; 9,87% dan 14,51%.

Rasio kuat desak beton pra bakar dengan pasca bakar yang terjadi pada variasi 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% terhadap berat semen berturut-turut sebesar 98,12% ; 100% ; 97% ; 90,12% dan 85,5%.

#### 2.4.3 Nomida Setiadi dan Dani Purwo Prasetyo (2004)

Dalam penelitian "*Pengaruh Silica Fume Terhadap Kuat Desak Beton Ringan dengan Bentonit sebelum dan setelah dibakar*", penambahan *silica fume* dilakukan dengan variasi 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10%. Penambahan *silica fume* dilakukan untuk menambahkan kuat desak beton ringan dan mengurangi penurunan kuat desak beton ringan setelah kebakaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *silica fume* pada beton ringan dapat meningkatkan kuat desak maksimum 8,7% pada penambahan *silica fume* 10%. Penambahan *silica fume* yang optimum yaitu  $\pm$  9% *silica fume* dengan peningkatan prosentase kekuatan  $\pm$  7,5%

Penambahan *silica fume* pada beton ringan dengan agregat kasar batu bentonit tidak dapat digunakan sebagai beton ringan struktural.



Dari penelitian-penelitian tersebut diatas dapat disimpulkan beberapa hal yang belum diteliti oleh peneliti terdahulu, antara lain:

- belum ditelitinya kadar peningkatan kuat desak beton yang maksimal dengan variasi prosentase *silica fume* yang lebih besar dari 10%,
- belum ditelitinya kadar *silica fume* optimum yang mampu memberikan peningkatan kuat desak beton maksimum,
- belum menyertakan seberapa besar proporsi bahan pembentuk beton dengan penambahan *silica fume* dari sampel terhadap syarat standar kekuatan beton,
- belum ditelitinya kuat lentur beton yang maksimal terhadap penambahan *silica fume*,
- belum ditelitinya bahan grouting pengganti semen seperti SikagROUT FM pada grouting beton yang rusak.

## 2.5 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh pengaruh penambahan kombinasi split pada SikagROUT FM terhadap kuat desak dan kuat lentur beton grouting. Penelitian ini dimaksudkan untuk menambah referensi baru mengenai penelitian yang membahas grouting beton yang mengalami kerusakan. Dengan demikian keaslian penelitian ini dapat dijaga.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 OPTIMALISASI PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT PADA SIKAGROUT FM

SikaGrout FM merupakan beton grouting yang mengandung *silica fume* yang memiliki kemampuan mengalir yang sangat baik (*excellent flowability*), dapat digunakan untuk memperbesar volume suatu beton dan mengganti penyusutan plastis pada beton. SikaGrout FM dapat digolongkan ke dalam semen hidrolis karena dapat mengeras jika ditambahkan air.

*Silica fume* memiliki sifat *pozzolan* yang memungkinkan terbentuknya perekat baru semacam semen akibat reaksi antara *silica dioksida* ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam *silica fume* dengan *Calcium hidroksida* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) dari hasil hidrasi semen yang akan meningkatkan kekerasan beton. Dengan ukuran butirnya yang sangat halus, *silica fume* akan mengisi pori-pori dalam campuran mortar beton sehingga akan menambah kepadatan beton.

Menurut ASTM C 618-96 definisi *pozzolan* adalah bahan yang mengandung senyawa *silica* atau *silica* dan alumina, dimana walaupun *pozzolan* tidak mempunyai sifat sementasi, tetapi dengan bentuknya yang halus, dengan adanya air maka akan terjadi reaksi secara kimia dengan *Calcium hidroksida* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) atau biasa disebut kapur padam pada suhu biasa, membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium silikat dan kalsium aluminat hidrat).

Dibandingkan dengan sifat fisika semen Portland maka kekuatan semen hidrolis yang mengandung *Pozzolan* lebih rendah akan tetapi pada perkembangan berikutnya, akan terjadi dua reaksi yang bersamaan yaitu antara Portland semen dengan air dan reaksi antara *silica aktif* (*amorf*) dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  dan air sehingga kekuatan *Pozzolan* semakin lama menjadi semakin tinggi (Balitbang.PU, 2006)

*Silica fume* merupakan bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. *Silica fume* merupakan produk yang dihasilkan dari reduksi kwarsa murni dengan batubara di dalam suatu tungku

listrik pada pembuatan *silico* dan *ferro silicon*. *Silica fume* mengandung kadar  $\text{SiO}_2$  yang tinggi dan merupakan bahan yang sangat halus, berbentuk bulat dan berdiameter sangat kecil lebih kecil dari 1 micron ( 100 kali lebih halus dari semen) (ACI Comitte 22, 1986).

Daerah transisi (*tranzien zona*) adalah daerah antara pasta semen dengan agregat. Pada hampir semua beton daerah tersebut merupakan daerah yang lemah karena terjadi *bleeding* dan segregasi pada daerah tersebut. Menurut Chen Zhang dengan adanya *silica fume* akan meningkatkan kepadatan pada daerah transisi sehingga meningkatkan kekuatan dari beton.

Dari uraian di atas, dapat dijelaskan mengenai pemakaian Sikagrout FM apabila ditambah dengan kombinasi split maka Sikagrout FM tersebut akan lebih tahan terhadap reaksi alkali agregat karena salah satu bahan dalam Sikagrout yaitu *silica fume* dimanfaatkan sebagai *filler* (pengisi), karena kehalusannya, *silica fume* dapat mengisi celah-celah antara Sikagrout dan agregat. Dengan demikian, dapat menghindarkan penyusutan dan mampu mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi, yang membuat mutu adukan lebih stabil.

Penambahan kombinasi split ini, dimungkinkan dapat menurunkan kuat tekan Sikagrout FM karena sebelum adanya penambahan split, Sikagrout FM yang merupakan *ready mix mortar* mempunyai kuat tekan sebesar 52 MPa. Akan tetapi, penambahan tersebut diharapkan masih memiliki kuat tekan dan kuat lentur yang mencapai batas toleransi terhadap syarat standar kekuatan beton.

Dalam penelitian ini, digunakan suatu perbandingan, yaitu antara Sikagrout FM dengan kombinasi split 1:1 dan split jagung, dengan variasi (10:90)% ; (20:80)% ; (30:70)% ; (40:60)% ; (50:50)% ; (60:40)% ; (70:30)% ; (80:20)% ; (90:10)% dari optimasi persentase split 1:1 dan split jagung sebesar 40%. Prosentase 40% dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang digunakan untuk menentukan optimalisasi persentase penambahan split 1:1 dan split jagung dengan variasi penambahan 30% ; 40% ; 50% ; 60% ; 70% dari masing-masing split tersebut. Hal ini, sesuai dengan pendapat Nawy (1985), bahwa pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai dengan 80% volume agregat.

### 3.2 BAHAN PENYUSUN

#### 3.2.1 SikaGrout FM

*CementGrout* (Sikagrout FM) merupakan suatu bahan perekat anti susut multi guna yang siap pakai yang menggabungkan *silica fume* yang memiliki daya encer /*flowability* yang sangat bagus dan karakteristik ekspansi volumetrik dua tahap yang khusus untuk mengkompensasikan penyusutan plastis yang biasanya berhubungan dengan perekat (beton). Perekat ini memenuhi spesifikasi CRD C-621 dan ASTM C-1107.

Pemakaian SikaGrout dapat digunakan untuk merekatkan berbagai keperluan seperti baut jangkar (*Anchor bolt*), *Machine bedding* (plat dasar), bagian beton pracetak, penggunaan *dry pack*, penyangga *bearing pad* pada jembatan, rongga, celah, dan ceruk pada dinding, dan sebagainya.

Keuntungan dari pemakaian ini antara lain mudah dipakai hanya perlu ditambah air secukupnya, tidak panas, mudah mengalir (*excellent flowability*), tahan guncangan maupun getaran, mengkompensasi penyusutan, sangat kuat, konsistensi yang dapat disesuaikan, sangat cocok untuk struktur di laut, tidak berkarat dan tidak beracun.

Jika ketebalannya lebih dari 100 mm, pada saat grouting harus dilakukan prosedur khusus untuk mengantisipasi terjadinya kenaikan suhu. Air dingin, campuran materi kasar pada campuran, atau kedua-duanya dapat dipakai untuk mengurangi kenaikan suhu. Materi dan suhu substrat harus dijaga supaya kurang dari 30° C.

Kekuatan Kompresif (ASTM C-109) :

1 hari 150 kg/cm<sup>2</sup>

3 hari 300 kg/cm<sup>2</sup>

7 hari 400 kg/cm<sup>2</sup>

28 hari 520 kg/cm<sup>2</sup>

Kuat Lentur/*Flexural strength* : > 50 Kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari  
(ASTM C-348)

Kandungan *silica fume* dalam Sikagrout FM ini merupakan bahan yang sangat efektif untuk memproduksi beton grouting dengan kualitas tinggi. Tersusun lebih dari 95%  $\text{SiO}_2$  dengan ukuran partikel lebih kecil dari 1 micron atau sekitar  $0,1 \mu\text{m}$  (100 kali lebih halus dari semen). (ACI Committee 226, 1987)

Khayat dkk. (1997) menyatakan bahwa *silica fume* merupakan hasil sampingan dari produk logam silikon atau aloi ferrosilikon. *Silica fume* berupa partikel-partikel halus bulat dengan ukuran partikel rata-rata antara  $0,1-0,2 \mu\text{m}$ .

Ilham (2004) menyebutkan bahwa de Larrard dan Aitcin (1993) menjelaskan *silica fume* digunakan sebagai pengganti sebagian semen atau sebagai bahan tambah ketika sifat-sifat khusus diperlukan seperti penempatan mudah, kekuatan tinggi, permeabilitas rendah, durabilitas tinggi dan lain-lain.

Keuntungan yang dihasilkan dari pemakaian *silica fume* ini sebagai berikut ini.

1. Menambah daya lekat (*cohesiveness*) dan kestabilan (*stability*) dari campuran beton grouting,
2. Kepadatan bertambah tinggi,
3. Daya tembus gas menjadi sangat berkurang,
4. Sangat mengurangi infiltrasi dan klorid (*chlorides*),
5. Mempercepat terbentuknya kekuatan beton.

### 3.2.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pegisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar.

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $1/4$  (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. (Edward G. Nawy, 1990)

Jenis agregat kasar pada umumnya adalah :

1. Batu pecah alami, didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Batu ini memberikan kekuatan yang tinggi tetapi kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami, didapat dari proses alami yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lekat lebih rendah dari batu pecah.
3. Agregat kasar buatan, terutama berupa slag atau *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, agregat jenis ini misalnya : baja pecah, magnetit dan limonit.

Pemilihan dan penentuan agregat yang akan digunakan (komposisi, spesifikasi, dan gradasi) merupakan hal terpenting dalam pembuatan beton. Dalam pembuatan beton normal berkualitas baik agregat yang digunakan sedikitnya memiliki dua kelompok ukuran, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Pada penelitian ini, agregat yang digunakan adalah agregat kasar, namun dalam pembuatan beton agregat kasar dengan ukuran yang kecil (split jagung) diasumsikan sebagai agregat halus. Selain itu, memudahkan dalam perhitungan gradasi agregat campuran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton terhadap kekuatan agregat (Tri Mulyono, 2004) :

1. Perbandingan agregat dan semen campuran,
2. Kekuatan agregat,
3. Bentuk dan ukuran agregat,

4. Tekstur permukaan,
5. Gradasi,
6. Reaksi kimia, dan
7. Ketahanan terhadap panas.

Karakteristik penting dari agregat adalah bentuk dan tekstur permukaan. Klasifikasi agregat berdasarkan bentuk partikel diantaranya adalah bulat contohnya kerikil sungai, kerikil pantai, pasir pantai, pasir padang pasir dan tak beraturan contohnya kerikil-kerikil lain, batu tanah atau batu galian. Klasifikasi tekstur permukaan didasarkan pada derajat kekasaran permukaan partikel dan macam kekasarannya. Tekstur permukaan tergantung pada kekerasan, ukuran, butir, dan karakteristik pori bahan asal. Klasifikasi tekstur permukaan menurut (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993) yaitu sangat halus, halus/licin, agak kasar/berbutir kasar, berkrystal, berpori, dan berlubang-lubang. Bentuk dan tekstur permukaan agregat sangat mempengaruhi kekuatan beton, kekuatan lenturnya lebih terpengaruh daripada kekuatan tekannya. Ikatan antara agregat dan pasta semen adalah faktor yang menentukan terhadap kekuatan beton, terutama kekuatan lentur. Ikatan ini disebabkan antara lain oleh interlocking agregat dengan pasta semen akibat kekasaran permukaan agregat. Permukaan yang lebih kasar menghasilkan gaya adhesif yang lebih besar antara partikel dengan semen. Ikatan yang lebih baik juga diperoleh bila digunakan partikel yang lebih lembut, porous dan yang mineralnya heterogen. (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993)

Agregat yang baik adalah harus bebas organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Nawy, 1985)

Pada agregat mungkin terdapat bahan-bahan yang merugikan yang dapat dikategorikan dalam tiga ketegori, yaitu : ketidakmurnian organik yang dapat mempengaruhi proses hidrasi semen, lapisan permukaan yang mengganggu pembentukan ikatan yang baik antara agregat dengan pasta semen, dan beberapa partikel agregat sendiri yang lemah.

Agregat yang cukup kuat dan tahan aus dapat saja mengalami ketidakmurnian organik, yang berakibat tidak memuaskan sebagai bahan

pembentuk beton, karena bahan organik dapat mengganggu reaksi kimia hidrasi. Bahan organik yang terdapat pada agregat biasanya berupa humus, bahan ini lebih sering terdapat pada pasir dibandingkan dengan agregat kasar.

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai prosentase berat butir yang tertahan atau lolos saringan standar. Gradasi agregat untuk campuran beton dipengaruhi (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993) oleh :

1. Jumlah semen yang dibutuhkan,
2. Jumlah air yang diperlukan,
3. Pengecoran, pemadatan beton (*workability* dan segregasi),
4. Penyelesaian akhir beton,
5. Sifat-sifat beton setelah mengeras.

Menurut *British Standard* (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Syarat Agregat Kasar Menurut B.S**

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks.		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	35	25-55	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

Gradasi yang baik dan teratur (*contunious*) dari agregat kasar besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya. Kebersihan agregat juga akan sangat mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik saat beton muda maupun beton sudah mengeras. Akan tetapi, gradasi yang baik kadang sangat sulit didapatkan langsung dari suatu tempat (*quarry*). Dalam praktek,



biasanya dilakukan pencampuran agar didapatkan gradasi yang baik antara agregat kasar dan agregat halus. (SK.SNI T-15-1990-03) memberikan batasan gradasi yang diadopsi dari B.S, seperti yang tercantum dalam tabel 3.2

**Tabel 3.2** *Persentase Butir yang Lewat Ayakan (%) untuk Agregat dengan Butir Maksimum 30 mm*

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
40	100	100	100	100
20	74	86	93	30
10	47	70	82	30
4,8	28	52	70	30
2,4	18	40	57	30
1,2	10	30	46	-
0,6	6	21	32	-
0,3	4	11	19	-
0,15	0	1	4	-

Pada penelitian ini gradasi yang digunakan menggunakan Tabel 3.3 di atas. Selain itu, agregat yang akan ditambahkan ke dalam campuran Beton Grouting harus dalam keadaan jenuh (SSD). Hal ini bertujuan agar agregat tidak menyerap air yang akan digunakan untuk campuran dan juga tidak memberi air tambah untuk campuran.

### 3.2.3 Air

Air pada campuran beton berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, kerikil, dan kapur agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah dikerjakan (*workability*) adukan mortar. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Air untuk campuran beton harus tidak mengandung minyak, larutan asam, garam alkali, material organik, maupun bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kekuatan beton. (PBI, Pasal 3.6, 1971).

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang, sedangkan

proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam rasio air-semen (*water-cement ratio*), yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air (kg) dibagi dengan berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut. (L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997).

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang diperlukan hanya 30% berat semen saja, kandungan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu air juga berguna dalam metode perawatan beton yaitu dengan cara membasahi terus menerus beton atau beton yang baru, direndam di dalam air (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992)

Penggunaan air harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam SK - SNI No S-04-1989-F, yaitu :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual
3. Tidak mengandung bahan - bahan tersuspensi lebih dari 2 g/l
4. Tidak mengandung garam - garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, Zat organik dsb) lebih dari 15 g/l. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm, dan senyawa sulfat tidak lebih dari 100 ppm sebagai SO<sub>3</sub>
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakainnya
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton adalah air yang keasamanannya tidak boleh (pH) > 6, juga tidak diperbolehkan terlalu sedikit mengandung kapur (R. Sagel dkk, 1993).

Pada penggunaan Sikagrout FM sebagai bahan pengganti semen, air yang diperlukan untuk bereaksi sebesar 16% dari berat Sikagrout FM tersebut.

### 3.2.4 Udara

Sebagai akibat terjadinya penguapan air secara perlahan-lahan dari campuran beton, mengakibatkan terjadinya rongga-rongga pada beton keras yang dihasilkan. Adanya rongga ini akan memudahkan pengerjaan beton, mengurangi *bleeding*, *segregasi* dan mengurangi jumlah pasir yang diperlukan dalam campuran beton. Kandungan udara optimum ini adalah 9 % dari friksi mortar dalam beton grouting.

### 3.3 FLOW TEST

*Flow Test* merupakan pengujian waktu alir beton grout dengan kerucut Abrams yang dibalik dengan perbandingan metode Vebe Time (V.B Consistometer). Parameter yang digunakan ini, bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu beton, yaitu keenceran adukan beton yang berguna dalam pengerjaan beton grouting, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Semakin rendah nilai *Flow Test* dengan waktunya antara 0 - 3 detik berarti semakin cair (*encer*) adukan beton grouting tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Tabel 3.3 Standar waktu Vebe Time dengan nilai *Flow Test*-nya

Waktu (s)	Flow Test
0 - 3	60 - 180
3 - 6	30 - 60
6 - 12	10 - 30
>12	0 - 10

### 3.4 *WORKABILITY*

Istilah *workability* sulit untuk didefinisikan dengan tepat, namun Newman (1964) mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah :

1. Kompaktibilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga udaranya diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir kedalam cetakan disekitar baja dan dituang kembali.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen; koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi/pemisahan butiran dari bahan-bahan utamanya.

( L.J Murdock dan K.M Brook, 1991 )

Untuk mengetahui tingkat *workability* suatu adukan beton grouting dapat diperiksa dengan pengujian *Flow Test*. Pengujian *Flow Test* dilaksanakan dengan menggunakan kerucut Abrams, berupa kerucut terpancung dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm kemudian kerucut tersebut dibalik. Cara kerjanya adalah adukan beton dituangkan kedalam Abrams yang dibalik tersebut dan ditutup dibagian bawahnya. Kemudian angkat setinggi 10 cm dan lepaskan penutup dibawahnya bersamaan dengan menyalakan *stopwatch*. Matikan *stopwatch* pada saat adukan beton grouting habis, lalu catat *waktu Flow Test*-nya.

### 3.5 SEGREGASI

Segregasi adalah kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan beton tersebut keropos. Segregasi disebabkan oleh beberapa hal (Tri Mulyono, 2004):

1. Campuran kurus atau kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir kasar, semakin kasar permukaan butir agregat, maka semakin mudah terjadinya segregasi.

### 3.6 BLEEDING

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik kepermukaan pada beton yang baru dipadatkan. Air yang naik kepermukaan akan membawa semen dan butir-butir halus, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (*laitance*). *Bleeding* dipengaruhi oleh (Tri Mulyono, 2004) :

1. Susunan butir agregat  
Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya *bleeding* kecil.
2. Banyaknya air  
Semakin banyaknya air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya *bleeding*.
3. Kecepatan hidrasi  
Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya *bleeding*.
4. Proses pemadatan.  
Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

### 3.7 MODULUS ELASTISITAS

Menurut Murdock dan Brook (1991), tolak ukur yang umum dari sifat suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang berkaitan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan tersebut. Beton merupakan bahan yang bukan benar-benar elastisitas. Kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga modulus elastisitas yang tinggi pula.

Modulus elastisitas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana : E : modulus elastisitas

f : tekanan/gaya yang diberikan

$\varepsilon$  : regangan atau perubahan bentuk per satuan panjang

Menurut perkembangan SK.SNI sesuai dengan perkembangan teknologi beton diberbagai negara penggunaan beton ringan semakin meluas. Sehingga penetapan nilai Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ), digunakan rumus empiris yang menyertakan kerapatan (*density*) atau berat beton ( Kadir Aboe, 2000 ).

$$E_c = 0.043W_c^{1.50} \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots( 3.2 )$$

Dimana  $E_c$  = Modulus Elastisitas Beton tekan ( MPa )

$W_c$  = Berat isi beton (  $\text{kg/m}^3$  ) – ( 1500 – 2500  $\text{kg/m}^3$  )

$f_c'$  = kuat tekan beton ( MPa )

Untuk beton kepadatan normal dengan berat isi  $\pm 23 \text{ kN/m}^3$ , maka :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots( 3.3 )$$

Modulus elastis beton normal merupakan fungsi dari kuat desak beton :

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots( 3.4 )$$

Dimana :  $E_c$  = Modulus Elastisitas Beton Tekan ( MPa )

$\varepsilon$  = Regangan yang dihasilkan dari tegangan  $0,4 \sigma_{\max}$

$\sigma$  = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji maksimal

### 3.8 PENGUJIAN BETON GROUTING

#### 3.8.1 Kuat Tekan Beton Grouting

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat desak yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat desaknya saja. Umur beton berpengaruh pada kuat desak beton ( Kardiyono, 1992 ).

Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang selinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan dinyatakan dalam MPa atau kg/cm<sup>2</sup> dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :

$$\text{Kuat desak beton } f_c = \frac{P}{A} \quad (3.5)$$

Dengan :  $f_c$  = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)  
 P = beban maksimum ( N)  
 A = Luas penampang benda uji ( mm<sup>2</sup> )

Karena benda uji yang digunakan berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm , maka kuat desaknya dikalikan 104 % untuk mendapatkan kuat tekan berdasarkan benda uji standard berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Nilai  $f_c$  adalah bukan tegangan saat benda uji hancur, tetapi nilai tegangan maksimum dan umumnya terjadi pada saat regangan desak beton  $\epsilon_c' = \pm 0,002$ . Nilai  $f_c$  akan turun dengan bertambahnya regangan, sampai benda uji hancur pada nilai regangan  $\epsilon_c' = 0,003 - 0,005$ .(A.Kadir Aboe, 2004).

SK-SNI T-15-1991-03 menetapkan nilai regangan desak hancur beton sebesar  $\epsilon_{cu}' = 0,003$

Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material yang heterogen. Yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi

campuran, bentuk dan ukuran, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan rata-rata ( $f_{cr}'$ ).

Dengan persamaan (Murdock L.J dan K.M Brook, 1991 ):

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} f'c(i)}{N} \quad (3.6)$$

dengan :  $f_{cr}'$  = kuat tekan beton rata-rata  
 $f'c$  = kuat tekan masing-masing benda uji ( Mpa )  
 $N$  = jumlah semua benda uji yang diperiksa

### 3.8.2 Kuat Lentur Beton Grouting

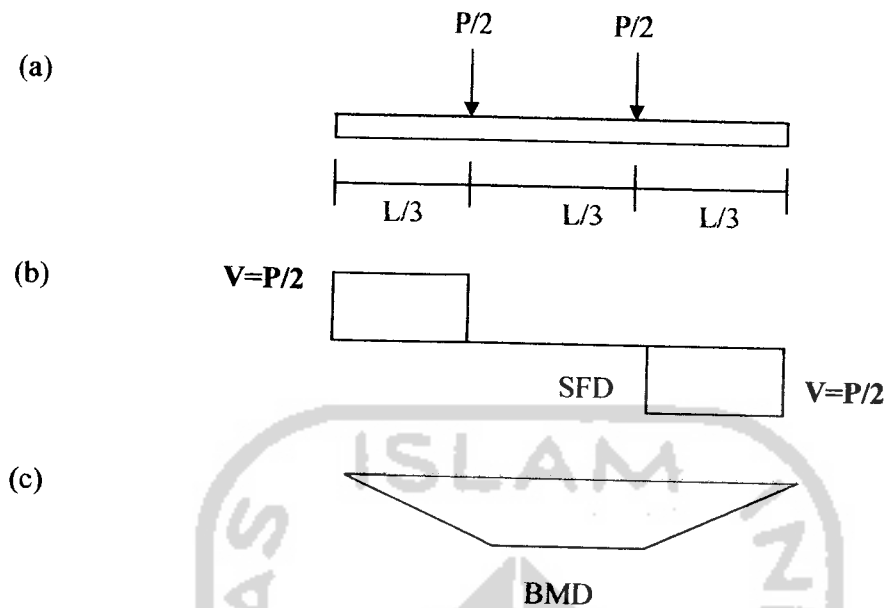
Kuat Lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji.( SNI 03-4154-1996).

Kuat Lentur Beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. (SNI 03-4431-1997).

Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok di bawah suatu momen lentur ( *bending moment* ) konstan, yang berarti bahwa suatu momen gaya lintang sama dengan nol. Definisi dari lentur dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Sebuah balok sederhana yang djbebani secara sistematis oleh dua buah gaya  $\frac{P}{2}$  (Gambar 3.1.a)
- b. Gaya lintang (V) yang bersangkutan (Gambar 3.1.b)
- c. Diagram momen lentur (Gambar 3.1.c)





Gambar 3.1. Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni.

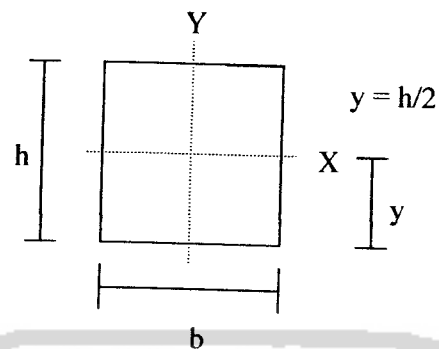
- balok dengan dua buah garis simetris
- diagram gaya lintang
- diagram momen

Daerah diantara beban-beban  $P/2$  tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur konstan yang besarnya :

$$M = \frac{P}{2} \frac{L}{3} \quad (3.7)$$

Karena itu daerah pusat dari balok berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya  $L/3$  didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tidak merata dikarenakan momen ( $M$ ) tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang.

Tegangan lentur dalam balok berhubungan dengan momen lentur ( $M$ ) dan momen inersia ( $I$ ) dari tampang balok.



Gambar 3.2.  
Bentuk penampang balok

Dan nilai tegangan lentur dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\sigma_{lt} = M.y/I \quad (3.8)$$

dimana :  $I = (1/12).b.h^3$

dengan substitusi persamaan dan kedalam persamaan didapat :

$$\sigma_{lt} = \frac{(P/2)(L/3)(h/2)}{(1/12).b.h^3} \quad (3.9)$$

$$\sigma_{lt} = \frac{P.L}{b.h^2} \quad (3.10)$$

dengan :  $\sigma_{lt}$  = Kuat Lentur benda uji (MPa)

P = beban (gaya)

L = jarak antar tumpuan

b = lebar tampang balok

h = tinggi tampang balok

( SK-SNI 03-4431-1997 )

Untuk pengujian dimana patahnya benda uji berada diluar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan berikut :

$$\sigma_{lt} = \frac{3.P.a}{b.h^2} \quad (3.11)$$

dengan :  $\sigma_{lt}$  = Kuat Lentur benda uji (MPa)

P = beban (gaya)

b = lebar tampang balok

h = tinggi tampang balok

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m).

Untuk benda uji yang patahnya diluar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.

( SK-SNI 03-4431-1997 )

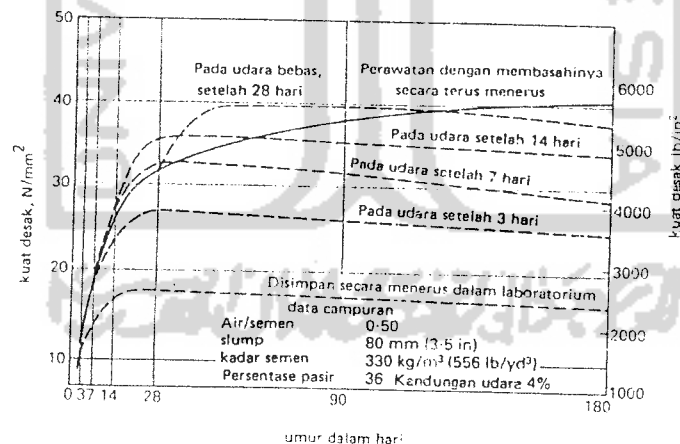
### 3.9 PERAWATAN BETON

Tujuan dari perawatan beton adalah :

1. Melindungi permukaan dari pengaruh sinar matahari, angin, hujan lebat dan lain-lain.
2. Melindungi beton terhadap adanya benturan dan beban yang berlebihan sebelum beton tersebut benar-benar mengeras.
3. Melindungi beton selama dalam pengerasan agar suhunya selalu sesuai, dengan menambahkan air dalam jumlah yang cukup selama masih dalam proses pengerasan.
4. Menghindari kehilangan zat cair yang banyak ketika pengerasan beton pada jam-jam awal.

5. Menghindari penguapan air dari beton pada hari pertama pengerasan beton secara berlebihan.
6. Menghindari perbedaan temperatur dalam beton yang mengakibatkan rengat-rengat atau retakan pada beton.

Perawatan pengerasan (curing) yang tepat dari beton menghendaki agar air dalam adukan tidak diperbolehkan menguap dari beton sampai beton telah mencapai kekuatan beton yang diinginkan. Penguapan dapat menyebabkan suatu kehilangan air yang cukup berarti, sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya kekuatan beton. Penguapan dapat pula menyebabkan penyusutan kering yang terlalu awal dan cepat, sehingga berakibat timbulnya tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila beton telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Oleh karena itu, direncanakan suatu cara untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa minggu. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton juga lebih tahan terhadap aus.



Gambar 3.1 Kuat Desak Beton yang dikeringkan dalam udara di laboratorium setelah perawatan (L.J Murdock dan K.M. Brook)

### 3.10 TEORI PENGOLAHAN DATA

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh perlu diolah lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* atau dapat pula menggunakan. Di samping itu, terdapat hal-hal dasar yang menjadi acuan dalam pengolahan data. Besar penyimpangan dapat diketahui dari data yang tersajikan melalui standar deviasi atau simpangan baku. Untuk menjelaskan data sampel dari hasil pengujian dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan regresi linier, sedangkan untuk mengetahui besarnya derajat atau tingkat keeratan hubungan antara pengujian yang satu dengan pengujian yang lain dapat dijelaskan dengan analisis korelasi yang akan dijelaskan berikut ini.

#### 3.10.1 Persamaan Regresi Polynomial

Regresi polynomial merupakan garis taksiran atau perkiraan untuk mewakili pola hubungan kudratis antara variabel  $x$  dan  $y$ . (Boediono dan Wayan Koster, 2001).

Hubungan antara dua variabel dikatakan polynomial jika besar perubahan nilai  $y$  yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai  $x$  konstan pada jangkauan nilai  $x$  yang diperhitungkan. Jika hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik, maka hubungan polynomial antara  $x$  dan  $y$  akan tampak sebagai garis lengkung, dan bentuk dari persamaannya adalah:

$$y = ax^2 + bx + c \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan:  $y$  = variabel tergantung (*dependent variable*)  
 $x$  = variabel bebas (*independent variable*)  
 $a$  dan  $b$  = bilangan konstan (konstanta dari variabel)

Bilangan konstan  $c$  menunjukkan *intercept* garis (merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu  $y$ ), sedangkan bilangan konstan  $a$  dan  $b$  menunjukkan *slope* dari garis (perubahan dalam  $y$  bila  $x$  berubah satu satuan).

bilangan-bilangan  $(x,y)$  atau disebut juga koordinat titik potong, dapat diperoleh dengan mendistribusikan nilai-nilai  $x$  ke dalam persamaan diatas.

### 3.10.2 Korelasi

Menurut Supramono (1993), analisis korelasi digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara dua variabel bebas dan terikat. Ada dua pengukuran yang biasa digunakan dalam pengukuran keeratan hubungan, yaitu koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan koefisien korelasi ( $r$ ).

Koefisien determinasi merupakan analisis regresi untuk mengetahui seberapa jauh kecocokan garis regresi yang terbentuk dalam mewakili kelompok data hasil observasi. Model garis regresi yang terbentuk tersebut dapat mewakili model yang sebenarnya. Nilai koefisien determinasi merupakan suatu ukuran yang menunjukkan besar sumbangan dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Atau dengan kata lain, koefisien determinasi menunjukkan variasi naik turunnya  $y$  yang diterangkan oleh pengaruh linier  $x$ .

Menurut Supramono (1993), kegunaan koefisien determinasi adalah:

1. sebagai ukuran ketepatan/kecocokan garis regresi yang dibuat dari hasil estimasi terhadap sekelompok data hasil observasi. Semakin besar nilai  $R^2$ , semakin bagus garis regresi yang terbentuk. Sebaliknya, semakin kecil nilai  $R^2$ , semakin tidak tepat garis regresi tersebut mewakili data hasil observasi,
2. untuk mengukur proporsi (persentase) dari jumlah variasi  $y$  yang diterangkan oleh model regresi atau untuk mengukur besar sumbangan dari variabel  $x$  terhadap variasi variabel  $y$ .

Ada dua kondisi yang ekstrim dari nilai  $R^2$  ini, yaitu bila  $R^2 = 1$ , berarti variabel  $x$  dan  $y$  mempunyai hubungan yang sempurna; dan jika  $R^2 = 0$ , maka tidak ada hubungan sama sekali antara kedua variabel tersebut. Dengan demikian, nilai  $R^2$  akan berkisar antara nol sampai dengan satu.

Menurut Suharsimi Arikunto (2002), koefisien korelasi adalah suatu alat statistik, yang dapat digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dua variabel yang berbeda agar dapat menentukan tingkat hubungan antara variabel-

variabel ini. Selain itu, nilai koefisien korelasi merupakan akar dari nilai koefisien determinasi.

Menurut Supramono (1993), koefisien korelasi mempunyai sifat sebagai berikut ini.

1. Merupakan besaran yang tidak mempunyai satuan.
2. Nilai  $r$  akan terletak antara -1 dan 1 ( $-1 \leq r \leq 1$ ).
3. Tanda positif dan negatif koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan.
4. Hanya mencerminkan keeratan hubungan linier dari dua variabel yang terlibat.
5. Bersifat simetris  $r_{xy} = r_{yx} = r$ .
6. Variabel yang terlibat tidak harus variabel terikat dan variabel bebas.

Tingkat keeratan korelasi dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinasinya ( $R^2$ ) seperti dijelaskan Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Hubungan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan korelasi

Nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ )	Korelasi
$R^2 = 1$	Sempurna
$0,80 < R^2 < 0,99$	Sangat Kuat
$0,50 < R^2 < 0,79$	Kuat
$0,30 < R^2 < 0,49$	Kurang Kuat
$R^2 < 0,30$	Lemah
$R^2 = 0$	Tidak Ada

### 3.11 HIPOTESIS

Berdasarkan kajian pustaka dan landasan teori, dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut ini. Dimungkinkan dengan penambahan kombinasi split pada Sikagrout FM, dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan grouting.

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 UMUM**

Penelitian yang dilaksanakan adalah studi laboratorium dengan mengambil kasus di lapangan, yaitu akan dicari jenis dan berapa banyak penambahan kombinasi split yang dapat mempertahankan kuat tekan dan kuat lentur pada SikaGrout FM sehingga masih mampu digunakan sebagai beton grouting. Penelitian uji kuat tekan yang akan dilakukan dengan benda uji beton grouting berbentuk silinder berdiameter  $\varnothing$  10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 30 buah sampel dengan 3 buah sampel untuk setiap variasi, sedangkan uji kuat lentur dilakukan dengan benda uji beton grouting berbentuk balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm sebanyak 30 buah sampel dengan 3 buah sample untuk setiap variasinya. Masing-masing sampel akan diuji pada umur 7 hari.

Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, yaitu proses pembuatan benda uji. Kemudian tahap kedua, yaitu proses pengujian benda uji. Kedua tahap tersebut dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dari data yang didapat dari pengujian, dibuat analisis mengenai pengaruh penambahan kombinasi split pada Sikagrout FM terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Metode pencampuran ini menggunakan standard yang dibuat oleh PT. Sika Indonesia.



## 4.2 STANDAR DAN SPESIFIKASI BAHAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengujian dan klasifikasi terhadap bahan penyusun campuran beton grouting. Adapun bahan-bahan penyusun tersebut adalah sebagai berikut :

1. SikaGrout FM.

Bahan pengganti semen dengan kandungan silica fume tinggi yang memiliki keunggulan kuat desaknya yang mencapai 52 MPa pada saat umur 28 hari.

Sikagrout FM yang digunakan berasal dari PT. Sika Indonesia.

2. Agregat Kasar Batu Pecah.

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Tingkat keausan agregat yang digunakan pada penelitian ini sebesar 25,5 %. Jadi agregat yang digunakan tergolong agregat baik. Agregat yang digunakan terdiri dari split jagung dengan gradasi saringan lolos 3/8" (9,5 mm) dan tertahan No.4 (4,5 mm), sedangkan split 1:1 dengan gradasi saringan lolos 1" (25,4 mm) dan tertahan 3/4" (1,9 mm).

3. Air.

Air yang digunakan berdasarkan pengamatan visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Air dalam pengujian ini adalah air dari PDAM Sleman, yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesiayang digunakan berasal dari air PAM Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik FTSP UII.

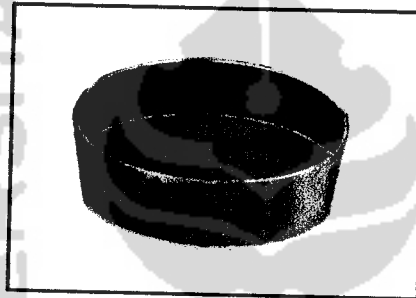
4. Udara

### 4.3 PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Setelah bahan-bahan disiapkan, beberapa peralatan dalam rangka persiapan pengujian diperlukan agar dapat mengakomodasi maksud dan tujuan dari penelitian ini.

#### 4.3.1 Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring agregat kasar. Saringan yang digunakan adalah saringan lolos  $3/8''$  (9,5 mm) dan tertahan No.4 (4,5 mm), dan saringan lolos  $1''$  (25,4 mm) dan tertahan  $3/4''$  (1,9 mm).



Gambar 4.1 Saringan

#### 4.3.2 Talam

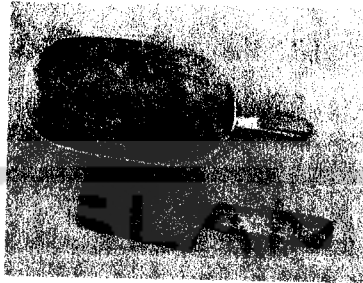
Talam baja adalah tempat untuk memisahkan bahan susun beton grouting berupa agregat kasar yang terdiri dari split jagung dan split 1:1 setelah dilakukan pengujian analisa saringan.



Gambar 4.2 Talam Baja

#### 4.3.3 Cetok

Cetok berfungsi sebagai pengaduk dan perata campuran, serta untuk memindahkan adukan ke dalam cetakan.



Gambar 4.3 Cetok

#### 4.3.4 Palu

Fungsi dari palu dalam pengujian ini adalah untuk mengambil bekisting balok maupun silinder setelah beton mengeras.



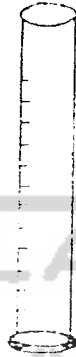
Gambar 4.4 Palu

#### 4.3.5 Gayung

Gayung dalam pengujian ini berfungsi untuk mengambil air dari sumber air (kran) ke tempat pengujian akan dilaksanakan.

#### 4.3.6 Gelas Ukur 500 ml

Gelas ukur dengan kapasitas 500 ml, dengan ketelitian 2 ml digunakan untuk mengukur kebutuhan air didalam adukan beton grouting.



Gambar 4.5 Gelas ukur

#### 4.3.7 Kaliper atau Jangka Sorong

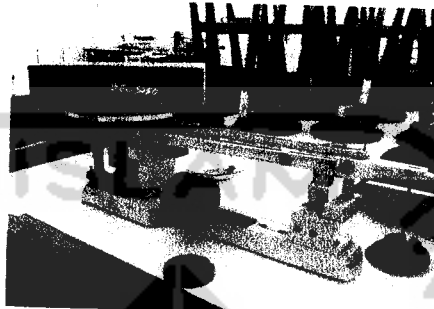
Kaliper adalah alat ukur dengan ketelitian 0,05 mm yang berfungsi untuk mengukur dimensi benda uji.



Gambar 4.6 Kaliper

#### 4.3.8 Timbangan Kapasitas 13000 gr

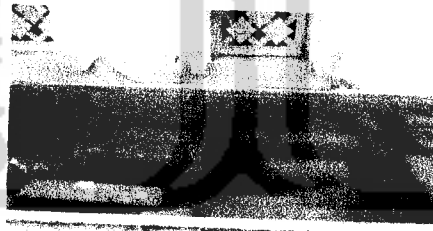
Timbangan kapasitas 13000 gr dengan ketelitian 0.1 gr, berfungsi untuk menimbang bahan-bahan susun beton grouting dan beton grouting dalam bentuk benda uji.



Gambar 4.7 Timbangan

#### 4.3.9 Kolam Perendam

Kolam perendam adalah kolam yang digunakan untuk perawatan/perendaman benda uji selama umur 7 hari.



Gambar 4.8 Kolam Perendam

#### 4.3.10 Cat dan Spidol

Cat dan kuas dalam pengujian ini adalah untuk memberi tanda/nama sampel (benda uji).



Gambar 4.9 Cat dan Spidol

#### 4.3.11 Lap dan Kuas

Setelah perawatan benda uji mencapai umur yang telah ditentukan, benda uji diangkat dari kolam perendam, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara dilap dan dibiarkan selama 15 menit. Kemudian kuas dipakai untuk membersihkan permukaan benda uji yang akan diuji.

#### 4.3.12 Ember

Ember dalam pengujian ini digunakan untuk menempatkan agregat dan SikagROUT FM sebelum pencampuran adukan beton grouting.



Gambar 4.10 Ember

#### 4.3.13 Kerucut *Abrams*

Kerucut *Abrams* berfungsi sebagai alat dalam pengujian *flow test* dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm.



**Gambar 4.11** Kerucut *Abrams*

#### 4.3.14 Tumpuan Baja

Tumpuan dalam pengujian ini berfungsi sebagai tempat perletakan benda uji sebelum dilakukan uji lentur



**Gambar 4.12** Tumpuan baja

#### 4.3.15 Baja Pembebanan

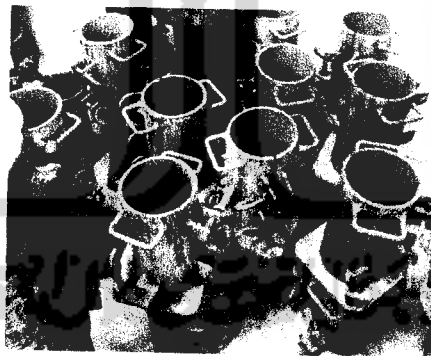
Alat ini digunakan sebagai pembebanan dua buah titik pada saat uji lentur.



Gambar 4.13 Baja Pembebanan

#### 4.3.16 Cetakan Silinder

Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter  $\varnothing$  10 cm dan tinggi 20 cm yang terbuat dari baja. Cetakan ini harus kedap air.



Gambar 4.14 Cetakan Silinder



#### 4.3.17 Cetakan Balok

Cetakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm yang terbuat dari kayu. Cetakan ini harus juga kedap air, kuat dan tidak menyusut setelah digunakan beberapa kali.



Gambar 4.15 Cetakan Balok

#### 4.3.18 Oli dan Kuas

Oli dan kuas dalam pengujian ini adalah untuk melumasi bagian dalam cetakan beton agar pada saat mengeras beton tersebut cetakan mudah dilepas dari beton.



Gambar 4.16 Oli dan Kuas



#### 4.3.19 Cawan

Cawan dalam pengujian ini berfungsi untuk menempatkan sampel agregat kasar atau bubuk Sikagrout FM yang akan ditimbang.



Gambar 4.17 Cawan

#### 4.3.20 Molen

Molen dalam penelitian ini digunakan sebagai mesin dalam pencampuran adukan beton grouting



Gambar 4.18 Molen

#### 4.3.21 *Stop Watch*

*Stop watch* berfungsi sebagai penentu waktu dalam pengujian kuat tekan beton dan pengujian *Flow Test*

#### 4.3.22 Mesin *Los Angeles Test*

Mesin dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian keausan agregat kasar sebelum agregat kasar digunakan dalam bahan susun beton grouting.



Gambar 4.19 Mesin *Los Angeles*

#### 4.3.23 Mesin Uji Kuat Tekan Beton Grouting

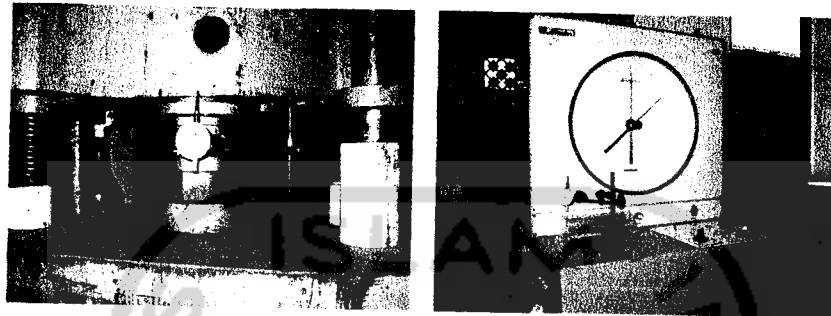
Mesin Uji ADR-3000 digunakan untuk uji tekan beton grouting dengan kapasitas pembebanan mencapai 3000 KN.



Gambar 4.20 Mesin ADR-3000

#### 4.3.24 Mesin Uji Kuat Lentur Beton Grouting

Mesin tekan *Shimadzu* dengan bidang tumpuan dari baja digunakan untuk uji kuat lentur beton grouting.



Gambar 4.21 Mesin Uji Universal Shimadzu.

#### 4.4 PEMBUATAN BENDA UJI BETON GROUTING

Metode pencampuran berdasarkan tata cara yang telah dibuat oleh PT.Sika Indonesia. Metode ini hanya menambahkan split berdasarkan perbandingan SikaGrout FM dan Split yang telah direncanakan. Penambahan kombinasi split tersebut berasal dari optimasi persentase split 1:1 dan split jagung sebesar 40%. Nilai 40% diperoleh peneliti sebelumnya yang digunakan untuk menentukan masing-masing optimalisasi prosentase penambahan split 1:1 dan split jagung. Oleh karena itu, dalam penelitian ini Sikagrout FM dicampur dengan kedua split tersebut, dengan berat Sikagrout FM sebesar 60% dan split sebesar 40% dari berat beton grouting.

Pada penelitian ini, berat Sikagrout FM dan berat split (split jagung ditambah split 1:1) tetap, sedangkan komposisi antara split jagung dan split 1:1 berbeda untuk setiap variasi, akan tetapi jumlah berat kedua split tersebut tetap. Selanjutnya, untuk kebutuhan air tetap 16% dari berat Sikagrout FM. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5. Adapun tata cara urutan pembuatan benda uji menurut Standard Sika sebagai berikut :

1. Menentukan kebutuhan masing-masing kebutuhan bahan, namun kebutuhan air tetap 16 % dari berat SikaGrout FM dalam satuan liter ( Standar Sika ).
2. Bersihkan kotoran, minyak, dan material lain yang menghambat proses pembuatan benda uji.
3. Masukkan kebutuhan air ke dalam mesin pencampur (molen)
4. Tambahkan agregat ke mesin pencampur.
5. Masukkan semua kebutuhan SikaGrout FM secara perlahan.
6. Aduk terus beton grouting dengan putaran rendah (400-600 rpm ) selama 3 hingga 4 menit sehingga tercapai konsistensi yang merata.
7. Tuangkan ke dalam cetakan benda uji secara perlahan sebelum mencapai 25 menit dan sangat perlu diperhatikan bahwa pada saat menuangkan benda uji kedalam cetakan, jangan digetarkan atau di goyangkan bahkan ditumbuk.

#### **4.5 PENGUJIAN BENDA UJI**

##### **4.5.1 Pengujian Kuat Desak Silinder Beton Grouting**

Pengujian kekuatan tekan beton grouting dilakukan melalui tahap berikut :

1. Setelah silinder beton diambil dari cetakan, beri nomor dan tanggal pembuatannya.
2. Rendam beton dalam air bersih selama 7 hari, akan tetapi 1 hari sebelum pengujian, diangkat dari dalam air, lalu diangin-anginkan dalam suhu ruang.
3. Setelah berumur 7 hari, ambil untuk diratakan bidang tekannya, timbang beratnya dan diukur dimensinya, kemudian letakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
4. Lakukan pengujian dengan mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai pembacaan.

#### **4.5.2 Pengujian Kuat lentur Balok Beton Grouting**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kuat lentur beton grouting sebagai berikut :

1. Setelah balok beton diambil dari cetakan, beri nomor dan tanggal pembuatannya
2. Rendam beton dalam air bersih selama 7 hari, akan tetapi 1 hari sebelum pengujian, diangkat dari dalam air, lalu diangin-anginkan dalam suhu ruang.
3. Setelah berumur 7 hari, ambil untuk diratakan bidang tekannya, timbang beratnya dan diukur dimansinya, kemudian diletakan pada alas pembebanan mesin uji kuat lentur beton yang sudah diberi tumpuan pada kedua ujung balok beton grouting.
4. Lakukan pengujian dengan mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai pembacaan.

#### **4.6 RAWATAN BENDA UJI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON GROUTING**

Maksud dilakukannya rawatan beton grouting adalah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya penguapan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, sehingga menimbulkan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga timbul tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila mortar telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Karena hal-hal tersebut diatas, maka beton grouting harus dijaga agar selalu berada pada suhu yang dikehendaki.

#### 4.6.1 Rawatan Beton Grouting Umur 7 Hari

Rawatan beton grouting untuk uji kuat tekan dan kuat lentur umur 7 hari adalah sebagai berikut.

1. Beton grouting yang telah berumur 1 hari, diangkat dari cetakan dan diberi nomor.
2. Semua benda uji direndam dalam bak rendaman hingga berumur 5 hari.
3. Setelah berumur 5 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu kamar ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) diletakkan di atas karung yang dibasahi dan diangin-anginkan hingga berumur 7 hari.

#### 4.7 REKAPITULASI BENDA UJI

**Tabel 4.1** Tata Cara Penamaan dan Jumlah Benda Uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Grouting

Jenis Agregat	Tambahkan Split (x 40%)		SikaGrout FM (100%-40%)	Jumlah Benda Uji		Kode	
	Jagung (%)	1;1(%)		Silinder	Balok	Silinder	Balok
	0	0	100	3	3	BG Sx	BG Bx
Ukuran Jagung	10	90	60	3	3	BGC 1090Sx	BGC 1090Bx
lolos # 3/8	20	80	60	3	3	BGC 2080Sx	BGC 2080Bx
tertahan # 4	30	70	60	3	3	BGC 3070Sx	BGC 3070Bx
	40	60	60	3	3	BGC 4060Sx	BGC 4060Bx
	50	50	60	3	3	BGC 5050Sx	BGC 5050Bx
Ukuran 1;1	60	40	60	3	3	BGC 6040Sx	BGC 6040Bx
lolos # 1"	70	30	60	3	3	BGC 7030Sx	BGC 7030Bx
tertahan # 3/4	80	20	60	3	3	BGC 8020Sx	BGC 8020Bx
	90	10	60	3	3	BGC 9010Sx	BGC 9010Bx

Keterangan :

- x : nomor benda uji
- BG : Beton Grouting
- BGC : Beton Grouting Kombinasi

Jadi, jumlah total sampel untuk uji kuat tekan beton grouting adalah 50 sampel/*specimen* dan jumlah total sampel untuk uji kuat lentur beton grouting adalah 50 sampel/*specimen*. Total keseluruhan benda uji adalah 60 sampel/*specimen*.

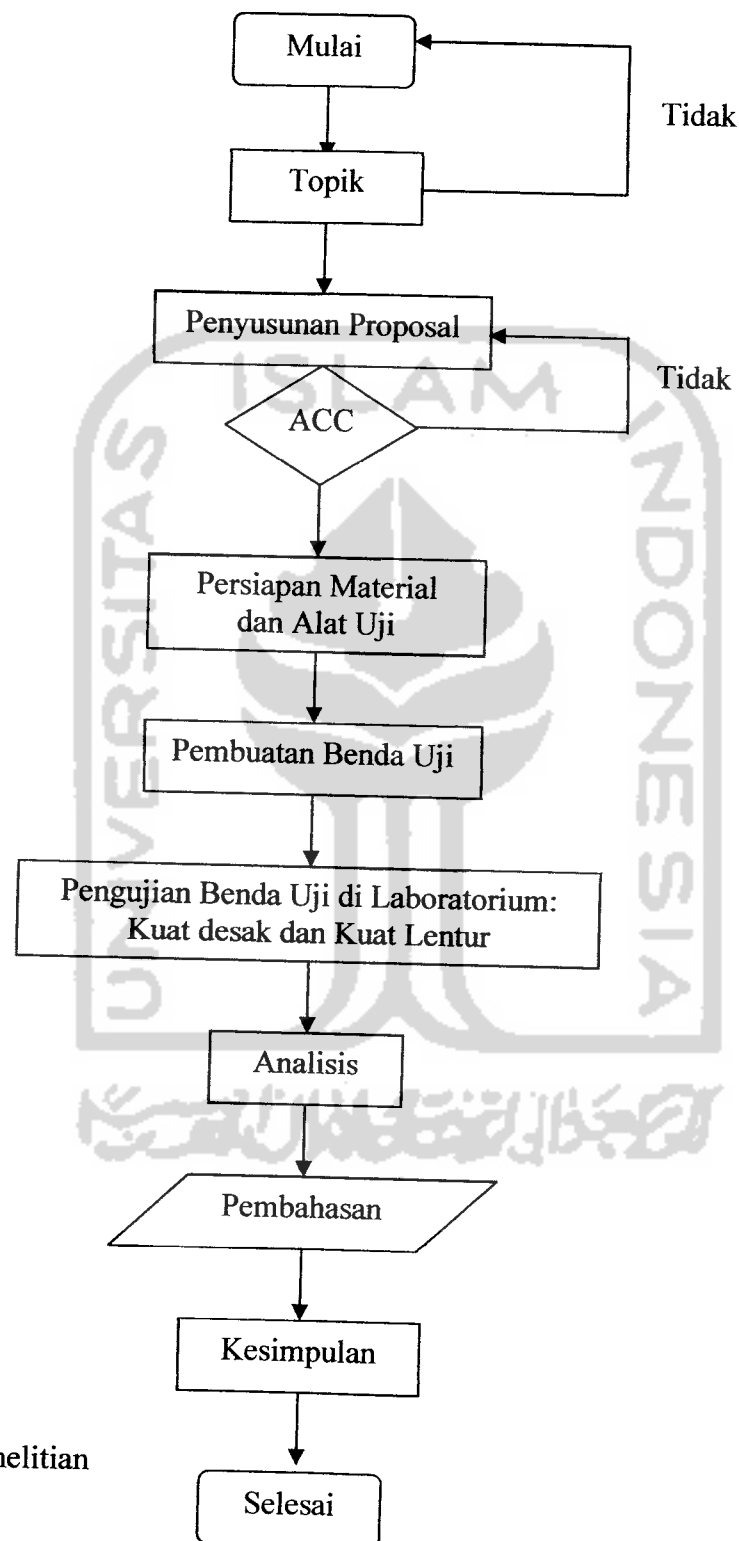
#### 4.8 PENGOLAHAN DATA

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh perlu diolah lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel*. Disamping itu, terdapat hal-hal dasar yang menjadi acuan dalam pengolahan data. Dari data yang tersajikan, maka dapat diketahui besar penyimpangan dari rata-rata sampel melalui standar deviasi atau simpangan baku. Untuk menjelaskan data sampel dari hasil pengujian dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan regresi pangkat dua (*quadratic regression equation*). Sedangkan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara pengujian yang satu dengan pengujian yang lain dapat dijelaskan dengan analisis korelasi.

Pada penelitian ini, yang merupakan variabel bebas ( $x$ ) adalah rasio Sikagrout FM dengan agregat kasar. Sedangkan variabel terikatnya ( $y$ ) adalah kuat desak dan kuat lentur beton grouting, serta berat volume Sikagrout FM.



#### 4.9 BAGAN ALIR PENELITIAN



**Gambar 4.22**  
*Flow chart penelitian*



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 UMUM**

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium, dalam pelaksanaan penelitian ini kami menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia.

Dalam pengerjaan beton grouting segar, ada tiga sifat yang perlu mendapat perhatian khusus yaitu kemudahan pengerjaan (*workability*), segregasi (kecenderungan butir-butir kasar terlepas dari adukan), dan bleeding (naiknya air).

Pada bab ini akan diuraikan permasalahan yang timbul dalam proses pembuatan benda uji yang meliputi nilai Flow Test dan tingkat *workability* serta akan disajikan pula hasil pengamatan dan hasil uji dari pengujian yang meliputi uji tekan dan uji lentur.

#### **5.2 HASIL PENGUJIAN KEKUATAN AGREGAT**

Pada pengujian ini digunakan alat *Los Angeles Test* untuk menentukan seberapa besar mutu kekuatan agregat sesuai dengan klasifikasi yang telah ditentukan. Selanjutnya berdasarkan pengujian kekuatan agregat yang telah dilaksanakan, diperoleh data yang memenuhi klasifikasi tersebut dengan hasil disajikan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Keausan Agregat

Saringan		Berat (gram)	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum (a)	Berat sebelum (b)
76,2 mm (3")	63,5 mm (2 <sup>1/2</sup> ")	-	-
63,5 mm (2 <sup>1/2</sup> ")	50,8 mm (2")	-	-
50,8 mm (2")	37,5 mm (1 <sup>1/2</sup> ")	-	-
37,5 mm (1 <sup>1/2</sup> ")	25,4 mm (1")	-	-
<b>25,4 mm (1")</b>	<b>19,0 mm (3/4")</b>	2500	-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	-	-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	-	-
<b>9,5 mm (3/8")</b>	<b>6,3 mm (1/4")</b>	2500	-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (no.4)	-	-
4,75 mm (no.4)	2,36 mm (no.8)	-	-
Jumlah Berat (gram)		<b>5000</b>	
Berat tertahan saringan no.12 (gram)			<b>3725</b>

Perhitungan Nilai Keausan Agregat :

$$\begin{aligned} \text{Nilai Keausan rata-rata} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(5000-3725)}{5000} \times 100\% = 25,5\% \end{aligned}$$

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai keausan rata-rata agregat sebesar 25,5%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat pada penelitian ini memiliki tingkat keausan cukup baik yaitu < 30% sehingga memenuhi klasifikasi Bina Marga.

Klasifikasi tingkat keausan agregat berdasarkan Bina Marga yang telah ditetapkan adalah sebagai berikut :

1. Keausan (15 - 20) % untuk batu istimewa.
2. Keausan (20 - 30) % untuk batu baik.
3. Keausan (30 - 40) % untuk batu cukup.

Klasifikasi syarat mutu kekuatan agregat juga diberikan oleh SK SNI T-15-1989-03.

**Tabel 5.2 Syarat Mutu Kekuatan Agregat sesuai SK SNI T-15-1989-03**

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan bejana Rudelhof, bagian hancur menembus ayakan 2 mm, persen (%) maksimum		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles, Bagian yang hancur menembus ayakan 1.7 mm,
	Fraksi Butir 9.5 – 19 mm	Fraksi Butir 19 30 mm	% Maksimum
(1)	(2)	(3)	(4)
Beton Kelas I dan mutu beton Bo dan B <sub>1</sub>	22 - 30	24 - 32	40 - 50
Beton Kelas II dan mutu K.125, K.175 dan K.225	14 - 22	16 - 24	27 - 40
Beton Kelas III dan mutu > K.225 atau beton pra tekan	< 14	< 16	< 27

Berdasarkan tabel diatas nilai keausan rata-rata agregat juga memenuhi syarat mutu kekuatan agregat sesuai SNI karena berada dalam batas maksimum kekuatannya yaitu < 27%. Sehingga dapat dikategorikan dalam beton kelas III dengan mutu > K.225.

Dengan demikian dari Tabel 5.2 dan perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa kekuatan agregat memenuhi syarat klasifikasi yang ditentukan baik dari syarat mutu kekuatan agregat menurut Bina Marga maupun SK SNI T-15-1989-03, sehingga agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton grouting.

### 5.3 NILAI *FLOW TEST* DAN *WORKABILITY*

Pada pengujian ini, nilai *Flow Test* yang direncanakan harus dibawah waktu yang telah ditentukan yaitu sebesar 3 detik. Dari hasil pengujian, dapat digambarkan grafik yang memberikan hubungan antara *Flow Test* terhadap kombinasi Sikagrout FM sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Nilai *Flow Test* Beton Grouting

No	KODE	Flow test		Perubahan (%)
		Waktu	Nilai Flow test	
1	BG 000	0,5	80	100
2	BGC 1090	2,8	172	215
3	BGC 2080	2,5	160	200
4	BGC 3070	2,2	148	185
5	BGC 4060	1,8	132	165
6	BGC 5050	1,6	124	155
7	BGC 6040	1,4	116	145
8	BGC 7030	1,2	108	135
9	BGC 8020	1,0	100	125
10	BGC 9010	0,9	96	120

Waktu (s)	Flow Test
0 - 3	60 - 180
3 - 6	30 - 60
6 - 12	10 - 30
>12	0 - 10

Keterangan :

BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa terjadinya peningkatan nilai *Flow Test* akibat dari penambahan kombinasi agregat. Semakin besar volume agregat 1:1 maka waktu *Flow Test* akan semakin besar sehingga nilai *Flow Test* akan semakin tinggi pula. Presentase kenaikan yang signifikan terjadi pada penambahan kombinasi split BGC 1090. Hal itu dapat terjadi karena pada saat pengujian *Flow Test* dengan kombinasi split BGC 1090, untuk presentase penambahan split 1:1 sebesar 90% memberikan pengaruh yang sangat besar karena pada saat pengujian, adukan beton grouting dengan campuran tersebut saat adukan beton grouting mulai keluar dari kerucut Abrams dengan diameter lubang yang kecil, agregat 1:1 akan memberikan tingkat *workability* yang rendah

sehingga menyebabkan daya encer pada Sikagrout FM akan berkurang. Agregat jagung hanya memberikan pengaruh yang sangat kecil, tetapi pada kombinasi split BGC 9010, presentase penambahan split jagung sebesar 90% memberikan pengaruh yang signifikan pula sehingga sifat daya encer (*excellent flowability*) dari Sikagrout FM masih dapat dipertahankan mengingat presentase kenaikan hanya sebesar 20% dari Sikagrout FM BG 000. Hal ini membuktikan bahwa dengan volume yang sama antara split 1:1 dan split jagung ternyata semakin banyak split jagung maka luas permukaan menjadi lebih besar sehingga kebutuhan pasta makin tinggi, sehingga menyebabkan nilai *flow test* menjadi rendah.

Mengingat nilai *Flow Test* yang tinggi akan menurunkan tingkat *workability* dan akibat dari penambahan kombinasi agregat dalam campuran beton grouting juga akan menurunkan tingkat *workability*.

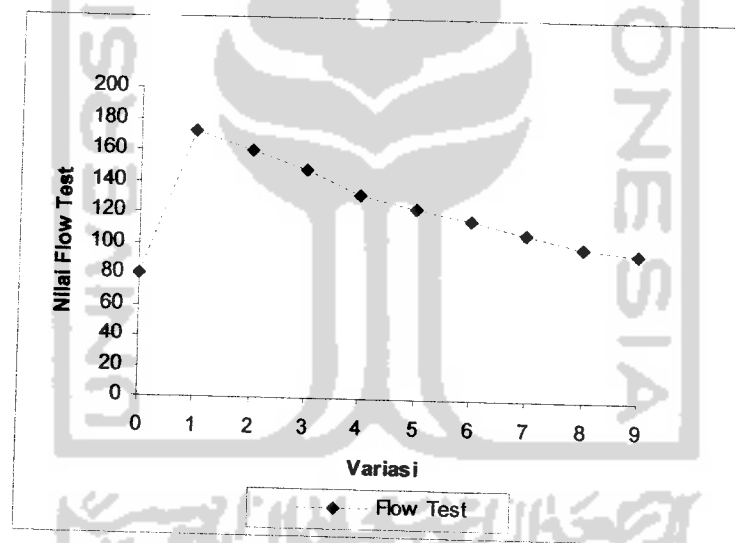
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan agregat akan menurunkan daya encer adukan beton grouting, sehingga menyebabkan beton tersebut sulit dikerjakan. Akan tetapi, seiring bertambahnya agregat, tingkat *workability* sudah dapat diterima atau dengan kata lain pada pembuatan beton segar masih ada nilai *Flow Test* karena nilai ini masih berada dalam batas toleransi waktu *Flow Test* yang ditentukan. Waktu *Flow Test* tersebut berkisar antara 0 – 3 detik. Hal ini sesuai dengan pendapat N.Jackson: "*Permissible variations in concrete workability to V-B consistometer with specified limits  $\pm 3$  s or 1/5 of the required value, whichever is the greater*".

Kita ketahui bahwa penambahan agregat selain akan menurunkan kekuatan beton grouting juga akan menyebabkan terjadinya segregasi. Terlalu banyak agregat akan semakin mudah untuk terjadinya segregasi. Namun dari hasil pengamatan pada saat pembuatan benda uji, pada beton grouting segar tidak terjadi segregasi, hal ini dibuktikan dengan hampir tidak ada butir-butir kasar yang terlepas dari campuran beton grouting. Selain itu, kandungan *silica fume* dalam Sikagrout FM yang dimanfaatkan sebagai *filler* (pengisi), dengan kehalusannya dapat mengisi celah-celah antara Sikagrout dan agregat. Sehingga

mampu mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi, yang membuat mutu adukan lebih stabil.

Dengan demikian, seperti yang telah disebutkan diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan agregat pada penelitian ini dapat dilakukan karena maksud tertentu yaitu mempertahankan kelecakan adukan untuk memperoleh tingkat *workability* yang tinggi, meskipun seiring dengan naiknya nilai *Flow Test*. Hal ini dibuktikan dengan tidak terjadinya segregasi pada beton grouting dengan mengamati beton setelah diuji, tampak bahwa semua bahan susun beton sudah berinterlocking dengan benar.

Peningkatan volume agregat 1:1 akan menurunkan kelecakan adukan, sehingga nilai *Flow Test* yang diperoleh menjadi tinggi. Berikut dapat dilihat pada Gambar 5.1 hubungan antara variasi agregat terhadap nilai *Flow Test*.



Gambar 5.1

Grafik Hubungan Antara Kombinasi Split dengan Nilai *Flow Test*

#### 5.4 PERBANDINGAN BERAT VOLUME

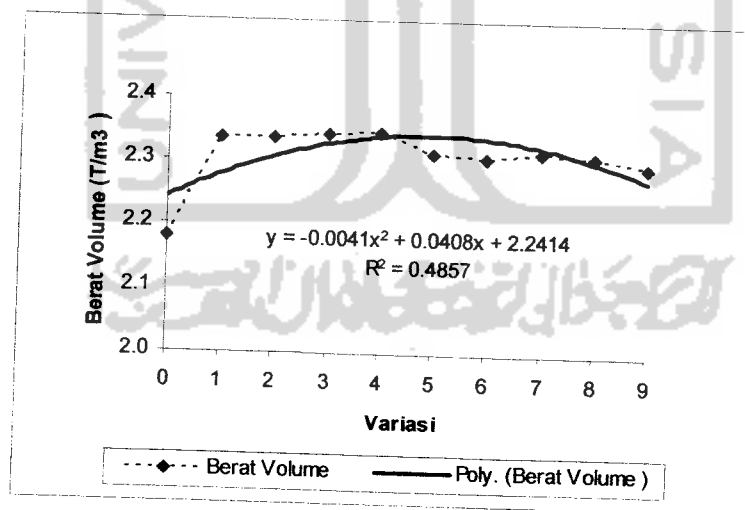
Berat Volume beton adalah perbandingan berat dengan volume benda uji atau berat beton dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^3$  atau  $\text{ton/m}^3$ . Jadi berat volume dihitung berdasarkan berat beton dalam suatu tempat tertentu,



sehingga yang dihitung volumenya adalah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume terbukanya. Pada penelitian ini sebelum dilakukan pengujian kuat desak semua benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya dan diukur sisinya untuk mendapatkan volumenya, dengan hasil disajikan dalam Tabel 5.4 dan Gambar 5.2

**Tabel 5.4 Berat Volume Beton Umur 7 hari**

No	Kombinasi	Agregat		Berat Volume (T/m <sup>3</sup> )	Perubahan (%)
		Jagung (%)	1:1 (%)		
1	BG 00	-	-	2,1792	0
2	BGC 1090	10	90	2,3358	7,1840
3	BGC 2080	20	80	2,3366	7,2213
4	BGC 3070	30	70	2,3409	7,4180
5	BGC 4060	40	60	2,3439	7,5567
6	BGC 5050	50	50	2,3125	6,1134
7	BGC 6040	60	40	2,3071	5,8655
8	BGC 7030	70	30	2,3134	6,1579
9	BGC 8020	80	20	2,3076	5,8916
10	BGC 9010	90	10	2,2940	5,2683



**Gambar 5.2**

Grafik Hubungan Berat Volume Terhadap Kombinasi Agregat

Berdasarkan hasil penelitian seperti terlihat pada tabel serta gambar grafik di atas, berat volume beton grouting umur 7 hari yang ditambah dengan kombinasi agregat mengalami presentase kenaikan berat volume berturut-turut sebesar 7.1840 % ; 7,2213 % ; 7,4180 % ; 7,5567 % ; 6,1134 % ; 5,8655 % ; 6,1579 % ; 5,8916 % ; 5,2683 % terhadap berat volume normal, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.4. Berat volume beton berturut-turut dari tanpa penambahan agregat sebesar 2179,2376 kg/m<sup>3</sup> ; 2335,7930 kg/m<sup>3</sup> ; 2336,6064 kg/m<sup>3</sup> ; 2340,8928 kg/m<sup>3</sup> ; 2343,9157 kg/m<sup>3</sup> ; 2312,4624 kg/m<sup>3</sup> ; 2307,6293 kg/m<sup>3</sup> dan 2294,0455 kg/m<sup>3</sup>. Menurut SK SNI T-15-1991-03, beton grouting ini termasuk kategori beton normal.

Berat volume beton pada umur 7 hari mengalami peningkatan untuk semua kombinasi. Akan tetapi, peningkatan tersebut mengalami kenaikan berat volume yang bervariasi. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kombinasi-kombinasi tersebut tidak berasal dari campuran adukan beton yang sama.

Variasi peningkatan berat volume dimungkinkan juga terjadi karena penambahan berat yang berbeda-beda dari butiran-butiran agregat itu sendiri. Disamping itu, adanya kandungan *silica fume* yang besar pada SikagROUT FM dimana sifatnya mampu mengisi rongga yang tidak terdapat dapat terisi oleh agregat halus.

Ilham (2004) menyebutkan bahwa *silica fume* merupakan hasil sampingan dari produk logam silikon atau aloi ferosilikon, berupa partikel-partikel halus bulat dengan ukuran partikel rata-rata antara 0,1 sampai 0,2  $\mu\text{m}$ , dengan ukurannya yang sangat halus tersebut *silica fume* berperan sebagai *filler* (pengisi pori) yang membuat beton menjadi sangat padat sehingga menghasilkan kuat desak beton yang tinggi. Khayat dkk. (1997) menyebutkan bahwa efek *filler* dan efek *pozzolanic* dari *silica fume* dan peningkatan kekohesifan dapat juga mengurangi porositas di sekitar zona transisi dengan agregat, selain itu juga mengurangi permeabilitas (daya tembus air).

Berdasarkan hasil pembahasan diatas, diketahui bahwa berat volume beton dengan penambahan kombinasi agregat mempunyai berat volume lebih berat daripada berat volume beton tanpa kombinasi agregat. Beton dengan

penambahan kombinasi agregat akan semakin padat dengan pori yang semakin berkurang karena efek dari *silica fume* tersebut, sehingga akan menghasilkan beton grouting dengan berat volume yang lebih besar.

Pada penelitian ini terlihat bahwa kekuatan tertinggi terdapat pada kombinasi split BGC 9010 dengan berat volume sebesar  $2294,0455 \text{ kg/m}^3$ . Hal itu menunjukkan bahwa kekuatan suatu beton grouting tidak hanya dipengaruhi oleh kepadatannya tetapi faktor kekekatannya antara agregat dengan pasta semen juga menentukan.

Untuk mengetahui kecenderungan pengaruh penambahan kombinasi agregat, maka hasil uji dicari kecenderungannya menggunakan regresi polynomial pangkat 2. Hasil regresi untuk benda uji umur 7 hari adalah seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.2 diatas.

Hasil regresi polynomial pangkat 2 untuk beton umur 7 hari yang ditunjukkan oleh Gambar 5.2 adalah :

$$Y = -0,0041.X^2 + 0,049.X + 2,1965$$

$$R^2 = 0,4857$$

Dengan Y adalah berat volume beton dan X adalah posisi dengan no.sampel terhadap kombinasi agregat, kebutuhan agregat optimum dapat diketahui dengan :

$$\frac{dy}{dx} = -0,0041.X^2 + 0,049.X + 2,1965$$

$$= -0,0082.X + 2,1965$$

$$X = 5,98$$

X = 5,98 menunjukkan bahwa hasil perkiraan dari kombinasi agregat optimum adalah berada di dalam batasan masalah, berarti kombinasi agregat yang optimum untuk berat volume beton umur 7 hari tercapai pada penelitian ini. Selanjutnya, dari Gambar 5.2 menunjukkan korelasi antara berat volume beton dengan penambahan kombinasi agregat pada umur 7 hari cenderung kurang dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 48,57%. Artinya, perubahan penambahan kombinasi agregat kurang kuat pengaruhnya terhadap kombinasi agregat yang lain, yaitu hanya sebesar 48.57%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa

kadar kombinasi agregat optimum yang tercapai pada penelitian ini berbanding terbalik dengan korelasi antar kombinasi agregatnya. Seperti yang disebutkan diatas kemungkinan itu terjadi karena kombinasi-kombinasi agregat tersebut tidak berasal dari campuran adukan beton yang sama.

### 5.5 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON GROUTING

Pengujian kuat tekan beton ini bertujuan untuk mengetahui beban tekan maksimal yang masih mampu ditahan oleh beton. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder ukuran ( $\phi 10$  cm x 20 cm). Kuat tekan beton grouting diketahui dari uji kuat tekan beton sebanyak 3 benda uji untuk masing-masing variasi. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji berumur 7 hari. Oleh karena itu, pada saat perhitungan uji tekan harus menggunakan angka konversi. Angka konversi tersebut terdiri dari konversi mesin uji tekan ADR-3000, konversi umur beton 28 hari sebesar 1,3 (Standar Sikagrout FM) dan konversi benda uji silinder beton. Benda uji yang digunakan berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm, maka kuat desaknya dikalikan 104 % untuk mendapatkan kuat tekan berdasarkan benda uji standard berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm (Murdock L.J dan K.M Brook, 1991). Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan perhitungannya menggunakan persamaan (3.1).

Contoh perhitungan untuk mencari kuat tekan benda uji silinder beton sebagaimana tersaji pada Tabel 5.5 adalah sebagai berikut :

Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BG-000-S1 (Beton Grouting) didapat :

$$\begin{aligned}
 P &= 30820,00 \text{ kg} \\
 P_{\text{konversi}} &= 30341,00 \text{ kg} \\
 d &= 10,38 \text{ cm} \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= 84,6563 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \left( \frac{30341,00}{84,6563} \right) \times 1,04 \times 1,3 \\
 &= 484,5597 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 48,4559 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tekan beton grouting masing-masing benda uji untuk mendapatkan nilai kuat tekan betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variabel benda uji.

Adapun contoh perhitungan untuk presentase perubahan kuat tekan dengan penambahan kombinasi split terhadap beton grouting normal sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 5.5 didapat :

Kuat tekan beton grouting normal ( $f'_{cr}$ ) = 47,4013 MPa

Kuat tekan beton kombinasi split BGC 1090 = 40,5592 MPa

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan kuat tekan} &= \left( \frac{47,4013}{40,5592} \right) \times 100 \% \\
 &= 85,5656 \%
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya untuk variabel yang berbeda sehingga didapatkan presentase kuat tekan yang diinginkan.

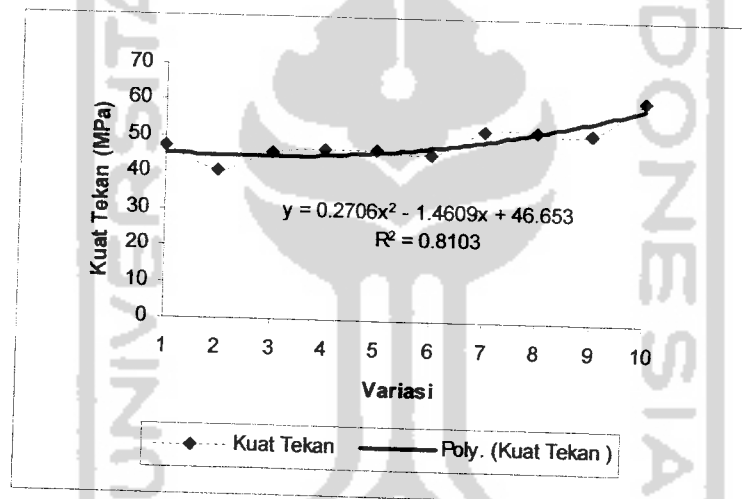
Tabel 5.5 Hasil pengujian kuat tekan beton grouting

No	KODE	Agregat (split)		Kuat Tekan $f_{cr}$ (MPa)	Perubahan (%)
		Jagung (%)	1:1 (%)		
1	BG 000	-	-	47,4013	100
2	BGC 1090	10	90	40,5592	85,5656
3	BGC 2080	20	80	45,9064	96,8463
4	BGC 3070	30	70	46,6771	98,4723
5	BGC 4060	40	60	46,6629	98,4423
6	BGC 5050	50	50	45,5751	96,1475
7	BGC 6040	60	40	52,3212	110,3794
8	BGC 7030	70	30	52,3325	110,4032
9	BGC 8020	80	20	51,8861	109,4615
10	BGC 9010	90	10	61,0562	128,8070

Keterangan :

BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi



Gambar 5.3

Hubungan Kuat Tekan Beton Terhadap Kombinasi Split

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan silinder beton grouting pada Tabel 5.5 menunjukkan bahwa penambahan kombinasi split sangat berpengaruh terhadap perubahan besarnya kuat tekan beton grouting.

Pada penelitian ini beton grouting normal (tanpa penambahan kombinasi split) memiliki kuat tekan sebesar 47,4013 MPa, berbeda dengan kuat tekan dari standard Sikagrout FM pada umur 28 hari sebesar 52 MPa. Hal ini kemungkinan

disebabkan oleh cara pelaksanaan yang meliputi pencampuran, pengangkutan, penuangan dan perawatannya maupun faktor-faktor pada saat pengujian.

Kuat tekan beton maksimum pada pengujian silinder diperoleh dari penambahan kombinasi split BGC 9010 yaitu sebesar 61,0562 MPa, sedangkan kuat tekan beton minimum diperoleh pada penambahan kombinasi split BGC 1090 memberikan kuat tekan sebesar 40,5592 MPa. Pada Tabel 5.5 terdapat dua perubahan kuat tekan beton yaitu perubahan kuat tekan yang mengalami penurunan kuat tekan dan peningkatan kuat tekan. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada penambahan kombinasi split BGC 1090 ; BGC 2080 ; BGC 3070 ; BGC 4060 dan BGC 5050. Penambahan kombinasi-kombinasi split tersebut memberikan penurunan kuat tekan berturut-turut sebesar 40,5592 Mpa ; 45,9064 MPa ; 46,6771 MPa ; 46,6629 MPa dan 45,5751 MPa, sedangkan pada penambahan kombinasi split BGC 6040 ; BGC 7030 ; BGC 8020 dan BGC 9010 mengalami peningkatan kuat tekan berturut-turut sebesar 52,3212 MPa ; 52,3235 MPa ; 51,8861 MPa dan 61,0562 MPa. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi split yang menghasilkan peningkatan kuat desak beton grouting yang paling tinggi adalah penambahan kombinasi split BGC 9010, yaitu campuran split dengan rasio split jagung : split 1:1 sebesar 90 % : 10 %.

Hal ini dikarenakan pada perbandingan tersebut menunjukkan komposisi yang cukup seimbang antara reaktor (kombinasi split) dan pereaktornya (Sikagrout FM). Komposisi reaktor ini terjadi pada BGC 9010 dimungkinkan rongga pada split 1:1 terisi oleh split jagung, sedangkan pereaktornya yang memiliki kandungan butiran halus *silica fume* yang tinggi mampu mengisi rongga yang tidak dapat terisi oleh split jagung. Hal ini yang menunjukkan bahwa efek *filler* dan efek *pozzolanic* dari kandungan Sikagrout FM telah bereaksi untuk mempercepat proses ikatan sehingga memungkinkan terbentuknya perekat baru semacam semen akibat reaksi antara *silica dioksida* ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam *silica fume* (Sikagrout FM) dengan *Calcium hidroksida* ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) dari hasil hidrasi semen yang akan meningkatkan kekerasan beton.

Sesuai dengan pernyataan Monteiro dkk dalam ACI (1997), menjelaskan bahwa penggunaan *silica fume* dalam desain standar campuran, kuat tekan beton

normal dapat ditingkatkan. Semua itu karena terjadinya reaksi *pozzolanic* yang menerus antara *silica fume* dan *kalsium hidroksida*  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , serta kristalisasi dari *kalsium silikat hidrat* (C-S-H) yang dapat mengurangi jumlah pori yang ada sehingga mencapai kepadatan yang cukup tinggi.

Dengan ukuran butirnya yang sangat halus, *silica fume* akan mengisi pori-pori dalam campuran mortar beton sehingga akan menambah kepadatan beton, peningkatan dalam kekohesian (daya lekat) sehingga terbentuknya *interlocking* yang sangat kuat dan menyebabkan kuat tekan beton semakin tinggi. Pada kombinasi BGC 1090, komposisi reaktornya kurang bagus dikarenakan terlalu banyak split 1:1 sehingga rongga pada split tersebut tidak dapat terisi oleh split jagung.

Kesimpulan yang dapat diambil dari Gambar 5.3 menunjukkan korelasi antara kuat tekan beton grouting pada umur 28 hari setelah adanya angka konversi dengan kombinasi splitnya cenderung positif dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 81,03%. Artinya, kenaikan kuat tekan beton grouting sangat kuat pengaruhnya terhadap penambahan kombinasi Sikagrout FM yaitu sebesar 81,03%. Jadi, semakin optimum komposisi penambahan kombinasi split yang digunakan, maka kuat tekan beton grouting akan semakin meningkat. Regresi polynomial hasil pengujian kuat tekan beton grouting umur 28 hari adalah  $y = 0,2706.X^2 - 1,4069.X + 46,653$

Selanjutnya, permasalahan pada pengujian ini terlihat pada variasi peningkatan maupun penurunan kuat tekan beton grouting. Variasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.3, dimana variasi tersebut selalu berubah-ubah. Kuat tekan beton grouting pada BGC 1090 ; BGC 2080 ; BGC 3070 ; BGC 4060 dan BGC 5050 mengalami penurunan terhadap beton normal, akan tetapi mulai penambahan kombinasi split BGC 6040 terjadi peningkatan kuat tekan beton. Peningkatan tersebut dimungkinkan karena sifat pada Sikagrout FM seperti semen Pozolan yaitu pada awal reaksi kekuatannya masih rendah akan tetapi pada perkembangan berikutnya kekuatannya menjadi lebih tinggi. Kuat tekan beton grouting pada BGC 9010 mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan BGC 6040 ; BGC 7030 dan BGC 8020 terhadap beton normal BGC 000,



kemungkinan hal ini dapat terjadi karena benda uji untuk masing-masing kombinasi tidak dalam satu campuran adukan beton. Hal itu juga dimungkinkan karena pada ketiga kombinasi tersebut ikatan awal yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi BGC 9010, sehingga peningkatan kuat desak kombinasi BGC 6040 ; BGC 7030 ; BGC 8020 setelah tercapai ikatan awalnya, menjadi tidak sebesar kombinasi split BGC 9010.

Oleh karena itu, kesimpulan yang telah disebutkan diatas belum sepenuhnya menunjukkan analisis yang diwujudkan pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.3. Dengan demikian, diperlukan analisis lebih lanjut untuk menjelaskan variasi peningkatan maupun penurunan kuat tekan beton grouting. Salah satunya yaitu dengan pengujian gradasi agregat.

#### **5.6 HASIL PENGUJIAN GRADASI AGREGAT CAMPURAN**

Pengujian gradasi agregat campuran ini bertujuan untuk mendapatkan daerah gradasi optimum yang akan digunakan sebagai acuan perbandingan dengan variasi kuat tekan beton grouting. Gradasi agregat ini terdiri dari agregat kasar dan agregat halus dengan ukuran butir maksimum 30 mm. Perhitungan dan data selengkapnya dapat dilihat pada pada Lampiran. Hasil dari berbagai gradasi campuran terhadap penambahan kombinasi split dapat dilihat pada Gambar 5.4 s/d Gambar 5.12.

Contoh perhitungan untuk mencari gradasi agregat campuran sebagaimana tersaji pada Tabel 5.6 adalah sebagai berikut :

Dari data pengamatan dan pengujian variasi BGC 1090 (Beton Grouting) didapat :

**Tabel 5.6** Gradasi Agregat Campuran BGC 1090

Ukuran Mata Ayakan	Pasir	Kerikil	Kombinasi (Lolos Ayakan %)		
	Lolos Ayakan**	Lolos Ayakan**	Pasir	Kerikil	Gabungan (%)
	(%)	(%)	10%	90%	BGC1090
40	100	100	10*	90*	100
20	100	73,19	10	65,871	75,871
10	100	23,92	10	21,528	31,528
4,8	90,45	0	9,045	0	9,045
2,4	79,61	0	7,961	0	7,961
1,2	58,69	0	5,869	0	5,869
0,6	26,41	0	2,641	0	2,641
0,3	5,91	0	0,591	0	0,591
0,15	0,49	0	0,049	0	0,049

Keterangan :

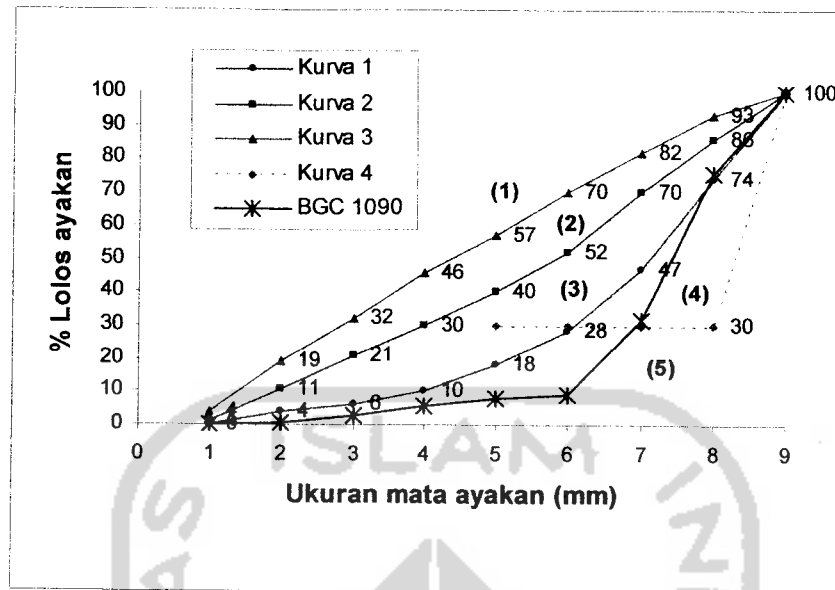
\* Untuk pasir 10% =  $\left(\frac{10}{100}\right) \times 100 \% = 10\%$

\* Untuk kerikil 90% =  $\left(\frac{90}{100}\right) \times 100 \% = 90\%$

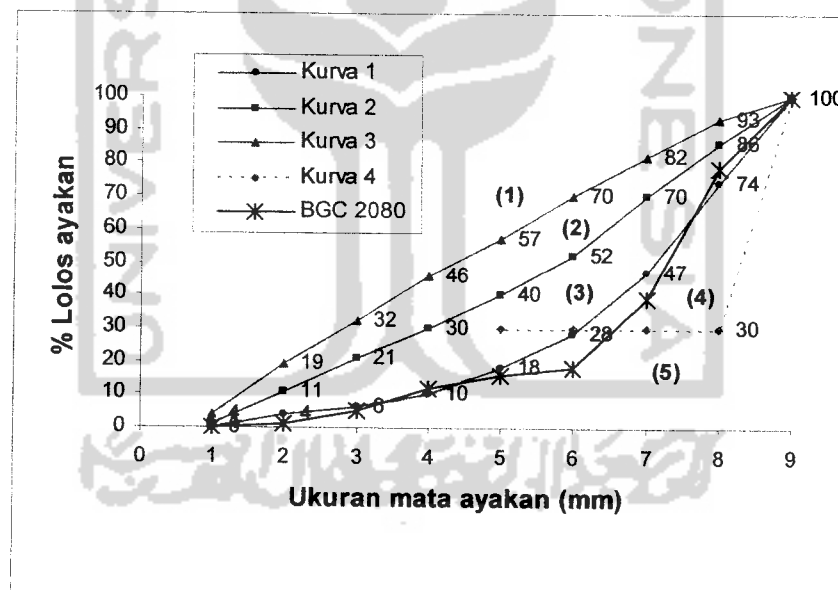
\*\* Perhitungan persentase lolos ayakan untuk pasir dan kerikil dapat dilihat pada Lampiran.

Angka 100% didapatkan dari persen lolos ayakan pasir dan kerikil sebesar 100% untuk ukuran mata ayakan 40 mm.

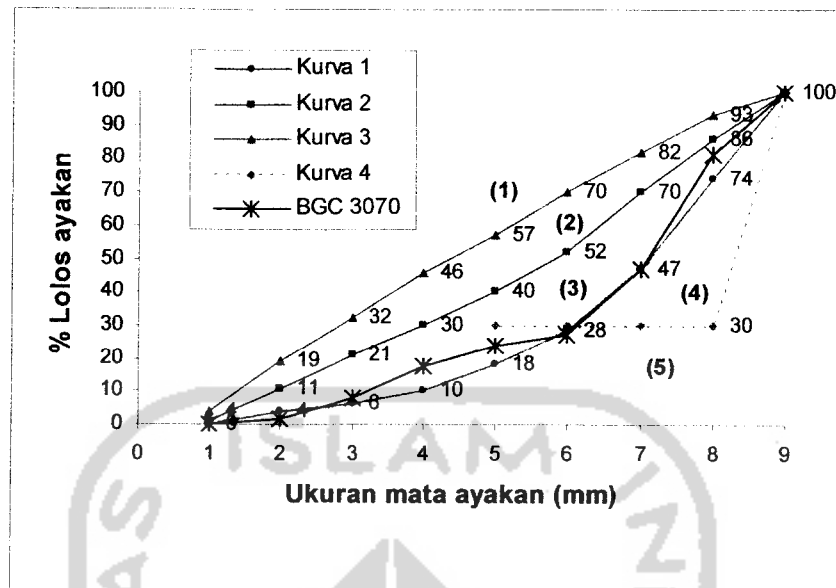
Demikian seterusnya sehingga didapatkan data gradasi agregat campuran masing-masing penambahan kombinasi split untuk mendapatkan gradasi agregat campuran yang optimum. Hal tersebut diulang untuk setiap kombinasi split..



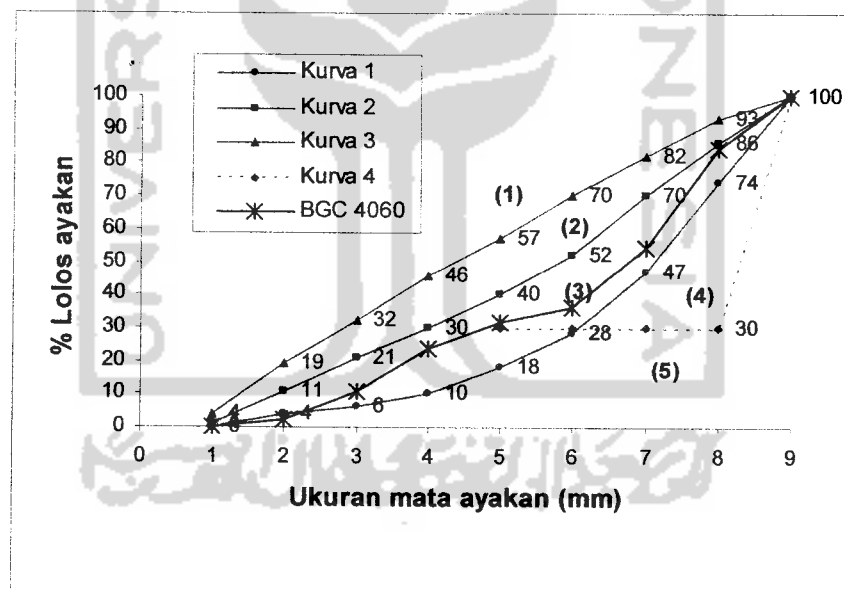
Gambar 5.4 Gradasi Agregat Campuran BGC 1090



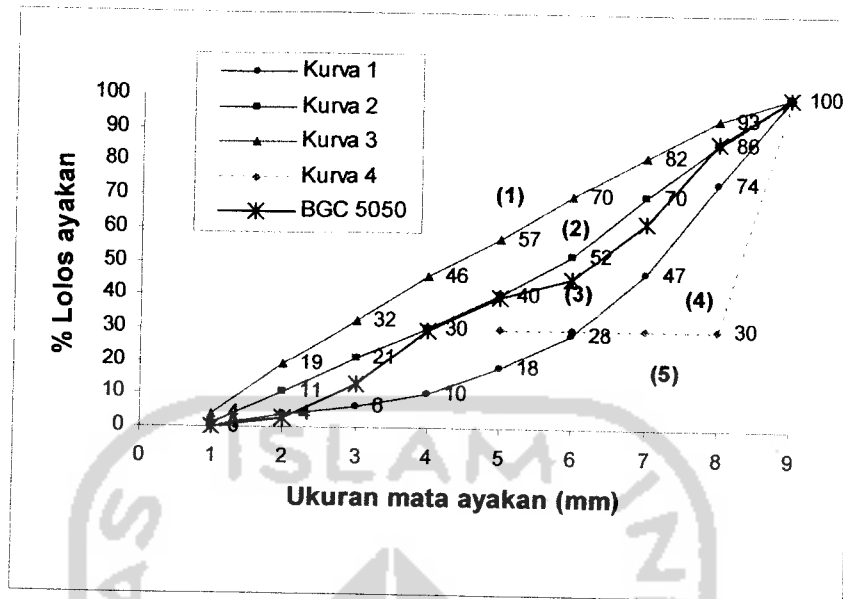
Gambar 5.5 Gradasi Agregat Campuran BGC 2080



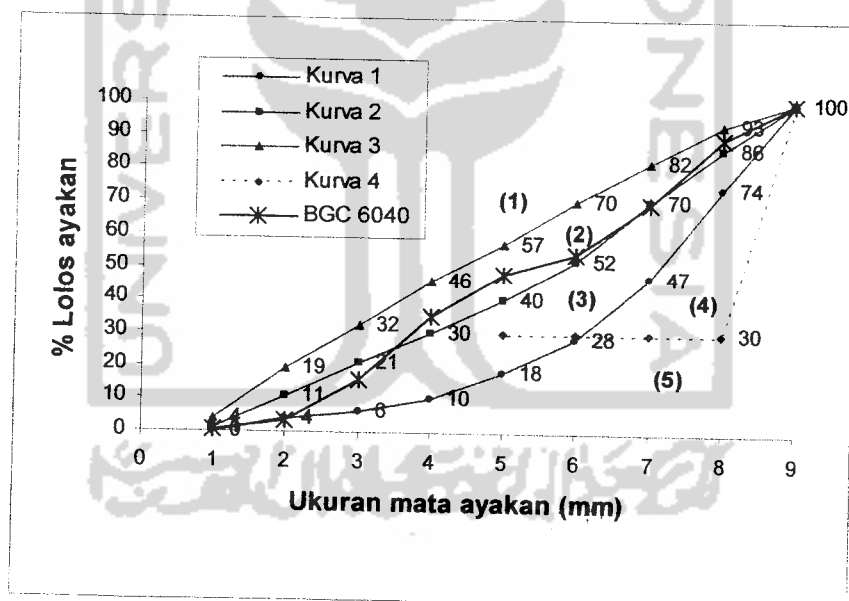
Gambar 5.6 Gradasi Agregat Campuran BGC 3070



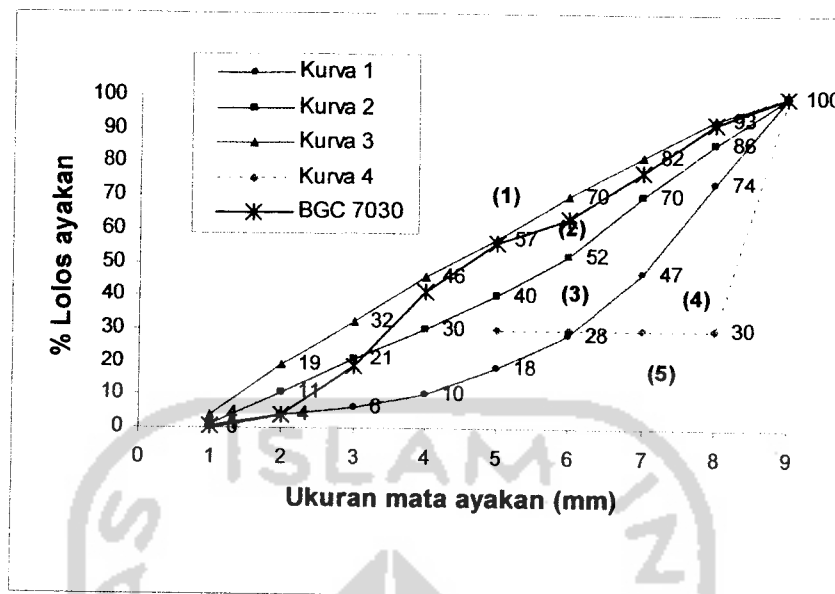
Gambar 5.7 Gradasi Agregat Campuran BGC 4060



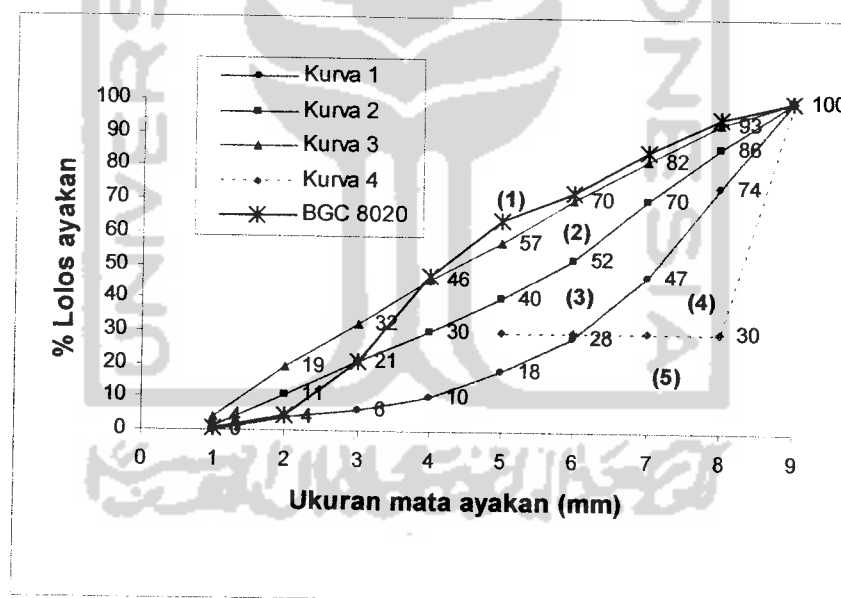
Gambar 5.8 Gradasi Agregat Campuran BGC 5050



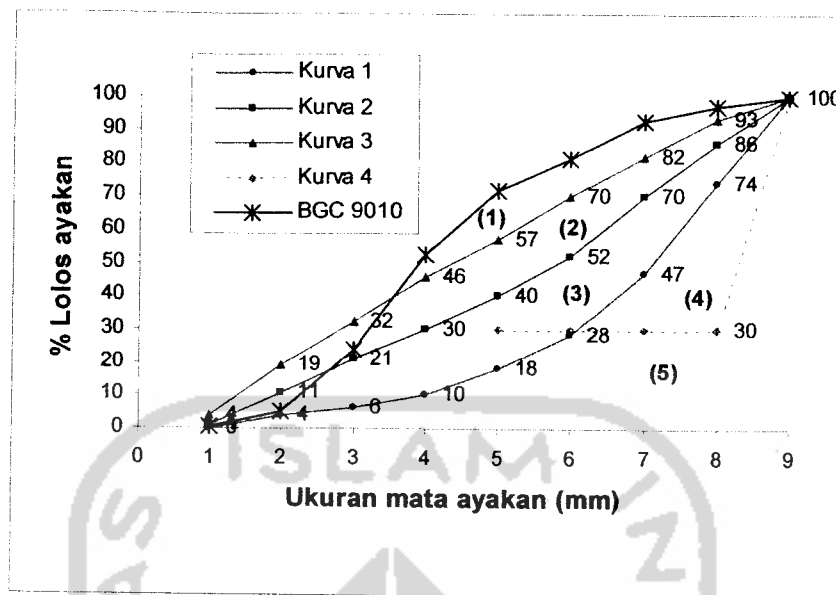
Gambar 5.9 Gradasi Agregat Campuran BGC 6040



Gambar 5.10 Gradasi Agregat Campuran BGC 7030



Gambar 5.11 Gradasi Agregat Campuran BGC 8020



Gambar 5.12 Gradasi Agregat Campuran BGC 9010

Angka-angka dalam lingkaran yang tercantum dalam Gambar 5.4 s/d 5.12 mempunyai arti sebagai berikut (PBI 1971 N.1-2) :

- (1) = daerah tidak baik, diperlukan terlalu banyak semen dan air.
- (2) = daerah baik, meskipun dapat dipakai tetapi diperlukan banyak semen dan air dibandingkan dengan (3).
- (3) = daerah baik sekali, sangat bagus digunakan.
- (4) = daerah baik untuk susunan butir diskontinu.
- (5) = daerah tidak baik, terlalu sulit untuk dikerjakan.

Berdasarkan hasil pengujian gradasi agregat campuran pada Gambar 5.6 s/d 5.12 menunjukkan bahwa gradasi agregat campuran optimum tidak berada pada penambahan kombinasi BGC 9010 karena pada kombinasi ini gradasi campuran berada pada daerah (1) yaitu daerah tidak baik, diperlukan terlalu banyak semen dan air. Gradasi agregat campuran optimum berada pada penambahan kombinasi split BGC 3070 ; BGC 4060 dan BGC 5050 yang berada pada daerah (3) yaitu tingkat gradasi baik sekali dan sangat bagus digunakan. Dari semua gambar gradasi campuran tersebut dapat dilihat bahwa semakin

bertambahnya presentase split jagung dan semakin berkurangnya presentase split 1:1 dari penambahan kombinasi tersebut maka grafik gradasi campuran semakin naik menuju daerah (1). Hal ini berbanding terbalik dengan peningkatan kuat tekan beton grouting. Kuat tekan beton grouting tertinggi berada pada penambahan kombinasi BGC 9010, akan tetapi gradasi campuran pada penambahan kombinasi split ini berada pada daerah (1). Jadi, dapat diketahui ternyata luas permukaan split jagung lebih besar dari split 1:1 sehingga membutuhkan jumlah air lebih banyak sesuai daerah pada penambahan kombinasi BGC 9010. Meskipun pada kombinasi BGC 9010 berada pada daerah (1), ternyata memiliki tingkat *workability* yang optimum dari kombinasi-kombinasi yang lain. Selanjutnya dari sisi kepadatannya, kekuatan beton yang optimum hanya dapat dicapai dengan campuran yang *workable*. Seperti yang telah disebutkan diatas, salah satu faktor utama yang menentukan pada gradasi agregat yang diinginkan adalah luas permukaan agregat, yang menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk membasahi keseluruhan luas permukaan agregat. Oleh karena itu, presentase penambahan agregat sebesar 40% dari campuran beton grouting masih kurang. Artinya perlu ditambahkan lagi prosentase agregat agar dapat mencapai daerah gradasi optimum.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa dengan memperbesar luas permukaan agregat maka akan meningkatkan kebutuhan air. Sehingga, untuk *workability* yang ditentukan dan sifat-sifat dari Sikagrout FM, maka kekuatan beton grouting akan naik.

## 5.7 HASIL PENGUJIAN TEGANGAN-REGANGAN KUAT TEKAN BETON GROUTING

Hasil pengujian tegangan-regangan ini adalah pengujian aktual yaitu pengujian pada umur 7 hari sesuai dengan perencanaan sehingga tidak diperlukan angka konversi.

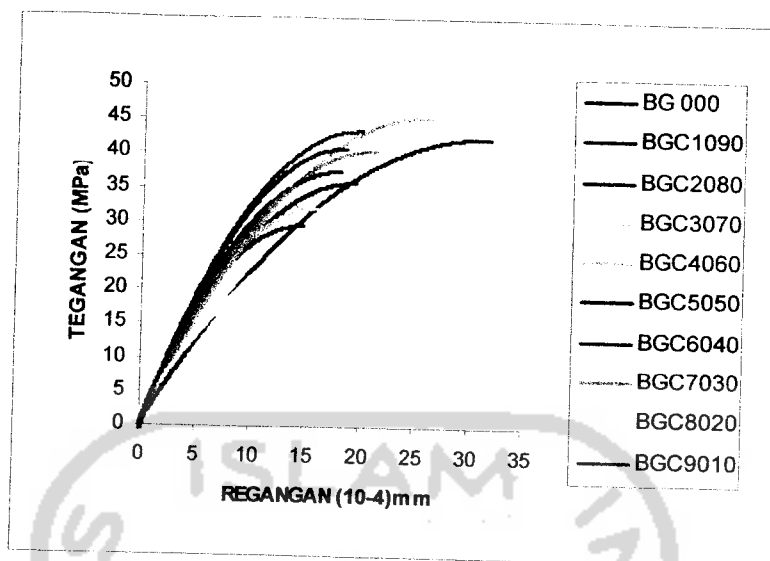
Berdasarkan hasil pengujian tegangan-regangan kuat tekan beton grouting pada Gambar 5.13 terlihat terjadi peningkatan kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kombinasi split memberikan pengaruh terhadap kuat tekan



beton grouting. Dan dapat dilihat setelah tercapainya tegangan maksimum beton grouting dengan penambahan kombinasi split masih dapat mempertahankan tegangan yang cukup besar. Dengan demikian, menunjukkan bahwa beton grouting kombinasi split bersifat *ductile* (liat). Luasan dibawah kurva menunjukkan bahwa besarnya energi yang dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan dibawah kurva, maka semakin liat bahan tersebut. Hal ini membuktikan bahwa terjadi penambahan daktilitas dari beton tersebut.

Dari uji tekan beton dapat dibuat grafik yang menyatakan nilai tegangan yang bersesuaian dengan nilai regangan betonnya, berdasarkan grafik tegangan-regangan beton grouting kombinasi (BGC) didapatkan nilai tegangan-regangan optimumnya yaitu pada BGC 9010 mencapai 43,6987 MPa. Sedangkan pada BGC 000 ; BGC 1090 ; BGC 2080 ; BGC 3070 ; BGC 4060 ; BGC 5050 ; BGC 6040 ; BGC 7030 dan BGC 8020 memiliki nilai tegangan berturut-turut sebesar 34,9577 MPa ; 29,9415 MPa ; 41,1411 MPa ; 32,6491 MPa ; 42,00 MPa ; 40,2022 MPa ; 40,8088 MPa ; 41.3836 MPa ; 35,6058 MPa. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran.

Pada hasil tegangan-regangan masing-masing penambahan kombinasi split menunjukkan korelasi antara tegangan-regangan tersebut cenderung positif dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar antara  $0,80 < R^2 < 0,99$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) paling tinggi terjadi pada penambahan kombinasi split BGC 3070 sebesar 99,76%. Artinya, kenaikan regangan pada beton grouting sangat kuat pengaruhnya terhadap tegangannya yaitu sebesar 99,76%. Jadi, semakin meningkat penambahan regangan yang terjadi, maka tegangan pada beton grouting tersebut akan semakin meningkat pula. Regresi polynomial hasil pengujian tegangan-regangan beton grouting umur 7 hari adalah  $y = -0,127.X^2 + 4,0267.X + 0,0107$ .

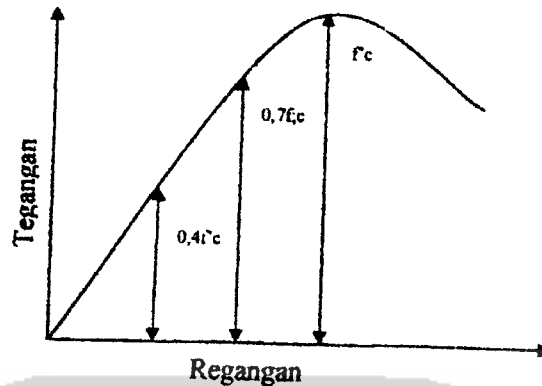


**Gambar 5.13** Kurva Tegangan-Regangan Beton Grouting

Dari grafik-grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan tekan maksimal masing-masing benda uji memiliki regangan yang berbeda-beda dan menunjukkan bahwa regangan pada saat tegangan desak maksimal tidak tergantung pada besarnya peningkatan desak maksimal yang terjadi dikarenakan keliatan benda uji yang berbeda-beda. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penambahan kombinasi split pada Sikagrout FM yang optimum akan meningkatkan kuat tekan maupun daltilitas beton grouting.

## 5.8 ANALISIS MODULUS ELASTISITAS

Modulus Elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Menurut Edward G. Nawi modulus elastisitas adalah suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu tegangan (sekitar  $0,4 f'c$ ). Modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembabanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Dari modulus elastis maka dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton.



**Gambar 5.14** Kurva tegangan-regangan tipikal beton

Gambar 5.12 menunjukkan kurva tegangan-regangan yang diperoleh dengan benda uji beton silinder yang dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit. Bagian dari kurva tersebut, hingga mencapai 40% dari kuat tekan ultimit  $f'c$  pada dasarnya dapat dianggap linear untuk tujuan praktis. Sesudah 70% dari tegangan gagal, material kehilangan sebagian besar kekuatannya sehingga menambah ketidaklinearan diagram. Pada saat beban ultimit, retak sejajar arah pembebanan menjadi sangat terlihat, dan hampir semua silinder (kecuali yang kekuatannya sangat rendah) akan tiba-tiba gagal sesaat setelah itu.

Secara teoritis penambahan kombinasi split kedalam adukan beton akan meningkatkan kekakuan beton, yaitu ketahanan terhadap perubahan bentuk. Hal ini dapat ditunjukkan dengan semakin meningkat modulus elastisitas pada beton grouting.

Hasil yang diperoleh pada pengujian tegangan-regangan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa akibat penambahan kombinasi split ke dalam adukan beton grouting akan meningkatkan nilai modulus elastisitas meskipun peningkatan yang terjadi tidak terlalu besar. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.6 modulus elastisitas terbesar terjadi pada penambahan kombinasi BGC 9010 yaitu sebesar 38705,6133 MPa. Pada penambahan kombinasi BGC 8020 tegangan maksimal yang terjadi cukup besar bila dibandingkan dengan BGC 1090 ; BGC 2080 ; BGC 3070 ; BGC 4060 dan BGC 5050 akan tetapi modulus elastisitasnya lebih kecil yaitu sebesar 25943,8203. Begitu juga dengan kombinasi split BGC 2080

tegangan maksimalnya cukup besar bila dibandingkan dengan BGC 1090, akan tetapi modulus elastisitasnya juga lebih kecil yaitu sebesar 24752,7542 MPa. Namun secara teoritis modulus elastisitasnya lebih besar dari penambahan kombinasi split BGC 1090 yaitu sebesar 28259,7771 MPa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk semua penambahan kombinasi maupun beton grouting normal kecuali kombinasi BGC 2080 dan BGC 8020, modulus elastisitas dengan penambahan kombinasi split sudah aman karena nilainya lebih besar dari modulus elastisitas teoritis.

Menurut Murdock dan Brook, Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan lebih tinggi biasanya mempunyai harga  $\varepsilon$  yang lebih tinggi juga. Pada penelitian ini didapatkan kekuatan beton tertinggi memiliki nilai modulus elastisitas yang tinggi pula. Selain itu untuk mendapatkan modulus elastisitas yang tinggi yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan pada benda uji, semakin rata permukaan benda uji maka semakin baik hasilnya. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

Adapun cara perhitungan modulus elastisitas (E) didapatkan sebagai berikut :

Untuk benda uji beton grouting kombinasi BGC 9010 didapatkan data :

$$\sigma_{\text{maks}} = 45,2503 \text{ MPa}$$

$$0,4 \sigma_{\text{maks}} = 18,1001 \text{ MPa dan } \varepsilon = 4,6764 \times 10^{-4}$$

$$E_{\text{uji}} = \frac{18,1001}{4,6764 \times 10^{-4}}$$

$$= 38705,6133 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{teoritis}} = 0,043 \times (2294,0455)^{1,5} \times \sqrt{45,2503}$$

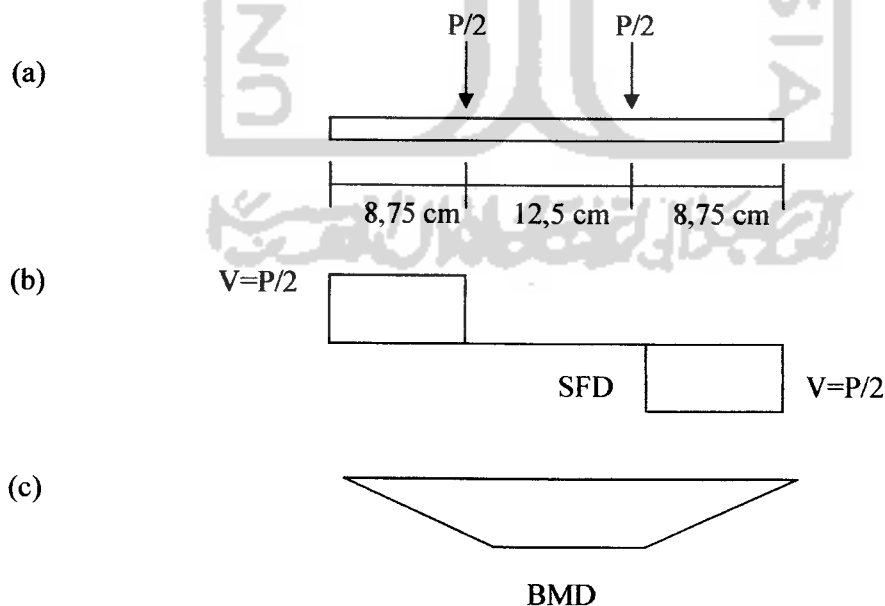
$$= 31782,0583 \text{ MPa}$$

Tabel 5.6 Modulus Elastisitas (E) Beton Grouting

Kombinasi	$\sigma$ maks	0.4 $\sigma$ max	$\epsilon$ (10 <sup>-4</sup> )	Modulus Elastisitas (MPa)		Perubahan (%)
	(MPa)	(MPa)		Uji	Teoritis ( $0.043 \cdot Wc \cdot 1.5 \cdot \sqrt{f_c}$ )	
BG 00	35.0593	14.0237	4.2415	33062.9543	25901.6382	100.0000
BGC 1090	29.9994	11.9998	3.3200	36143.3705	26587.4224	109.3168
BGC 2080	33.8566	13.5427	5.4771	24725.7542	28259.7771	74.7839
BGC 3070	32.7485	13.0994	3.6769	35626.4631	27869.9730	107.7534
BGC 4060	36.7913	14.7165	4.6329	31765.4242	29597.4277	96.0756
BGC 5050	35.6636	14.2654	3.8760	36804.7711	28555.7259	111.3172
BGC 6040	36.0245	14.4098	3.7845	38076.1159	28599.3590	115.1625
BGC 7030	34.1882	13.6753	3.9787	34371.3871	27976.4268	103.9574
BGC 8020	34.2788	13.7115	5.2851	25943.8203	27908.1183	78.4679
BGC 9010	45.2503	18.1001	4.6764	38705.6133	31782.0583	117.0664

### 5.9 HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR

Pengujian kuat lentur dilakukan terhadap benda uji balok dengan dua tumpuan dan dua titik pembebanan. Sehingga didapat daerah momen maksimum pada daerah  $L/3$  tepat ditengah-tengah bentang. Akan tetapi, terjadi perbedaan pada saat pengujian yaitu ukuran panjang pembebanan sehingga perlu dilakukan perhitungan kembali. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.13 dan perhitungan sebagai berikut.



Gambar 5.15. Balok dengan pusat berada dalam keadaan lentur murni.

$$\text{Reaksi (R)} = \frac{(P/2) \times 21,25 + (P/2) \times 8,75}{30}$$

$$= \frac{1}{2} P$$

$$M_{\max} = \frac{1}{2} P \times 8,75 = 4,375 P$$

$$\sigma_{lt} = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(1)$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^2 \dots\dots\dots(2)$$

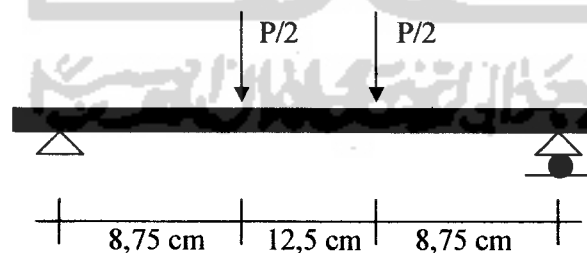
Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh :

$$\begin{aligned} \sigma_{lt} &= \frac{4,375Px(h/2)}{(1/12) \times b \times h^3} \\ &= \frac{26,25P}{b \times h^2} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat lentur sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5.7, bahwa terjadi peningkatan kuat lentur akibat penambahan kombinasi split pada adukan beton grouting seiring dengan perubahan komposisi split tersebut.

Adapun contoh perhitungan untuk mencari kuat lentur benda uji balok beton grouting sebagaimana tersaji pada Tabel 5.8 adalah sebagai berikut :

Dari data pengamatan dan pengujian benda uji BG-000-S1 (Beton Grouting) didapat :



P	= 1370 kg
P <sub>konversi</sub>	= 1468,18 kg
b	= 10,087 cm
h	= 10,213 cm
L	= 40 cm (panjang total balok) dan jarak antara tumpuan = 30 cm

$$\sigma_{it} = M.y/I$$

$$\sigma_{it} = \frac{4,375Px(h/2)}{(1/12)b.h^3}$$

$$\text{Kuat Lentur } \sigma_{it} = \frac{26,25P}{b.h^2}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{it} &= \frac{26,25 \times 1468,18}{10,087 \times 10,213^2} \\ &= 39,141 \text{ kg/cm}^2 = 3,9141 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat lentur beton masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat lentur betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variabel benda uji.

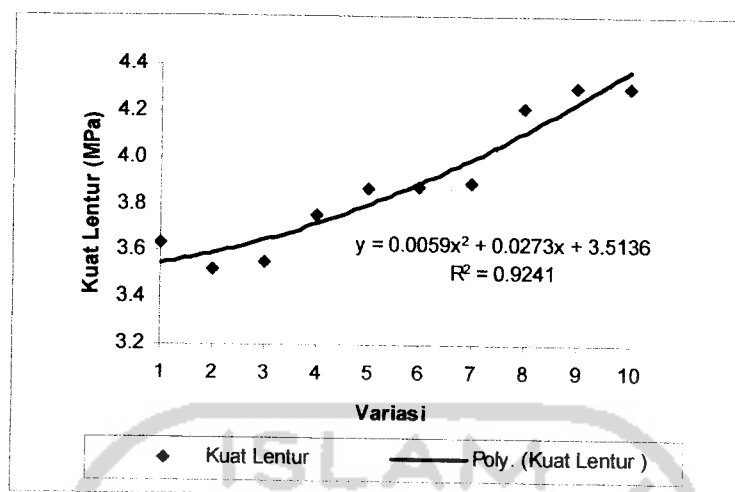
**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting**

No	Kombinasi	Agregat		Kuat Lentur (MPa)	Perubahan (%)
		Jagung (%)	1:1 (%)		
1	BG 000	-	-	3,6309	100
2	BGC 1090	10	90	3,5228	97,0212
3	BGC 2080	20	80	3,5509	97,7964
4	BGC 3070	30	70	3,7546	103,4072
5	BGC 4060	40	60	3,8701	106,5875
6	BGC 5050	50	50	3,8726	106,6559
7	BGC 6040	60	40	3,8950	107,2731
8	BGC 7030	70	30	4,2180	116,1672
9	BGC 8020	80	20	4,3024	118,4932
10	BGC 9010	90	10	4,3030	118,5085

Keterangan :

BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi



**Gambar 5.16** Hubungan Kuat Lentur Beton Terhadap Kombinasi Split

Dari tabel dan gambar diatas menunjukkan bahwa adanya penambahan kombinasi split pada adukan beton memberikan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan lentur beton tersebut. Kuat lentur beton maksimum pada pengujian balok diperoleh dari penambahan kombinasi split BGC 9010 yaitu sebesar 4,303 MPa, sedangkan kuat lentur beton minimum diperoleh pada penambahan kombinasi split BGC 1090 memberikan kuat lentur sebesar 3,5228 MPa. Pada Tabel 5.9 juga terdapat dua perubahan kuat lentur beton yaitu perubahan kuat lentur yang mengalami penurunan kuat lentur dan peningkatan kuat lentur. Penurunan kuat lentur beton terjadi pada penambahan kombinasi BGC 1090 dan BGC 2080. Penambahan kombinasi-kombinasi split tersebut memberikan penurunan sebesar 3,5528 MPa dan 3,5509 MPa, sedangkan pada penambahan kombinasi split BGC 3070 ; BGC 4060 ; BGC 5050 ; BGC 6040 ; BGC 7030 ; BGC 8020 dan BGC 9010 mengalami peningkatan kuat lentur berturut-turut sebesar 3,7456 MPa ; 3,8701 MPa ; 3,8726 MPa ; 3,8950 MPa ; 4,2180 MPa ; 4,3024 MPa dan 4,3030 MPa. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa campuran split 9010 dengan rasio split jagung : split 1;1 sebesar 90% : 10% menghasilkan peningkatan kuat lentur yang paling signifikan.

Kenaikan tersebut kemungkinan disebabkan oleh adanya agregat yang membentuk ikatan antara agregat dan pasta semen (Sikagrout FM) yang kuat.



Semakin bagus komposisi antara agregat dengan pasta semen maka kemampuan untuk menahan lentur yang terjadi akan meningkat, sehingga untuk beton grouting dengan kombinasi split akan lebih mampu untuk menahan lentur yang terjadi. Selain itu, salah satu faktor yang menentukan kekuatan beton adalah bentuk dan ukuran serta tekstur permukaan agregat. Pada penelitian ini bentuk agregat bervariasi karena menggunakan batu pecah sehingga dimungkinkan dapat membentuk rongga udara yang dapat menghasilkan beton yang kurang baik. Akan tetapi, dengan daya encer dari Sikagrout FM dan sifat gravitasinya akan mengalir mengisi rongga-rongga tersebut sehingga menghasilkan beton grouting dengan kekuatan yang tinggi. Jenis tekstur permukaan agregat pada penelitian ini tergolong kasar sehingga akibat kekasaran permukaan agregat tersebut mampu menghasilkan interlocking agregat dengan pasta semen yang kuat. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Tesis, A. Kadir Aboe, 1993) bahwa bentuk dan tekstur permukaan agregat sangat mempengaruhi kekuatan beton, kekuatan lenturnya lebih terpengaruh daripada kekuatan tekannya. Ikatan antara agregat dan pasta semen adalah faktor yang menentukan terhadap kekuatan beton, terutama kekuatan lentur. Ikatan ini disebabkan antara lain oleh interlocking agregat dengan pasta semen akibat kekasaran permukaan agregat. Permukaan yang lebih kasar menghasilkan gaya adhesif yang lebih besar antara partikel dengan semen. Ikatan yang lebih baik juga diperoleh bila digunakan partikel yang lebih lembut, porous dan yang mineralnya heterogen. Oleh karena itu akibat adanya penambahan kombinasi split, beton grouting yang dihasilkan akan lebih kuat dalam menahan lentur akibat pembebanan. Kemampuan bahan dalam menahan lentur yang terjadi dikarenakan oleh kekuatan agregat serta kuat lekatan (*Bond Strength*) antara agregat dan Sikagrout FM sebagai pengikatnya.

Pada kombinasi split BGC 1090 dan BGC 2080 terjadi penurunan kuat lentur. Hal itu kemungkinan disebabkan oleh komposisi maupun ikatan antara agregat dan Sikagrout FM kurang bagus sehingga beton yang dihasilkan kurang optimum dalam menahan lentur akibat pembebanan. Kemungkinan lain yang terjadi adalah disebabkan karena pada penelitian ini pembuatan benda uji berada dalam adukan yang berbeda-beda dan menggunakan cara manual sehingga

campuran beton tidak dapat merata secara sempurna dan menjadikan adukan beton kurang homogen.

Kesimpulan yang dapat diambil dari Gambar 5.16 menunjukkan korelasi antara kuat lentur beton grouting pada umur 7 hari dengan penambahan kombinasi splitnya cenderung positif dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 92,41%. Jadi semakin optimum komposisi penambahan kombinasi split yang digunakan, maka kuat lentur beton grouting akan semakin meningkat. Regresi polynomial hasil pengujian kuat lentur beton grouting umur 7 hari adalah  $y = 0,0059.X^2 + 0,0273.X + 3,513$ .

Kecenderungan kuat lentur beton grouting kombinasi split lebih tinggi dibandingkan dengan beton grouting normal dikarenakan efek *filler* dari SikagROUT FM yang memiliki kandungan butiran yang sangat halus *silica fume* yang tinggi dan daya encer (*excellent flowability*) serta karakteristik ekspansi volumetrik sehingga dengan pengaruh gaya gravitasinya mampu mengisi rongga yang tidak dapat terisi oleh agregat dan dapat menghasilkan beton dengan kepadatan dan kelekatan yang tinggi sehingga menghasilkan beton grouting mutu tinggi. Hal ini membuktikan bahwa penambahan kombinasi split dapat dimanfaatkan sebagai salah satu inovasi bahan grouting.

#### 5.10 HASIL PENGAMATAN KUAT TEKAN

Pada pengujian tekan beton grouting tanpa penambahan kombinasi split menunjukkan bahwa retak yang terjadi lebih cepat bila dibandingkan dengan beton grouting kombinasi split dan setelah tercapai beban maksimum beton grouting tersebut mudah untuk mengalami keruntuhan. Mudah disini perlu digaris bawahi bahwa keruntuhannya tidak signifikan karena mortar SikagROUT (beton grouting) sendiri memiliki kekuatan dan daya lekat yang tinggi dengan kandungan *silica fume*-nya. Sedangkan untuk beton grouting dengan penambahan kombinasi split menunjukkan bahwa retak yang terjadi secara perlahan-lahan, dan setelah tercapai beban maksimum beton grouting kombinasi split tersebut lebih sulit untuk mengalami keruntuhan bila dibandingkan dengan beton grouting.

Dengan demikian, menunjukkan bahwa akibat adanya penambahan kombinasi split dalam adukan beton grouting akan mampu menunda terjadinya retak secara berlebihan sehingga keruntuhan beton yang terjadi akan lebih lambat. Hal tersebut dipengaruhi oleh kuat lekatan (*Bond Strength*) antara split dan Sikagrout FM.

Bila dilihat dari bentuk dan arah retak menunjukkan bahwa benda uji dari beton grouting memiliki retak yang kecil dan arah retak yang relatif beraturan. Sedangkan untuk benda uji dari beton grouting kombinasi, retak yang terjadi relatif lebih kecil dan arah retak yang sembarang. Hal tersebut disebabkan oleh campuran agregat akan dapat menghalangi retak yang terjadi secara berlebihan akibat dari pembebanan.

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa beton grouting kombinasi split lebih bersifat liat (*ductile*) bila dibandingkan beton grouting normal. Daktilitas beton grouting kombinasi split tidak banyak dipengaruhi oleh kekuatan agregat karena kekuatan agregat lebih kecil daripada kekuatan Sikagrout FM meskipun agregat berada dalam klasifikasi agregat yang bagus. Daktilitas beton grouting tersebut lebih mengandalkan pada kuat lekatan (*Bond Strength*) antara split dan Sikagrout FM seperti yang disebutkan diatas. Hal itu ditunjukkan pada beton setelah diuji bahwa patahan yang terjadi pada split adalah dominan pecah dan tidak ada split yang tercabut dari semen (Sikagrout FM).

#### **5.11 HASIL PENGAMATAN KUAT LENTUR**

Pada pengujian balok uji beton grouting tanpa penambahan split, pada saat tercapai beban maksimum retak yang terjadi secara tiba-tiba dengan diawali bunyi letusan dan setelah terjadi retak maka tersebut akan segera runtuh (patah menjadi dua bagian). Sedangkan pada pengujian balok uji beton grouting kombinasi, saat tercapai beban maksimum retak yang terjadi secara perlahan-lahan, hanya diawali dengan bunyi retakan yang kecil dan setelah terjadi retak maka balok tersebut tidak segera runtuh. Hal ini kemungkinan disebabkan kuat lekatan yang terjadi antara agregat dan semen (Sikagrout FM) sangat baik akibat dari rongga-rongga yang ada pada balok uji bisa terisi dengan baik karena adukan

beton memiliki keenceran sehingga dapat mengalir mengisi rongga-rongga tersebut.

Pada pemeriksaan tampang pecah balok uji beton grouting tanpa penambahan split, retakan yang terjadi hampir selalu miring tepat didaerah pembebanan dan arah retak yang relatif beraturan. Adapun balok uji beton grouting dengan penambahan kombinasi split, retakan yang terjadi tidak berbentuk miring meskipun masih berada pada daerah toleransi pembebanan dan arah retaknya pun tidak beraturan. Hal ini menunjukkan bahwa posisi retakan pada beton grouting kombinasi split sangat ditentukan oleh komposisi split dalam beton grouting.

Dari uraian diatas menunjukkan bahwa beton grouting kombinasi split lebih bersifat *ductile* (liat) bila dibandingkan dengan beton grouting normal. Daktilitas tersebut dipengaruhi oleh kuat lekatan (*Bond Strength*) antara split dan beton. Dari pengamatan secara visual pada belahan/patahan benda uji kuat lentur menunjukkan bahwa patahan yang terjadi pada kombinasi split adalah dominan pecah dan tidak ada split yang tercabut dari ikatan semen.

### 5.12 PROSENTASE PERUBAHAN KEKUATAN BETON

Berikut ini dapat dilihat pada Tabel 5.10 besar presentase perubahan kekuatan yang maksimal dari masing-masing komposisi kombinasi split dalam adukan beton grouting pada penelitian ini.

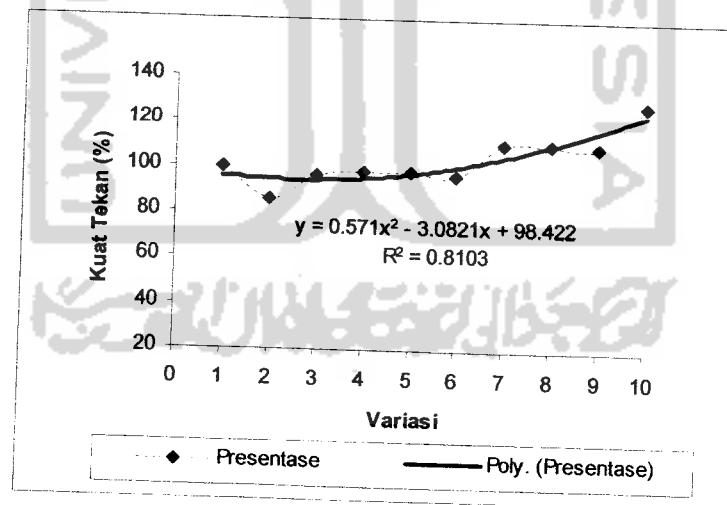
**Tabel 5.10** Prosentase Perubahan Kekuatan Beton

No	Kombinasi	Agregat		Perubahan (%)	
		Jagung (%)	1:1 (%)	Kuat Tekan	Kuat Lentur
1	BG 000	-	-	100	100
2	BGC 1090	10	90	85.5656	97.0212
3	BGC 2080	20	80	96.8463	97.7964
4	BGC 3070	30	70	98.4723	103.4072
5	BGC 4060	40	60	98.4423	106.5875
6	BGC 5050	50	50	96.1475	106.6559
7	BGC 6040	60	40	110.3794	107.2731
8	BGC 7030	70	30	110.4032	116.1672
9	BGC 8020	80	20	109.4615	118.4932
10	BGC 9010	90	10	128.8070	118.5085

Keterangan :

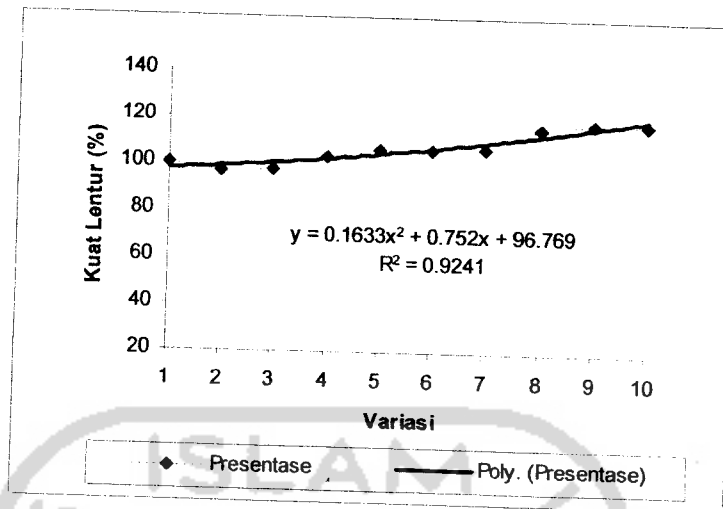
BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi



**Gambar 5.17**

Hubungan Prosentase Kuat Tekan Terhadap Kombinasi Split



**Gambar 5.18**

Hubungan Prosentase Kuat Lentur Terhadap Kombinasi Split

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa adanya penambahan kombinasi split dalam adukan beton grouting memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton grouting tersebut. Hal ini ditunjukkan pada penambahan kombinasi split BGC 9010, prosentase peningkatan paling signifikan terjadi pada kuat tekannya yaitu sebesar 128,8070%. Adapun peningkatan optimum juga terjadi pada kuat lentur yaitu sebesar 118,5085% dengan kombinasi split BGC 9010 pula. Dengan demikian, akibat adanya penambahan kombinasi split dalam adukan beton grouting maka akan memberikan pengaruh besar terhadap kuat tekan maupun kuat lentur beton tersebut.

Kesimpulan yang dapat diambil dari Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 menunjukkan korelasi baik antara kuat tekan maupun kuat lentur beton grouting dengan penambahan kombinasi splitnya cenderung positif dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 81,03% dan 92,41%. Jadi semakin optimum prosentase penambahan kombinasi split yang digunakan, maka kekuatan beton grouting akan semakin meningkat. Regresi polynomial hasil pengujian kuat tekan adalah  $y = 0,571.X^2 - 3,8021.X + 98,422$ , sedangkan untuk kuat lentur adalah  $y = 0,1633.X^2 + 0,752.X + 96,769$

### 5.13 ANALISIS BIAYA TERHADAP PENAMBAHAN KOMBINASI SPLIT

Jika ditinjau dari segi kekuatan desaknya, tentunya dapat langsung diketahui dari melihat grafik hubungan dengan kombinasi splitnya. Akan tetapi, sebagai perencana bangunan hal-hal penting yang harus dicermati bukan hanya dari sektor kekuatan, melainkan juga sektor biaya atau ekonomis. Berikut ini dapat dilihat pada Tabel 5.11 besar kebutuhan total bahan dari masing-masing komposisi kombinasi split dalam adukan beton grouting pada penelitian ini.

**Tabel 5.11** Kebutuhan Total Bahan Adukan Beton Grouting

KODE	Kebutuhan Total Bahan ( Kg )			
	Tambahkan Split 40 (%)			
	Jagung	1:1	Air	SikaGrout FM
BG	0,000	0,000	6,151	38,443
BG 1090	1,070	9,627	3,691	23,066
BG 2080	2,139	8,558	3,691	23,066
BG 3070	3,209	7,488	3,691	23,066
BG 4060	4,279	6,418	3,691	23,066
BG 5050	5,349	5,349	3,691	23,066
BG 6040	6,418	4,279	3,691	23,066
BG 7030	7,488	3,209	3,691	23,066
BG 8020	8,558	2,139	3,691	23,066
BG 9010	9,627	1,070	3,691	23,066

Keterangan :

BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa jika dibandingkan beton grouting normal dengan beton grouting kombinasi split sebagai contoh BG 000 dengan BGC 9010 maka dari segi biaya terlihat jelas bahwa dengan penambahan split sebesar 40% untuk 90% split jagung dan 10% split 1:1, dapat diketahui bahwa kekuatan beton meningkat sebesar  $\pm 14$  MPa dibandingkan beton grouting normal. Setelah melalui perhitungan menurut standard Sika, untuk meningkatkan beton sebanyak 14 MPa dari 47,4013 MPa (beton grouting tanpa split), diperlukan semen (Sikagrout FM) sebesar 23,066 Kg.

Untuk lebih jelasnya mengenai perbandingan biaya antara beton grouting normal dan beton grouting kombinasi split dapat dilihat pada Tabel 5.12. Harga ini sesuai dengan harga material yang ditetapkan PT. Sika Indonesia.

**Tabel 5.11** Perbandingan Harga per  $1\text{m}^3$

Kode	Kebutuhan (Sak)	Harga/Sak (Rp)	Total (Rp)
1 m <sup>3</sup> SikagROUT FM (BG 000)	92	85.500,-	7.866.000,-
1 m <sup>3</sup> Beton BGC 9010 (SikagROUT FM + Split)	52	85.500,-	*4.884.000,-

Keterangan :

1 sak SikagROUT FM = 25 Kg

Harga SikagROUT FM = Rp 85.500,-/Sak

1 m<sup>3</sup> Split 1:1 = Rp 150.000,-

1 m<sup>3</sup> Split Jagung = Rp 250.000,-

\* 1 m<sup>3</sup> Beton (SikagROUT FM + Split) dibutuhkan :

➤ SikagROUT FM =  $1\text{ m}^3 \times 60\% \times 2300\text{ kg/m}^3 = 1380\text{ kg}$

➤ Split =  $1\text{ m}^3 \times 40\% \times 1600\text{ kg/m}^3 = 640\text{ kg}$

Maka biaya untuk Beton Grouting Kombinasi BGC 9010 :

▪ SikagROUT FM =  $(1380 / 25) \times \text{Rp } 85.500,- = \text{Rp } 4.788.000,-$

▪ Split Jagung =  $(0,9 \times 640) : 1600 \times \text{Rp } 250.000,- = \text{Rp } 90.000,-$

▪ Split 1:1 =  $(0,1 \times 640) : 1600 \times \text{Rp } 150.000,- = \text{Rp } 6.000,-$

+  
Rp 4.884.000,-

Dari tabel diatas dapat kita ketahui bahwa untuk mencapai peningkatan kekuatan beton yang optimum, beton grouting kombinasi split lebih hemat sekitar 38% sehingga lebih ekonomis dari segi biaya, jika dibandingkan dengan beton grouting tanpa penambahan split.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan kombinasi split dapat dijadikan satu alternatif dalam bahan grouting baik dari segi kekuatan maupun biaya.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan akhir untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Penambahan kombinasi split memberikan pengaruh pada *flowtest* dan *workability*, masing-masing penambahan kombinasi split memiliki nilai *flowtest* yang berbeda dikarenakan variasi penambahan yang berbeda dari kombinasi split itu sendiri.
2. Penambahan kombinasi split menghasilkan beton grouting yang lebih padat dibandingkan dengan beton grouting tanpa penambahan, hal ini ditandai dengan meningkatnya berat volume beton untuk semua variasi.
3. Kuat tekan maksimal beton grouting setelah adanya konversi umur 28 hari tercapai pada beton grouting BGC 9010 yaitu sebesar 61,0562 MPa dengan persen peningkatan kuat tekannya adalah 28,8070%. Hal ini, menunjukkan bahwa kekuatan beton tidak hanya dipengaruhi oleh kepadatannya tetapi faktor kelekatan juga menentukan. Terbukti dengan nilai berat volume beton grouting BGC 9010 sebesar 2294,0455 kg/m<sup>3</sup> lebih kecil dari berat volume beton grouting kombinasi yang lain.
4. Berdasarkan hasil gradasi agregat campuran, luas permukaan split jagung lebih besar dari split 1:1 sehingga diperlukan jumlah air yang banyak.
5. Tidak selamanya gradasi agregat campuran yang baik menghasilkan kekuatan beton yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan penambahan kombinasi split pada BGC 9010, nilai kuat tekannya berbanding terbalik dengan gradasi agregat campuran.
6. Kuat lentur maksimum tercapai pada beton grouting dengan kombinasi BGC 9010 yaitu sebesar 4,3030 MPa pada umur 7 hari dengan persen peningkatan kuat lenturnya 18,5085% dengan demikian beton grouting

- dengan penambahan kombinasi split jagung sebesar 90% dan split 1:1 sebesar 10% memberikan pengaruh yang signifikan.
7. Pada pengamatan uji tekan beton grouting, penambahan kombinasi split pada beton grouting dapat membuat lekatan antara split jagung, split 1:1 dan semen (Sikagrout FM) sangat kuat sehingga mampu mencegah retak secara berlebihan dan keruntuhan beton yang terjadi lebih lambat bila dibanding beton grouting tanpa penambahan kombinasi split. Hal ini menunjukkan bahwa beton grouting kombinasi tersebut lebih liat (*ductile*) bila dibandingkan dengan beton grouting tanpa penambahan kombinasi split.
  8. Pada pengamatan uji lentur beton grouting, kuat lekat antara agregat kasar dengan semen memberikan pengaruh pada kekuatan beton grouting dalam menahan tegangan lentur, dapat dilihat dengan tidak adanya agregat yang tercabut dari ikatan semen, ini menunjukkan bahwa rongga-rongga pada beton terisi cukup baik, sehingga ikatan atau lekatan beton grouting menjadi lebih kuat.
  9. Penelitian ini hanya berlaku untuk variasi campuran (10:90)% ; (20:80)% ; (30:70)% ; (40:60)% ; (50:50)% ; (60:40) ; (70:30)% ; (80:20)% ; (90:10)% dari prosentase penambahan split sebesar 40%.
  10. Berdasarkan analisis biaya, menunjukkan penambahan kombinasi split dapat meminimalisir biaya kebutuhan Sikagrout FM dengan tidak mengurangi kualitas betonnya.
  11. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan pengaruh penambahan kombinasi split cukup berarti terhadap kenaikan kualitas beton grouting. Hal ini berarti penambahan kombinasi split dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan grouting baik dari segi ekonomi maupun keamanannya.

## 6.2 Saran-saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan campuran yang lebih homogen, akan lebih baik adukan beton dilakukan setiap satu sampel, tetapi memerlukan waktu yang lebih lama.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, selain pembuatan benda uji pada umur 7 sebaiknya perlu dilakukan pembuatan benda uji pada umur 28 hari pula, serta disarankan penambahan jumlah cetakan beton untuk uji kuat lentur.
3. Untuk memperoleh hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton grouting dengan variasi penambahan, perlu dilakukan penelitian yang lebih detail.
4. Untuk memperoleh gradasi campuran yang baik, namun dengan kekuatan yang lebih baik, maka disarankan penambahan prosentase agregat agar diperoleh kadar yang optimum.
5. Perlu ketelitian dalam pembuatan benda uji, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji yang akan berpengaruh terhadap kekuatan beton.
6. Untuk mendapatkan komposisi campuran beton grouting yang lebih akurat, maka disarankan diadakan penelitian lebih lanjut dengan variasi penambahan agregat yang berbeda maupun variasi Sikagrout FM.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir Aboe, 1993, KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR MIKRO BETON, Tesis Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Abdul Kadir Aboe, 2004, STRUKTUR BETON BERTULANG 1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Arthur H. Wilson dan George Winter, 1991, DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES, Second Revised Edition, Jakarta.
- Brochure, 2006, SIKAGROUT FM, PT. SIKA INDONESIA, Jakarta
- \_\_\_\_\_, 2003, ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Section 4 Construction, Volume 04.01, Philadelphia, USA.
- \_\_\_\_\_, 2003, ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Section 4 Construction, Volume 04.02, Philadelphia, USA.
- \_\_\_\_\_, 2005, BUKU PEDOMAN TUGAS AKHIR DAN PRAKTEK KERJA, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- C.R. Smith dan C.K. Andres, 1992, MATERIALS CONSTRUCTION, Fourth Edition, McGraw-Hill Company.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, PBI PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 NI-2, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, METODE PEMBUATAN DAN PERAWATAN BENDA UJI BETON DI LABORATORIUM, SK SNI M - 62 - 1990 - 03, DPU-Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982, PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung.
- Edward G. Nawy, 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, Bandung.

- Edward G. Nawy, 1995, CONCRETE CONSTRUCTION ENGINEERING HANDBOOK, Jakarta.
- Earl.R. Parker, 1991, MATERIALS BATA BOOK FOR ENGINEERS AND SCIENTISTS, Jakarta.
- Frederick S. Merrit, 1987, STANDARD HANDBOOK FOR CIVIL ENGINEERS, Third Edition, Bandung.
- Februari, 2007 TEKNOLOGI PENGEMBANGAN BAHAN BANGUNAN, Pengembangan Semen Pozolan, Puslitbang Permukiman, [www.google.com](http://www.google.com).
- \_\_\_\_\_, Februari 2007, DATA KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA 27 MEI 2006, [www.mediacenter.com](http://www.mediacenter.com).
- G. Kusuma, R. Sagel dan P. Kole, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton, Erlangga : Jakarta.
- Gideon Hadi Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasar SK-SNI T-15-1991-03, Erlangga, Jakarta.
- Heinz Frick, 1980, ILMU KONSTRUKSI BANGUNAN, Kanisius, Yogyakarta
- Istimawan Dipohusodo, 1999, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia, Jakarta.
- \_\_\_\_\_, Januari 2006, SIKAGROUT FM, 2006, [www.sikaconstruction.co.id](http://www.sikaconstruction.co.id).
- Jackson N, 2001, CIVIL ENGINEERING MATERIALS, Third Edition, 2001, Prentice Hall.
- Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992, BAHAN BANGUNAN, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Laurentius Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia, Jakarta.
- Murdock, L.J., and Brook, K.M., 1991, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, TERJEMAHAN Ir. Stephanus Hendarko, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, Tri. Ir, MT, 2004, TEKNOLOGI BETON, Andi Offset, Yogyakarta
- Munadhir, 2006, METODOLOGI PENELITIAN, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- M.J. Smith dan Ir. Ismoyo, 1985, BAHAN KONSTRUKSI DAN STRUKTUR TEKNIK, Edisi Kedua, Jakarta.
- \_\_\_\_\_, 2002, METODE, SPESIFIKASI, DAN TATA CARA, Bagian:3, Beton, Semen, dan Perkerasan Beton Semen, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- \_\_\_\_\_, 2007, PUSTAKA IPTEK, Kajian Dan Karakteristik Bahan Baku Semen Pozolan, 27 Maret 2007 [www.google.com](http://www.google.com).
- R. Park dan T. Paulay, 1999, REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, Jakarta.
- S.N. Sinha, 1993, REINFORCED CONCRETE DESIGN, Second Revised Edition, Jakarta.
- Supramono dan Sugiarto, 1993, STATISTIK, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sutrisno Hadi, 2004, STATISTIK, Andi Offset, Yogyakarta.
- Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1995, PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Triono Budi Astanto, 2001, KONSTRUKSI BETON BERTULANG, Yogyakarta : Kanisius 2001.

- \_\_\_\_\_, 2002, SK SNI 03 - 2847 - 2002, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- \_\_\_\_\_, 1993, SK SNI 03 - 2834 - 1993, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- \_\_\_\_\_, 2007, SPECIAL BLENDED CEMENT, 11 Februari 2007, [www.suramadu.com](http://www.suramadu.com).
- \_\_\_\_\_, 2003, U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS, CONCRETE RESEARCH DIVISION CRD C621, Non-Shrink Grout , USA.
- William F. Smith dan Jarad Hashemi, 1990, FOUNDATIONS OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING, Jakarta.
- Ardy Nivianto dan Robensyah, 2005, PENGARUH PENAMBAHAN *SILICA FUME* DAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KUAT DESAK BETON, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ary Novrizaldi, 2006, PENGARUH SERAT KAWAT BENDRAT PADA BETON PASIR TERHADAP KUAT DESAK, KUAT TARIK DAN KUAT LENTUR, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Dirgantara, 2007, PENGARUH PENAMBAHAN *SUPERPLASTICIZER (VISCOCRETE-10)* DAN PENGURANGAN KADAR AIR TERHADAP BETON DENGAN KUAT TEKAN 30 MPa, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Fahmi Ardiansyah dan Wahyu. K., 2004, PENGARUH PERAWATAN BETON TERHADAP MUTU BETON YANG MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nomida Setiadi dan Dani Purwo Prasetio, 2004, PENGARUH *SILICA FUME* TERHADAP KUAT DESAK BETON RINGAN DENGAN BENTONIT SEBELUM DAN SETELAH DIBAKAR, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Rumpoko Hadi Susetiarto dan Erwin Priyatna, 2003, PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN *SILICA FUME* TERHADAP KUAT DESAK BETON PASCA BAKAR, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tisara Sita, 2007, PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.







*LAMPIRAN 1*

---

*(Hasil Pemeriksaan Bahan)*





### HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME SIKAGROUT FM

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Bahan asal : PT. Sika Indonesia  
Keperluan : Tugas Akhir

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	5268,5	5226	5247,250
Berat tabung + Agregat kering, ( $W_2$ ), gram	9026,5	8986	9006,250
Berat Agregat bersih ( $W_3$ ), gram	3758	3760	3759
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	1571,428	1571,428	1571,428
Berat isi gembur = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	2,391	2,392	2,392



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

### HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Agregat asal : Kali Clereng, Kulon Progo  
Keperluan : Tugas Akhir

	Split 1:1	Split Jagung	Rata-rata
Berat tabung ( $W_1$ ), gram	11200	12800	12000
Berat tabung + Agregat kering, ( $W_2$ ), gram	19685	21367	20526
Berat Agregat bersih ( $W_3$ ), gram	8485	8570	8527,5
Volume tabung ( $V$ ), $\text{cm}^3$	5301,44	5301,44	5301,44
Berat isi gembur = ( $W_3 / V$ ), $\text{gram}/\text{cm}^3$	1,600	1,616	1,608



**HASIL PENGUJIAN KEAUSAN AGERGAT DENGAN MESIN  
LOS ANGELES (SK SNI M-02-1990-F)**

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Agregat asal : Kali Clereng, Kulon Progo  
Keperluan : Tugas Akhir

Saringan		Berat (gram)	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum (a)	Berat sebelum (b)
76,2 mm (3")	63,5 mm (2 <sup>1/2</sup> ")	-	-
63,5 mm (2 <sup>1/2</sup> ")	50,8 mm (2")	-	-
50,8 mm (2")	37,5 mm (1 <sup>1/2</sup> ")	-	-
37,5 mm (1 <sup>1/2</sup> ")	25,4 mm (1")	-	-
<b>25,4 mm (1")</b>	<b>19,0 mm (3/4")</b>	2500	-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	-	-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	-	-
<b>9,5 mm (3/8")</b>	<b>6,3 mm (1/4")</b>	2500	-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (no,4)	-	-
4,75 mm (no,4)	2,36 mm (no,8)	-	-
Jumlah Berat (gram)		<b>5000</b>	
Berat tertahan saringan no,12 (gram)			<b>3725</b>

$$\begin{aligned}\text{Nilai Keausan rata-rata} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{(5000 - 3725)}{5000} \times 100\% = 25,5\%\end{aligned}$$



# LAMPIRAN 2

---

*(Hasil Analisa Saringan dan Kurva Gradasi)*



### HASIL ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Agregat asal : Kali Clereng, Kulon Progo  
Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
38	0	0	0	100
19	259	26,8116	26,8116	73,1884
9,6	476	49,2754	76,0870	23,9130
4,8	231	23,9130	100	0
2,4	0	0	100	0
1,2	0	0	100	0
0,6	0	0	100	0
0,3	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
Sisa	0	0	-	0
Jumlah	966	100	702,865 *	-

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{702,865 *}{100} = 7,0286$$



## HASIL ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Agregat asal : Kali Clereng, Kulon Progo  
Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
38	0	0	0	100
19	0	0	0	100
9,6	0	0	0	100
4,8	185	9,5558	9,5558	90,4442
2,4	210	10,8471	20,4029	79,5971
1,2	405	20,9194	41,3223	58,6777
0,6	625	32,2831	73,6054	26,3946
0,3	397	20,5062	94,1116	5,8884
0,15	105	5,4236	99,5351	0,4649
Sisa	9	0,4649	-	0
Jumlah	1936	100	338,5331*	-

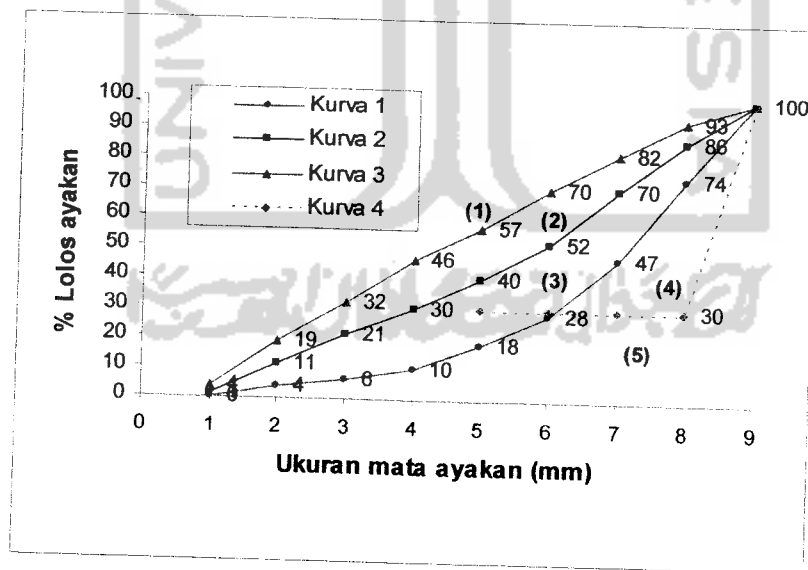
$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{338,5331*}{100} = 3,3853$$



### KURVA GRADASI AGREGAT CAMPURAN

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 26 Februari 2007  
Bahan asal : PT. Sika Indonesia  
Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
40	100	100	100	100
20	74	86	93	30
10	47	70	82	30
4.8	28	52	70	30
2.4	18	40	57	30
1.2	10	30	46	-
0.6	6	21	32	-
0.3	4	11	19	-
0.15	0	1	4	-







*LAMPIRAN 3*

---

*(Data Benda Uji)*





### DATA BENDA UJI

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto  
Di terima tanggal : 28 Februari 2007  
Keperluan : Tugas Akhir

KODE	Perbandingan Bahan			
	Tambahkan Split (%)			Sika
	Jagung	1:1	Split	Grout FM (%)
BG	0	0	0	100
BG 1090	10	90	40	60
BG 2080	20	80	40	60
BG 3070	30	70	40	60
BG 4060	40	60	40	60
BG 5050	50	50	40	60
BG 6040	60	40	40	60
BG 7030	70	30	40	60
BG 8020	80	20	40	60
BG 9010	90	10	40	60

Keterangan :

BG : Beton Grouting

BGC : Beton Grouting Kombinasi

Kebutuhan total benda uji kuat tekan = 30 buah

Kebutuhan total benda uji kuat tekan = 30 buah

Total keseluruhan benda uji = 60 buah



LAMPIRAN 4

---

*(Kebutuhan Bahan Penyusun)*



### KEBUTUHAN BAHAN PENYUSUN BETON GROUTING

Pengirim : Muh. Farid Ariyanto

Di terima tanggal : 26 Februari 2007

Keperluan : Tugas Akhir

KODE	Perbandingan Bahan			
	Tambahkan Split (%)			Sika
	Jagung	1:1	Split	Grout FM
BG	0	0	0	100
BG 1090	10	90	40	60
BG 2080	20	80	40	60
BG 3070	30	70	40	60
BG 4060	40	60	40	60
BG 5050	50	50	40	60
BG 6040	60	40	40	60
BG 7030	70	30	40	60
BG 8020	80	20	40	60
BG 9010	90	10	40	60

Kebutuhan Bahan (per benda uji ) Kg							
Silinder				Balok			
Split jngng	Split 1:1	Air	Sika	Split jngng	Split 1:1	Air	Sika
0,000	0,000	0,578	3,614	0,000	0,000	1,472	9,200
0,101	0,905	0,347	2,169	0,256	2,304	0,883	5,520
0,201	0,805	0,347	2,169	0,512	2,048	0,883	5,520
0,302	0,704	0,347	2,169	0,768	1,792	0,883	5,520
0,402	0,603	0,347	2,169	1,024	1,536	0,883	5,520
0,503	0,503	0,347	2,169	1,280	1,280	0,883	5,520
0,603	0,402	0,347	2,169	1,536	1,024	0,883	5,520
0,704	0,302	0,347	2,169	1,792	0,768	0,883	5,520
0,805	0,201	0,347	2,169	2,048	0,512	0,883	5,520
0,905	0,101	0,347	2,169	2,304	0,256	0,883	5,520



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

KODE	Kebutuhan Total Bahan ( Kg )			
	Tambahkan Split 40 (%)			
	Jagung	1:1	Air	SikaGrout FM
BG	0.000	0.000	6.151	38.443
BG 1090	1.070	9.627	3.691	23.066
BG 2080	2.139	8.558	3.691	23.066
BG 3070	3.209	7.488	3.691	23.066
BG 4060	4.279	6.418	3.691	23.066
BG 5050	5.349	5.349	3.691	23.066
BG 6040	6.418	4.279	3.691	23.066
BG 7030	7.488	3.209	3.691	23.066
BG 8020	8.558	2.139	3.691	23.066
BG 9010	9.627	1.070	3.691	23.066



*LAMPIRAN 5*

---

*(Tahapan Pembuatan Benda Uji)*



## TAHAPAN PEMBUATAN BENDA UJI

Perhitungan untuk benda uji 1 silinder dan 1 balok dengan kombinasi BGC 1090  
(10% untuk split jagung dan 90% untuk split 1:1 dengan prosentase Sikagrout FM sebesar 60%)

Diketahui :

Benda Uji Kuat Desak Silinder

Dimensi  $\varnothing$  10 cm x 20 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume Silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 20 \\ &= 1571,4286 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Benda Uji Kuat Lentur Balok

Dimensi 10 cm x 10 cm x 40 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume Balok} &= p \times l \times t \\ &= 40 \times 10 \times 10 \\ &= 4000 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

\* Berat Volume Sikagrout FM =  $2300 \text{ kg/m}^3$

\*\* Berat Volume Split Jagung =  $1600 \text{ kg/m}^3$

\*\* Berat Volume Split 1:1 =  $1600 \text{ kg/m}^3$

**Kebutuhan Bahan pada silinder BGC 1090 dari tambahan split 40% :**

$$\begin{aligned}\text{Split Jagung} &= (1571,4268 \times ((10\% \times 40\%) \times 1\text{E-}06) \times 1600^{**}) \\ &= 0,1005 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Split 1:1} &= (1571,4268 \times ((90\% \times 40\%) \times 1\text{E-}06) \times 1600^{***}) \\ &= 0,9051 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air (16\%)} &= (1571,4268 \times (60\% \times 1\text{E-}06) \times 2300^*) \times 16\% \\ &= 0,3469 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sikagrout FM} &= (1571,4268 \times (60\% \times 1\text{E-}06) \times 2300) \\ &= 2,1685 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Kebutuhan Bahan pada balok BGC 1090 dari tambahan split 40% :**

$$\begin{aligned}\text{Split Jagung} &= (4000 \times ((10\% \times 40\%) \times 1\text{E-}06) \times 1600^{**}) \\ &= 0,256 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Split 1:1} &= (4000 \times ((90\% \times 40\%) \times 1\text{E-}06) \times 1600^{***}) \\ &= 2,304 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air (16\%)} &= (4000 \times (60\% \times 1\text{E-}06) \times 2300^*) \times 16\% \\ &= 0,8832 \text{ liter}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sikagrout FM} &= (4000 \times (60\% \times 1\text{E-}06) \times 2300) \\ &= 5,52 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jadi Kebutuhan total bahan yang dibutuhkan :

$$\text{Split Jagung} = (0,1005 + 0,256) = 0,3565 \text{ kg}$$

$$\text{Split 1:1} = (0,9051 + 2,304) = 3,2091 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = (0,3469 + 0,8832) = 1,2301 \text{ kg}$$

$$\text{Sikagrout FM} = (2,1685 + 5,52) = 7,6885 \text{ kg}$$

Demikian seterusnya perhitungan dilakukan untuk variabel yang berbeda sehingga didapatkan presentase kebutuhan bahan yang diinginkan.





LAMPIRAN 6

---

*(Hasil Pengujian Berat Volume)*



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

## HASIL PENGUJIAN BERAT VOLUME BETON GROUTING

### BALOK

Sampel	Berat Volume Beton Grouting (kg/m <sup>3</sup> )									
	BG 000	BGC1090	BGC2080	BGC3070	BGC4060	BGC5050	BGC6040	BGC7030	BGC8020	BGC9010
1	2169,669	2298,295	2264,890	2320,001	2340,658	2291,360	2291,782	2306,289	2302,400	2335,196
2	2137,918	2347,447	2323,363	2300,753	2321,590	2318,046	2295,795	2281,312	2277,476	2221,480
3	2187,383	2295,382	2312,715	2311,355	2321,357	2302,952	2289,670	2258,596	2289,972	2254,506
Rata-rata	2164,990	2313,708	2300,323	2310,703	2327,868	2304,120	2292,416	2282,066	2289,949	2270,394

### SILINDER

Sampel	Berat Volume Beton Grouting (kg/m <sup>3</sup> )									
	BG 000	BGC1090	BGC2080	BGC3070	BGC4060	BGC5050	BGC6040	BGC7030	BGC8020	BGC9010
1	2189,367	2380,019	2365,213	2375,124	2346,703	2323,755	2330,076	2325,582	2326,198	2309,824
2	2208,235	2353,409	2406,026	2362,092	2358,097	2313,328	2306,234	2345,851	2317,843	2330,898
3	2182,854	2340,206	2347,430	2376,032	2375,090	2325,333	2328,809	2362,974	2331,888	2312,369
Rata-rata	2193,485	2357,878	2372,890	2371,083	2359,963	2320,805	2321,706	2344,802	2325,310	2317,697



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

### BALOK-SILINDER

Sampel	Berat Volume Beton Grouting (kg/m <sup>3</sup> )												
	BG 000	BGC1090	BGC2080	BGC3070	BGC4060	BGC5050	BGC6040	BGC7030	BGC8020	BGC9010			
1	2179,518	2339,157	2315,052	2347,563	2343,680	2307,558	2310,929	2315,936	2314,299	2322,510			
2	2173,077	2350,428	2364,694	2331,422	2339,843	2315,687	2301,015	2313,581	2297,659	2276,189			
3	2185,118	2317,794	2330,073	2343,694	2348,223	2314,142	2309,239	2310,785	2310,930	2283,437			
Rata-rata	2179,238	2335,793	2336,606	2340,893	2343,916	2312,462	2307,061	2313,434	2307,629	2294,045			

### PROSENTASE

Sampel	Berat Volume Beton Grouting (%)												
	BG 000	BGC1090	BGC2080	BGC3070	BGC4060	BGC5050	BGC6040	BGC7030	BGC8020	BGC9010			
1	100	107,324	106,219	107,710	107,532	105,875	106,029	106,259	106,184	106,561			
2	100	107,842	108,496	106,970	107,356	106,248	105,574	106,151	105,421	104,435			
3	100	106,344	106,908	107,533	107,740	106,177	105,952	106,023	106,029	104,768			
Rata-rata	100	107,170	107,207	107,404	107,543	106,100	105,852	106,144	105,878	105,255			



LAMPIRAN 7

---

*(Hasil Pengujian Kuat Tekan)*





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

### HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN GROUTING

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) KN	Beban Konversi KN	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BG 000</b>										
1	19,855	10,38	84,6563	1680,8511	3,6800	2189,3670	308,2	303,41	35,8402	48,4560
2	19,68	10,38	84,6563	1666,0363	3,6790	2208,2352	293,4	288,84	34,1191	46,1291
3	20,33	10,383	84,7053	1722,0578	3,7590	2182,8535	300,0	298,34	35,2210	47,6187
□	59,865	31,143	254,0179	5068,9452	11,1180	6580,4558	901,6000	890,59	105,1803	142,2038
Rata-rata	19,955	10,381	84,6726	1689,6484	3,7060	2193,4853	300,5333	296,8633	35,0601	47,4013

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BGC1090</b>										
1	20,02	10,433	85,5230	1712,1710	4,0750	2380,0193	255,7	251,73	29,4342	39,7950
2	19,99	10,387	84,7705	1694,5630	3,9880	2353,4092	253,8	249,86	29,4749	39,8500
3	20,46	10,35	84,1677	1722,0707	4,0300	2340,2059	261,7	261,67	31,0891	42,0325
□	60,47	31,17	254,4612	5128,8047	12,0930	7073,6343	771,1700	763,26	89,9982	121,6775
Rata-rata	20,156667	10,39	84,8204	1709,6016	4,0310	2357,8781	257,0567	254,42	29,9994	40,5592

Keterangan :

Kuat tekan konversi : -konversi umur 28 hari = 1,3

-konversi dimensi (ø 15cm x tinggi 30 cm) = 1,04



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BGC2080</b>										
1	19,735	10,433	85,5230	1687,7969	3,9920	2365,2134	351,9	346,42	40,5060	54,7642
2	19,805	10,407	85,0973	1685,3519	4,0550	2406,0257	292,4	292,4	34,3607	46,4556
3	19,8	10,45	85,8020	1698,8789	3,9880	2347,4304	237,4	287,85	33,5482	45,3571
□	59,34	31,29	256,4223	5072,0278	12,0350	7118,6695	881,7000	926,67	108,4149	146,5769
Rata-rata	19,78	10,43	85,4741	1690,6759	4,0117	2372,8898	293,9000	308,89	36,1383	48,8590

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BGC3070</b>										
1	19,885	10,403	85,0319	1690,8592	4,0160	2375,1239	252,20	248,28	29,1985	39,4763
2	19,915	10,39	84,8195	1689,1805	3,9900	2362,0922	248,28	313,05	36,9078	49,8993
3	20,125	10,44	85,6378	1723,4613	4,0950	2376,0325	279,60	275,25	32,1412	43,4549
ā	59,925	31,233	255,4892	5103,5010	12,1010	7113,2485	780,0800	836,58	98,2474	132,8305
Rata-rata	19,975	10,411	85,1631	1701,1670	4,0337	2371,0828	260,0267	278,86	32,7491	44,2768

Keterangan :

Kuat tekan konversi : -konversi umur 28 hari = 1,3

-konversi dimensi (ø 15cm x tinggi 30 cm) = 1,04



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BGC4060</b>										
1	19,92	10,39	84,8195	1689,6046	3,9650	2346,7029	305,5	300,75	35,4576	47,9387
2	20,11	10,4	84,9829	1709,0053	4,0300	2358,0969	289,8	285,29	33,5703	45,3870
3	20,12	10,373	84,5422	1700,9885	4,0400	2375,0895	355,1	349,57	41,3486	55,9033
à	60,15	31,163	254,3445	5099,5984	12,0350	7079,8893	950,4000	935,61	110,3765	149,2291
Rata-rata	20,05	10,38767	84,7815	1699,8661	4,0117	2359,9631	316,8000	311,87	36,7922	49,7430

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (f'c) Mpa	Kuat Tekan konversi (f'c) Mpa
<b>BGC5050</b>										
1	20,03	10,373	84,5422	1693,3797	3,9350	2323,7552	339,9	334,61	39,5791	53,5109
2	20,032	10,376	84,5911	1694,5285	3,9200	2313,3278	300,6	295,93	34,9836	47,2978
3	20,125	10,402	85,0155	1710,9379	3,9785	2325,3328	280,1	275,75	32,4352	43,8525
à	60,187	31,151	254,1488	5098,8461	11,8335	6962,4159	920,6000	906,29	106,9979	144,6612
Rata-rata	20,062333	10,38367	84,7163	1699,6154	3,9445	2320,8053	306,8667	302,0967	35,6660	48,2204

Keterangan :

Kuat tekan konversi : -konversi umur 28 hari = 1,3

-konversi dimensi (ø 15cm x tinggi 30 cm) = 1,04



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (fc) Mpa	Kuat Tekan konversi (fc) Mpa
<b>BGC6040</b>										
1	19,714	10,351	84,1839	1659,6023	3,8670	2330,0764	318,3	313,35	37,2221	50,3242
2	19,895	10,377	84,6074	1683,2640	3,8820	2306,2337	263,7	259,6	30,6829	41,4833
3	19,763	10,353	84,2165	1664,3703	3,8760	2328,8087	343,7	338,35	40,1762	54,3183
̂	59,372	31,081	253,0078	5007,2365	11,6250	6965,1187	925,7000	911,3	108,0812	146,1258
Rata-rata	19,790667	10,36033	84,3359	1669,0788	3,8750	2321,7062	308,5667	303,7667	36,0271	48,7086

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (fc) Mpa	Kuat Tekan konversi (fc) Mpa
<b>BGC7030</b>										
1	19,67	10,39	84,8195	1668,3997	3,8800	2325,5818	346,3	340,91	40,1924	54,3401
2	20,01	10,32	83,6805	1674,4459	3,9280	2345,8506	316,4	311,48	37,2225	50,3249
3	20,025	10,34	84,0051	1682,2024	3,9750	2362,9737	214,6	211,27	25,1497	34,0023
̂	59,705	31,05	252,5051	5025,0481	11,7830	7034,4061	877,3000	863,66	102,5646	138,6674
Rata-rata	19,901667	10,35	84,1684	1675,0160	3,9277	2344,8020	292,4333	287,8867	34,1882	46,2225

Keterangan :

Kuat tekan konversi : -konversi umur 28 hari = 1,3  
 -konversi dimensi (ø 15cm x tinggi 30 cm) = 1,04





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (fc) Mpa	Kuat Tekan konversi (fc) Mpa
<b>BGC8020</b>										
1	20,085	10,377	84,6074	1699,3394	3,9530	2326,1981	299,3	294,65	34,8256	47,0842
2	19,705	10,343	84,0539	1656,2815	3,8390	2317,8428	358,0	352,43	41,9291	56,6881
3	19,95	10,373	84,5422	1686,6163	3,9330	2331,8878	224,0	220,52	26,0840	35,2656
4	59,74	31,093	253,2034	5042,2372	11,7250	6975,9286	881,3000	867,6	102,8387	139,0379
Rata-rata	19,913333	10,36433	84,4011	1680,7457	3,9083	2325,3095	293,7667	289,2	34,2796	46,3460

	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax)	Beban Konversi (Pmax)	Kuat Tekan (fc) Mpa	Kuat Tekan konversi (fc) Mpa
<b>BGC9010</b>										
1	19,905	10,373	84,5422	1682,8119	3,8870	2309,8243	393,8	387,67	45,8552	61,9963
2	20,08	10,377	84,6074	1698,9163	3,9600	2330,8976	369,7	363,67	42,9832	58,1133
3	19,975	10,43	85,4739	1707,3402	3,9480	2312,3687	404,8	398,66	46,6412	63,0589
4	59,96	31,18	254,6234	5089,0684	11,7950	6953,0907	1168,3000	1150	135,4796	183,1685
Rata-rata	19,986667	10,39333	84,8745	1696,3561	3,9317	2317,6969	389,4333	383,3333	45,1599	61,0562

Keterangan :

Kuat tekan konversi : -konversi umur 28 hari = 1,3

-konversi dimensi (ø 15cm x tinggi 30 cm) = 1,04



# LAMPIRAN 8

---

*(Hasil Pengujian Tegangan-Regangan)*



### HASIL PENGUJIAN TEGANGAN-REGANGAN

Sampel : BGC 000-S2  
 Diameter : 10,38 cm  
 Luas (A<sub>o</sub>) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,38^2 = 84,656 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,679 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	$\epsilon$ koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	3	1,18125	1,50000	0,15000	0,29203
20	2000	8	2,36249	4,00000	0,40000	0,54203
30	3000	15	3,54374	7,50000	0,75000	0,89203
40	4000	21	4,72499	10,50000	1,05000	1,19203
50	5000	29	5,90623	14,50000	1,45000	1,59203
60	6000	36	7,08748	18,00000	1,80000	1,94203
70	7000	44	8,26873	22,00000	2,20000	2,34203
80	8000	53	9,44997	26,50000	2,65000	2,79203
90	9000	60	10,63122	30,00000	3,00000	3,14203
100	10000	71	11,81247	35,50000	3,55000	3,69203
110	11000	80	12,99371	40,00000	4,00000	4,14203
120	12000	91	14,17496	45,50000	4,55000	4,69203
130	13000	102	15,35621	51,00000	5,10000	5,24203
140	14000	112	16,53746	56,00000	5,60000	5,74203
150	15000	121	17,71870	60,50000	6,05000	6,19203
160	16000	131	18,89995	65,50000	6,55000	6,69203
170	17000	142	20,08120	71,00000	7,10000	7,24203
180	18000	150	21,26244	75,00000	7,50000	7,64203
190	19000	164	22,44369	82,00000	8,20000	8,34203
200	20000	185	23,62494	92,50000	9,25000	9,39203
210	21000	158	24,80618	79,00000	7,90000	8,04203
220	22000	168	25,98743	84,00000	8,40000	8,54203
230	23000	178	27,16868	89,00000	8,90000	9,04203
240	24000	186	28,34992	93,00000	9,30000	9,44203
250	25000	198	29,53117	99,00000	9,90000	10,04203
260	26000	208	30,71242	104,00000	10,40000	10,54203
270	27000	216	31,89366	108,00000	10,80000	10,94203
280	28000	223	33,07491	111,50000	11,15000	11,29203
290	29000	233	34,25616	116,50000	11,65000	11,79203
<b>293,4</b>	<b>29340</b>	<b>255</b>	<b>34,65778</b>	<b>127,50000</b>	<b>12,75000</b>	<b>12,89203</b>
290	29000	263	34,25616	131,50000	13,15000	13,29203
280	28000	298	33,07491	149,00000	14,90000	15,04203
270	27000	355	31,89366	177,50000	17,75000	17,89203



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 000-S2  
Diameter : 10,38 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,38^2 = 84,656 \text{ cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,679 Kg

260	26000	387	30,71242	193,50000	19,35000	19,49203
250	25000	450	29,53117	225,00000	22,50000	22,64203
240	24000	596	28,34992	298,00000	29,80000	29,94203





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 1090-S2  
 Diameter : 10,387 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,387^2 = 84,765 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,988 Kg

Beban (G)		Eksensimeter	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	2	1,17973	1,00000	0,10000	0,21952
20	2000	6	2,35946	3,00000	0,30000	0,41952
30	3000	13	3,53919	6,50000	0,65000	0,76952
40	4000	20	4,71892	10,00000	1,00000	1,11952
50	5000	26	5,89865	13,00000	1,30000	1,41952
60	6000	34	7,07839	17,00000	1,70000	1,81952
70	7000	41	8,25812	20,50000	2,05000	2,16952
80	8000	49	9,43785	24,50000	2,45000	2,56952
90	9000	58	10,61758	29,00000	2,90000	3,01952
100	10000	65	11,79731	32,50000	3,25000	3,36952
110	11000	73	12,97704	36,50000	3,65000	3,76952
120	12000	81	14,15677	40,50000	4,05000	4,16952
130	13000	91	15,33650	45,50000	4,55000	4,66952
140	14000	104	16,51623	52,00000	5,20000	5,31952
150	15000	110	17,69596	55,00000	5,50000	5,61952
160	16000	118	18,87569	59,00000	5,90000	6,01952
170	17000	127	20,05543	63,50000	6,35000	6,46952
180	18000	136	21,23516	68,00000	6,80000	6,91952
190	19000	144	22,41489	72,00000	7,20000	7,31952
200	20000	156	23,59462	78,00000	7,80000	7,91952
210	21000	167	24,77435	83,50000	8,35000	8,46952
220	22000	175	25,95408	87,50000	8,75000	8,86952
230	23000	170	27,13381	85,00000	8,50000	8,61952
240	24000	266	28,31354	133,00000	13,30000	13,41952
250	25000	271	29,49327	135,50000	13,55000	13,66952
<b>253,8</b>	<b>25380</b>	<b>295</b>	<b>29,94157</b>	<b>147,50000</b>	<b>14,75000</b>	<b>14,86952</b>
240	24000	333	28,31354	166,50000	16,65000	16,76952
230	23000	360	27,13381	180,00000	18,00000	18,11952
220	22000	387	25,95408	193,50000	19,35000	19,46952



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 2080-S1  
 Diameter : 10,433 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,433^2 = 85,528 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,992 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	4	1,16920	2,00000	0,20000	0,63554
20	2000	12	2,33840	6,00000	0,60000	1,03554
30	3000	20	3,50760	10,00000	1,00000	1,43554
40	4000	28	4,67680	14,00000	1,40000	1,83554
50	5000	36	5,84601	18,00000	1,80000	2,23554
60	6000	44	7,01521	22,00000	2,20000	2,63554
70	7000	54	8,18441	27,00000	2,70000	3,13554
80	8000	64	9,35361	32,00000	3,20000	3,63554
90	9000	73	10,52281	36,50000	3,65000	4,08554
100	10000	83	11,69201	41,50000	4,15000	4,58554
110	11000	93	12,86121	46,50000	4,65000	5,08554
120	12000	103	14,03041	51,50000	5,15000	5,58554
130	13000	114	15,19961	57,00000	5,70000	6,13554
140	14000	123	16,36881	61,50000	6,15000	6,58554
150	15000	132	17,53802	66,00000	6,60000	7,03554
160	16000	142	18,70722	71,00000	7,10000	7,53554
170	17000	151	19,87642	75,50000	7,55000	7,98554
180	18000	161	21,04562	80,50000	8,05000	8,48554
190	19000	175	22,21482	87,50000	8,75000	9,18554
200	20000	198	23,38402	99,00000	9,90000	10,33554
210	21000	212	24,55322	106,00000	10,60000	11,03554
220	22000	228	25,72242	114,00000	11,40000	11,83554
230	23000	248	26,89162	124,00000	12,40000	12,83554
240	24000	276	28,06082	138,00000	13,80000	14,23554
250	25000	294	29,23003	147,00000	14,70000	15,13554
260	26000	310	30,39923	155,00000	15,50000	15,93554
270	27000	329	31,56843	164,50000	16,45000	16,88554
280	28000	345	32,73763	172,50000	17,25000	17,68554
290	29000	357	33,90683	178,50000	17,85000	18,28554
300	30000	365	35,07603	182,50000	18,25000	18,68554
310	31000	375	36,24523	187,50000	18,75000	19,18554
320	32000	388	37,41443	194,00000	19,40000	19,83554
330	33000	401	38,58363	200,50000	20,05000	20,48554
340	34000	420	39,75283	210,00000	21,00000	21,43554
350	35000	442	40,92204	221,00000	22,10000	22,53554
<b>351,9</b>	<b>35190</b>	<b>461</b>	<b>41,14418</b>	<b>230,50000</b>	<b>23,05000</b>	<b>23,48554</b>



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

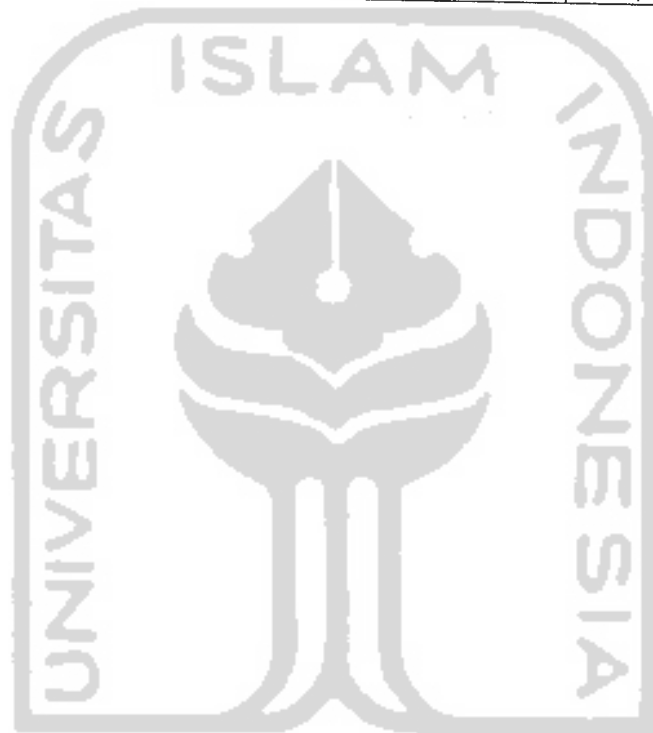
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 2080-S1  
Diameter : 10,433 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,433^2 = 85,528 \text{ cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,992 Kg

350	35000	477	40,9220356	238,500	23,850	24,285545
340	34000	485	39,7528346	242,500	24,250	24,685545
330	33000	510	38,5836336	255,000	25,500	25,935545





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 3070-S3  
 Diameter : 10,440 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,440^2 = 85,637 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 4,095 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	3	1,16771	1,50000	0,15000	0,16795
20	2000	8	2,33542	4,00000	0,40000	0,41795
30	3000	15	3,50312	7,50000	0,75000	0,76795
40	4000	21	4,67083	10,50000	1,05000	1,06795
50	5000	28	5,83854	14,00000	1,40000	1,41795
60	6000	36	7,00625	18,00000	1,80000	1,81795
70	7000	43	8,17396	21,50000	2,15000	2,16795
80	8000	52	9,34167	26,00000	2,60000	2,61795
90	9000	60	10,50937	30,00000	3,00000	3,01795
100	10000	66	11,67708	33,00000	3,30000	3,31795
110	11000	75	12,84479	37,50000	3,75000	3,76795
120	12000	83	14,01250	41,50000	4,15000	4,16795
130	13000	91	15,18021	45,50000	4,55000	4,56795
140	14000	99	16,34792	49,50000	4,95000	4,96795
150	15000	108	17,51562	54,00000	5,40000	5,41795
160	16000	116	18,68333	58,00000	5,80000	5,81795
170	17000	124	19,85104	62,00000	6,20000	6,21795
180	18000	134	21,01875	67,00000	6,70000	6,71795
190	19000	143	22,18646	71,50000	7,15000	7,16795
200	20000	153	23,35417	76,50000	7,65000	7,66795
210	21000	162	24,52187	81,00000	8,10000	8,11795
220	22000	174	25,68958	87,00000	8,70000	8,71795
230	23000	184	26,85729	92,00000	9,20000	9,21795
240	24000	206	28,02500	103,00000	10,30000	10,31795
250	25000	219	29,19271	109,50000	10,95000	10,96795
260	26000	233	30,36041	116,50000	11,65000	11,66795
270	27000	248	31,52812	124,00000	12,40000	12,41795
<b>279,6</b>	<b>27960</b>	<b>288</b>	<b>32,64912</b>	<b>144,00000</b>	<b>14,40000</b>	<b>14,41795</b>
270	27000	303	31,52812	151,50000	15,15000	15,16795
260	26000	390	30,36041	195,00000	19,50000	19,51795
250	25000	389	29,19271	194,50000	19,45000	19,46795





Sampel : BGC 4060-S3  
 Diameter : 10,373 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,373^2 = 84,547\text{cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 4,040 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	3	1,18277	1,50000	0,15000	0,60305
20	2000	9	2,36553	4,50000	0,45000	0,90305
30	3000	15	3,54830	7,50000	0,75000	1,20305
40	4000	21	4,73106	10,50000	1,05000	1,50305
50	5000	27	5,91383	13,50000	1,35000	1,80305
60	6000	33	7,09659	16,50000	1,65000	2,10305
70	7000	38	8,27936	19,00000	1,90000	2,35305
80	8000	45	9,46212	22,50000	2,25000	2,70305
90	9000	51	10,64489	25,50000	2,55000	3,00305
100	10000	58	11,82766	29,00000	2,90000	3,35305
110	11000	66	13,01042	33,00000	3,30000	3,75305
120	12000	75	14,19319	37,50000	3,75000	4,20305
130	13000	85	15,37595	42,50000	4,25000	4,70305
140	14000	95	16,55872	47,50000	4,75000	5,20305
150	15000	104	17,74148	52,00000	5,20000	5,65305
160	16000	110	18,92425	55,00000	5,50000	5,95305
170	17000	118	20,10702	59,00000	5,90000	6,35305
180	18000	126	21,28978	63,00000	6,30000	6,75305
190	19000	134	22,47255	67,00000	6,70000	7,15305
200	20000	135	23,65531	67,50000	6,75000	7,20305
210	21000	205	24,83808	102,50000	10,25000	10,70305
220	22000	210	26,02084	105,00000	10,50000	10,95305
230	23000	212	27,20361	106,00000	10,60000	11,05305
240	24000	213	28,38637	106,50000	10,65000	11,10305
250	25000	216	29,56914	108,00000	10,80000	11,25305
260	26000	224	30,75191	112,00000	11,20000	11,65305
270	27000	231	31,93467	115,50000	11,55000	12,00305
280	28000	238	33,11744	119,00000	11,90000	12,35305
290	29000	247	34,30020	123,50000	12,35000	12,80305
300	30000	259	35,48297	129,50000	12,95000	13,40305
310	31000	270	36,66573	135,00000	13,50000	13,95305
320	32000	280	37,84850	140,00000	14,00000	14,45305
330	33000	292	39,03126	146,00000	14,60000	15,05305
340	34000	306	40,21403	153,00000	15,30000	15,75305
350	35000	322	41,39680	161,00000	16,10000	16,55305
355,1	35510	341	42,00001	170,50000	17,05000	17,50305



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

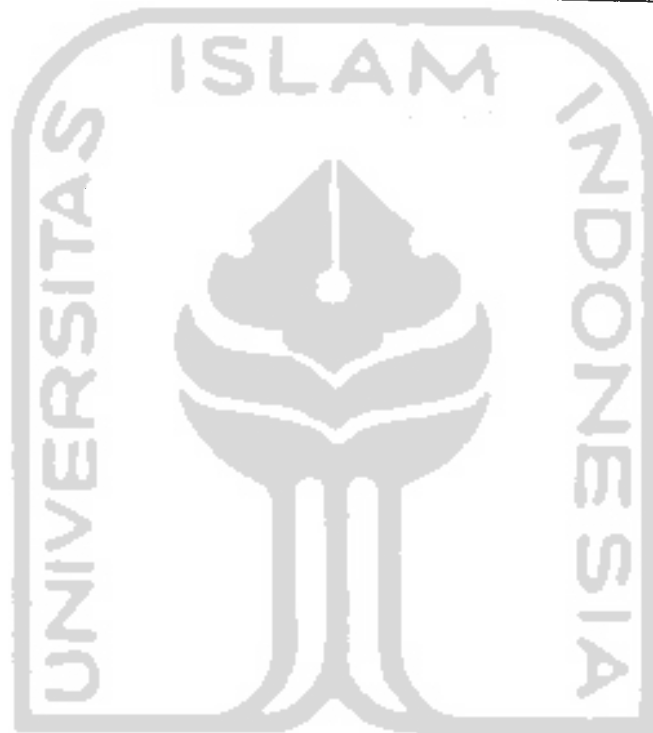
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 4060-S3  
Diameter : 10,373 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,373^2 = 84,547\text{cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 4,040 Kg

350	35000	351	41,3967959	175,500	17,550	18,003047
340	34000	363	40,2140303	181,500	18,150	18,603047
330	33000	374	39,0312647	187,000	18,700	19,153047





Sampel : BGC 5050-S1  
 Diameter : 10,373 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,373^2 = 84,547\text{cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,935 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	5	1,18277	2,50000	0,25000	0,05598
20	2000	12	2,36553	6,00000	0,60000	0,29402
30	3000	18	3,54830	9,00000	0,90000	0,59402
40	4000	27	4,73106	13,50000	1,35000	1,04402
50	5000	34	5,91383	17,00000	1,70000	1,39402
60	6000	42	7,09659	21,00000	2,10000	1,79402
70	7000	49	8,27936	24,50000	2,45000	2,14402
80	8000	58	9,46212	29,00000	2,90000	2,59402
90	9000	64	10,64489	32,00000	3,20000	2,89402
100	10000	72	11,82766	36,00000	3,60000	3,29402
110	11000	79	13,01042	39,50000	3,95000	3,64402
120	12000	88	14,19319	44,00000	4,40000	4,09402
130	13000	95	15,37595	47,50000	4,75000	4,44402
140	14000	104	16,55872	52,00000	5,20000	4,89402
150	15000	112	17,74148	56,00000	5,60000	5,29402
160	16000	122	18,92425	61,00000	6,10000	5,79402
170	17000	129	20,10702	64,50000	6,45000	6,14402
180	18000	138	21,28978	69,00000	6,90000	6,59402
190	19000	144	22,47255	72,00000	7,20000	6,89402
200	20000	155	23,65531	77,50000	7,75000	7,44402
210	21000	166	24,83808	83,00000	8,30000	7,99402
220	22000	175	26,02084	87,50000	8,75000	8,44402
230	23000	185	27,20361	92,50000	9,25000	8,94402
240	24000	194	28,38637	97,00000	9,70000	9,39402
250	25000	204	29,56914	102,00000	10,20000	9,89402
260	26000	216	30,75191	108,00000	10,80000	10,49402
270	27000	226	31,93467	113,00000	11,30000	10,99402
280	28000	240	33,11744	120,00000	12,00000	11,69402
290	29000	256	34,30020	128,00000	12,80000	12,49402
300	30000	269	35,48297	134,50000	13,45000	13,14402
310	31000	285	36,66573	142,50000	14,25000	13,94402
320	32000	300	37,84850	150,00000	15,00000	14,69402
330	33000	315	39,03126	157,50000	15,75000	15,44402
<b>339,9</b>	<b>33990</b>	<b>330</b>	<b>40,20220</b>	<b>165,00000</b>	<b>16,50000</b>	<b>16,19402</b>
330	33000	328	39,03126	164,00000	16,40000	16,09402
320	32000	388	37,84850	194,00000	19,40000	19,09402



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

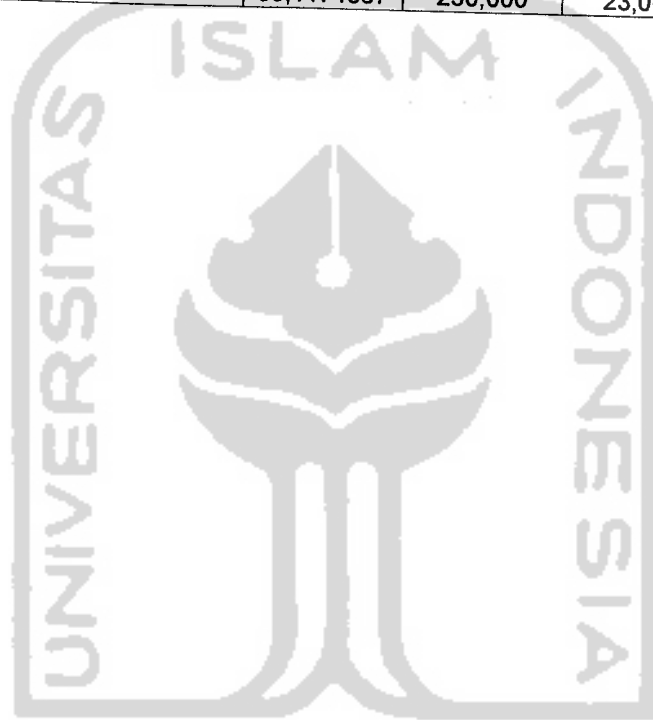
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 5050-S1  
Diameter : 10,373 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,373^2 = 84,547\text{cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,935 Kg

310	31000	360	36,6657335	180,000	18,000	17,694017
300	30000	390	35,4829679	195,000	19,500	19,194017
290	29000	405	34,3002023	202,500	20,250	19,944017
280	28000	460	33,1174367	230,000	23,000	22,694017





Sampel : BGC 6040-S3  
 Diameter : 10,353 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,353^2 = 84,221 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,876 Kg

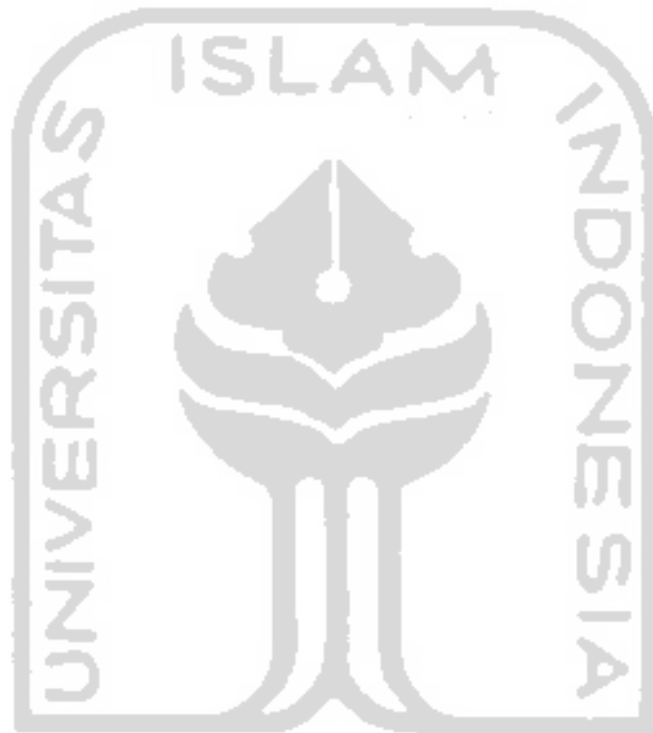
Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	4	1,18734	2,00000	0,20000	0,00413
20	2000	11	2,37468	5,50000	0,55000	0,34587
30	3000	17	3,56202	8,50000	0,85000	0,64587
40	4000	24	4,74936	12,00000	1,20000	0,99587
50	5000	30	5,93670	15,00000	1,50000	1,29587
60	6000	37	7,12404	18,50000	1,85000	1,64587
70	7000	44	8,31138	22,00000	2,20000	1,99587
80	8000	51	9,49872	25,50000	2,55000	2,34587
90	9000	58	10,68606	29,00000	2,90000	2,69587
100	10000	66	11,87340	33,00000	3,30000	3,09587
110	11000	72	13,06074	36,00000	3,60000	3,39587
120	12000	79	14,24808	39,50000	3,95000	3,74587
130	13000	86	15,43541	43,00000	4,30000	4,09587
140	14000	94	16,62275	47,00000	4,70000	4,49587
150	15000	100	17,81009	50,00000	5,00000	4,79587
160	16000	107	18,99743	53,50000	5,35000	5,14587
170	17000	114	20,18477	57,00000	5,70000	5,49587
180	18000	121	21,37211	60,50000	6,05000	5,84587
190	19000	128	22,55945	64,00000	6,40000	6,19587
200	20000	138	23,74679	69,00000	6,90000	6,69587
210	21000	144	24,93413	72,00000	7,20000	6,99587
220	22000	153	26,12147	76,50000	7,65000	7,44587
230	23000	162	27,30881	81,00000	8,10000	7,89587
240	24000	170	28,49615	85,00000	8,50000	8,29587
250	25000	180	29,68349	90,00000	9,00000	8,79587
260	26000	188	30,87083	94,00000	9,40000	9,19587
270	27000	198	32,05817	99,00000	9,90000	9,69587
280	28000	208	33,24551	104,00000	10,40000	10,19587
290	29000	218	34,43285	109,00000	10,90000	10,69587
300	30000	229	35,62019	114,50000	11,45000	11,24587
310	31000	242	36,80753	121,00000	12,10000	11,89587
320	32000	256	37,99487	128,00000	12,80000	12,59587
330	33000	272	39,18221	136,00000	13,60000	13,39587
340	34000	294	40,36955	147,00000	14,70000	14,49587
<b>343,7</b>	<b>34370</b>	<b>311</b>	<b>40,80886</b>	<b>155,50000</b>	<b>15,55000</b>	<b>15,34587</b>
340	34000	346	40,36955	173,00000	17,30000	17,09587



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 6040-S3  
Diameter : 10,353 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,353^2 = 84,221 \text{ cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,876 Kg

330	33000	325	39,1822072	162,500	16,250	16,045874
320	32000	377	37,9948676	188,500	18,850	18,645874





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 7030-S1  
 Diameter : 10,390 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,390^2 = 84,819 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,880 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	3	1,19502	1,50000	0,15000	0,04049
20	2000	10	2,39004	5,00000	0,50000	0,39049
30	3000	19	3,58507	9,50000	0,95000	0,84049
40	4000	25	4,78009	12,50000	1,25000	1,14049
50	5000	33	5,97511	16,50000	1,65000	1,54049
60	6000	41	7,17013	20,50000	2,05000	1,94049
70	7000	49	8,36516	24,50000	2,45000	2,34049
80	8000	58	9,56018	29,00000	2,90000	2,79049
90	9000	67	10,75520	33,50000	3,35000	3,24049
100	10000	73	11,95022	36,50000	3,65000	3,54049
110	11000	81	13,14524	40,50000	4,05000	3,94049
120	12000	89	14,34027	44,50000	4,45000	4,34049
130	13000	97	15,53529	48,50000	4,85000	4,74049
140	14000	105	16,73031	52,50000	5,25000	5,14049
150	15000	114	17,92533	57,00000	5,70000	5,59049
160	16000	123	19,12035	61,50000	6,15000	6,04049
170	17000	133	20,31538	66,50000	6,65000	6,54049
180	18000	141	21,51040	70,50000	7,05000	6,94049
190	19000	151	22,70542	75,50000	7,55000	7,44049
200	20000	161	23,90044	80,50000	8,05000	7,94049
210	21000	171	25,09547	85,50000	8,55000	8,44049
220	22000	181	26,29049	90,50000	9,05000	8,94049
230	23000	191	27,48551	95,50000	9,55000	9,44049
240	24000	202	28,68053	101,00000	10,10000	9,99049
250	25000	212	29,87555	106,00000	10,60000	10,49049
260	26000	224	31,07058	112,00000	11,20000	11,09049
270	27000	235	32,26560	117,50000	11,75000	11,64049
280	28000	246	33,46062	123,00000	12,30000	12,19049
290	29000	258	34,65564	129,00000	12,90000	12,79049
300	30000	272	35,85066	136,00000	13,60000	13,49049
310	31000	286	37,04569	143,00000	14,30000	14,19049
320	32000	301	38,24071	150,50000	15,05000	14,94049
330	33000	334	39,43573	167,00000	16,70000	16,59049
340	34000	350	40,63075	175,00000	17,50000	17,39049
<b>346,3</b>	<b>34630</b>	<b>377</b>	<b>41,38362</b>	<b>188,50000</b>	<b>18,85000</b>	<b>18,74049</b>
340	34000	494	40,63075	247,00000	24,70000	24,59049



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

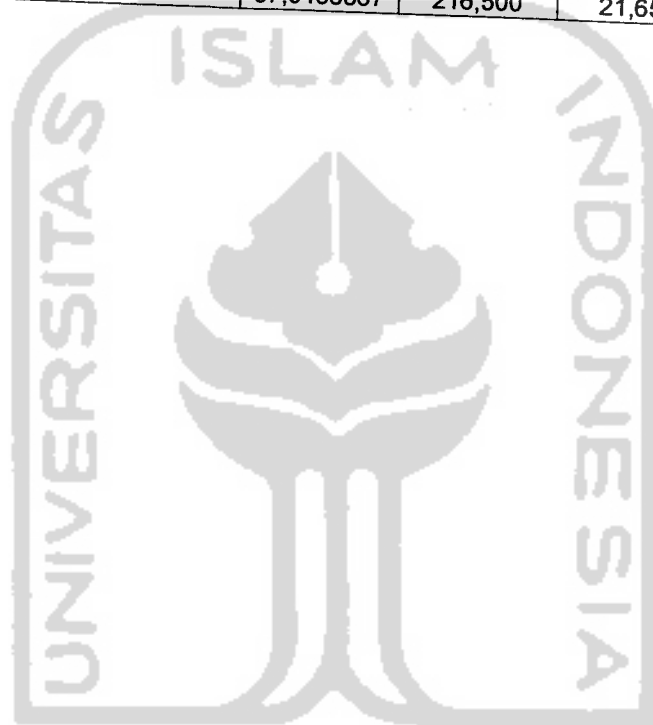
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 7030-S1  
Diameter : 10,390 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,390^2 = 84,819 \text{ cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,880 Kg

330	33000	485	39,435731	242,500	24,250	24,140488
320	32000	460	38,2407089	230,000	23,000	22,890488
310	31000	433	37,0456867	216,500	21,650	21,540488



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 9010-S2  
 Diameter : 10,377 cm  
 Luas (A<sub>o</sub>) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,377^2 = 84,602 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,960 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	1	1,18201	0,50000	0,05000	0,38492
20	2000	5	2,36401	2,50000	0,25000	0,58492
30	3000	11	3,54602	5,50000	0,55000	0,88492
40	4000	15	4,72802	7,50000	0,75000	1,08492
50	5000	20	5,91003	10,00000	1,00000	1,33492
60	6000	25	7,09203	12,50000	1,25000	1,58492
70	7000	31	8,27404	15,50000	1,55000	1,88492
80	8000	37	9,45605	18,50000	1,85000	2,18492
90	9000	43	10,63805	21,50000	2,15000	2,48492
100	10000	21	11,82006	10,50000	1,05000	1,38492
110	11000	58	13,00206	29,00000	2,90000	3,23492
120	12000	66	14,18407	33,00000	3,30000	3,63492
130	13000	72	15,36608	36,00000	3,60000	3,93492
140	14000	81	16,54808	40,50000	4,05000	4,38492
150	15000	88	17,73009	44,00000	4,40000	4,73492
160	16000	96	18,91209	48,00000	4,80000	5,13492
170	17000	105	20,09410	52,50000	5,25000	5,58492
180	18000	114	21,27610	57,00000	5,70000	6,03492
190	19000	123	22,45811	61,50000	6,15000	6,48492
200	20000	129	23,64012	64,50000	6,45000	6,78492
210	21000	138	24,82212	69,00000	6,90000	7,23492
220	22000	147	26,00413	73,50000	7,35000	7,68492
230	23000	155	27,18613	77,50000	7,75000	8,08492
240	24000	165	28,36814	82,50000	8,25000	8,58492
250	25000	174	29,55015	87,00000	8,70000	9,03492
260	26000	181	30,73215	90,50000	9,05000	9,38492
270	27000	191	31,91416	95,50000	9,55000	9,88492
280	28000	201	33,09616	100,50000	10,05000	10,38492
290	29000	209	34,27817	104,50000	10,45000	10,78492
300	30000	219	35,46017	109,50000	10,95000	11,28492
310	31000	228	36,64218	114,00000	11,40000	11,73492
320	32000	238	37,82419	119,00000	11,90000	12,23492
330	33000	250	39,00619	125,00000	12,50000	12,83492
340	34000	260	40,18820	130,00000	13,00000	13,33492
350	35000	275	41,37020	137,50000	13,75000	14,08492
360	36000	288	42,55221	144,00000	14,40000	14,73492



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 8020-S1  
 Diameter : 10,377 cm  
 Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,377^2 = 84,602 \text{ cm}^2$   
 Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
 Berat : 3,953 Kg

Beban (G)		Eksensiometer	$\sigma = P/A$	$\Delta L$	$\epsilon = \Delta L/L_0$	Koreksi
KN	kg	$\Delta L (10^{-3} \text{ mm})$	Mpa	$(10^{-3})$	$(10^{-4})$	$(10^{-4})$
0	0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
10	1000	4	1,18964	2,00000	0,20000	1,05081
20	2000	12	2,37927	6,00000	0,60000	1,45081
30	3000	21	3,56891	10,50000	1,05000	1,90081
40	4000	31	4,75855	15,50000	1,55000	2,40081
50	5000	40	5,94818	20,00000	2,00000	2,85081
60	6000	48	7,13782	24,00000	2,40000	3,25081
70	7000	57	8,32746	28,50000	2,85000	3,70081
80	8000	65	9,51709	32,50000	3,25000	4,10081
90	9000	71	10,70673	35,50000	3,55000	4,40081
100	10000	80	11,89637	40,00000	4,00000	4,85081
110	11000	88	13,08600	44,00000	4,40000	5,25081
120	12000	98	14,27564	49,00000	4,90000	5,75081
130	13000	106	15,46528	53,00000	5,30000	6,15081
140	14000	115	16,65491	57,50000	5,75000	6,60081
150	15000	123	17,84455	61,50000	6,15000	7,00081
160	16000	142	19,03419	71,00000	7,10000	7,95081
170	17000	162	20,22382	81,00000	8,10000	8,95081
180	18000	197	21,41346	98,50000	9,85000	10,70081
190	19000	230	22,60309	115,00000	11,50000	12,35081
200	20000	265	23,79273	132,50000	13,25000	14,10081
210	21000	220	24,98237	110,00000	11,00000	11,85081
220	22000	277	26,17200	138,50000	13,85000	14,70081
230	23000	258	27,36164	129,00000	12,90000	13,75081
240	24000	460	28,55128	230,00000	23,00000	23,85081
250	25000	513	29,74091	256,50000	25,65000	26,50081
260	26000	601	30,93055	300,50000	30,05000	30,90081
270	27000	695	32,12019	347,50000	34,75000	35,60081
280	28000	550	33,30982	275,00000	27,50000	28,35081
290	29000	569	34,49946	284,50000	28,45000	29,30081
<b>299,3</b>	<b>29930</b>	<b>530</b>	<b>35,60582</b>	<b>265,00000</b>	<b>26,50000</b>	<b>27,35081</b>
290	29000	568	34,49946	284,00000	28,40000	29,25081
280	28000	520	33,30982	260,00000	26,00000	26,85081
270	27000	540	32,12019	270,00000	27,00000	27,85081



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

Sampel : BGC 9010-S2  
Diameter : 10,403 cm  
Luas (Ao) :  $\frac{1}{4} \times \pi \times 10,403^2 = 84,602 \text{ cm}^2$   
Tinggi : 100 mm (Tinggi Dial)  
Berat : 3,960 Kg

<b>369,7</b>	<b>36970</b>	<b>301</b>	<b>43,6987555</b>	<b>150,500</b>	<b>15,050</b>	<b>15,384925</b>
360	36000	397	42,5522099	198,500	19,850	20,184925
350	35000	430	41,370204	215,000	21,500	21,834925
340	34000	485	40,1881982	242,500	24,250	24,584925





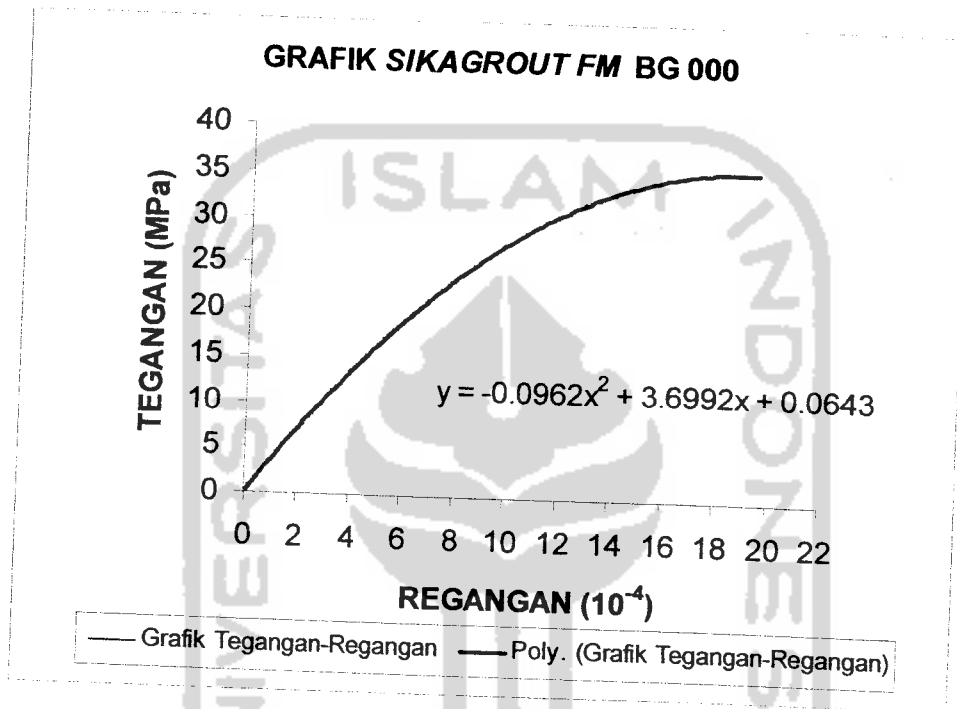
# LAMPIRAN 9

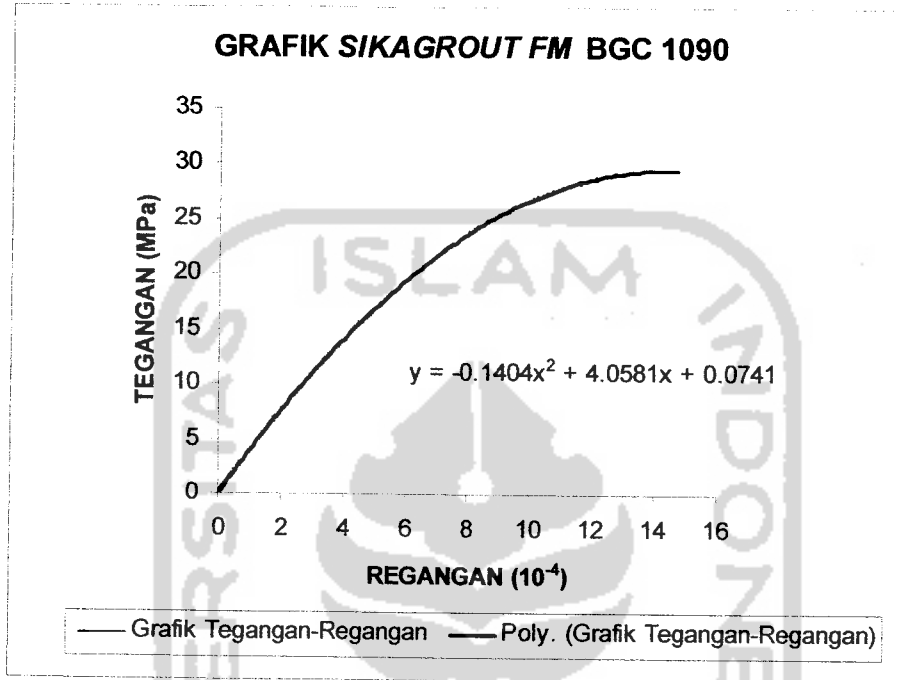
---

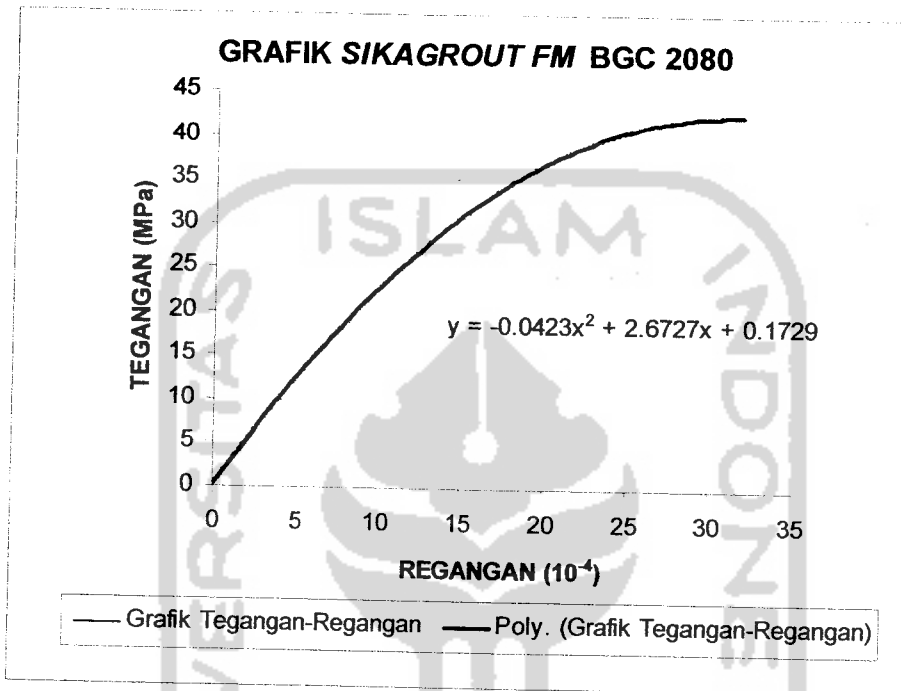
*(Grafik Hubungan Tegangan-Regangan)*

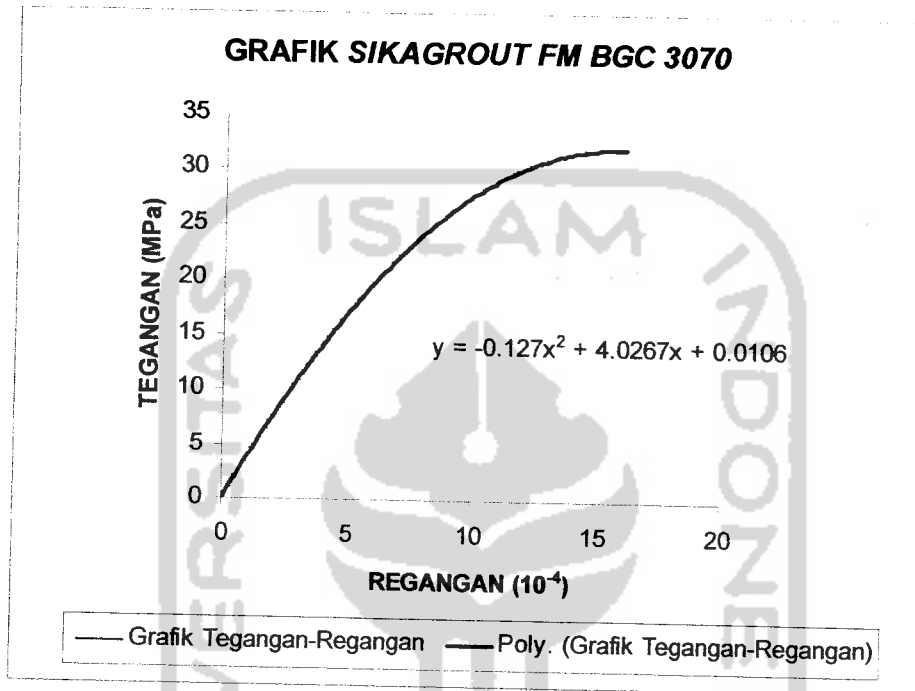


### GRAFIK HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN

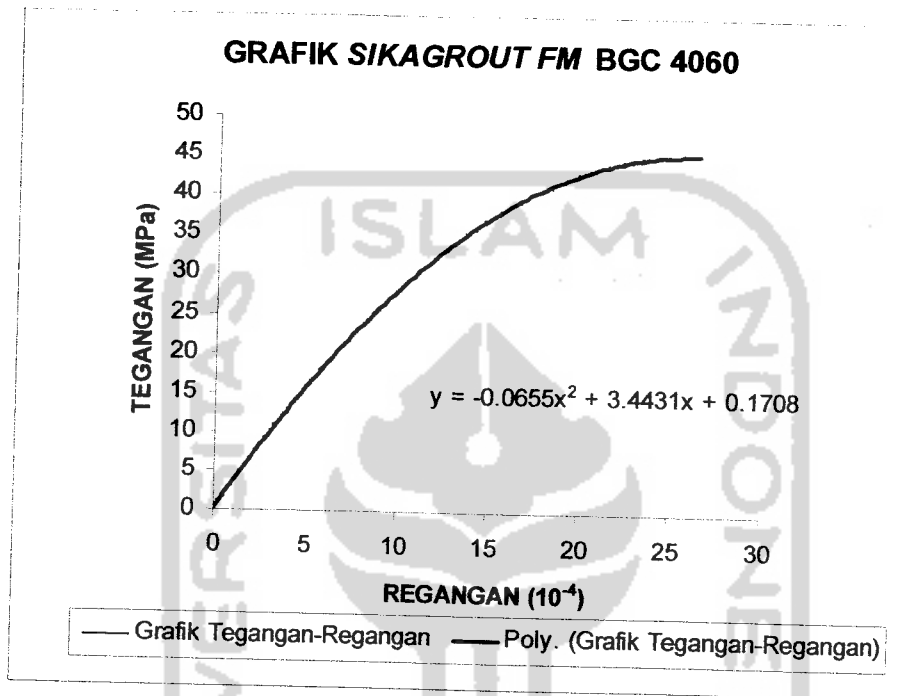


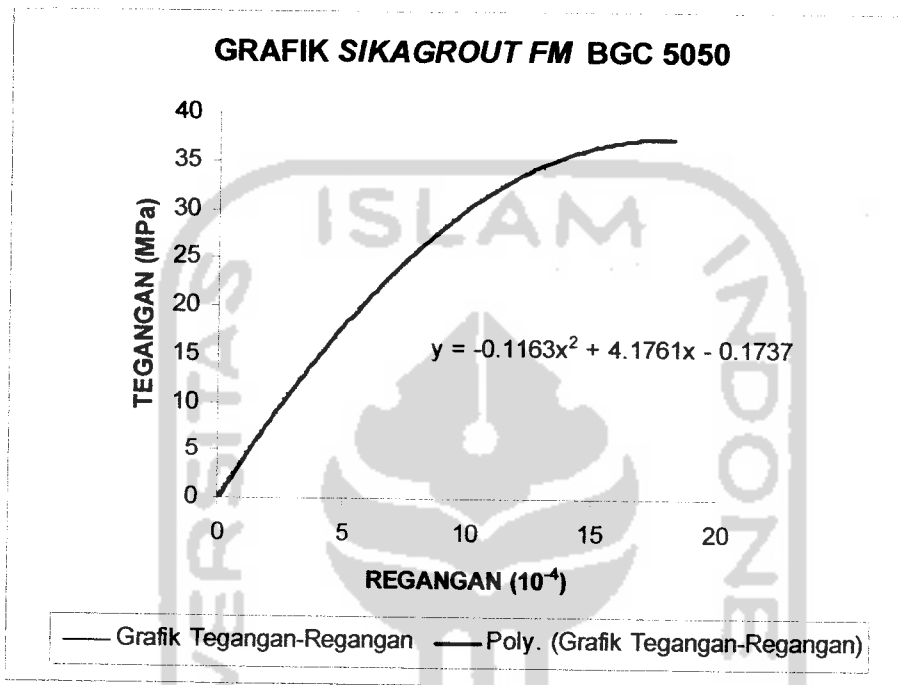


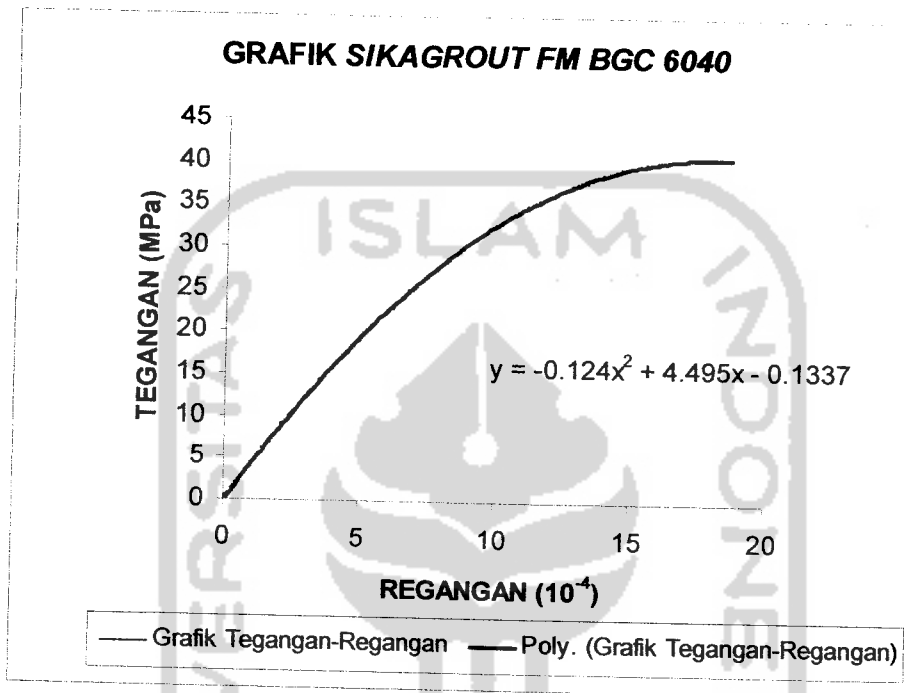


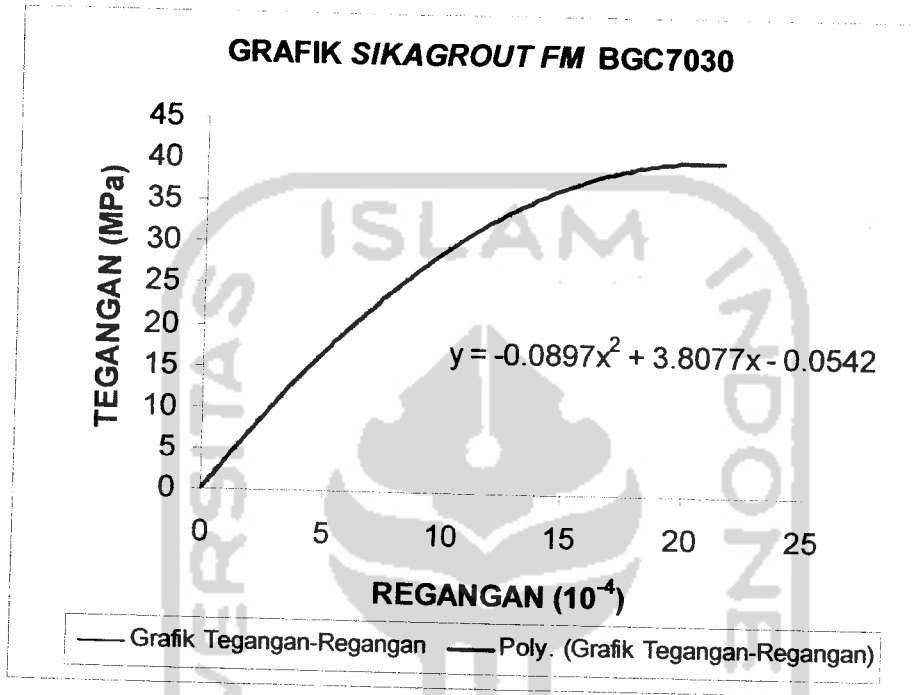


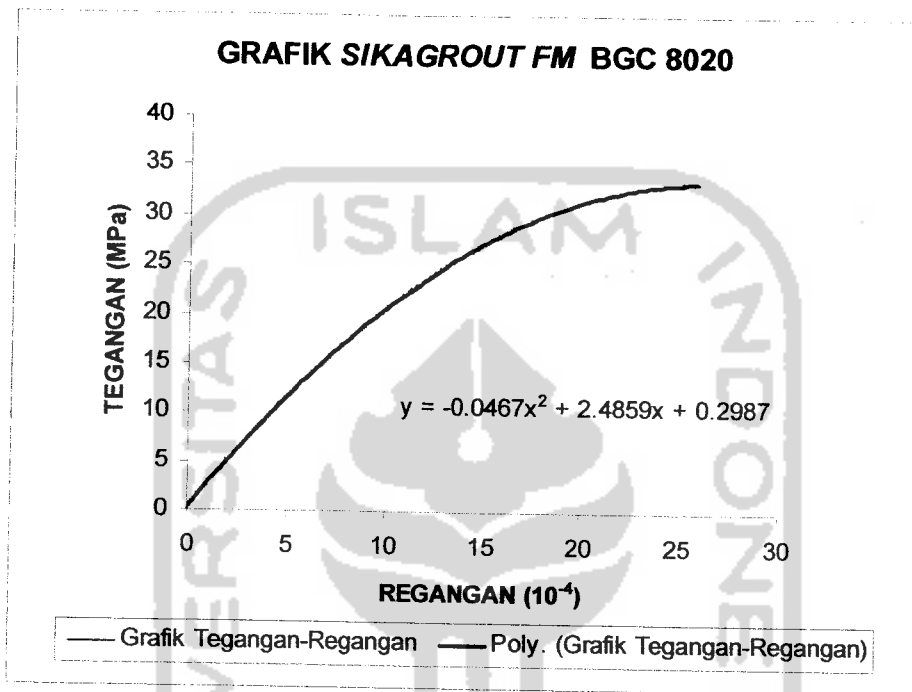


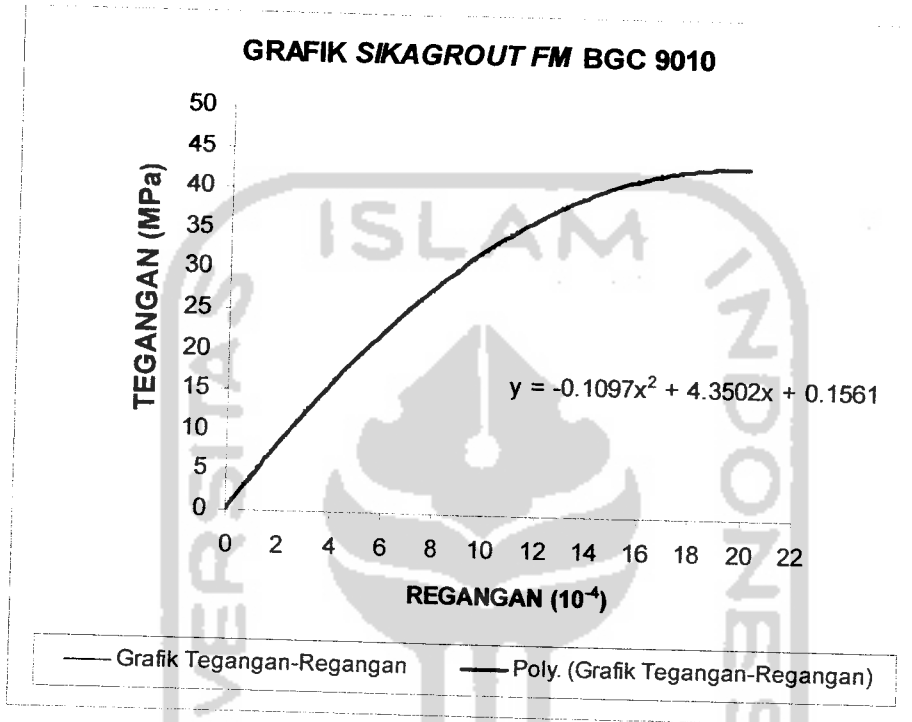












The background features a large, light gray watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is a shield-shaped emblem with a stylized tree or plant in the center. The word "ISLAM" is written in a serif font across the top of the shield. The words "UNIVERSITAS" and "INDONESIA" are written vertically on the left and right sides of the shield, respectively. Below the shield, there is a line of Arabic calligraphy.

# LAMPIRAN 10

---

*(Hasil Pengujian Kuat Lentur)*



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

### HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON GROUTING

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BG 000</b>										
1	10,087	9,88	40,263	406,1329	4012,5929	8,7060	2169,6694	1370	1468,18	3,9141
2	9,97	10,27	40,2	400,7940	4116,1544	8,8000	2137,9179	1240	1341,1	3,3478
3	9,673	10,22	40,233	389,1738	3977,3563	8,7000	2187,3826	1710	1802,18	4,6824
à	29,73	30,37	120,696	1196,1007	12106,1036	26,2060	6494,9699	4320	4611,46	11,9442
Rata-rata	9,91	10,1233	40,232	398,7002	4035,3679	8,7353	2164,9900	1440,0000	1537,1533	3,9814

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC1090</b>										
1	10,13	10,057	40,033	405,5343	4078,4584	9,3825	2300,5016	1270	1370,43	3,5111
2	10,093	10,28	39,817	401,8730	4131,2542	9,3930	2273,6437	1265	1365,54	3,3607
3	9,97	10,26	39,767	396,4770	4067,8539	9,3230	2291,8719	1380	1477,95	3,6966
à	30,193	30,597	119,617	1203,8843	12277,5665	28,0985	6866,0171	3915	4213,92	10,5683
Rata-rata	10,064333	10,199	39,8723	401,2948	4092,5222	9,3662	2288,6724	1305,0000	1404,6400	3,5228





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC2080</b>										
1	10,067	10,287	39,933	402,0055	4135,4307	9,5375	2306,2894	1400	1497,5	3,6899
2	10,263	10,117	39,967	410,1813	4149,8044	9,4670	2281,3123	1310	1409,53	3,5223
3	10,23	10,253	40	409,2000	4195,5276	9,4760	2258,5956	1310	1409,53	3,4405
à	30,56	30,657	119,9	1221,3868	12480,7627	28,4805	6846,1973	4020	4316,56	10,6528
Rata-rata	10,186667	10,219	39,9667	407,1289	4160,2542	9,4935	2282,0658	1340,0000	1438,8533	3,5509

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC3070</b>										
1	9,91	10,04	39,467	391,1180	3926,8244	9,0250	2298,2948	1340	1438,85	3,7810
2	10,027	10,02	39,733	398,4028	3991,9960	9,3710	2347,4473	1330	1429,85	3,7283
3	10,037	10,223	39,983	401,3094	4102,5857	9,4170	2295,3817	1160	1258,8	3,1501
à	29,974	30,283	119,183	1190,8301	12021,4061	27,8130	6941,1237	3830	4127,5	10,6594
Rata-rata	9,9913333	10,0943	39,7277	396,9434	4007,1354	9,2710	2313,7079	1276,6667	1375,8333	3,5531



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC4060</b>										
1	9,807	10,04	40	392,2800	3938,4912	9,1220	2316,1154	1355	1453,51	3,8596
2	10,033	10,06	39,8	399,3134	4017,0928	9,2500	2302,6603	1340	1438,85	3,7198
3	10,123	10,037	40,1	405,9323	4074,3425	9,4250	2313,2567	1585	1678,34	4,3201
̄	29,963	30,137	119,9	1197,5257	12029,9265	27,7970	6932,0323	4280	4570,7	11,8995
Rata-rata	9,9876667	10,0457	39,9667	399,1752	4009,9755	9,2657	2310,6774	1426,6667	1523,5667	3,9665

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC5050</b>										
1	10,106	10,25	39,933	403,5629	4136,5197	9,4800	2291,7817	1630	1722,78	4,2592
2	9,743	10,26	39,783	387,6058	3976,8352	9,1300	2295,7954	1410	1507,78	3,8590
3	10,056	10,02	40,033	402,5718	4033,7699	9,2360	2289,6695	1245	1345,99	3,4995
̄	29,905	30,53	119,749	1193,7405	12147,1248	27,8460	6877,2466	4285	4576,55	11,6178
Rata-rata	9,9683333	10,1767	39,9163	397,9135	4049,0416	9,2820	2292,4155	1428,3333	1525,5167	3,8726



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC6040</b>										
1	9,66	10,097	39,8	384,4680	3881,9734	8,8950	2291,3604	1925	2015,56	5,3723
2	10,063	10,473	40,033	402,8521	4219,0698	9,7800	2318,0465	1485	1580,59	3,7591
3	9,78	10,243	39,9	390,2220	3997,0439	9,2050	2302,9519	1480	1575,7	4,0310
4	29,503	30,813	119,733	1177,5421	12098,0872	27,8800	6912,3588	4890	5171,85	13,1624
Rata-rata	9,8343333	10,271	39,911	392,5140	4032,6957	9,2933	2304,1196	1630,0000	1723,9500	4,3875

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC7030</b>										
1	10,087	10,147	39,8	401,4626	4073,6410	9,5350	2340,6579	1570	1663,68	4,2050
2	10,24	10,29	40	409,6000	4214,7840	9,7850	2321,5899	1655	1747,59	4,2310
3	10,127	10,14	40	405,0800	4107,5112	9,5350	2321,3570	1910	2000,68	5,0437
4	30,454	30,577	119,8	1216,1426	12395,9362	28,8550	6983,6048	5135	5411,95	13,4796
Rata-rata	10,151333	10,1923	39,9333	405,3809	4131,9787	9,6183	2327,8683	1711,6667	1803,9833	4,4932



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Universitas Islam Indonesia  
 Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC8020</b>										
1	10,13	10,057	40,033	405,5343	4078,4584	9,5240	2335,1961	1630	1722,78	4,4138
2	10,093	10,28	39,817	401,8730	4131,2542	9,1775	2221,4803	1610	1702,93	4,1910
3	9,97	10,26	39,767	396,4770	4067,8539	9,1710	2254,5057	1395	1492,61	3,7332
̄	30,193	30,597	119,617	1203,8843	12277,5665	27,8725	6811,1821	4635	4918,32	12,3381
Rata-rata	10,064333	10,199	39,8723	401,2948	4092,5222	9,2908	2270,3940	1545,0000	1639,4400	4,1127

	Lebar b (cm)	Tinggi h (cm)	Panjang L (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban (Pmax) kg	Beban Konversi kg	Kuat Lentur Mpa
<b>BGC9010</b>										
1	10,263	10,083	40	410,5200	4139,2732	9,3750	2264,8904	1565	1658,79	4,1732
2	9,843	10,21	39,933	393,0605	4013,1479	9,3240	2323,3632	1640	1732,7	4,4328
3	10,22	10,17	39,933	408,1153	4150,5322	9,5990	2312,7155	1390	1487,73	3,6945
̄	30,326	30,463	119,866	1211,6958	12302,9533	28,2980	6900,9690	4595	4879,22	12,3005
Rata-rata	10,108667	10,1543	39,9553	403,8986	4100,9844	9,4327	2300,3230	1531,6667	1626,4067	4,1002

# *LAMPIRAN 11*

---

*(Dokumentasi)*





**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**

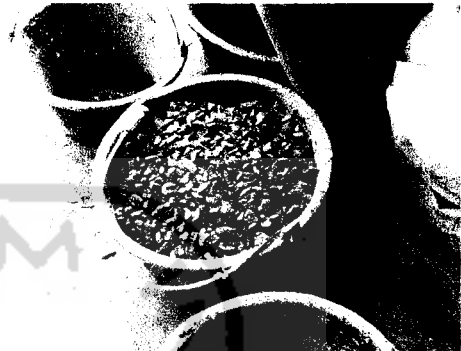
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Split 1:1



Split Jagung



Sikagrout FM

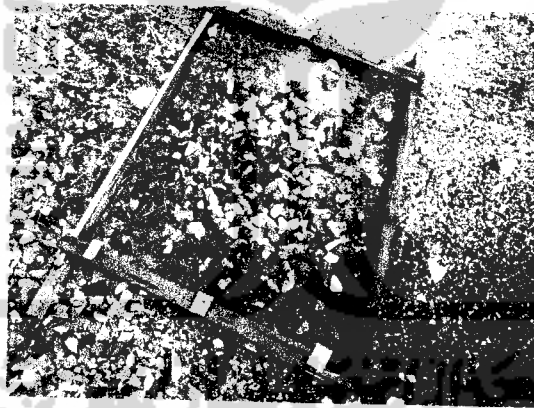


**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

---



Proses Perendaman Agregat



Proses Penjemuran Agregat setelah dicuci



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Proses Adukan Beton



Proses Pencampuran Agregat dalam Adukan Beton

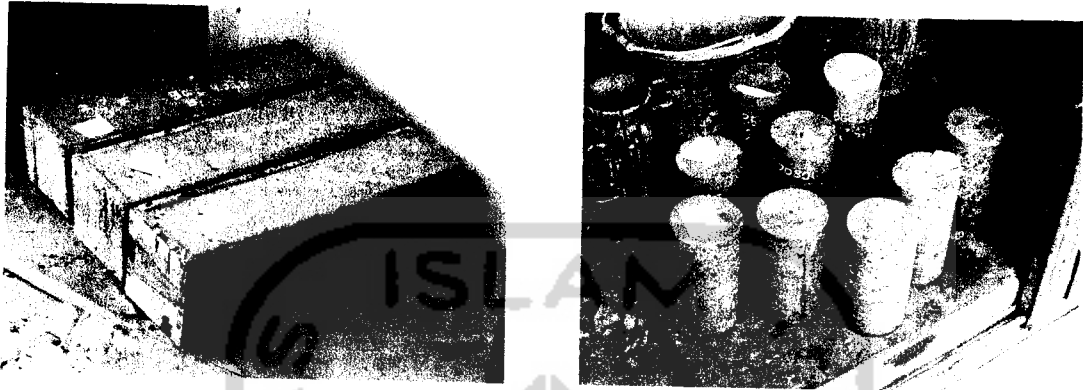


Pengujian *FlowTest*

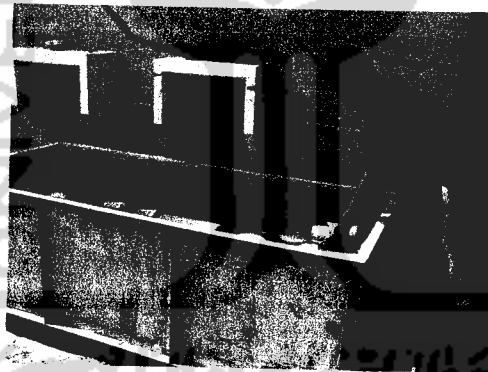




**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Benda Uji Beton Grouting



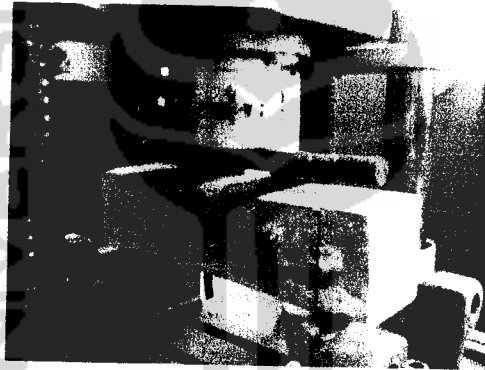
Perawatan Beton Grouting (Benda Uji)



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Pengujian Kuat Tekan Beton Grouting



Pemasangan Beban Titik pada Benda Uji



Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting



Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707



Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Grouting



Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Grouting Kombinasi



**Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jln. Kaliurang km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 895042, 895707

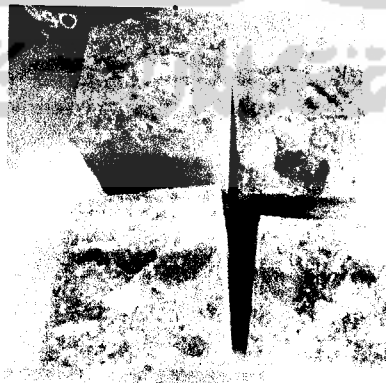
---



Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting



Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Grouting Kombinasi



Kandungan *Silica Fume* pada Sikagrout FM (Beton Grouting)



# LAMPIRAN 12

---

*(Brochure Sikagrout FM)*

## SikaGrout FM

### General Purpose, Non-Shrink Cementitious Grout

<b>Description</b>	A ready mixed, low heat cementitious grout incorporating silica fume which has excellent flowability and a special two-stage volumetric expansion characteristic to compensate the plastic shrinkage normally associated with cementitious grout. Complies to Corps of Engineer's specification CRD C-621 and ASTM C-1107
<b>Use</b>	For grouting over a wide range of applications: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Anchor bolts</li><li>■ Machine bedding/base plates</li><li>■ Supporting bridge bearing pads</li><li>■ Precast concrete sections</li><li>■ Dry pack applications</li><li>■ Cavities, gaps and recesses.</li></ul>
<b>Advantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Easy to use .... just add water</li><li>■ Low heat development</li><li>■ Good flow characteristic</li><li>■ Adjustable consistency</li><li>■ Impact and vibration resistant</li><li>■ Shrinkage compensated</li><li>■ High final strength</li><li>■ Very suitable for use in marine structure</li><li>■ Non-Corrosive</li><li>■ Non-Toxic</li></ul>
<b>Consumption</b>	~ 1.920 kg/m <sup>3</sup> of mortar.
<b>Instruction For Use</b>	
<b>Surface Preparation</b>	Remove dirt, oil, grease, loose material and other bond-inhibiting materials. Anchor bolts to be grouted must be degreased with suitable solvent. Concrete must be sound and roughened to promote mechanical adhesion. Prior to pouring, surface must be wetted to saturated surface dry
<b>Forming</b>	For pourable grout, construct forms to retain grout without leakage. Forms should be lined or coated with bond-breaker for easy removal. Forms should be sufficiently high to accommodate head of grout. Where grout tight form is difficult to achieve, use SikaGrout FM in dry pack consistency.
<b>Mixing</b>	Put appropriate quantity of water (depend on the required consistency) into a mixing vessel. Add slowly the total contents of SikaGrout FM while mixing. Mix continuously for 3 minutes to achieve an even consistency. Use a mechanically low speed drill (400–600 rpm) with helical type mixing paddle or appropriately sized mortar mixer.
<b>Application</b>	Within 25 minutes after mixing, place grout into forms from one side to avoid air entrapment. Do not vibrate. Use a suitable head box of 150–200 mm and maintain the grout head at all times to ensure a continuous flow. Gentle tapping or pulling loops of wire from one side may assist the flow of the mortar under difficult working conditions.
<b>Curing</b>	Wet cure for a minimum 3 days with wet hessian, plastic sheet or apply a curing compound (Antisol)



<b>Limitation</b>	<p>Minimum application thickness : 10 mm</p> <p>Recommended thickness of SikaGrout FM in one pour is 20 mm to 100 mm.</p> <p>If the thickness exceeds 100 mm, special procedure must be taken to anticipate temperature rise. Iced water, add coarse aggregate to the mix, or both of them may be used to eliminate temperature rise.</p> <p>Keep the materials and substrate temperature lower than 30° C</p> <p>Variations in cement could cause shade differences in colour of the mortar</p>
-------------------	--

### Technical Data

<b>Form</b>	Powder								
<b>Color</b>	Grey								
<b>Flow Condition</b>	Flowable (Mod J cone : 6-12 sec)								
<b>Water requirement (Litres per 25 kg bag)</b>	4.0 (water per powder = 16% by weight)								
<b>Yield (Litres per 25 kg bag)</b>	13.00								
<b>Mix Density</b>	2.19 kg/l								
<b>Compressive Strength (ASTM C-109)</b>	<table border="0"> <tr> <td>1 days</td> <td>150 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>3 days</td> <td>300 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>7 days</td> <td>400 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>28 days</td> <td>520 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </table>	1 days	150 kg/cm <sup>2</sup>	3 days	300 kg/cm <sup>2</sup>	7 days	400 kg/cm <sup>2</sup>	28 days	520 kg/cm <sup>2</sup>
1 days	150 kg/cm <sup>2</sup>								
3 days	300 kg/cm <sup>2</sup>								
7 days	400 kg/cm <sup>2</sup>								
28 days	520 kg/cm <sup>2</sup>								
<b>Flexural Strength (ASTM C-348)</b>	> 50 kg/cm <sup>2</sup>								
<b>Bond Strength to concrete</b>	28 days > 15 kg/cm <sup>2</sup> (concrete failure, over mechanically roughened concrete surface)								
<b>to grout</b>	28 days > 25 kg/cm <sup>2</sup> (over mechanically roughened grout surface)								
<b>Expansion (ASTM C-940) (at 27 °C)</b>	0.30 – 1.20 %								
<b>Initial Setting Time (at 27 °C)</b>	8 – 11 hours								

### Legal Notes

The information and in particular the recommendations relating to the application and end-use of Sika products are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the product when properly stored, handled and applied under normal conditions. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sales and delivery. Users should always refer to the most recent issue of the technical Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.



**PT. Sika Indonesia**  
 Jl. Raya Cibinong- Bekasi km. 20  
 Limusnunggal- Cileungsi  
 BOGOR 16820- Indonesia  
 Tel. +62 21 8230025  
 Fax +62 21 8230025  
 www.sika.co.id  
 e-mail: marketing@sika.co.id

**Branches**  
 Surabaya,  
 Tel: 031-8420377  
 Fax: 031-8495018  
 Medan,  
 Tel: 061-4149224  
 Fax: 061-4150805  
 Batam,  
 Tel: 0778-424928,  
 Fax: 0778-426913

**Sub Distributor**  
 Bandung, Tel: 022-6018161, Fax: 022-6018272  
 Denpasar, Tel: 0361-235998 – 235973, Fax: 0361-237053  
 Makassar, Tel: 0411- 859147 – 858527, Fax: 0411-858527  
 Balikpapan, Tel: 0542-411258 Fax: 0542-412230  
 Pekanbaru, Tel: 0761-46993 – 47677, Fax: 0761-45112  
 Duri/Dumai, Tel: 0765-595259 Fax: 0765-91135  
 Palembang, Tel: 0711-351523 Fax: 0711-369858  
 Palu, Tel: 0451-454855 – 422122, Fax: 0451-454855





LAMPIRAN 13

---

*(Kartu Peserta Tugas Akhir)*





UNTUK DOSEN

**KARTU PRESENSI KONSULTASI  
 TUGAS AKHIR MAHASISWA**

PERIODE KE	: II ( Des.06- Mei.07 )
TAHUN	: 2006 - 2007
Sampai Akhir Mei 2007	

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Muhamrnad Farid Ariyanto	03 511 051	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Optimalisasi Penambahan Split Pada Sikagrout FM			

Dosen Pembimbing I : A Kadir Aboe,Ir,H,MS

Dosen Perrnbimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS



Jogjakarta , 19-Dec-06  
 a.n. Dekan

*(Signature)*  
 Ir.H.Faisol AM, MS IP

<b>Catatan</b>	:	
Seminar	:	
Sidang	:	
Pendadaran	:	



UNTUK MAHASISWA

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

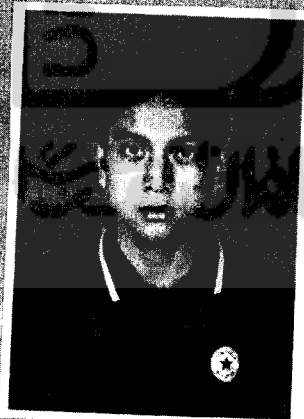
NO	NAMA	NO.MHS.	BID. STUDI
1.	Muhammad Farid Ariyanto	03 511 051	Teknik Sipil
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>			
Optimalisasi Penambahan Spilil Pada Sikagrout FM			

<b>PERIODE KE</b>	<b>II ( Des.06- Mei.07 )</b>
<b>TAHUN</b>	<b>2006 - 2007</b>
<b>Sampai Akhir Mei 2007</b>	

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1	Pendaftaran	█					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	█					
3	Pembuatan Proposal		█				
4	Seminar Proposal		█	█			
5	Konsultasi Penyusunan TA			█	█	█	
6	Sidang - Sidang					█	█
7	Pendadaran						█

Dosen Pembimbing I : A Kadir Aboe, Ir, H, MS

Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe, Ir, H, MS



Jogjakarta, 19-Dec-06  
 an. Dekan

Ir. H. Faisol AM, MSH

<b>Catatan</b>	:	
Seminar	:	
Sidang	:	
Pendadaran	:	

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TA TA
20	20/4-07	- pembulatan diperbaiki	M
	25/4-07	- kesimpulan diperbaiki & di lengkapi	M
	26/4-07	- simpulan Sidney	M
	19/05	- perbaikan sistem Sidney, ok - pendanaan	M
	07/06-2007	- Acc - Jilid	M