

PERPUSTAKAAN FISIP UIN

HADIS/SABEL

TGL. TERMA :

NO. JUDUL :

NO. INV. : 512000.154 6001

NO. BUKU :

TUGAS AKHIR

PENGARUH SILICA FUME TERHADAP KUAT DESAK BETON RINGAN DENGAN BENTONIT SEBELUM DAN SETELAH DIBAKAR



Disusun Oleh :

Nama : Nomida Setiadi
No. Mhs : 99 511 257

Nama : Dani Purwo Prasetyo
No. Mhs : 99 511 377

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2004

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH SILICA FUME TERHADAP KUAT
DESAK BETON RINGAN DENGAN BENTONIT
SEBELUM DAN SETELAH DIBAKAR**


Disusun Oleh :

Nama : Nomida Setiadi
No. Mhs : 99 511 257

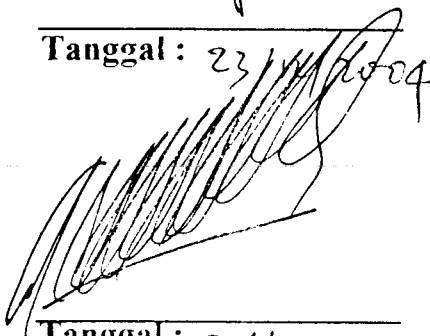
Nama : Dani Purwo Prasetyo
No. Mhs : 99 511 377

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D.
Dosen Pembimbing I


Tanggal : 23/12/04

Ir. H. A. Kadir Aboe, MT.
Dosen Pembimbing II


Tanggal : 24/12 - 04

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Wr. Wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya kepada penyusun, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir tentang “PENGARUH *SILICA FUME* TERHADAP KUAT DESAK BETON RINGAN DENGAN BENTONIT SEBELUM DAN SETELAH DIBAKAR”, ini dengan baik.

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1 yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Struktur, Universitas Gajah Mada.

Dengan selesainya laporan tugas akhir ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak sebagai berikut ini.

1. Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku dosen pembimbing utama dengan penuh kesabaran dan ketekunan serta penuh pengertian, meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan untuk membimbing penyusun.

2. Ir. H. A. Kadir Aboe, MT, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan ide-ide dasar dan bimbingannya hingga selesainya penelitian penyusun.
3. Ir. H. Ilman Noor, MSCE, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Tugas Akhir dan selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium bahan Konstruksi Teknik.
4. Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Dr. Ir. H. Morisco, Ph.D, selaku Kepala Laboratorium Teknik Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, dan seluruh staf/laboran, yang telah memberikan kesempatan untuk menggunakan peralatan laboratorium di Laboratorium Teknik, Universitas Gajah mada.
7. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan doa dan dukungan moril sehingga tugas akhir ini dapat selesai.
8. Segenap staff dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

9. Teman-teman angkatan 1999 dan semua rekan-rekan teknik sipil UII pada umumnya yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa hasil penelitian tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan agar dapat dijadikan bahan masukan dan bekal yang berharga bagi penyusun untuk waktu yang akan datang dan untuk penelitian yang lain.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini cukup bermanfaat dan dapat dijadikan bahan masukan bagi pembaca khususnya yang bergerak di bidang teknik sipil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin.

Wabillahittaufik walhidayah, Wassalamu'alaikum Wr. Wb

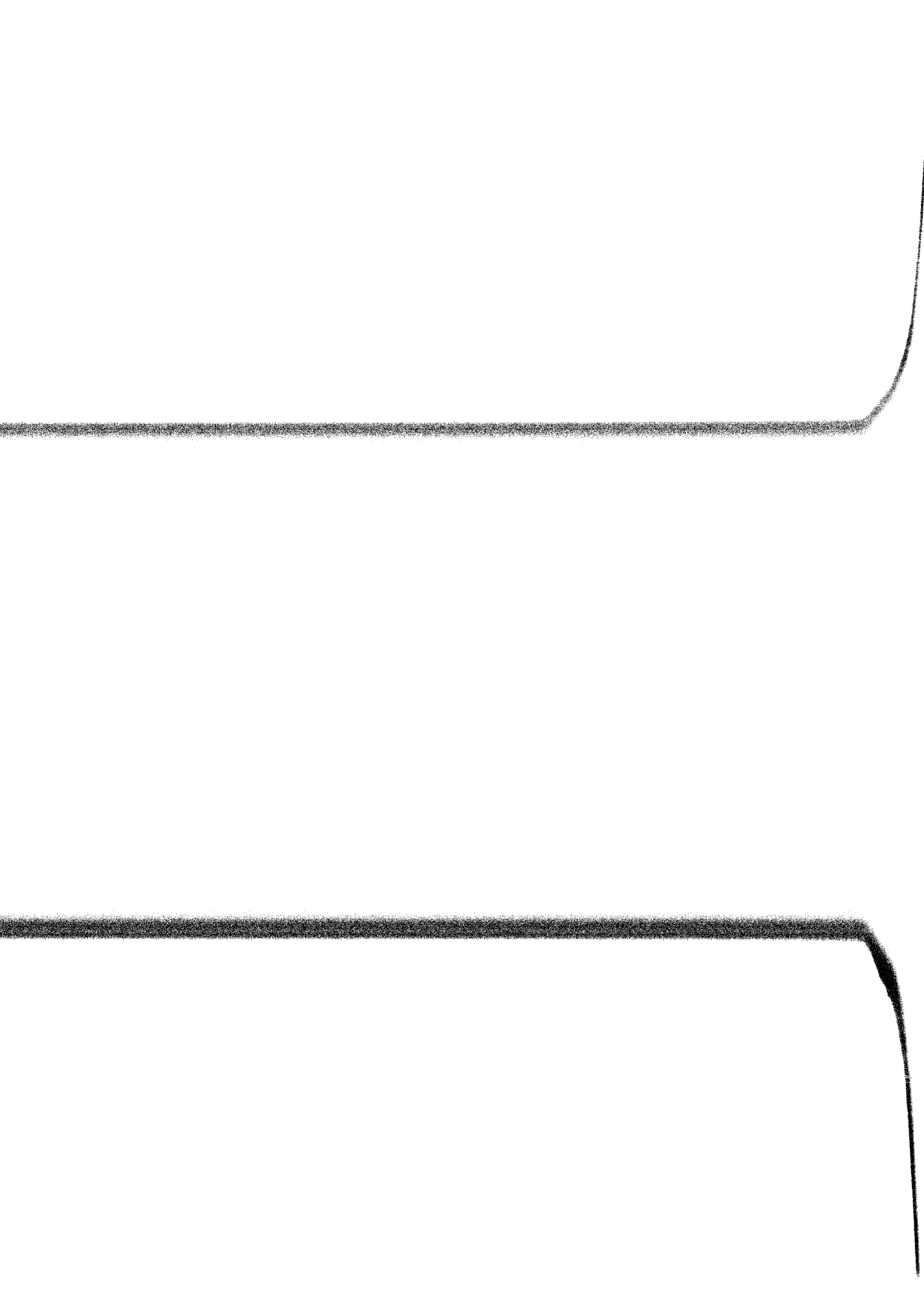
Jogjakarta, November 2004

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------------|------|
| Halaman Judul..... | i |
| Halaman Pengesahan..... | ii |
| Halaman Persembahan..... | iii |
| Kata Pengantar..... | iv |
| Daftar isi..... | vii |
| Daftar Simbol..... | x |
| Daftar Gambar..... | xi |
| Daftar Tabel..... | xii |
| Daftar Lampiran..... | xiii |
| Abstraksi..... | xiv |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| | |
| BAB III. LANDASAN TEORI | |
| 3.1 Umum..... | 8 |
| 3.2 Beton Ringan..... | 10 |
| 3.3 Materi Penyusun Beton..... | 14 |
| 3.3.1 Semen Portland..... | 14 |
| 3.3.2 Air..... | 15 |
| 3.3.3 Agregat..... | 16 |
| 3.3.4 Bahan Tambah (<i>Additive</i>)..... | 18 |

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------------|----|
| 3.4 | Perhitungan..... | 19 |
| 3.5 | Tinjauan Kebakaran..... | 20 |
| 3.6 | Hipotesis..... | 21 |
| | | |
| BAB IV. METODE PENELITIAN | | |
| 4.1 | Metode Penelitian..... | 23 |
| 4.2 | Material Penyusun Beton..... | 23 |
| 4.2.1 | Semen..... | 23 |
| 4.2.2 | Agregat..... | 23 |
| 4.2.3 | Air..... | 24 |
| 4.2.4 | <i>Silica Fume</i> | 24 |
| 4.3 | Model dan Jumlah Benda Uji..... | 24 |
| 4.4 | Peralatan Penelitian..... | 24 |
| 4.4.1 | Ayakan..... | 25 |
| 4.4.2 | Timbangan dan Ember..... | 25 |
| 4.4.3 | Mistar dan Kaliper..... | 25 |
| 4.4.4 | Mesin Pengaduk..... | 25 |
| 4.4.5 | Cetok dan Talam Baja..... | 25 |
| 4.4.6 | Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk..... | 25 |
| 4.4.7 | Mesin Uji Kuat Desak..... | 26 |
| 4.4.8 | Burner dan Thermocouple..... | 26 |
| 4.4.9 | Tungku Pembakar..... | 26 |
| 4.5 | Metode Pelaksanaan penelitian..... | 26 |
| 4.5.1 | Perencanaan Mix Design..... | 26 |
| 4.5.2 | Pengujian Agregat..... | 27 |
| 4.5.3 | Pembuatan dan Perawatan benda Uji..... | 28 |
| 4.5.4 | Pelaksanaan Pengujian..... | 28 |
| | | |
| BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN | | |
| 5.1 | Hasil Penelitian..... | 31 |
| 5.1.1 | Kuat Desak..... | 31 |



| | |
|--------------------------------|----|
| 5.1.2 Modulus Elastisitas..... | 33 |
| 5.1.3 Analisis Regresi..... | 35 |
| 5.2 Pembahasan..... | 37 |
| 5.2.1 Kuat Desak..... | 37 |
| 5.2.2 Modulus Elastisitas..... | 39 |
| 5.2.3 Analisis Regresi..... | 44 |

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| 6.1 Kesimpulan..... | 51 |
| 6.2 Saran..... | 52 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

| | | |
|----------------|---|-----------------------------|
| A | = | Luas Penampang |
| A_0 | = | Luas Penampang Awal |
| B_j | = | Berat Jenis |
| B_a | = | Berat Agregat |
| B_v | = | Berat volume |
| E | = | Modulus Elastisitas Beton |
| ε | = | Regangan Beton |
| ε' | = | Regangan Koreksi |
| f_{as} | = | Faktor Air Semen |
| f_c | = | Kuat Tekan Beton |
| f_{cr} | = | Kuat Tekan Beton Rata-rata |
| f | = | Tekanan/Gaya yang Diberikan |
| h | = | Tinggi |
| k | = | Angka Koreksi Regangan |
| L_0 | = | Panjang Awal |
| N | = | Jumlah Bensa Uji |
| P | = | Beban yang Bekerja |
| R^2 | = | Koefisien Determinasi |
| r | = | Koefisien Korelasi |
| S_d | = | Sudut deviasi |
| V | = | Volume Beton |
| V_a | = | Volume Air |
| V_{bt} | = | Volume Beton |
| W_c | = | Berat Beton |
| ΔL | = | Pertambahan Panjang |
| σ | = | Tegangan |
| \emptyset | = | Diameter |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 | Sifat-sifat Batu Bentonit..... | 17 |
| Tabel 3.2 | Sifat Fisik <i>Silica Fume</i> | 19 |
| Tabel 3.3 | Komposisi Kimia <i>Silica Fume</i> | 19 |
| Tabel 3.4 | Sifat Beton untuk berbagai suhu..... | 21 |
| Tabel 4.1 | Jumlah Benda Uji..... | 24 |
| Tabel 5.1 | Kuat Desak Silinder Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar 4 jam 400 ⁰ C | 32 |
| Tabel 5.2 | Kuat Desak Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar Setiap Variasi..... | 33 |
| Tabel 5.3 | Modulus Elastis Beton Umur 28 hari..... | 42 |
| Tabel 5.4 | Elastisitas Awal Beton Umur 28 hari..... | 43 |
| Tabel 5.5 | Nilai Non-Linieritas Beton..... | 50 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 | Grafik Kuat Desak Beton Sebelum dan Sesudah Dibakar..... | 3 |
| Gambar 3.1 | Grafik Perbandingan Berat antara Beton Normal dengan Beton Ringan | 21 |
| Gambar 4.1 | Flow Chart Penelitian..... | 30 |
| Gambar 5.1 | Grafik Kuat Desak Beton Pra dan Pasca Bakar..... | 32 |
| Gambar 5.2 | Grafik Prosentase Kuat Dsok Beton Pra dan Pasca Bakar | 33 |
| Gambar 5.3 | Grafik Modulus Elastis Beton 28 hari..... | 34 |
| Gambar 5.4 | Kurva Regangan-Tegangan Tipikal untuk Beton..... | 35 |
| Gambar 5.5 | Grafik Elastisitas Awal Beton..... | 43 |
| Gambar 5.6 | Grafik Tegangan-Regangan Maksimum Pra Bakar..... | 44 |
| Gambar 5.7 | Grafik Teagangan-Regangan Maksimum Pasca Bakar | 47 |
| Gambar 5.8 | Grafik Non-Linieritas Beton..... | 49 |

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pemeriksaan Agregat
- Lampiran 2 Perhitungan *Mix Design* Dengan Metode Perbandingan Volume
- Lampiran 3 Data dan Hasil Benda Uji Silinder Beton Ringan
- Lampiran 4 Grafik Hubungan Tegangan-Regangan
- Lampiran 5 Foto Alat, Bahan dan Hasil Penelitian
- Lampiran 6 Surat-surat Tugas Akhir

ABSTRAKSI

Beton merupakan salah satu material struktur bangunan yang banyak digunakan, karena beton mempunyai kuat desak yang tinggi. Kuat desak beton menurun jika mengalami kebakaran, yang bergantung pada suhu dan durasi kebakaran. Penambahan silica fume untuk meningkatkan kuat desak beton dan mengurangi penurunan kuat desak beton setelah kebakaran.

Penelitian eksperimental beton dengan penambahan silica fume bertujuan untuk mengetahui beton dengan batu bentonit termasuk beton ringan, pengaruh kuat desak beton ringan pra bakar dan pasca bakar dengan penambahan silica fume dan persentase kuat desak beton ringan pra bakar dan pasca bakar dengan silica fume.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa penambahan silica fume dapat meningkatkan kuat desak beton ringan tanpa pembakaran. Hasil kuat desak beton tanpa pembakaran dengan silica fume terhadap variasi 0% pada variasi 7,5% dan 10% meningkat berturut-turut sebesar 6,118 MPa dan 6,638 MPa. Setelah pembakaran, kuat desak beton dengan silica fume hampir seluruhnya lebih besar dari kuat desak beton tanpa silica fume. Penambahan silica fume pasca bakar mengalami peningkatan kekuatan untuk semua variasi terhadap variasi 0%. Pada variasi 2,5%; 5%; 7,5% dan 10%; meningkat berturut-turut 4,428 MPa; 4,475 MPa; 4,673 MPa dan 4,7 MPa, terhadap variasi 0% sebesar 4,373 MPa. Persentase kuat desak beton setelah pembakaran terhadap kuat desak beton tanpa pembakaran mengalami penurunan pada variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% berturut-turut sebesar 28,405%; 25,366%; 24,246%; 23,618% dan 29,195%.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut diatas akan diuraikan sebagai berikut ini.

1.1. Latar Belakang

Kecamatan Nanggulan Kulon Progo merupakan tempat penambangan batu bentonit, dimana penambangan batu bentonit dikelola oleh PD Anindya. Batu bentonit tersebut selama ini hanya digunakan sebagai bahan penjernihan air dan campuran pupuk urea. Penelitian yang dilakukan terhadap batu bentonit, selama ini hanya bersifat geoteknis dan kimia saja. Oleh sebab itu kami tertarik untuk meneliti penggunaan batu bentonit bagi kebutuhan struktural di bidang teknik sipil.

Batu bentonit yang ada di Kecamatan Nanggulan Kulon Progo setelah ditambang berbentuk bongkahan batu berukuran besar (kira-kira sebesar 20 cm sampai 30 cm). Batu tersebut kemudian kita pecah lagi menjadi berukuran rata-rata 30 mm sampai 40 mm. Batu bentonit tersebut kita gunakan sebagai pengganti kerikil atau agregat kasar pada adukan beton ringan yang diharapkan bisa memenuhi standar beton ringan karena mencukupi syarat sebagai agregat ringan. Agregat ringan yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2000 kg/m^3

(Kardiyono, 1992). Menurut keterangan pengelola PD Anindya batu bentonit mempunyai berat jenis 1600 kg/m^3 .

Beton ringan adalah beton yang berat volumenya kurang dari 1800 kg/m^3 dan merupakan isolasi panas yang baik. Biasanya digunakan sebagai beton dinding sehingga mengurangi berat struktur. Keunggulan lain beton ringan adalah bobotnya rendah, tahan api dan merupakan beton yang mempunyai sifat isolasi panas yang baik (Kardiyono, 1992).

Penyerapan air yang begitu cepat pada penggunaan batu bentonit sebagai agregat kasar pada beton ringan ini dapat menyebabkan retak-retak pada beton ringan. Oleh karena itu penambahan *additive* diharapkan dapat mencegah terjadinya retak-retak tersebut dan meningkatkan kekuatan beton. *Additive* yang akan ditambahkan pada campuran beton ringan ini adalah *silica fume* dari PT Sika Nusa Pratama.

Silica fume memiliki sifat *pozzolan* yang memungkinkan terbentuknya perekat baru semacam semen akibat reaksi antara *silica dioksida* (SiO_2) yang terkandung dalam *silica fume* dengan *calcium hidroksida* (Ca(OH)_2) dari hasil hidrasi semen yang akan meningkatkan kekerasan beton. Selain itu dengan ukuran butirnya yang sangat halus, *silica fume* akan mengisi pori-pori dalam campuran mortar beton sehingga akan menambah kepadatan beton.

1.2. Rumusan Masalah

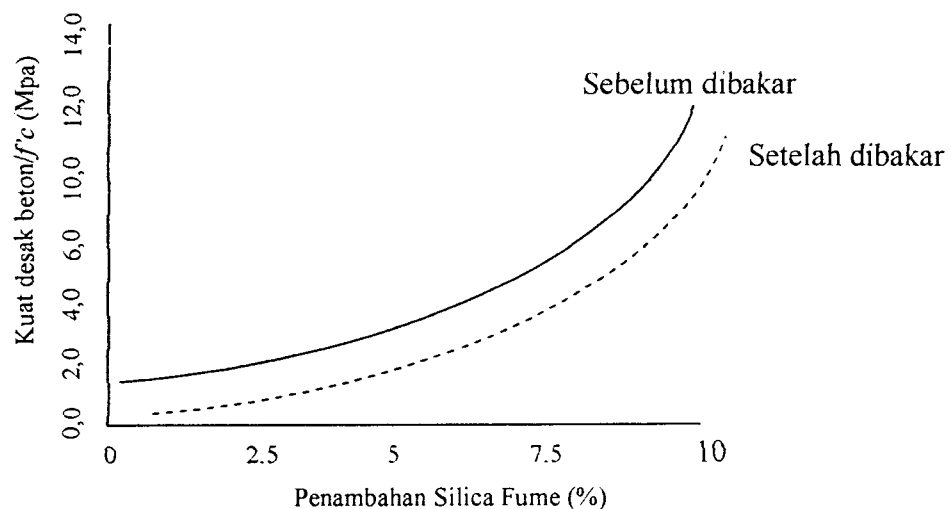
Apakah dalam penelitian ini, batu bentonit dapat digunakan sebagai agregat kasar pada beton ringan dengan menggunakan variasi *additive silica fume*

untuk mencegah retak-retak dan untuk menambah kekuatan desak beton ringan sebelum dan setelah mengalami pembakaran. Dengan demikian, penggunaan batu bentonit sebagai agregat kasar pada beton ringan dapat diaplikasikan dalam dunia teknik sipil.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. mengetahui penggunaan campuran beton dengan batu bentonit sebagai agregat kasar termasuk beton ringan, dan
- b. mengetahui pengaruh kuat desak beton ringan sebelum dan sesudah dibakar menggunakan batu bentonit sebagai agregat kasar dengan variasi bahan tambah *silica fume*. Dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Grafik Kuat Desak Beton Sebelum dan Sesudah Dibakar

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus pada rumusan masalah di atas, maka perlu diberikan batasan masalah yaitu sebagai berikut ini.

1. Pengujian kuat desak beton ringan adalah setelah beton ringan berumur 28 hari.
2. Kuat desak yang direncanakan adalah $f'c = 20$ MPa (**SK SNI T_15-1991-03**).
3. Bahan untuk pembuatan beton adalah Semen Nusantara tipe *Portland cement*, agregat halus dari sungai kaliurang, agregat kasar dari Nanggulan Kulon Progo, air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, *additive silica fume* dari PT Sika Nusa Pratama.
4. Variasi penambahan bahan *additive silica fume* sebanyak 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% terhadap berat semen.
5. Pada masing-masing variasi digunakan 5 buah benda uji sebagaimana terlihat pada Tabel 4.1.
6. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
7. Pembakaran dilakukan dengan suhu 400°C selama ± 4 jam.
8. Pengujian benda uji yang dibakar dilakukan setelah benda uji mencapai suhu ruang ($\pm 27^\circ\text{C}$) setelah proses pembakaran atau 24 jam setelah proses pembakaran.

9. Benda uji yang digunakan untuk pemeriksaan kuat desak adalah silinder beton ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
10. Reaksi kimia yang terjadi tidak dijabarkan dalam penelitian ini.

1.5. Manfaat penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu produk beton yang bermanfaat dengan aplikasi sebagai berikut ini.

1. Dengan penelitian yang dilakukan, batu bentonit dapat diterapkan pada pelaksanaan konstruksi beton ringan secara umum.
2. Nilai ekonomis dengan penggunaan dari bahan daerah setempat yang memiliki batuan bentonit.
3. Pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai pertimbangan dalam merencanakan beton ringan dengan penambahan bahan tambah *silica fume* dalam merencanakan struktur bangunan yang tahan terhadap kebakaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menerangkan tentang penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan, yang akan dijabarkan sebagai berikut ini.

2.1. Pengaruh Variasi Penambahan Silica Fume Terhadap Kuat Desak Beton Pasca Bakar (Susetiarto dan Priyatna, 2003)

Beton yang diteliti adalah beton normal dengan bahan tambah *silica fume* dengan variasi penambahan *silica fume* 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10%. Penambahan *silica fume* bertujuan untuk menambah kuat desak beton dan mengurangi penurunan kuat desak beton setelah kebakaran analisis yang digunakan menggunakan metode ACI. Beton selain diuji desaknya juga dibakar pada suhu 400°C selama 4 jam mengacu pada percobaan *Mindess* bahwa kuat desak beton dapat dipertahankan sampai suhu 300°C, lebih dari itu kuat desak beton akan menurun. Hal ini juga dikuatkan bahwa komponen struktural yang baik direncanakan tahan api (kebakaran) selama 4 jam (Surahman, 1998).

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. 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% terhadap berat semen mengalami penurunan kuat desak berturut-turut sebesar 1,88%; 2,994%; 9,87% dan 14,51%.

2. 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%.

2.2. Pengaruh Pemanasan Pada Kuat Tekan Beton Ringan (Mei, 1993).

Akhir-akhir ini beton ringan sebagai bahan struktur maupun sebagai pengisi semakin banyak dipakai sebagai alternatif dari beton normal. Beton ringan dapat dibuat dengan cara antara lain: menggunakan agregat ringan atau dengan memberikan gelembung-gelembung udara pada beton. Agregat ringan disamping berat jenisnya kecil, juga mempunyai sifat tahan panas. Lempung bekah dari cilacap merupakan bahan baru dan pengetahuan dari sifat-sifat beton dari lempung bekah khususnya pengaruh pemanasan terhadap kuat tekan beton masih perlu diuji.

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 8 cm, tinggi 16 cm, yang dipanaskan dengan tungku pemanas listrik selama 4 jam pada setiap temperatur pemanas benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah.

Pemanas dilakukan dalam tungku pemanas listrik pada berbagai temperatur selama 4 jam, kemudian setelah tidak panas lagi silinder beton dikeluarkan dari tungku dan diuji tekan. Kuat tekan yang terjadi dibandingkan dengan kuat tekan silinder beton yang tanpa dipanasi. Pada pemanas sampai temperatur antara 100°C dan sampai 200°C kuat tekan beton naik menjadi 110%, pada temperatur 300°C dan 400°C kuat tekannya turun menjadi 99% dan 85%. Penurunan yang drastis terjadi jika pemanasan sampai pada temperatur 500°C, kuat tekannya menjadi 55%.

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan tentang penjelasan-penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan, materi penyusun beton, penghitungan dan hipotesis.

3.1. Umum

Salah satu material yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton didapat dari campuran semen portland, air dan agregat pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, cara pengadukan, penuangan, pemadatan dan perawatan beton selama proses pengerasannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, diupayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain : *workability, placebility, strenght, durability, permeability* dan *corrosivity*.

Menurut SK SNI T-15-1991-03, berdasarkan berat volumenya beton dapat digolongkan menjadi tiga golongan sebagai berikut ini.

1. Beton Ringan.

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat volume kurang dari 1900 kg/m^3 .

2. Beton Normal.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat volume antara 2200 kg/m^3 sampai dengan 2500 kg/m^3 .

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang mempunyai berat volume lebih besar dari 2500 kg/m^3 .

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yaitu : semen, agregat, air serta bahan tambahan lain dengan penambahan tertentu. Semen tersusun atas bahan-bahan dasar yang terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Empat unsur yang paling penting adalah C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF . dua unsur pertama biasanya merupakan 70%-80% dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Kardiyono, 1992).

Untuk menentukan kekuatan semen ditentukan oleh suatu prosentase komposisi senyawa penyusun semen tersebut yaitu C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF dengan dipengaruhi oleh umur dalam proses pengerasannya, dan sangat berperan dalam menentukan kekuatan beton. Selain itu hal lain yang menentukan kekuatan suatu beton juga dapat dilihat dari *faktor air semen (fas)/(water-cement ratio)* (Popovics, 1998).

Beton biasa merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat 2400 kg/m^3 dan menghantarkan panas untuk mengurangi beban mati suatu struktur beton atau mengurangi sifat penghantaran panasnya maka telah banyak dipakai beton ringan. Beton disebut sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m^3 (Kardiyono, 1992).

3.2. Beton Ringan

Beton ringan (*Light Weight Concrete*) sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusun beton itu sendiri, terutama berat jenis agregatnya. Untuk mendapatkan berat jenis yang ringan dapat ditempuh dengan beberapa cara, misalnya dengan memanfaatkan kandungan udara di dalam beton maupun agregatnya. Beton ringan digunakan untuk berbagai tujuan, misalnya untuk penyekat, sebagai bahan pengisi yang mempunyai kekuatan dan untuk penggunaan elemen struktur.

Pembuatan beton ringan selain dengan cara memberikan gelembung-gelembung udara ke dalam adukan semen juga bisa dengan menggunakan agregat ringan yang mempunyai berat jenis kurang dari 2000 kg/m^3 yang misalnya tanah liat bakar, batu apung dan lain-lain (Kardiyono, 1992).

Agregat ringan biasanya mempunyai daya serap air yang tinggi sehingga dalam pengadukan beton cepat mengeras hanya dalam beberapa menit saja setelah pencampuran, untuk itu agregat dibuat sampai keadaan SSD sebelum pengadukan. Dalam pencampuran sebaiknya air yang digunakan dan agregat dicampur dahulu baru semen (Kardiyono, 1992).

Di Amerika Serikat telah diterapkan bahwa beton ringan untuk struktur harus mempunyai kuat desak lebih besar dari 170 kg/cm^2 pada umur 28 hari, dengan berat jenis 1400 kg/m^3 . Beton ringan untuk bahan isolasi atau dinding penyekat mempunyai kuat desak antara 7 kg/cm^2 sampai dengan 70 kg/cm^2 , dengan berat jenis kurang dari 800 kg/m^3 (Neville, 1975).

Berdasarkan berat volume kering udara pada umur 28 hari, beton ringan dapat digolongkan dalam 3 golongan (**Wang dan Salmon, 1993**) sebagai berikut.

1. Beton dengan kepadatan rendah

Beton dengan kepadatan rendah adalah beton yang mempunyai berat volume antara 350 kg/m^3 sampai dengan 800 kg/m^3 .

2. Beton dengan kepadatan medium

Beton dengan kepadatan medium adalah beton yang mempunyai berat volume antara 800 kg/m^3 sampai dengan 1350 kg/m^3 .

3. Beton untuk konstruksi

Beton untuk konstruksi adalah beton yang mempunyai berat volume antara 1350 kg/m^3 sampai dengan 1900 kg/m^3 .

Beton struktural yang mengandung agregat ringan digolongkan menjadi 2 golongan (**SK-SNI T-15-1991**) sebagai berikut ini.

1. Beton ringan total (*All low density concrete*)

Beton ringan total (*All low density concrete*) adalah beton yang menggunakan agregat ringan secara keseluruhan, baik agregat kasar maupun halus.

2. Beton ringan berpasir (*Sand low density concrete*)

Beton ringan berpasir (*Sand low density concrete*) adalah beton ringan yang menggunakan agregat halus pasir alami.

Sifat dasar dari agregat ringan adalah porositas yang tinggi, akibatnya agregat ringan mempunyai berat jenis yang rendah. Agregat ringan dapat dibedakan menjadi 2 macam sebagai berikut.

1. Agregat alam

Agregat alam misalnya *diatomite*, *pumice*, *scoria*, dan abu vulkanik, hanya terdapat di beberapa tempat saja. Oleh karena itu agregat ringan yang terdapat dari alam jarang digunakan secara umum.

2. Agregat buatan

Agregat buatan misalnya *leca*, *kermasite*, *aglite*, *agloporite*, *foamed slag* dan *lytag* (Neville, 1975).

Pada dasarnya, beton ringan diperoleh dengan cara pemberian gelembung udara ke dalam campuran betonnya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut (Kardiyono, 1992).

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen. Dengan demikian banyak pori-pori udara yang akan terjadi di dalam betonnya.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung. Dengan demikian beton yang terjadi akan lebih ringan daripada beton biasa.
3. Pembuatan beton dengan tanpa butir-butir agregat halus. Dengan demikian beton ini disebut “beton non-pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm).

Beton ringan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (**Gambhir, 1986**).

1. Ringan

Berat jenis beton biasa sekitar 2500 kg/m^3 , adapun beton ringan mempunyai berat jenis dari 300 kg/m^3 sampai 1800 kg/m^3 . beton yang sangat ringan biasanya dipakai untuk bahan isolasi, adapun beton yang tidak begitu ringan dapat digunakan untuk struktur ringan.

2. Tidak menghantarkan panas

Beton ringan mempunyai nilai isolasi sebesar 3 sampai 6 kali batu bata dan 10 kali beton biasa. Dinding tembok tebal 200 mm yang terbuat dari beton ringan dengan berat jenis 800 kg/m^3 mempunyai tingkat isolasi sama dengan dinding batu bata setebal 400 mm yang berat jenisnya 1600 kg/m^3 .

3. Tahan api

Beton ringan mempunyai sifat yang baik sekali dalam menahan kebakaran. Sifatnya yang tidak baik dalam menghantarkan panas membuat beton ringan amat baik untuk melindungi bagian struktur dari pengaruh api.

4. Bahan isolasi suara yang kurang baik

Beton ringan juga dipakai sebagai bahan isolasi suara tidak sebaik beton biasa yang lebih padat.

5. Mudah dikerjakan

Beton ringan dapat dengan mudah digergaji, dipotong, dibor atau dipaku. Karena itu beton ringan mudah dibuat dan diperbaiki setempat

juga mudah dilakukan tanpa merusak bagian lain yang tidak diperbaiki.

6. Keawetan

Karena beton ringan biasanya bersifat kedap air, maka akan lebih mudah menyebabkan terjadinya karat pada baja tulangnya. Oleh karena itu maka baja tulangan yang dipakai perlu diberi lapisan khusus untuk mencegah terjadinya karat.

7. Harga murah

Karena beratnya ringan dan nilai banding antara kuat tekan dan berat jenisnya. Pemakaian beton ringan dapat menghemat pemakaian baja tulangan. Struktur pelat komposit yang memakai blok beton pracetak tanpa tulangan dan balok grid beton bertulang membutuhkan semen dan baja lebih sedikit, sehingga harga pembuatan struktur pelat lantai dan pelat atap dapat dihemat. Penghematan harga pelat lantai dan atap bisa mencapai 19% sampai 20%.

3.3. Materi Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki karakteristik spesifik yaitu kuat desaknya yang tinggi yang terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut ini.

3.3.1. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan berupa bubuk halus yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Komponen

terbesar dari penyusun semen adalah kapur (60%-65%). Semen Portland dibuat dengan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Kemudian klinker tersebut digiling halus menjadi semen dan ditambahkan *gypsum*. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat.

Bagian utama bahan pembentuk semen dan merupakan unsur terpenting dalam menentukan kekuatan beton adalah :

- | | |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. <i>dikalsium silikat</i> (C ₂ S) | 2 CaO. SiO ₂ , |
| 2. <i>trikalsium silikat</i> (C ₃ S) | 3 CaO. SiO ₂ , |
| 3. <i>trikalsium aluminat</i> (C ₃ A) | 3 CaO. Al ₂ O ₃ , dan |
| 4. <i>tetrakalsium aluminatferit</i> (C ₄ AF) | 4 CaO. Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ . |

Menurut jenisnya semen portland dibedakan menjadi 5 macam sebagai berikut.

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II : Semen Portland dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV : Semen Portland dengan panas hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen Portland dengan ketahanan sulfat tinggi.

3.3.2. Air

Air merupakan bahan yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Selain itu air berguna untuk menjadi

bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan. Air yang digunakan untuk bereaksi dengan semen sekitar 33% berat semen. Kelebihan air pada campuran beton akan menurunkan kekuatan beton karena meninggalkan pori-pori yang mengurangi kepadatan beton.

3.3.3. Agregat

Agregat ialah butiran partikel mineral yang digunakan bersama-sama semen untuk membentuk beton. Karena menempati kurang lebih 70% volume beton, maka pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton.

Menurut ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu agregat halus dan agregat kasar, sebagaimana penjelasan berikut ini.

1. Agregat halus

Agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,8 mm, sering disebut sebagai pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu.

2. Agregat kasar

Agregat yang berukuran lebih dari 4,8 mm, sering disebut kerikil, batu pecah atau split. Yang dalam penelitian ini digunakan batu bentonit sebagai agregat kasar. Batu bentonit termasuk agregat alami yang didapat dari penambangan di alam yaitu dari Kecamatan Nanggulan Kulon Progo. Batu bentonit terjadi dari batuan sedimen yaitu magma bumi yang membeku (batuan beku) yang kemudian mengalami pengendapan dan tekanan.

Batu bentonit dari penambangan oleh PD Anindya mempunyai spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Sifat-Sifat Batu Bentonit

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Berat Jenis | 1,6 T/m ³ |
| Kadar SiO ₃ | 83,91% |
| Kadar Al ₂ O ₃ | 2,97% |

Menurut sumber asal batuan, agregat dapat dibedakan menjadi 2, yaitu agregat alami dan agregat buatan, sebagaimana penjelasan berikut ini.

1. Agregat alami

Agregat alami diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan baik secara alami atau dengan mesin pemecah batu. Batu bentonit termasuk agregat alami yang didapat dari penambang di alam dan dipecah dalam ukuran tertentu.

Agregat halus alami dibedakan menjadi 3 macam sebagai berikut ini.

- a. Pasir galian, diperoleh dari permukaan tanah atau dengan cara menggali sampai kedalaman tertentu. Pasir ini bertekstur tajam, bersudut, berpori, bebas kandungan garam, tetapi biasanya kotor oleh tanah.
- b. Pasir sungai, diperoleh dari dasar sungai, berbentuk bulat dan berbutir halus.
- c. Pasir laut, diperoleh dari pantai, biasanya butirannya halus dan bulat. Pasir ini banyak mengandung garam yang akan menyerap air.

2. Agregat buatan

Agregat buatan biasanya dibuat dari pecahan bata/genteng atau kerak tanur tinggi (*blast furnace slag*).

3.3.4. Bahan Tambah (*Additive*)

Bahan tambah ini diberikan atau ditambahkan pada campuran adukan beton dengan takaran tertentu dan untuk tujuan tertentu. Pada penelitian ini, kami menggunakan bahan tambah atau *additive silica fume* dari PT Sika Nusa Pratama. *Silica fume* di dalam beton memiliki 2 pengaruh, yaitu sebagai bahan *filler* dan pozzolan yang bereaksi secara kimia. Pengaruh *filler* yang dikenali sebagai faktor fisik terjadi secara drastis pada tahap awal yang dalam reaksi kimia masih berlangsung lambat. Ukuran partikel *silica fume* yang sangat halus mengisi ruang-ruang kosong yang berisi air dan Ca(OH)_2 yang terdapat antara agregat dan bahan pengikat serta memasuki sampai ke lapisan yang paling sempit antara agregat dan pasta semen yaitu lapisan *agregat- pasta semen*. Lapisan *agregat- pasta semen* ini mengalami proses penjenuhan (lebih rapat) yang dapat meningkatkan kuat tekan dan permeabilitas beton. Fungsi kedua sebagai bahan pozzolan yang bereaksi antara SiO_2 dan Ca(OH)_2 menghasilkan kalsium silikat hidrat yang mengisi ruang-ruang kosong lapisan *agregat pasta semen* menurut Artigues dkk. (1990), Yueming dkk. (1999), Kuroda dkk. (2000), dan Saefuddin dkk. (2001).

Data teknis *silica fume* menurut hasil pengamatan Laboratorium Teknik Kimia ITS seperti tercantum pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Sifat Fisik *Silica Fume*

| No | Spesifikasi | Keterangan |
|----|--------------|----------------------------|
| 1 | Warna | Putih, abu-abu, gelap |
| 2 | Berat Jenis | 2,2 kg/m ³ |
| 3 | Berat Volume | 250-300 kg/m ³ |
| 4 | Kehalusan | 20.000 m ² /kg |
| 5 | Diameter | 0,1 micron (1/100 Ø semen) |

Tabel 3.3 Komposisi Kimia *Silica Fume*

| No | Kandungan Oksida | % Berat |
|----|--------------------------------|---------|
| 1 | SiO ₂ | 94,3 |
| 2 | Al ₂ O ₃ | 1,1 |
| 3 | Fe ₂ O ₃ | 0,3 |
| 4 | MgO | 0,7 |
| 5 | SO ₄ | 0,0 |
| 6 | Na ₂ O | 0,2 |
| 7 | KO ₂ | 1,0 |
| 8 | Hilang Pijar | 2,6 |

3.4. Penghitungan

Penghitungan yang dilakukan adalah penghitungan berat jenis agregat, kuat desak beton dan berat volume tiap m³ beton.

a. Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

$$B_j = \frac{B_a}{V_a} \text{ (t/m}^3\text{)}$$

Dimana: B_j = Berat jenis agregat (t/m³)

B_a = Berat agregat (ton)

V_a = Volume air (m³)

b. Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton ($f'c$) pada umur 28 hari sesuai SK SNI T-1991-03 dengan kekuatan rencana $f'c = 20$ MPa.

$$f'b = \frac{P}{A} \text{ (MPa)} \qquad Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f'i b - f'cr)^2}{N-1}}$$

$$f'cr = \frac{\sum_{i=1}^N f'i b}{N} \qquad f'c = f'cr - 1,64 \cdot Sd$$

Dimana: $f'b$ = Kuat desak dari benda uji (MPa)

$f'cr$ = Kuat desak beton rata-rata (MPa)

$f'c$ = Kuat desak karakteristik (Mpa)

N = jumlah benda uji

Sd = Sudut deviasi

c. Berat volume tiap m^3 beton

$$Bs = \frac{W}{Vbt} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Dimana: Bv = Berat volume (kg/m^3)

W = Berat beton (kg)

Vbt = Volume beton (m^3)

3.5. Tinjauan Kebakaran

Menurut Surahman (1998) sifat bahan secara struktural yang penting adalah kekuatan (dinyatakan dengan tegangan leleh) dan kekakuan (dinyatakan dengan modulus elatisitas). Pengaruh pada beton tergantung pada beberapa hal

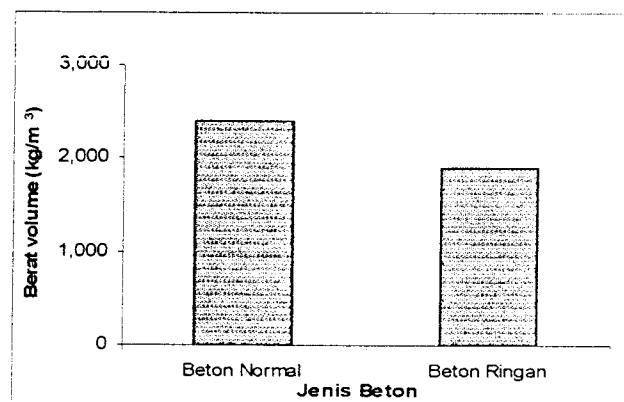
terutama tingginya temperatur dan lama terjadinya kebakaran. Terjadinya kebakaran akan mempengaruhi kekuatan dan kekakuan beton. Hal ini dapat diketahui dengan menurunnya nilai kuat desak beton. Perubahan penurunan kekuatan dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Sifat Beton untuk berbagai suhu (Surahman, 1998)

| Suhu | Kekuatan Beton |
|--------------------|----------------|
| 25 ⁰ C | 100% |
| 200 ⁰ C | 95% |
| 400 ⁰ C | 60% |
| 600 ⁰ C | 20% |

3.6. Hipotesis

1. Karena batu bentonit beratnya tergolong ringan serta berpori-pori, maka diharapkan betonnya termasuk dalam keadaan beton ringan. Perbandingan berat volume beton normal dan beton ringan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik perbandingan berat antara beton normal dengan beton ringan

2. Peningkatan salah satu unsur dalam suatu pembentuk semen akan meningkatkan kekuatannya. Pada *Silica fume* kandungan maksimalnya adalah berupa (SiO_3), sehingga akan mengurangi kadar unsur C_3S yang akan mengurangi panas hidrasinya dan akan mengurangi retak-retak selama proses pengeringannya, meningkatkan kadar unsur C_2S yang akan memberikan kekuatan akhir yang lebih besar, dengan demikian kuat desaknya akan bertambah. Selain itu dengan penambahan *silica fume* ini dimaksudkan agar pori dalam adukan beton yang terisi oleh air dapat diperkecil sehingga beton semakin padat karena diameternya yang sangat kecil sehingga menjadi *filler* yang baik, hal ini untuk mengurangi beton mengembang, retak-retak dan terjadinya pengelupasan saat terbakar yang akan menurunkan kekuatan beton tersebut. Kuat desak beton setelah dibakar akan mengalami penurunan dibandingkan dengan kuat desak beton sebelum dibakar. Penurunan kuat desak beton sebelum dan sesudah dibakar dapat dilihat pada Gambar 1.1.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang metode penelitian, material penyusun beton, model dan benda uji, peralatan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, serta bagan alir penelitian.

4.1. Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah suatu cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

4.2. Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki karakteristik spesifik yaitu kuat desaknya yang tinggi. Beton terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut.

4.2.1. Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen jenis *Portland Cement* merek Nusantara kemasan 50 kg.

4.2.2. Agregat

Terdapat 2 macam agregat yang digunakan, yaitu sebagai berikut ini.

1. Agregat halus, digunakan pasir yang berasal dari Sungai Kaliurang.

Fraksi yang digunakan lolos saringan 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; dan 0,3 mm.

2. Agregat kasar, digunakan batu bentonit yang berasal dari Kecamatan Nanggulan Kulon Progo.

4.2.3. Air

Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

4.2.4. *Silica Fume*

Silica fume yang digunakan adalah tipe *Densified Silica Fume* dengan kemasan 20 kg per-sak merk SIKA FUME produksi PT Sika Nusa Pratama.

4.3. Model dan Jumlah Benda Uji

Benda uji beton ringan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan dimensi (\emptyset 15 cm x 30 cm).

Tabel 4.1. Jumlah Benda Uji

| Variasi Kadar <i>SilicaFume</i> (%) | Pengujian (28 hari) | | Beton Normal |
|----------------------------------------|---------------------|------------------|-----------------|
| | 0°C | 400°C ± 4 jam | |
| | Desak | Desak | |
| 0 | 5 | 5 | 5 |
| 2,5 | 5 | 5 | |
| 5 | 5 | 5 | |
| 7,5 | 5 | 5 | |
| 10 | 5 | 5 | |
| Jumlah Total | 25 | 25 | 5 |
| | 55 | | |

4.4. Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan alat sebagai prasarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian ini sebagai berikut.

4.4.1. Ayakan

Ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran yang digunakan untuk memisahkan diameter butiran pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6 dan 0,3 mm. Sedangkan untuk memisahkan agregat kasar dengan diameter butir maksimum 40 mm adalah 40, 20, 10 dan 5 mm.

4.4.2. Timbangan dan Ember

Timbangan yang digunakan adalah merk “*Fagani*” dengan kapasitas 150 kg dan merk “*O House*” kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

4.4.3. Mistar dan Kaliper

Mistar dari *fiberglass* dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang digunakan dalam penelitian.

4.4.4. Mesin Pengaduk

Mesin pengaduk (*mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan susun campuran beton (semen, bentonit, pasir, *silica fume* dan air) sehingga diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

4.4.5. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder beton, talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk beton.

4.4.6. Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk

Kerucut *Abrams* digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau *slump* dari adukan beton, dengan diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi

30 cm. Dilengkapi untuk menumbuk adukan yang telah dimasukkan ke dalam cetakan, dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

4.4.7. Mesin Uji Kuat Desak

Mesin yang digunakan untuk menguji kuat desak silinder beton adalah mesin uji desak merk "*Control*" dengan kapasitas 2000 KN.

4.4.8. Burner dan Thermocouple

Burner digunakan untuk membakar benda uji dalam tungku pembakar menggunakan bahan bakar solar. Thermocouple berfungsi untuk mengetahui suhu pembakaran yang terjadi dalam tungku pembakar.

4.4.9. Tungku Pembakar

Dalam membakar benda uji ini digunakan tungku pembakar yang dibangun dari susunan bata tahan api dengan dimensi panjang 3 m dan lebar 90 cm dengan pintu pada dua sisinya.

4.5. Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan, pembuatan dan perawatan benda uji dan pelaksanaan pengujian.

4.5.1. Perencanaan Mix Design

Perencanaan Mix Design berisi tentang metode yang digunakan dan mix design yang dipakai dalam penelitian ini.

a. Metode yang digunakan

Dalam pembuatan benda uji, kami menggunakan metode dengan rumus perbandingan volume.

Perhitungan *mix design* dengan menggunakan perbandingan volume yang dikonversi kedalam perbandingan berat satuan volume masing-masing bahan.

Perbandingan volume (semen : pasir : bentonit = 1 : 2 : 3)

Taksiran berat 1 silinder beton (15 cm x 30 cm) adalah 10 kg.

4.5.2. Pengujian Agregat

Pekerjaan persiapan meliputi pengujian sifat-sifat teknis bahan susun beton ringan (pasir, bentonit, dan semen) dan persiapan peralatan yang digunakan dalam perancangan adukan beton.

a. Uji Agregat Halus (pasir)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis pasir dalam keadaan SSD.

b. Uji Agregat Kasar (Bentonit)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis batu bentonit dalam keadaan SSD.

c. Perencanaan Campuran Adukan Beton Ringan

Komposisi material yang digunakan dalam campuran adukan beton ringan ini didapatkan dengan menggunakan rumus perbandingan volume 1: 2: 3. Untuk setiap 1 m³ beton dengan kuat desak rencana 20 MPa.

4.5.3. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibuat per 5 sampel atau 5 silinder dalam satu kali pengadukan. Tujuannya supaya dalam proses pengadukan beton, bahan-bahan pembuat beton benar-benar tercampur secara merata.

Penelitian yang dilakukan terdiri atas 5 variasi penambahan *silica fume*, yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% terhadap berat semen. Tiap variasi digunakan 10 benda uji silinder beton dengan 5 silinder dibakar dan 5 silinder tidak dibakar. Benda uji beton normal sejumlah 5 silinder sebagai pembandingan berat volume beton ringan. Sehingga jumlah keseluruhan benda uji yang digunakan adalah 55 benda uji silinder dengan ukuran (\emptyset 15 x 30)cm. Secara rinci benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Setelah 24 jam dalam cetakan, silinder beton dikeluarkan dari cetakan dan direndam dalam bak perendaman selama 28 hari. Setelah direndam beton dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan ditempat terbuka selama 24 jam sebelum diuji.

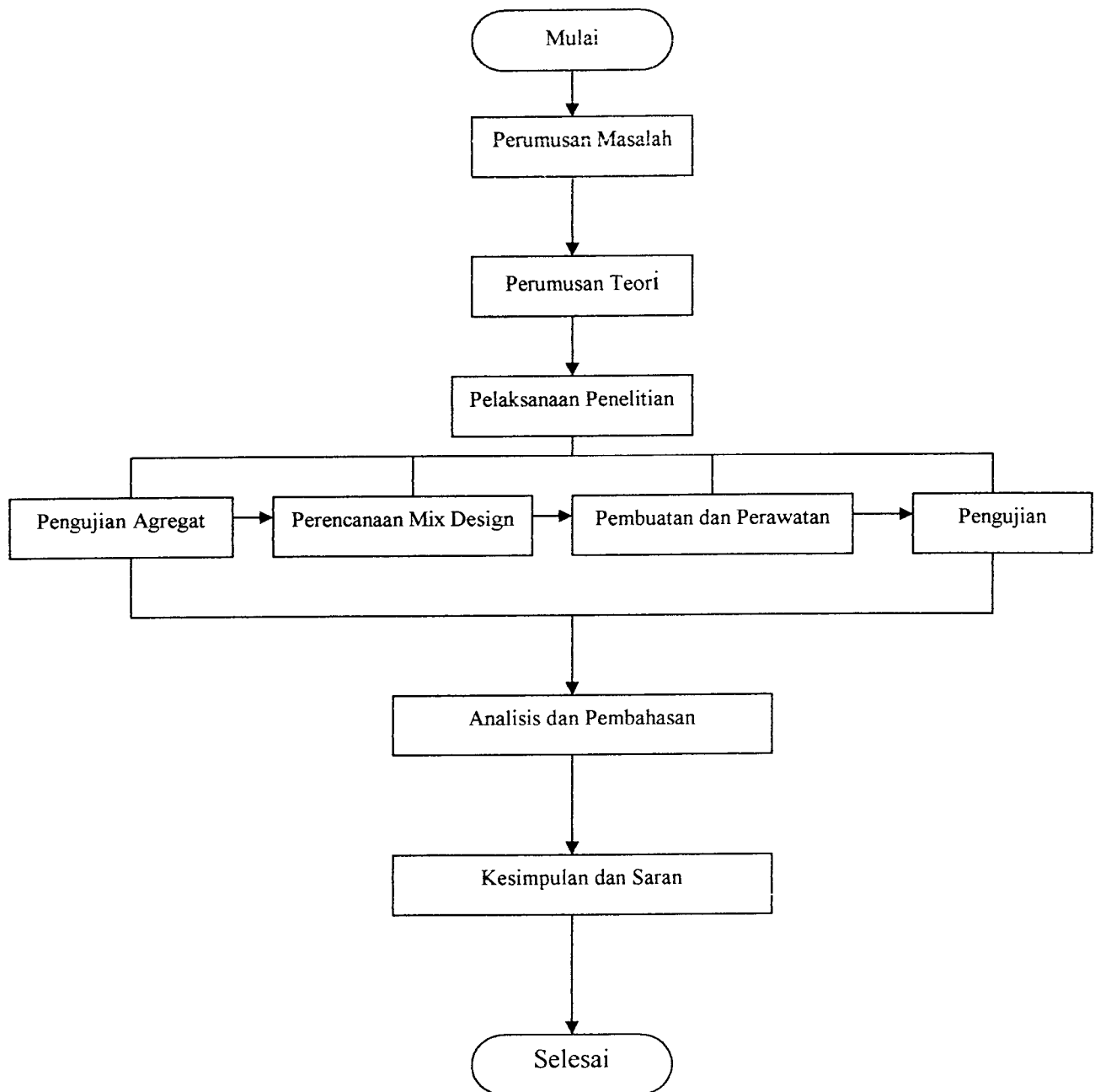
4.5.4. Pelaksanaan pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah uji desak silinder beton. Dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut.

- a. Setelah silinder beton direndam dalam air selama 28 hari dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan ditempat terbuka selama 24 jam sebelum diuji, kemudian tinggi dan diameternya diukur, ditimbang beratnya, kemudian diletakan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.

- b. Mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji beton hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai dengan pembacaan.
- c. Langkah pengujian yang diuraikan diatas adalah untuk pengujian silinder beton tanpa pembakaran, sedangkan silinder yang dibakar diuji setelah dilakukan proses pembakaran pada tungku pembakar. Pembakaran dilakukan dalam tungku pembakaran, yang telah dilengkapi dengan sebuah *Thermocouple* dan 2 buah *Burner*, selama ± 4 jam dengan suhu $\pm 400^{\circ}\text{C}$.

Prosedur metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Flow Chart Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

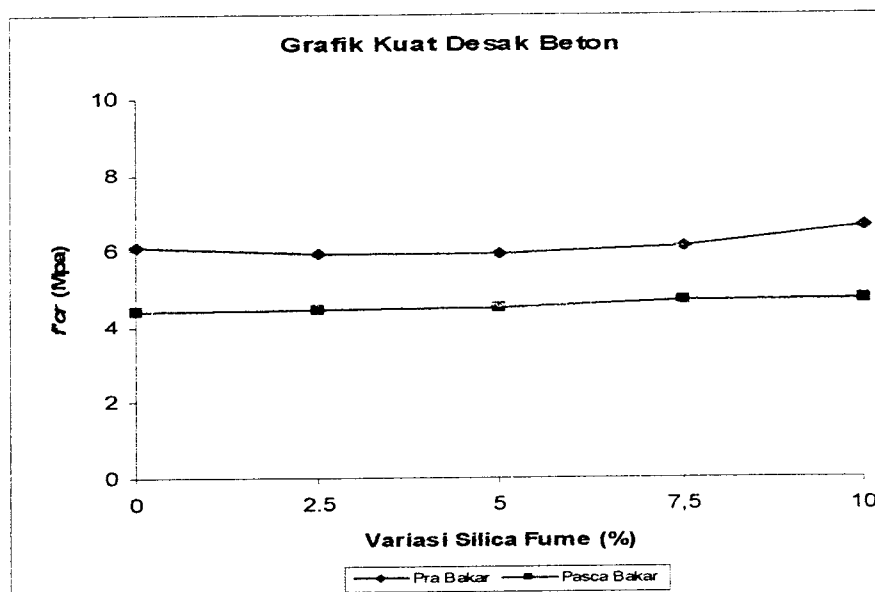
Pada bab ini berisi tentang hasil penelitian dari kuat desak beton, modulus elastisitas dan analisis regresi. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut diatas akan diuraikan sebagai berikut ini.

5.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data berupa kuat desak silinder beton berupa beban maksimal dan regangan yang terjadi pada silinder beton dengan atau tanpa bahan tambah dan dengan atau tanpa dibakar. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh kekuatan dan kekakuan beton dengan atau tanpa bahan tambah yang mengalami penurunan akibat proses pembakaran.

5.1.1. Kuat Desak Beton

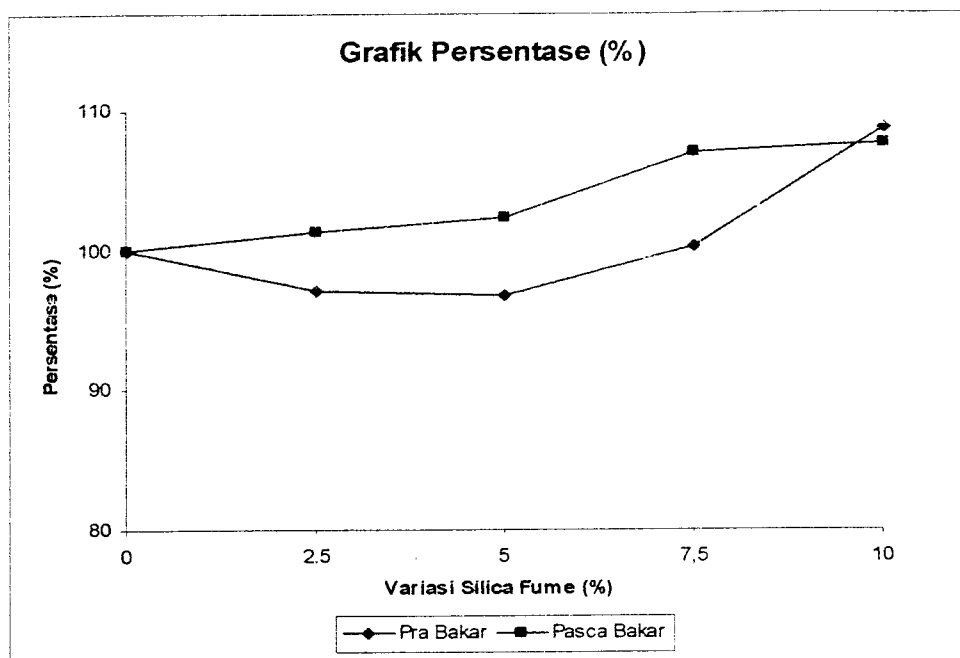
Kuat desak yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 20 MPa. Dari hasil uji kuat desak beton, dapat digambarkan diagram yang memberikan hubungan persentase *Silica fume* terhadap kuat desak beton sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik Kuat Desak Beton Pra dan Pasca Bakar

Tabel 5.1 Kuat Desak Silinder Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar 4 jam 400⁰C

| Sampel | Kuat Desak (MPa) | | Penurunan (%) |
|-------------------|------------------|-------------|---------------|
| | Pra-Bakar | Pasca-Bakar | |
| Variasi (SF) 0% | 6,108 | 4,373 | 28,405 |
| Variasi (SF) 2,5% | 5,933 | 4,428 | 25,366 |
| Variasi (SF) 5% | 5,907 | 4,475 | 24,246 |
| Variasi (SF) 7,5% | 6,118 | 4,673 | 23,618 |
| Variasi (SF) 10% | 6,638 | 4,700 | 29,195 |



Gambar 5.2 Grafik Persentase Kuat Desak Beton Pra dan Pasca Bakar

Tabel 5.2 Kuat Desak Beton Pra Bakar dan Pasca Bakar Setiap Variasi

| Sampel per-Variasi | f'_{cr} (MPa) | | Persentase (%) | |
|--------------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|
| | Pra Bakar | Pasca Bakar | Pra Bakar | Pasca Bakar |
| 0% | 6,108 | 4,373 | 100.000 | 100.000 |
| 2,5% | 5.933 | 4,428 | 97.129 | 101.266 |
| 5% | 5.907 | 4,475 | 96.715 | 102.331 |
| 7,5% | 6.118 | 4,673 | 100.166 | 106.856 |
| 10% | 6.638 | 4,700 | 108.684 | 107.467 |

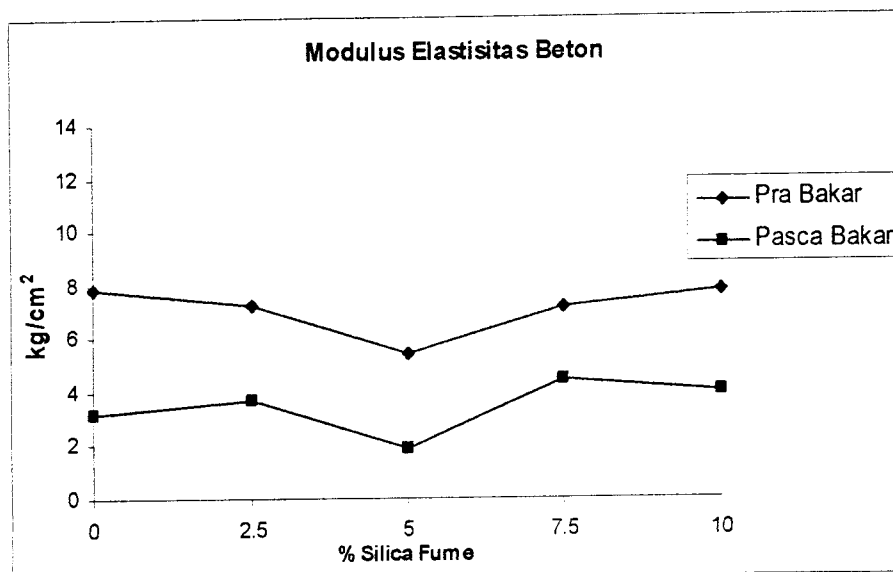
5.1.2. Modulus Elastisitas

Dari pencatatan data regangan beton, didapatkan nilai regangan yang terjadi pada setiap pengujian kuat desak beton. Pengujian kuat desak beton ini akan didapatkan nilai gaya dan regangan yang terjadi. Nilai-nilai tersebut dapat digambarkan grafik regangan-tegangan yang terdapat pada Gambar 5.3.

Dari grafik yang terjadi, diperlukan pengoreksian terhadap nilai regangan, agar nilai regangan dimulai dari angka 0. angka koreksi besarnya tergantung dari perpanjangan garis linier pertama, besarnya angka ini yang akan

menentukan pergeseran ke kiri atau ke kanan dari nilai regangan pada hasil pengujian beton yang nantinya akan didapatkan nilai regangan yang baru atau nilai regangan koreksi.

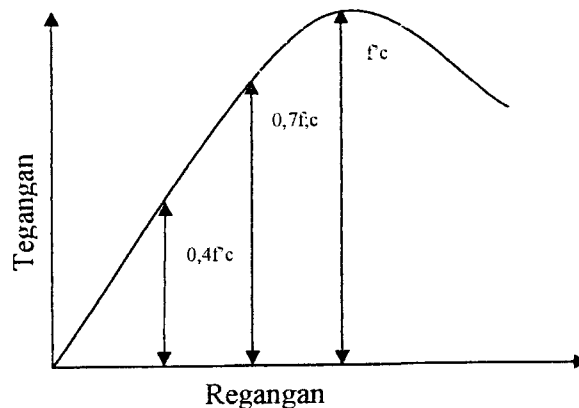
Modulus elastis yang terjadi yang digambarkan dari angka regangan koreksi, dengan menarik garis sejajar sumbu x hingga berpotongan dengan grafik regangan. Dari titik perpotongan ini ditarik garis sejajar sumbu y sehingga didapatkan nilai regangan.



Gambar 5.3 Grafik Modulus Elastis Beton 28 hari

Dari Gambar 5.3 hasil pengujian didapatkan seluruh variasi beton mengalami penurunan modulus elastisitas setelah pembakaran. Menurunnya nilai modulus elastisitas disebabkan karena setelah pembakaran air yang terkandung dalam beton seluruhnya menguap sehingga beton menjadi getas karena adanya penguapan air tersebut sehingga beton kehilangan elastisitasnya.

Nawy (2001), pengetahuan mengenai hubungan tegangan-regangan beton merupakan hal penting dalam mengembangkan analisis dan desain serta prosedur-prosedur dalam struktur beton.



Gambar 5.4 Kurva regangan-tegangan tipikal untuk beton

Gambar 5.4 menunjukkan kurva regangan-tegangan yang diperoleh dari pengujian dengan benda uji beton silinder yang dibebani tekan uniaksial selama beberapa menit. Bagian dari kurva tersebut, hingga mencapai 40% dari kuat ultimit $f'c$ pada dasarnya dapat dianggap linier untuk tujuan praktis. Sesudah 70% dari tegangan gagal, material kehilangan sebagian besar kekuatannya sehingga menambah ketidak linieran 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.

5.1.3. Analisis Regresi

Analisis fungsi kuadrat dan korelasi antara regangan dan tegangan terhadap kuat desak beton dilakukan dengan menggunakan alat bantu statistik yaitu regresi kuadrat.

Dari hasil regresi akan diperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi (r) nilainya berkisar antara $0 < r < 1$. Berdasarkan nilai koefisien korelasi tingkat hubungan dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1. $r < 0,33$ = tingkat hubungan lemah
2. $0,33 \leq r \leq 0,66$ = tingkat hubungan sedang
3. $r > 0,66$ = tingkat hubungan kuat

Dengan nilai r didapat dari akar koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dari persamaan regresi tersebut ($r = \sqrt{R^2}$).

Bentuk dari fungsi kuadrat :

$$Y = ax^2 + bx + c$$

Dimana : y = variabel tak bebas

x = variabel bebas

a, b, c = konstanta dari variable tersebut

ciri-ciri dari fungsi kuadrat :

1. jika $a > 0$, grafik terbuka keatas (strength hardening)
2. jika $a = 0$, grafik linier
3. jika $a < 0$, grafik terbuka kebawah (strength softening)
4. semakin besar nilai $|a|$ (dengan tidak memperhatikan tanda positif negative), makin tinggi fungsi kuadrat, sebaliknya semakin kecil nilai $|a|$, makin kurus fungsi kuadrat.

5.2. Pembahasan

Pembahasan berisikan tentang penjelasan mengenai kuat desak, modulus elastis, dan analisis regresi.

5.2.1. Kuat Desak

Dalam penelitian didapatkan berat jenis agregat kasar batu bentonit sebesar 1600 kg/m^3 , itu menunjukkan bahwa agregat batu bentonit termasuk dalam agregat ringan dan dapat digunakan sebagai agregat beton ringan. Berat volume beton yang didapatkan pada variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10% berturut-turut sebesar $1873,664 \text{ kg/m}^3$; $1879,503 \text{ kg/m}^3$; $1878,519 \text{ kg/m}^3$; $1893,108 \text{ kg/m}^3$ dan $1894,632 \text{ kg/m}^3$. Menurut SK SNI T-15-1991-03, beton ini termasuk beton ringan.

Nilai kuat desak beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* mengalami peningkatan dan penurunan untuk tiap variasi. Pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 5% menurun berturut-turut sebesar 5,933 MPa dan 5,907 MPa, sedangkan variasi 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 6,118 MPa dan 6,638 MPa dari beton variasi 0% sebesar 6,108 MPa.

Setelah dibakar pada suhu $400 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam, nilai kuat desak beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* tetap mengalami peningkatan untuk semua variasi. Pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 4,428 MPa, 4,475 MPa; 4,673 MPa dan 4,7 MPa dari beton variasi 0% sebesar 4,373 MPa.

Dari hasil yang diperoleh didapatkan kekuatan desak maksimum sebesar 6,638 MPa, sehingga beton ringan tersebut tidak dapat digunakan sebagai beton struktural, karena kuat desak yang dihasilkan kurang dari 17 MPa.

Persentase kuat desak beton ringan dengan penambahan *Silica fume* pra bakar dengan pasca bakar yang terjadi terlihat pada Tabel 5.1 yaitu variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% menurun berturut-turut sebesar 28,252%; 25,366%; 24,246%; 23,618%; dan 29,195%. Penurunan maksimum terjadi pada variasi 10%.

Persentase peningkatan dan penurunan kuat desak beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* yang terjadi terlihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2 yaitu variasi 2,5%; 5% menurun berturut-turut sebesar 2,871% dan 3,085% sedangkan variasi 7,5%; 10% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 0,166% dan 8,684% dibandingkan dengan beton variasi 0%. Dimana penurunan maksimum yang terjadi pada variasi 5%.

Persentase peningkatan kuat desak beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* yang terjadi terlihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2 yaitu variasi 2,5%; 5%; 7,5%; 10% mengalami peningkatan kekuatan sebesar 1,266%; 2,331%; 6,856% dan 7,467%. Dimana kenaikan maksimum yang terjadi pada variasi 10%.

Berdasarkan data-data hasil pengujian, penambahan *Silica fume* dapat meningkatkan kuat desak beton. Hal ini dikarenakan *Silica fume* berfungsi sebagai *filler* dalam campuran beton, sehingga akan mereduksi rongga udara dalam

campuran beton yang menyebabkan beton semakin padat yang secara langsung akan mengurangi porositasnya.

Pembakaran menyebabkan beton terdehidrasi, air dalam beton tersebut menguap sangat besar, sehingga menyebabkan terjadinya porositas yang sangat besar. Ketika dipanaskan rongga udara pada beton akan mengembang sehingga beton akan menjadi porous. Dengan keadaan yang demikian dapat menurunkan kuat desak beton. Penguapan air akan menyebabkan terputusnya reaksi kimia yang terjadi dalam pembentukan kekuatan dalam beton. Sehingga, karena pembakaran semen akan kehilangan daya rekatnya terhadap partikel *Silica fume* dan agregat beton yang lain. Hal ini terlihat dari pecahan benda uji beton yang tidak menggumpal, mengeluarkan banyak serbuk dan terlepasnya ikatan antara mortar semen dengan agregat.

Pada setiap penambahan variasi *Silica fume*, terjadi peningkatan kuat desak beton ringan. Hal ini terjadi karena semakin banyak penambahan *Silica fume*, rongga udara yang timbul akan menjadi lebih sedikit dan tidak membuat beton menjadi mengembang saat dibakar, sehingga tidak menurunkan kekuatannya.

5.2.2. Modulus Elastisitas

Dari Lampiran 3 dapat dihitung besarnya modulus elastis beton umur 28 hari untuk setiap variasi seperti berikut ini.

1. Variasi 0% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,003 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan didapat batas sebanding , $\sigma_p = 17,257 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 22,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,257}{22,1 \cdot 10^{-5}} = 7,8085 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

2. Variasi 2,5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,023 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 17,430 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 24 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,430}{24 \cdot 10^{-5}} = 7,2625 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

3. Variasi 5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,173 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 42,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{42,6 \cdot 10^{-5}} = 5,419 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

4. Variasi 7,5% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,080 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 22,932 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 32,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{22,932}{32,1 \cdot 10^{-5}} = 7,1439 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

5. Variasi 10% Pra Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,033 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 17,086 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 22,1 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{17,086}{22,1 \cdot 10^{-5}} = 7,7312 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

6. Variasi 0% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 11,620 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 36,9 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{11,620}{36,9 \cdot 10^{-5}} = 3,149 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

7. Variasi 2,5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,020 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 62,7 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{62,7 \cdot 10^{-5}} = 3,6818 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

8. Variasi 5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,492 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 23,085 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 120,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{23,085}{120,6 \cdot 10^{-5}} = 1,9141 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

9. Variasi 7,5% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

didapat batas sebanding , $\sigma p = 11,574 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 28,6 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{11,574}{28,6 \cdot 10^{-5}} = 4,0468 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

10. Variasi 10% Pasca Bakar

Diperoleh koreksi kurva sebesar $x = 0,037 \cdot 10^{-3}$ (geser ke kanan), dan

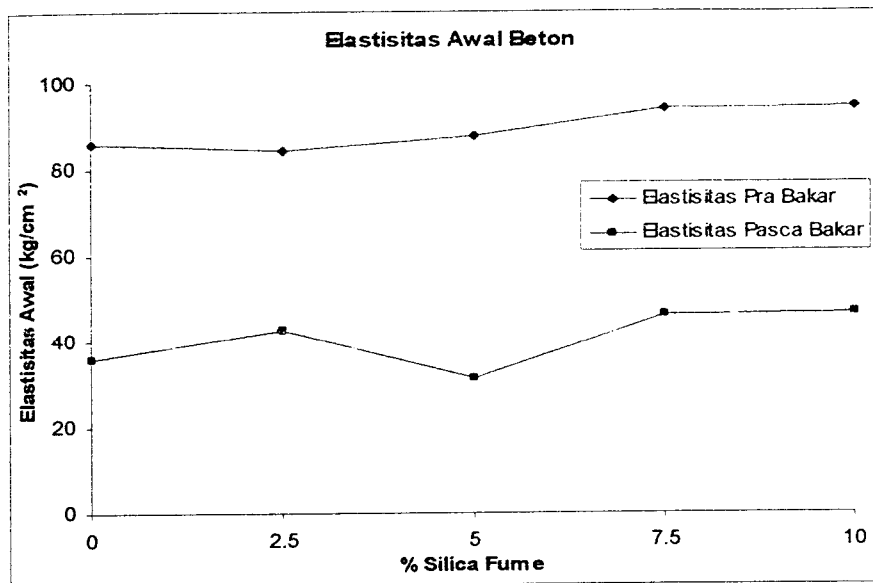
didapat batas sebanding , $\sigma p = 11,497 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon p = 28,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Modulus elastis, } E = \frac{\sigma p}{\varepsilon p} = \frac{11,497}{28,8 \cdot 10^{-5}} = 3,992 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 5.3 Modulus Elastis Beton umur 28 hari

| Variasi | | Modulus Elastis Beton X 10 ⁴ (kg/cm ²) |
|-------------|------|------------------------------------------------------------------|
| Pra Bakar | 0% | 7.8085 |
| | 2,5% | 7.2625 |
| | 5% | 5.419 |
| | 7,5% | 7.1439 |
| | 10% | 7.7312 |
| Pasca Bakar | 0% | 3.149 |
| | 2,5% | 3.6818 |
| | 5% | 1.9141 |
| | 7,5% | 4.4068 |
| | 10% | 3.992 |



Gambar 5.5 Grafik Elastisitas Awal Beton

Tabel 5.4 Elastisitas Awal Beton umur 28 hari

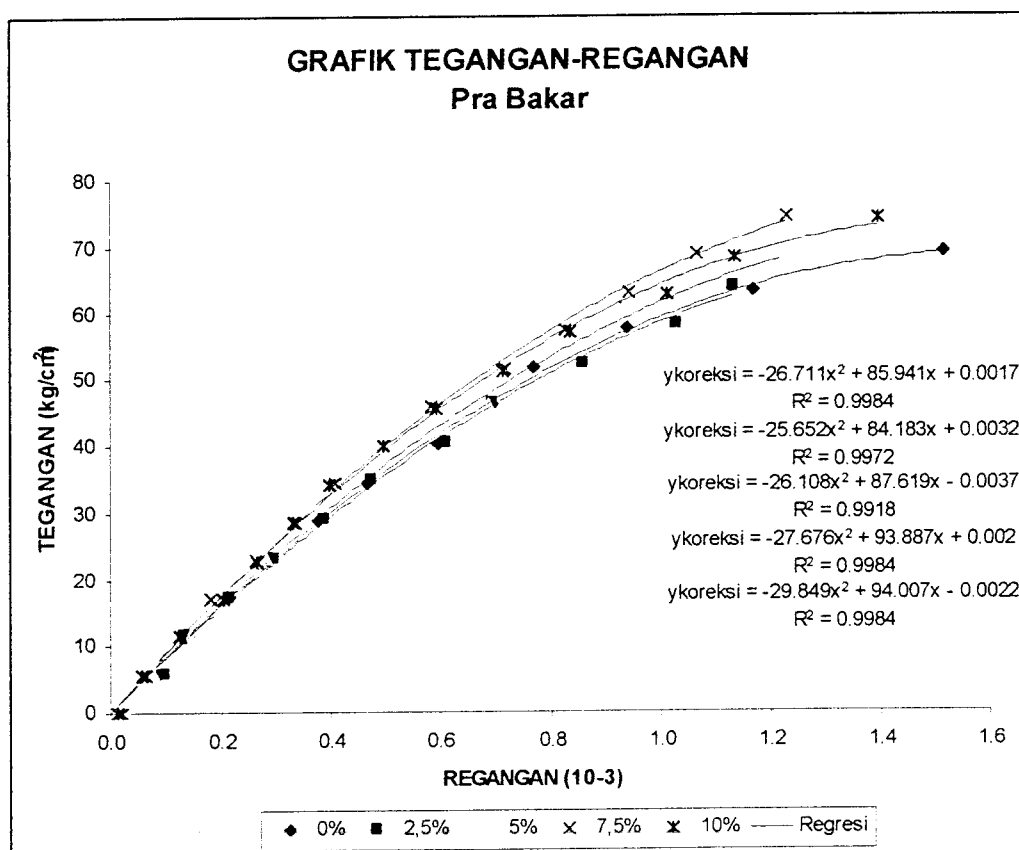
| Variasi | | Elastisitas Awal (kg/cm ²) |
|-------------|------|----------------------------------------|
| Pra Bakar | 0% | 85.941 |
| | 2,5% | 84.183 |
| | 5% | 87.619 |
| | 7,5% | 93.887 |
| | 10% | 94.007 |
| Pasca Bakar | 0% | 35.926 |
| | 2,5% | 42.307 |
| | 5% | 31.413 |
| | 7,5% | 45.703 |
| | 10% | 46.293 |

Nilai elastisitas awal beton ringan pra bakar dengan penambahan *Silica fume* mengalami peningkatan dan penurunan untuk tiap variasi. Pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa pada variasi 2,5% menurun sebesar 84,183 kg/cm², sedangkan variasi 5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 87,619 kg/cm²; 93.887 kg/cm² dan 94.007 kg/cm² dari beton variasi 0% sebesar

85.941 kg/cm². Elastisitas awal maksimum terjadi pada beton dengan penambahan *silica fume* 10%.

Setelah dibakar pada suhu 400 °C selama 4 jam, nilai elastisitas awal beton ringan pasca bakar dengan penambahan *Silica fume* tetap mengalami peningkatan untuk semua variasi. Pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa variasi 2,5%; 7,5%; 10% meningkat berturut-turut sebesar 42.307 kg/cm²; 45.703 kg/cm² dan 46.293 kg/cm², sedangkan variasi 5% menurun sebesar 31.413 kg/cm² dari beton variasi 0% sebesar 35.926 kg/cm². Elastisitas awal maksimum terjadi pada beton dengan penambahan *silica fume* 10%.

5.2.3. Analisis Regresi



Gambar 5.6 Grafik Tegangan-Regangan Maksimum Pra Bakar

Dari Gambar grafik diperoleh persamaan regresi tiap variasi sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Variasi 0\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -26,711x^2 + 85,941x + 0,0017 \\ & y' = 85,941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 2,5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -25,652x^2 + 84,183x + 0,0032 \\ & y' = 84,183 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -26,108x^2 + 87,619x - 0,0037 \\ & y' = 87,619 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 7,5\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -27,676x^2 + 93,887x + 0,002 \\ & y' = 93,887 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variasi 10\%} \quad \rightarrow \quad & y_{\text{koreksi}} = -29,849x^2 + 94,007x - 0,0022 \\ & y' = 94,007 \end{aligned}$$

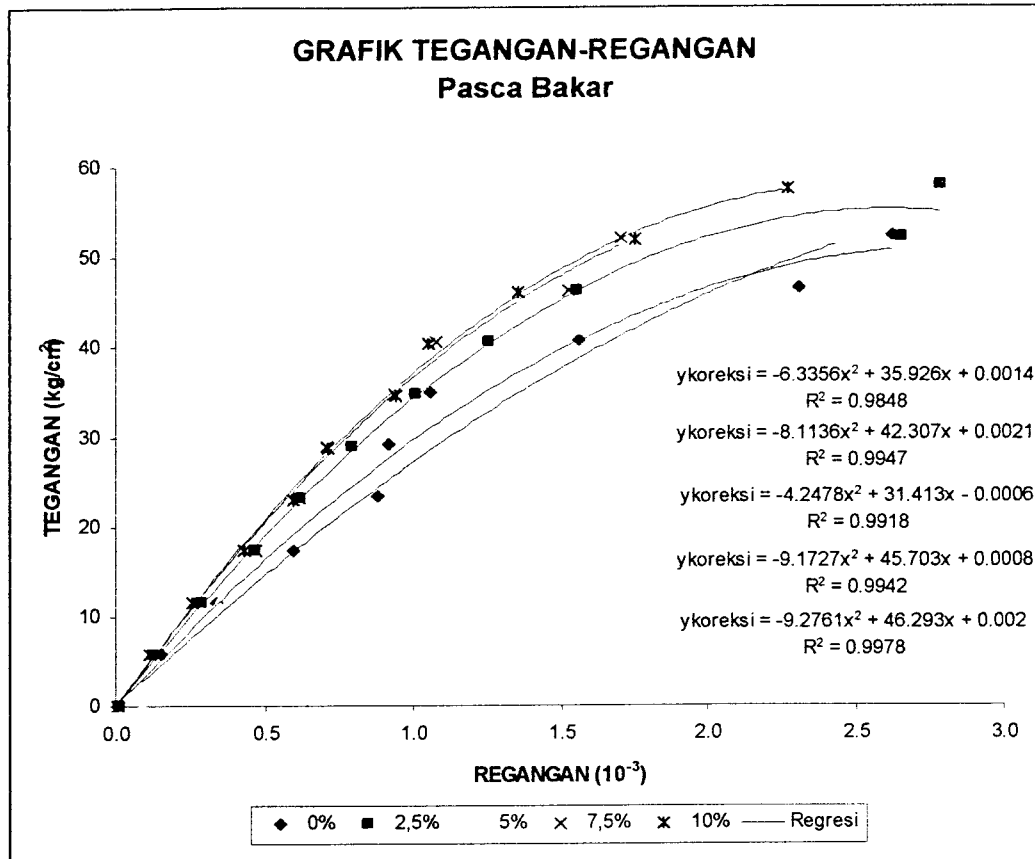
Grafik pada Gambar 5.6 memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara regangan-tegangan. Dari hubungan tersebut didapatkan persamaan regresi kuadrat tiap masing-masing variasi yang mempunyai nilai koefisien korelasi berbeda-beda. Didapatkan nilai koefisien korelasi (r) 0% = 0,999; 2,5% = 0,998; 5% = 0,995; 7,5% = 0,999 dan 10% = 0,999. Dari lima nilai koefisien korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tingkat hubungan yang kuat. Tingkat hubungan terkuat terdapat pada variasi 0%, 7,5% dan 10% pra bakar.

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai a bertanda negatif, sehingga garis regresi kuadrat tersebut berupa parabola yang membuka kebawah. Dengan tidak memperhatikan tanda positif dan negatif nilai $a > 0$, maka grafik berbentuk nonlinier. Nilai a dan b sangat berpengaruh terhadap suatu bentuk daripada fungsi.



Semakin besar nilai b , maka semakin besar tegangannya ini dapat dilihat dari persamaan kuadrat pada variasi 10% dimana tegangan yang terjadi paling besar. Realitas kesalahan pada penggunaan alat ukur regangan, maka koreksi dilakukan untuk regangan (x).

Nilai a dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 5.5 untuk tiap variasi sebesar 26,711; 25,652; 26,108; 27,676 dan 29,849 menunjukkan hubungan regangan-tegangan nonlinier. Nilai a tersebut menunjukkan ke nonlinieritas suatu grafik, semakin besar $|a|$ semakin nonlinier. Semakin besar regangan semakin kecil elastisnya. Hubungan regangan-tegangan yang nonlinier terbesar terdapat pada variasi 10%. Nilai b pada turunan pertama menunjukkan nilai elastisitas awal suatu benda. Apabila nilai $x = 0$ pada turunan pertama, maka nilai b tiap variasi berturut-turut sebesar 85,941 kg/cm²; 84,183 kg/cm²; 87,619 kg/cm²; 93,887 kg/cm² dan 94,007 kg/cm² menunjukkan nilai elastisitas awal. Elastisitas terbesar terdapat pada variasi 10%.



Gambar 5.7 Grafik Regangan-Tegangan Maksimum Pasca Bakar

Dari Gambar grafik diperoleh persamaan regresi tiap variasi sebagai berikut ini.

Variasi 0% → $y_{\text{koreksi}} = -6,3356x^2 + 35,926x + 0,1271$

$y' = 35,926$

Variasi 2,5% → $y_{\text{koreksi}} = -8,1136x^2 + 42,307x + 0,5633$

$y' = 42,307$

Variasi 5% → $y_{\text{koreksi}} = -4,2478x^2 + 31,413x + 2,7125$

$y' = 31,413$

Variasi 7,5% → $y_{\text{koreksi}} = -9,1727x^2 + 45,703x + 0,2336$

$y' = 45,703$

$$\text{Variasi 10\%} \rightarrow y_{\text{koreksi}} = -9,2761x^2 + 46,293x + 0,2009$$

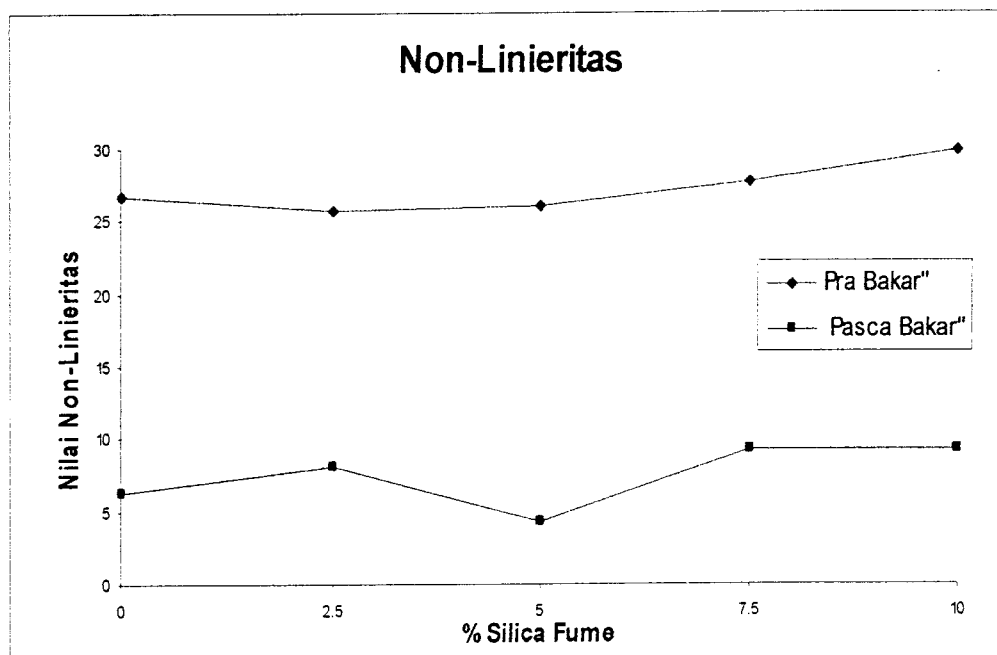
$$y' = 46,293$$

Grafik pada Gambar 5.7 memperlihatkan bahwa terdapat hubungan antara regangan-tegangan. Dari hubungan tersebut didapatkan persamaan regresi kuadrat tiap masing-masing variasi yang mempunyai nilai koefisien korelasi berbeda-beda. Didapatkan nilai koefisien korelasi (r) 0% = 0,9848; 2,5% = 0,9947; 5% = 0,9918; 7,5% = 0,9942 dan 10% = 0,9978. Dari lima nilai koefisien korelasi tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tingkat hubungan yang kuat. Tingkat hubungan terkuat terdapat pada variasi 10% pasca bakar.

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai a bertanda negatif, sehingga garis regresi kuadrat tersebut berupa parabola yang membuka kebawah. Dengan tidak memperhatikan tanda positif dan negatif nilai $a > 0$, maka grafik berbentuk nonlinier. Nilai a dan b sangat berpengaruh terhadap suatu bentuk daripada fungsi. Semakin besar nilai b , maka semakin besar tegangannya ini dapat dilihat dari persamaan kuadrat pada variasi 10% dimana tegangan yang terjadi paling besar.

Nilai a dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 5.5 untuk tiap variasi sebesar 6,3356; 8,1136; 4,2478; 9,1727 dan 9,2761 menunjukkan hubungan regangan-tegangan nonlinier. Nilai a tersebut menunjukkan ke nonlinieritas suatu grafik, semakin besar $|a|$ semakin nonlinier. Hubungan regangan-tegangan yang nonlinier terbesar terdapat pada variasi 10%. Nilai b pada turunan pertama menunjukkan nilai elastisitas awal suatu benda. Apabila nilai $x = 0$ pada turunan pertama, maka nilai b tiap variasi berturut-turut sebesar 35,926 kg/cm²; 42,307 kg/cm²; 31,413 kg/cm²; 45,703 kg/cm² dan 46,293 kg/cm² menunjukkan

keelastisitasannya. Elastisitas terbesar terdapat pada variasi 10 %. Nilai modulus elastis ini dapat ditentukan berdasarkan kemiringan kurva pada grafik regangan-tegangan. Kemiringan kurva ini dipengaruhi oleh kuat desak beton itu sendiri. Beton yang memiliki kuat desak tinggi akan menghasilkan kemiringan yang lebih curam dan panjang garis linier yang lebih panjang dibandingkan beton yang memiliki kuat desak yang rendah. Hal ini terjadi karena seiring dengan bertambahnya beban, maka kekuatan dari material akan berkurang sehingga perubahan regangan tidak lagi linier dengan tegangannya.



Gambar 5.8 Grafik Non-Linieritas Beton

Tabel 5.5 Nilai Non-Linieritas Beton

| Variasi | | Nilai Non-Linieritas |
|-------------|------|----------------------|
| Pra Bakar | 0% | 26.711 |
| | 2,5% | 25.652 |
| | 5% | 26.108 |
| | 7,5% | 27.676 |
| | 10% | 29.849 |
| Pasca Bakar | 0% | 6.3356 |
| | 2,5% | 8.1136 |
| | 5% | 4.2478 |
| | 7,5% | 9.1727 |
| | 10% | 9.2761 |

BAB VI

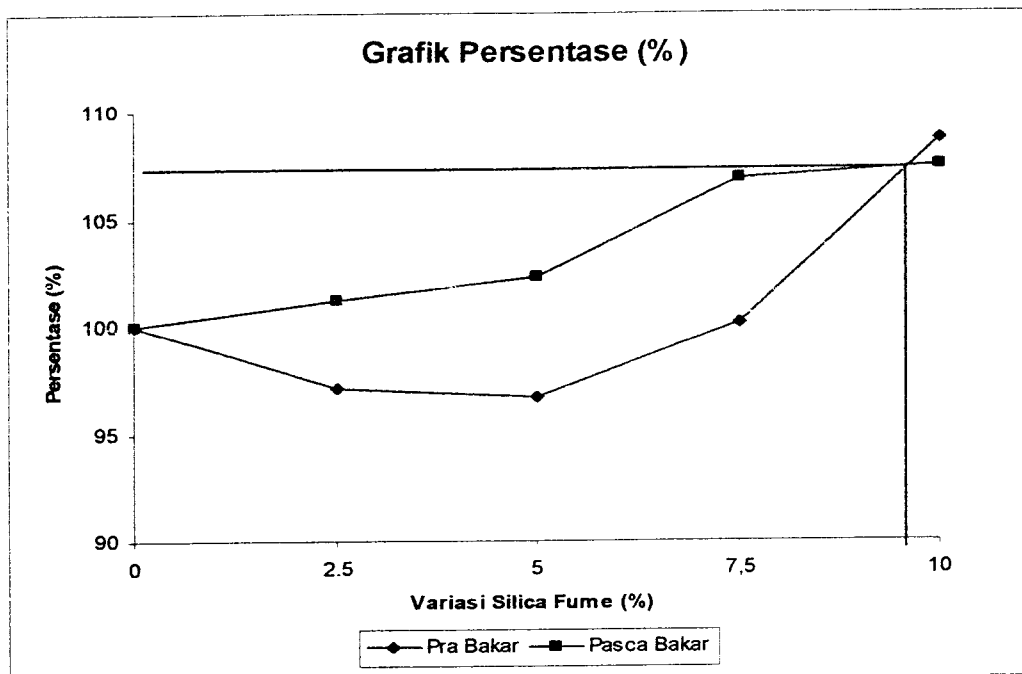
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian. Penjelasan mengenai hal-hal tersebut akan diuraikan sebagai berikut ini.

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Beton menggunakan agregat batu bentonit termasuk beton ringan (betonnya mempunyai berat volume maksimum $1897,5 \text{ kg/m}^3$ dan batu bentonit mempunyai berat jenis $1,6 \text{ kg/m}^3$).
2. Penambahan *silica fume* pada beton ringan dapat meningkatkan kuat desak maksimum 8,7% pada penambahan *silica fume* 10%
3. Pembakaran pada beton ringan dengan penambahan *silica fume* mengalami penurunan kuat desak maksimum 29,195% dan minimum 23,618%.
4. Penambahan *silica fume* pada beton ringan meningkatkan modulus elastisitas.
5. Beton ringan dengan agregat kasar batu bentonit tidak dapat digunakan sebagai beton ringan struktural.



Dari grafik diatas dapat diperoleh perpotongan antara prosentase peningkatan kekuatan pra bakar dengan pasca bakar. Dimana perpotongan garis tersebut menunjukkan persentase kekuatan kombinasi optimum pra bakar dan pasca bakar yang terjadi. Dengan menarik garis perpotongan tersebut diperoleh penambahan *silica fume* yang optimum yaitu $\pm 9\%$ *silica fume* dengan peningkatan persentase kekuatan $\pm 7,5\%$.

6.2. Saran

Dari kesimpulan hasil penelitian, didapatkan beberapa saran yang diharapkan untuk melengkapi penelitian ini maupun yang berguna untuk struktur beton dan dunia teknik sipil yaitu sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh kimia dari batu bentonit terhadap kuat desak beton.

2. Perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan batu bentonit dalam bentuk bubuk sebagai pengganti semen, karena kadar *silica* batu bentonit tinggi.
3. Perlu penelitian lebih lanjut guna mencari kadar *silica fume* optimum yang mampu memberikan kuat desak beton maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, A., 1985, BAHAN KOSTRUKSI TEKNIK, FT-UGM, Yogyakarta.
- Artigues, J.C., Curado, J., dan Iglesias, E., 1990: Study of the effectiveness of water reducing additives on concrete with microsilica, Admixtures for concrete: PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD by RILLEM, BARCELONA. 156-167. London: Chapman and Hall.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, SK SNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB, Bandung.
- Gambhir, M.L., 1986, CONCRET OF TECHNOLOGY, Mc Graw Hill, New Delhi.
- Ilham, A., 2004, Seminar "PENGARUH BAHAN TAMBAH POZOLAN SILICA FUME, ABU SEKAM PADI DAN ABU TERBANG PADA BETON KINERJA TINGGI", UII, Yogyakarta.
- Kuroda, M., Watanabe, T., dan Terashi, N., 2000. Increase of bond strength at interfacial transition zone by the use of fly ash. CEMENT AND CONCRETE RESEARCH, Vol. 30, pp. 253-258.
- Legowo., 1984, DASAR-DASAR KALKULUS DAN PENERAPANNYA DALAM BIDANG EKONOMI, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI, Jakarta.
- Mei, F. H., 1993, Tugas Akhir "PENGARUH PEMANASAN PADA KUAT TEKAN BETON RINGAN".
- Mindess, S., dan J. F, Young., 1981, CONCRETE, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Murdock, L.J., dan K.M, Brook., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E.G., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, Eresco, Bandung.

- Neville, A.M., 1975, PROPERTIES OF CONCRETE, Second Edition, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London.
- , 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA, N. I-2, Direktorat Jendral Cipta Karya, Jakarta.
- Popovics, 1998, STRENGTH AND RELATED PROPERTIES OF CONCRET, John Wiley and Sons, Inc, Canada.
- Saefuddin, M., Zain, M.F.M., dan Mahhamud, F., 2001: An experimental study on the durability of high performance concrete, PROCEEDING OF SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCRETE ENGINEERING AND TECHNOLOGY (CONSET 2001), Shah Alam, Malaysia. Pp. 150-161.
- Subakti, A., 1995, TEKNOLOGI BETON DALAM PRAKTEK, Jurusan Teknik Sipil-FTSP, ITS, Surabaya.
- Suharto., 1991, MATEMATIKA TERAPAN UNTUK PERGURUAN TINGGI, Rineka Cipta, Malang.
- Surahman, A., 1998, STUDI KASUS LAPANGAN, KURSUS SINGKAT PERBAIKAN DAN PERKUATAN STRUKTUR BERTULANG, Laboratorium Mekanika Struktur, Pusat penelitian Antar Universitas Ilmu Rekayasa ITB, Bandung.
- Susetiarto, R.H., dan E, Priyatna., 2003, Tugas Akhir "PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SILICA FUME TERHADAP KUAT DESAK BETON PASCA BAKAR", FTSP-UII, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Wang, C.K., dan C.G, Salmon., 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Erlangga, Jakarta.
- Yueming, F., Suhong, Y., Zhiyun, W., dan Jingyu, Z., 1999. Activation of fly ash and its effect on cement properties. CEMENT AND CONCRETE RESEARCH, Vol. 29, pp. 467-472.

LAMPIRAN 1



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Batu Bentonit 1. Nomida Setiadi
 Asal : Nanggulan, Kulon Progo 2. Dani Purwo Prasetyo
 Keperluan : Tugas Akhir Tanggal : 31 Juni 2004

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap dan lain-lain.

| | BENDA UJI I | | BENDA UJI II | |
|-------------------------------------------|-------------|------|--------------|------|
| Berat Agregat (w) | 400 | Gram | 400 | Gram |
| Volume air (V_1) | 500 | Cc | 500 | Cc |
| Volume air + Agregat (V_2) | 744 | Cc | 755 | Cc |
| Berat Jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$ | 1,639 | | 1,568 | |
| Berat jenis rata-rata | 1,6 | | | |

Yogyakarta, 31 Juni 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM *paruse*
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK *paruse*
 FAKULTAS TEKNIK UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Nomida Setiadi
 Asal : Kaliurang 2. Dani Purwo Prasetyo
 Keperluan : Tugas Akhir Tanggal : 31 Juni 2004

ALAT-ALAT

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap dan lain-lain.

| | BENDA UJI I | | BENDA UJI II | |
|-------------------------------------------|-------------|------|--------------|------|
| Berat Agregat (w) | 400 | Gram | 400 | Gram |
| Volume air (V_1) | 500 | Cc | 500 | Cc |
| Volume air + Agregat (V_2) | 654 | Cc | 651 | Cc |
| Berat Jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$ | 2,659 | | 2,649 | |
| Berat jenis rata-rata | 2,623 | | | |

Yogyakarta, 31 Juni 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Darusalam



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

DATA PEMERIKSAAN

BERAT VOLUME AGREGAT HALUS "SSD"

| | | |
|-----------------|-----------------|------------------------|
| Jenis benda uji | : Agregat Halus | Di periksa oleh : |
| Nama benda uji | : Pasir | 1. Nomida Setiadi |
| Asal | : Kaliurang | 2. Dani Purwo Prasetyo |
| Keperluan | : Tugas Akhir | Tanggal : 31 Juni 2004 |

ALAT-ALAT

1. Tabung silinder (\varnothing 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \varnothing 16 panjang 60 cm.
4. Serok / sekop, Lap dll.

| | BENDA UJI I | | BENDA UJI II | |
|---------------------------------------------------------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| Berat Tabung (W_1) | 4,9 | Kg | 4,9 | Kg |
| Berat tabung + Agregat (W_2) | 12,6 | Kg | 12,2 | Kg |
| Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$ | $5,3 \cdot 10^{-3}$ | m^3 | $5,3 \cdot 10^{-3}$ | m^3 |
| Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$ | 1,452 | t/m^3 | 1,377 | t/m^3 |
| Berat volume rata-rata | 1,415 t/m^3 | | | |

Yogyakarta, 31 Juni 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM - *Darus*
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII Darus



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR PASIR**

Jenis benda uji : Agregat Halus Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Nomida Setiadi
 Asal : Kaliurang 2. Dani Purwo Prasetyo
 Keperluan : Tugas Akhir Tanggal : 02 Juli 2004

| Saringan | | Berat tertinggal gram | | Berat tertinggal % | | Berat komulatif | |
|----------|-------------|-----------------------|--------|--------------------|--------|-----------------|---------|
| No | Ø lubang mm | I | II | I | II | I | II |
| 1 | 40 | | | | | | |
| 2 | 20 | | | | | | |
| 3 | 10 | | | | | | |
| 4 | 4,75 | 11 | 10.8 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.540 |
| 5 | 2,36 | 81.8 | 82.95 | 4.09 | 4.147 | 4.640 | 4.688 |
| 6 | 1,18 | 324.35 | 321.7 | 16.217 | 16.085 | 20.725 | 20.773 |
| 7 | 0,600 | 660.6 | 681.65 | 33.03 | 34.082 | 54.808 | 54.855 |
| 8 | 0,300 | 429.05 | 407.7 | 21.452 | 20.385 | 75.193 | 75.240 |
| 9 | 0,150 | 322.95 | 321.15 | 16.147 | 16.057 | 91.250 | 91.298 |
| 10 | Pan | 162.09 | 161.15 | 8.104 | 8.057 | - | - |
| Jumlah | | | | | | 246.266 | 247.394 |

Jumlah rata-rata = 246.830

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{246.830}{100} = 2.468$$

Yogyakarta, 02 Juli 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

Darus



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

**DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR KERIKIL**

Jenis benda uji : Agregat Kasar Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Batu Bentonit 1. Nomida Setiadi
 Asal : Nanggulan, Kulon Progo 2. Dani Purwo Prasetyo
 Keperluan : Tugas Akhir Tanggal : 02 Juli 2004

| Saringan | | Berat tertinggal gram | | Berat tertinggal % | | Berat komulatif | |
|----------|-------------|-----------------------|--------|--------------------|-------|-----------------|---------|
| No | Ø lubang mm | I | II | I | II | I | II |
| 1 | 38 | | | | | | |
| 2 | 19 | 1975.6 | 1964.8 | 98.78 | 98.24 | 98.78 | 98.24 |
| 3 | 9.5 | 23.3 | 33.7 | 1.165 | 1.685 | 99.945 | 99.925 |
| 4 | 4.75 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 5 | 2.36 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 6 | 1.18 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 7 | 0.600 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 8 | 0.300 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 9 | 0.150 | | | | | 99.945 | 99.925 |
| 10 | Pan | | | | | - | - |
| Jumlah | | | | | | 797.392 | 797.715 |

Jumlah rata-rata = 797.553

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{797.553}{100} = 7.975$$

Yogyakarta, 02 Juli 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Darussalam
Darussalam

LAMPIRAN 2

**PERHITUNGAN MIX DESIGN
DENGAN METODE PERBANDINGAN VOLUME**

1. Data konstruksi :

Kuat tekan yang disyaratkan sebesar $f'c = 20$ MPa,

Volume pekerjaan < 1000 m³ dengan mutu pekerjaan cukup,

Slump yang diinginkan 100 mm,

Jenis semen yang digunakan Jenis I, merk Nusantara,

Agregat kasar berupa batu bentonit dari Nanggulan Kulon Progo dengan D_{max}

40 mm, FAS yang diambil sebesar = 0,5,

Berat jenis semen = 3,15

Berat jenis pasir = 2,623

Berat jenis batu bentonit = 1,6

2. Langkah-langkah pembuatan *mix-design* :

- a. Perhitungan *mix design* dengan menggunakan perbandingan volume yang dikonversi kedalam perbandingan berat satuan volume masing-masing bahan.

Berat satuan bahan :

Semen = 3,15

Pasir = 2,623

Batu Bentonit = 1,6

Perbandingan volume (semen : pasir : bentonit = 1 : 2 : 3)

Perbandingan berat bahan :

$$\text{Semen} = \frac{3,15}{3,15} \times 1 = 1$$

$$\text{Pasir} = \frac{2,623}{3,15} \times 2 = 1,6654$$

$$\text{Batu Bentonit} = \frac{1,6}{3,15} \times 3 = 1,5238$$

b. Taksiran berat 1 silinder beton (15 cm x 30 cm) adalah 10 kg.

Kebutuhan bahan untuk 1 silinder :

$$\text{Semen} = \frac{1}{1 + 1,6654 + 1,5238} \times 10 = 2,3871 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = \frac{1,6654}{1 + 1,6654 + 1,5238} \times 10 = 3,9746 \text{ kg}$$

$$\text{Batu Bentonit} = \frac{1,5238}{1 + 1,6654 + 1,5238} \times 10 = 3,6374 \text{ kg}$$

Untuk kebutuhan 5 silinder :

$$\text{Semen} = 5 \times 2,387 = 11,935 \text{ kg} + (11,935 \times 20\%) = 14,323 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 5 \times 3,975 = 19,873 \text{ kg} + (19,873 \times 20\%) = 23,847 \text{ kg}$$

$$\text{Batu Bentonit} = 5 \times 3,637 = 18,185 \text{ kg} + (18,185 \times 20\%) = 21,824 \text{ kg}$$

c. Kebutuhan air yang dipakai untuk 1 silinder :

Total air yang dipakai = $0,5 \times (W_{\text{semen}} + W_{\text{additive}})$

$$0\% = 0,5 \times (2387,1 + 0) = 1193,550 \text{ cc}$$

$$2,5\% = 0,5 \times (2387,1 + 59,678) = 1223,388 \text{ cc}$$

$$5\% = 0,5 \times (2387,1 + 119,355) = 1253,227 \text{ cc}$$

$$7,5\% = 0,5 \times (2387,1 + 179,033) = 1283,066 \text{ cc}$$

$$10\% = 0,5 \times (2387,1 + 238,71) = 1312,904 \text{ cc}$$

Kebutuhan air tiap variasi (5 silinder)

| | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Variasi (%) | 0 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 |
| Volume (lt) | 5,968 | 6,117 | 6,267 | 6,415 | 6,565 |
| Vol + 20 % (lt) | 7,162 | 7,340 | 7,520 | 7,698 | 7,878 |

d. Kebutuhan Silica Fume untuk 5 silinder

| | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Variasi (%) | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 |
| Berat (kg) | 0,358 | 0,717 | 1,076 | 1,435 |

LAMPIRAN 3

DATA BENDA UJI SILINDER BETON I
Beton Ringan dengan variasi silica fume (pra bakar)

| Variasi (%) | No | D (cm) | H (cm) | W (kg) | Ao (cm ²) | Volume (cm ³) | P (KN) | P rata-rata (KN) | f _b (MPa) | f' _{cr} (MPa) | s _d (MPa) | f _c (MPa) |
|-------------|-------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------------|--------|------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | SD1-1 | 15.050 | 30.100 | 10.100 | 177.804 | 5351.914 | 90 | | 5.062 | | | |
| | SD1-2 | 15.100 | 30.500 | 10.000 | 178.988 | 5459.129 | 115 | | 6.425 | | | |
| | SD1-3 | 15.025 | 30.050 | 10.150 | 177.214 | 5325.288 | 110 | | 6.207 | | | |
| | SD1-4 | 15.025 | 29.900 | 10.100 | 177.214 | 5298.706 | 120 | | 6.771 | | | |
| | SD1-5 | 15.050 | 30.000 | 9.800 | 177.804 | 5334.134 | 108 | 108.6 | 6.074 | 6.108 | 0.642 | 5.056 |
| 2,5 | SD2-1 | 14.900 | 29.950 | 9.950 | 174.278 | 5219.622 | 109 | | 6.254 | | | |
| | SD2-2 | 14.950 | 30.000 | 10.000 | 175.449 | 5263.484 | 110 | | 6.270 | | | |
| | SD2-3 | 15.000 | 30.000 | 9.800 | 176.625 | 5298.750 | 106 | | 6.001 | | | |
| | SD2-4 | 14.900 | 29.950 | 10.000 | 174.278 | 5219.622 | 100 | | 5.738 | | | |
| | SD2-5 | 15.050 | 29.500 | 10.100 | 177.804 | 5245.232 | 96 | 104.2 | 5.399 | 5.933 | 0.369 | 5.328 |
| 5 | SD3-1 | 15.050 | 30.000 | 10.050 | 177.804 | 5334.134 | 100 | | 5.624 | | | |
| | SD3-2 | 15.000 | 30.050 | 10.100 | 176.625 | 5307.581 | 114 | | 6.454 | | | |
| | SD3-3 | 15.100 | 29.800 | 9.900 | 178.988 | 5333.838 | 97 | | 5.419 | | | |
| | SD3-4 | 15.000 | 30.100 | 10.100 | 176.625 | 5316.413 | 110 | | 6.228 | | | |
| | SD3-5 | 15.100 | 30.200 | 10.100 | 178.988 | 5405.433 | 104 | 105 | 5.810 | 5.907 | 0.427 | 5.207 |
| 7,5 | SD4-1 | 15.02 | 30 | 10.05 | 177.096 | 5312.889 | 96 | | 5.421 | | | |
| | SD4-2 | 14.95 | 29.98 | 10.09 | 175.449 | 5259.975 | 116 | | 6.612 | | | |
| | SD4-3 | 15 | 30.05 | 10.1 | 176.625 | 5307.581 | 100 | | 5.662 | | | |
| | SD4-4 | 15.05 | 29.9 | 10 | 177.804 | 5316.353 | 124 | | 6.974 | | | |
| | SD4-5 | 15.1 | 30 | 10.1 | 178.988 | 5369.636 | 106 | 108.4 | 5.922 | 6.118 | 0.654 | 5.046 |
| 10 | SD5-1 | 15 | 30.1 | 10.25 | 176.625 | 5316.413 | 120 | | 6.794 | | | |
| | SD5-2 | 14.95 | 29.98 | 10.05 | 175.449 | 5259.975 | 109 | | 6.213 | | | |
| | SD5-3 | 15 | 30 | 10.02 | 176.625 | 5298.750 | 116 | | 6.568 | | | |
| | SD5-4 | 15.1 | 29.9 | 10 | 178.988 | 5351.737 | 130 | | 7.263 | | | |
| | SD5-5 | 14.85 | 30 | 10.05 | 173.110 | 5193.305 | 110 | 117 | 6.354 | 6.638 | 0.413 | 5.961 |

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot S_d$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f'_b - f'_{cr})^2}{N-1}}$$

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^N f'_b}{N}$$

f_b = kuat desak beton dari masing-masing benda uji (MPa)

f'_{cr} = kekuatan desak beton rata-rata (MPa)

N = Jumlah benda uji yang diperiksa

S_d = harga deviasi standar

DATA BENDA UJI SILINDER BETON II
Beton Ringan dengan variasi silica fume (pasca bakar)

| Variasi (%) | No | D (cm) | H (cm) | W (kg) | Ao (cm ²) | Volume (cm ³) | P (KN) | P rata-rata (KN) | f'b (MPa) | f'cr (MPa) | sd (MPa) | f'c (MPa) |
|-------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| 0 | SDB1-1 | 14.95 | 29.85 | 9.150 | 175.449 | 5237.166 | 86 | | 4.902 | | | |
| | SDB1-2 | 15.05 | 30.05 | 9.350 | 177.804 | 5343.024 | 80 | | 4.499 | | | |
| | SDB1-3 | 14.9 | 30.15 | 9.250 | 174.278 | 5254.477 | 70 | | 4.017 | | | |
| | SDB1-4 | 15.08 | 30.01 | 9.200 | 178.514 | 5357.206 | 75 | | 4.201 | | | |
| | SDB1-5 | 15.1 | 30.25 | 9.550 | 178.988 | 5414.382 | 76 | 77.4 | 4.246 | 4.373 | 0.342 | 3.812 |
| 2,5 | SDB2-1 | 14.95 | 30.1 | 9.350 | 175.449 | 5281.029 | 80 | | 4.560 | | | |
| | SDB2-2 | 15 | 30.1 | 9.500 | 176.625 | 5316.413 | 73 | | 4.133 | | | |
| | SDB2-3 | 15 | 30 | 9.370 | 176.625 | 5298.750 | 92 | | 5.209 | | | |
| | SDB2-4 | 14.9 | 30 | 9.200 | 174.278 | 5228.336 | 75 | | 4.303 | | | |
| | SDB2-5 | 15.05 | 29.7 | 9.150 | 177.804 | 5280.793 | 70 | 78 | 3.937 | 4.428 | 0.493 | 3.621 |
| 5 | SDB3-1 | 15 | 30 | 8.850 | 176.625 | 5298.750 | 80 | | 4.529 | | | |
| | SDB3-2 | 14.96 | 29.9 | 8.750 | 175.684 | 5252.959 | 73 | | 4.155 | | | |
| | SDB3-3 | 15.01 | 29.7 | 8.900 | 176.861 | 5252.759 | 75 | | 4.241 | | | |
| | SDB3-4 | 15.1 | 30 | 8.950 | 178.988 | 5369.636 | 83 | | 4.637 | | | |
| | SDB3-5 | 15 | 29.85 | 9.100 | 176.625 | 5272.256 | 85 | 79.2 | 4.812 | 4.475 | 0.274 | 4.026 |
| 7,5 | SDB4-1 | 14.98 | 30.1 | 9.1 | 176.154 | 5302.245 | 87 | | 4.939 | | | |
| | SDB4-2 | 15.1 | 29.9 | 8.7 | 178.988 | 5351.737 | 76 | | 4.246 | | | |
| | SDB4-3 | 14.95 | 29.95 | 9 | 175.449 | 5254.711 | 77 | | 4.389 | | | |
| | SDB4-4 | 14.97 | 29.97 | 9.1 | 175.919 | 5272.299 | 85 | | 4.832 | | | |
| | SDB4-5 | 14.95 | 29.85 | 9.15 | 175.449 | 5237.166 | 87 | 82.4 | 4.959 | 4.673 | 0.332 | 4.129 |
| 10 | SDB5-1 | 15.03 | 29.9 | 9.3 | 177.332 | 5302.233 | 95 | | 5.357 | | | |
| | SDB5-2 | 15.05 | 29.7 | 8.95 | 177.804 | 5280.793 | 88 | | 4.949 | | | |
| | SDB5-3 | 14.9 | 30.15 | 9 | 174.278 | 5254.477 | 75 | | 4.303 | | | |
| | SDB5-4 | 15.2 | 30.1 | 8.9 | 181.366 | 5459.129 | 70 | | 3.860 | | | |
| | SDB5-5 | 15.1 | 29.9 | 8.8 | 178.988 | 5351.737 | 90 | 83.6 | 5.028 | 4.700 | 0.605 | 3.707 |

DATA BENDA UJI SILINDER BETON NORMAL

| Benda Uji | No | D (cm) | H (cm) | W (kg) | Ao (cm ²) | Volume (cm ³) | P (KN) | P rata-rata (KN) | f'b (MPa) | f'cr (MPa) | sd (MPa) | f'c (MPa) |
|-----------|-------|--------|--------|--------|-----------------------|---------------------------|--------|------------------|-----------|------------|----------|-----------|
| 1 | SDN-1 | 14.9 | 30 | 12.4 | 174.278 | 5228.336 | 545 | | 31.272 | | | |
| 2 | SDN-2 | 15.05 | 29.8 | 12.5 | 177.804 | 5298.573 | 570 | | 32.058 | | | |
| 3 | SDN-3 | 15.1 | 29.8 | 12.2 | 178.988 | 5333.838 | 565 | | 31.566 | | | |
| 4 | SDN-4 | 14.9 | 29.9 | 12.2 | 174.278 | 5210.908 | 540 | | 30.985 | | | |
| 5 | SDN-5 | 15 | 29.8 | 12.3 | 176.625 | 5263.425 | 590 | 562 | 33.404 | 31.857 | 0.951 | 30.297 |

Pra Bakar

SD1-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.060 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.017 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.136 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 18 | 5.733 | 0.060 | 0.076 |
| 20 | 2038.736 | 41 | 11.466 | 0.136 | 0.153 |
| 30 | 3058.104 | 72 | 17.199 | 0.239 | 0.256 |
| 40 | 4077.472 | 110 | 22.932 | 0.365 | 0.382 |
| 50 | 5096.840 | 172 | 28.665 | 0.571 | 0.588 |
| 60 | 6116.208 | 182 | 34.399 | 0.605 | 0.621 |
| 70 | 7135.576 | 210 | 40.132 | 0.698 | 0.714 |
| 80 | 8154.944 | 243 | 45.865 | 0.807 | 0.824 |
| 90 | 9174.312 | 297 | 51.598 | 0.987 | 1.003 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD1-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 17.086 | kg/cm ² |
| Lo | 30.500 | cm | σ_2 | 22.781 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.226 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.030 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.292 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 29 | 5.695 | 0.095 | 0.066 |
| 20 | 2038.736 | 48 | 11.390 | 0.157 | 0.128 |
| 30 | 3058.104 | 69 | 17.086 | 0.226 | 0.197 |
| 40 | 4077.472 | 89 | 22.781 | 0.292 | 0.262 |
| 50 | 5096.840 | 115 | 28.476 | 0.377 | 0.348 |
| 60 | 6116.208 | 163 | 34.171 | 0.534 | 0.505 |
| 70 | 7135.576 | 182 | 39.866 | 0.597 | 0.567 |
| 80 | 8154.944 | 210 | 45.561 | 0.689 | 0.659 |
| 90 | 9174.312 | 245 | 51.257 | 0.803 | 0.774 |
| 100 | 10193.680 | 283 | 56.952 | 0.928 | 0.898 |
| 110 | 11213.048 | 330 | 62.647 | 1.082 | 1.052 |
| 120 | 12232.416 | 358 | 68.342 | 1.174 | 1.144 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SDI-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.025 | cm | σ_1 | 5.752 | kg/cm ² |
| Lo | 30.050 | cm | σ_2 | 11.504 | kg/cm ² |
| Ao | 177.214 | cm ² | ϵ_1 | 0.063 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.163 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 19 | 5.752 | 0.063 | 0.100 |
| 20 | 2038.736 | 49 | 11.504 | 0.163 | 0.200 |
| 30 | 3058.104 | 69 | 17.257 | 0.230 | 0.266 |
| 40 | 4077.472 | 87 | 23.009 | 0.290 | 0.326 |
| 50 | 5096.840 | 108 | 28.761 | 0.359 | 0.396 |
| 60 | 6116.208 | 150 | 34.513 | 0.499 | 0.536 |
| 70 | 7135.576 | 180 | 40.265 | 0.599 | 0.636 |
| 80 | 8154.944 | 210 | 46.017 | 0.699 | 0.735 |
| 90 | 9174.312 | 250 | 51.770 | 0.832 | 0.869 |
| 100 | 10193.680 | 290 | 57.522 | 0.965 | 1.002 |
| 110 | 11213.048 | 360 | 63.274 | 1.198 | 1.235 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SDI-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.025 | cm | σ_1 | 11.504 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 17.257 | kg/cm ² |
| Ao | 177.214 | cm ² | ϵ_1 | 0.151 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.003 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.224 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 29 | 5.752 | 0.097 | 0.094 |
| 20 | 2038.736 | 45 | 11.504 | 0.151 | 0.147 |
| 30 | 3058.104 | 67 | 17.257 | 0.224 | 0.221 |
| 40 | 4077.472 | 87 | 23.009 | 0.291 | 0.288 |
| 50 | 5096.840 | 115 | 28.761 | 0.385 | 0.381 |
| 60 | 6116.208 | 142 | 34.513 | 0.475 | 0.472 |
| 70 | 7135.576 | 181 | 40.265 | 0.605 | 0.602 |
| 80 | 8154.944 | 210 | 46.017 | 0.702 | 0.699 |
| 90 | 9174.312 | 233 | 51.770 | 0.779 | 0.776 |
| 100 | 10193.680 | 283 | 57.522 | 0.946 | 0.943 |
| 110 | 11213.048 | 352 | 63.274 | 1.177 | 1.174 |
| 120 | 12232.416 | 455 | 69.026 | 1.522 | 1.518 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Lampiran 3-5

Pra Bakar
SD1-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.063 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.020 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.147 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 19 | 5.733 | 0.063 | 0.083 |
| 20 | 2038.736 | 44 | 11.466 | 0.147 | 0.167 |
| 30 | 3058.104 | 92 | 17.199 | 0.307 | 0.327 |
| 40 | 4077.472 | 95 | 22.932 | 0.317 | 0.337 |
| 50 | 5096.840 | 133 | 28.665 | 0.443 | 0.463 |
| 60 | 6116.208 | 163 | 34.399 | 0.543 | 0.563 |
| 70 | 7135.576 | 199 | 40.132 | 0.663 | 0.683 |
| 80 | 8154.944 | 228 | 45.865 | 0.760 | 0.780 |
| 90 | 9174.312 | 276 | 51.598 | 0.920 | 0.940 |
| 100 | 10193.680 | 290 | 57.331 | 0.967 | 0.987 |
| 110 | 11213.048 | 390 | 63.064 | 1.300 | 1.320 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar
SD2-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.900 | cm | σ_1 | 11.698 | kg/cm ² |
| Lo | 29.950 | cm | σ_2 | 17.547 | kg/cm ² |
| Ao | 174.278 | cm ² | ϵ_1 | 0.174 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.027 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.274 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 31 | 5.849 | 0.104 | 0.130 |
| 20 | 2038.736 | 52 | 11.698 | 0.174 | 0.200 |
| 30 | 3058.104 | 82 | 17.547 | 0.274 | 0.301 |
| 40 | 4077.472 | 112 | 23.396 | 0.374 | 0.401 |
| 50 | 5096.840 | 148 | 29.245 | 0.494 | 0.521 |
| 60 | 6116.208 | 181 | 35.095 | 0.604 | 0.631 |
| 70 | 7135.576 | 254 | 40.944 | 0.848 | 0.875 |
| 80 | 8154.944 | 299 | 46.793 | 0.998 | 1.025 |
| 90 | 9174.312 | 363 | 52.642 | 1.212 | 1.239 |
| 100 | 10193.680 | 433 | 58.491 | 1.446 | 1.472 |
| 110 | 11213.048 | 508 | 64.340 | 1.696 | 1.723 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Lampiran 3-6

Pra Bakar

SD2-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 11.620 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 17.430 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.137 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.023 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.217 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 30 | 5.810 | 0.100 | 0.123 |
| 20 | 2038.736 | 41 | 11.620 | 0.137 | 0.160 |
| 30 | 3058.104 | 65 | 17.430 | 0.217 | 0.240 |
| 40 | 4077.472 | 89 | 23.240 | 0.297 | 0.320 |
| 50 | 5096.840 | 117 | 29.050 | 0.390 | 0.413 |
| 60 | 6116.208 | 142 | 34.860 | 0.473 | 0.497 |
| 70 | 7135.576 | 183 | 40.670 | 0.610 | 0.633 |
| 80 | 8154.944 | 208 | 46.480 | 0.693 | 0.717 |
| 90 | 9174.312 | 258 | 52.290 | 0.860 | 0.883 |
| 100 | 10193.680 | 309 | 58.100 | 1.030 | 1.053 |
| 110 | 11213.048 | 340 | 63.910 | 1.133 | 1.157 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD2-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 5.771 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 11.543 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.097 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.013 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.180 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 29 | 5.771 | 0.097 | 0.083 |
| 20 | 2038.736 | 54 | 11.543 | 0.180 | 0.167 |
| 30 | 3058.104 | 75 | 17.314 | 0.250 | 0.237 |
| 40 | 4077.472 | 101 | 23.085 | 0.337 | 0.323 |
| 50 | 5096.840 | 132 | 28.857 | 0.440 | 0.427 |
| 60 | 6116.208 | 181 | 34.628 | 0.603 | 0.590 |
| 70 | 7135.576 | 199 | 40.400 | 0.663 | 0.650 |
| 80 | 8154.944 | 233 | 46.171 | 0.777 | 0.763 |
| 90 | 9174.312 | 270 | 51.942 | 0.900 | 0.887 |
| 100 | 10193.680 | 329 | 57.714 | 1.097 | 1.083 |
| 110 | 11213.048 | 372 | 63.485 | 1.240 | 1.227 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD2-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.900 | cm | σ_1 | 5.849 | kg/cm ² |
| Lo | 29.500 | cm | σ_2 | 11.698 | kg/cm ² |
| Ao | 174.278 | cm ² | ϵ_1 | 0.085 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.007 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.163 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 25 | 5.849 | 0.085 | 0.078 |
| 20 | 2038.736 | 48 | 11.698 | 0.163 | 0.156 |
| 30 | 3058.104 | 83 | 17.547 | 0.281 | 0.275 |
| 40 | 4077.472 | 122 | 23.396 | 0.414 | 0.407 |
| 50 | 5096.840 | 159 | 29.245 | 0.539 | 0.532 |
| 60 | 6116.208 | 204 | 35.095 | 0.692 | 0.685 |
| 70 | 7135.576 | 244 | 40.944 | 0.827 | 0.820 |
| 80 | 8154.944 | 286 | 46.793 | 0.969 | 0.963 |
| 90 | 9174.312 | 338 | 52.642 | 1.146 | 1.139 |
| 100 | 10193.680 | 439 | 58.491 | 1.488 | 1.481 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD2-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 29.500 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.102 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.003 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.200 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 30 | 5.733 | 0.102 | 0.098 |
| 20 | 2038.736 | 59 | 11.466 | 0.200 | 0.197 |
| 30 | 3058.104 | 82 | 17.199 | 0.278 | 0.275 |
| 40 | 4077.472 | 112 | 22.932 | 0.380 | 0.376 |
| 50 | 5096.840 | 148 | 28.665 | 0.502 | 0.498 |
| 60 | 6116.208 | 182 | 34.399 | 0.617 | 0.614 |
| 70 | 7135.576 | 241 | 40.132 | 0.817 | 0.814 |
| 80 | 8154.944 | 332 | 45.865 | 1.125 | 1.122 |
| 90 | 9174.312 | 418 | 51.598 | 1.417 | 1.414 |
| 100 | 10193.680 | 466 | 57.331 | 1.580 | 1.576 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD3-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.140 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.033 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.247 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 42 | 5.733 | 0.140 | 0.107 |
| 20 | 2038.736 | 74 | 11.466 | 0.247 | 0.213 |
| 30 | 3058.104 | 99 | 17.199 | 0.330 | 0.297 |
| 40 | 4077.472 | 132 | 22.932 | 0.440 | 0.407 |
| 50 | 5096.840 | 168 | 28.665 | 0.560 | 0.527 |
| 60 | 6116.208 | 213 | 34.399 | 0.710 | 0.677 |
| 70 | 7135.576 | 253 | 40.132 | 0.843 | 0.810 |
| 80 | 8154.944 | 309 | 45.865 | 1.030 | 0.997 |
| 90 | 9174.312 | 370 | 51.598 | 1.233 | 1.200 |
| 100 | 10193.680 | 395 | 57.331 | 1.317 | 1.283 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD3-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 17.314 | kg/cm ² |
| Lo | 30.050 | cm | σ_2 | 23.085 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.146 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.173 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.253 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 15 | 5.771 | 0.050 | 0.223 |
| 20 | 2038.736 | 35 | 11.543 | 0.116 | 0.290 |
| 30 | 3058.104 | 44 | 17.314 | 0.146 | 0.319 |
| 40 | 4077.472 | 76 | 23.085 | 0.253 | 0.426 |
| 50 | 5096.840 | 98 | 28.857 | 0.326 | 0.499 |
| 60 | 6116.208 | 123 | 34.628 | 0.409 | 0.582 |
| 70 | 7135.576 | 182 | 40.400 | 0.606 | 0.779 |
| 80 | 8154.944 | 198 | 46.171 | 0.659 | 0.832 |
| 90 | 9174.312 | 212 | 51.942 | 0.705 | 0.879 |
| 100 | 10193.680 | 256 | 57.714 | 0.852 | 1.025 |
| 110 | 11213.048 | 324 | 63.485 | 1.078 | 1.251 |
| 120 | 12232.416 | 358 | 69.256 | 1.191 | 1.364 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Lampiran 3-9

| | | | | | | |
|--------------------|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Pra Bakar SD3-3 | Do | 15.100 | cm | σ_1 | 11.390 | kg/cm ² |
| | Lo | 29.800 | cm | σ_2 | 17.086 | kg/cm ² |
| | Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.215 | 10 ⁻³ mm |
| | Angka Koreksi | 0.020 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.332 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 40 | 5.695 | 0.134 | 0.154 |
| 20 | 2038.736 | 64 | 11.390 | 0.215 | 0.235 |
| 30 | 3058.104 | 99 | 17.086 | 0.332 | 0.352 |
| 40 | 4077.472 | 134 | 22.781 | 0.450 | 0.470 |
| 50 | 5096.840 | 182 | 28.476 | 0.611 | 0.631 |
| 60 | 6116.208 | 223 | 34.171 | 0.748 | 0.768 |
| 70 | 7135.576 | 295 | 39.866 | 0.990 | 1.010 |
| 80 | 8154.944 | 328 | 45.561 | 1.101 | 1.121 |
| 90 | 9174.312 | 370 | 51.257 | 1.242 | 1.262 |
| 100 | 10193.680 | 422 | 56.952 | 1.416 | 1.436 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Pra Bakar SD3-4 | Do | 15.000 | cm | σ_1 | 11.543 | kg/cm ² |
| | Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 17.314 | kg/cm ² |
| | Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.143 | 10 ⁻³ mm |
| | Angka Koreksi | 0.023 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.226 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 21 | 5.771 | 0.070 | 0.093 |
| 20 | 2038.736 | 43 | 11.543 | 0.143 | 0.166 |
| 30 | 3058.104 | 68 | 17.314 | 0.226 | 0.249 |
| 40 | 4077.472 | 92 | 23.085 | 0.306 | 0.329 |
| 50 | 5096.840 | 119 | 28.857 | 0.395 | 0.419 |
| 60 | 6116.208 | 148 | 34.628 | 0.492 | 0.515 |
| 70 | 7135.576 | 181 | 40.400 | 0.601 | 0.625 |
| 80 | 8154.944 | 270 | 46.171 | 0.897 | 0.920 |
| 90 | 9174.312 | 340 | 51.942 | 1.130 | 1.153 |
| 100 | 10193.680 | 430 | 57.714 | 1.429 | 1.452 |
| 110 | 11213.048 | 530 | 63.485 | 1.761 | 1.784 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD3-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 17.086 | kg/cm ² |
| Lo | 30.200 | cm | σ_2 | 22.781 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.242 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.007 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.325 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 29 | 5.695 | 0.096 | 0.103 |
| 20 | 2038.736 | 42 | 11.390 | 0.139 | 0.146 |
| 30 | 3058.104 | 73 | 17.086 | 0.242 | 0.248 |
| 40 | 4077.472 | 98 | 22.781 | 0.325 | 0.331 |
| 50 | 5096.840 | 132 | 28.476 | 0.437 | 0.444 |
| 60 | 6116.208 | 158 | 34.171 | 0.523 | 0.530 |
| 70 | 7135.576 | 213 | 39.866 | 0.705 | 0.712 |
| 80 | 8154.944 | 254 | 45.561 | 0.841 | 0.848 |
| 90 | 9174.312 | 292 | 51.257 | 0.967 | 0.974 |
| 100 | 10193.680 | 351 | 56.952 | 1.162 | 1.169 |
| 110 | 11213.048 | 361 | 62.647 | 1.195 | 1.202 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD4-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.020 | cm | σ_1 | 11.512 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 17.268 | kg/cm ² |
| Ao | 177.096 | cm ² | ϵ_1 | 0.187 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.047 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.257 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 24 | 5.756 | 0.080 | 0.033 |
| 20 | 2038.736 | 56 | 11.512 | 0.187 | 0.140 |
| 30 | 3058.104 | 77 | 17.268 | 0.257 | 0.210 |
| 40 | 4077.472 | 104 | 23.024 | 0.347 | 0.300 |
| 50 | 5096.840 | 114 | 28.780 | 0.380 | 0.333 |
| 60 | 6116.208 | 133 | 34.536 | 0.443 | 0.397 |
| 70 | 7135.576 | 162 | 40.292 | 0.540 | 0.493 |
| 80 | 8154.944 | 193 | 46.048 | 0.643 | 0.597 |
| 90 | 9174.312 | 258 | 51.804 | 0.860 | 0.813 |
| 100 | 10193.680 | 286 | 57.560 | 0.953 | 0.907 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD4-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 5.810 | kg/cm ² |
| Lo | 29.980 | cm | σ_2 | 11.620 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.060 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.017 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.137 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 18 | 5.810 | 0.060 | 0.077 |
| 20 | 2038.736 | 41 | 11.620 | 0.137 | 0.153 |
| 30 | 3058.104 | 68 | 17.430 | 0.227 | 0.243 |
| 40 | 4077.472 | 93 | 23.240 | 0.310 | 0.327 |
| 50 | 5096.840 | 114 | 29.050 | 0.380 | 0.397 |
| 60 | 6116.208 | 143 | 34.860 | 0.477 | 0.494 |
| 70 | 7135.576 | 184 | 40.670 | 0.614 | 0.630 |
| 80 | 8154.944 | 212 | 46.480 | 0.707 | 0.724 |
| 90 | 9174.312 | 243 | 52.290 | 0.811 | 0.827 |
| 100 | 10193.680 | 282 | 58.100 | 0.941 | 0.957 |
| 110 | 11213.048 | 315 | 63.910 | 1.051 | 1.067 |
| 120 | 12232.416 | 358 | 69.720 | 1.194 | 1.211 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD4-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|-------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 0.000 | kg/cm ² |
| Lo | 30.050 | cm | σ_2 | 5.771 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.000 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.000 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.070 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 21 | 5.771 | 0.070 | 0.070 |
| 20 | 2038.736 | 49 | 11.543 | 0.163 | 0.163 |
| 30 | 3058.104 | 67 | 17.314 | 0.223 | 0.223 |
| 40 | 4077.472 | 92 | 23.085 | 0.306 | 0.306 |
| 50 | 5096.840 | 114 | 28.857 | 0.379 | 0.379 |
| 60 | 6116.208 | 151 | 34.628 | 0.502 | 0.502 |
| 70 | 7135.576 | 180 | 40.400 | 0.599 | 0.599 |
| 80 | 8154.944 | 220 | 46.171 | 0.732 | 0.732 |
| 90 | 9174.312 | 390 | 51.942 | 1.298 | 1.298 |
| 100 | 10193.680 | 452 | 57.714 | 1.504 | 1.504 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar
SD4-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 17.199 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 22.932 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.161 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.080 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.241 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 13 | 5.733 | 0.043 | 0.124 |
| 20 | 2038.736 | 31 | 11.466 | 0.104 | 0.184 |
| 30 | 3058.104 | 48 | 17.199 | 0.161 | 0.241 |
| 40 | 4077.472 | 72 | 22.932 | 0.241 | 0.321 |
| 50 | 5096.840 | 94 | 28.665 | 0.314 | 0.395 |
| 60 | 6116.208 | 115 | 34.399 | 0.385 | 0.465 |
| 70 | 7135.576 | 142 | 40.132 | 0.475 | 0.555 |
| 80 | 8154.944 | 168 | 45.865 | 0.562 | 0.642 |
| 90 | 9174.312 | 208 | 51.598 | 0.696 | 0.776 |
| 100 | 10193.680 | 241 | 57.331 | 0.806 | 0.886 |
| 110 | 11213.048 | 276 | 63.064 | 0.923 | 1.003 |
| 120 | 12232.416 | 312 | 68.797 | 1.043 | 1.124 |
| 130 | 13251.784 | 361 | 74.530 | 1.207 | 1.288 |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar
SD4-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 5.695 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 11.390 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.063 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.017 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.143 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 19 | 5.695 | 0.063 | 0.080 |
| 20 | 2038.736 | 43 | 11.390 | 0.143 | 0.160 |
| 30 | 3058.104 | 72 | 17.086 | 0.240 | 0.257 |
| 40 | 4077.472 | 108 | 22.781 | 0.360 | 0.377 |
| 50 | 5096.840 | 113 | 28.476 | 0.377 | 0.393 |
| 60 | 6116.208 | 161 | 34.171 | 0.537 | 0.553 |
| 70 | 7135.576 | 199 | 39.866 | 0.663 | 0.680 |
| 80 | 8154.944 | 231 | 45.561 | 0.770 | 0.787 |
| 90 | 9174.312 | 331 | 51.257 | 1.103 | 1.120 |
| 100 | 10193.680 | 431 | 56.952 | 1.437 | 1.453 |
| 110 | 11213.048 | 522 | 62.647 | 1.740 | 1.757 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD5-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 11.543 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 17.314 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.103 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.173 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 9 | 5.771 | 0.030 | 0.066 |
| 20 | 2038.736 | 31 | 11.543 | 0.103 | 0.140 |
| 30 | 3058.104 | 52 | 17.314 | 0.173 | 0.209 |
| 40 | 4077.472 | 71 | 23.085 | 0.236 | 0.272 |
| 50 | 5096.840 | 90 | 28.857 | 0.299 | 0.336 |
| 60 | 6116.208 | 111 | 34.628 | 0.369 | 0.405 |
| 70 | 7135.576 | 132 | 40.400 | 0.439 | 0.475 |
| 80 | 8154.944 | 158 | 46.171 | 0.525 | 0.561 |
| 90 | 9174.312 | 233 | 51.942 | 0.774 | 0.811 |
| 100 | 10193.680 | 278 | 57.714 | 0.924 | 0.960 |
| 110 | 11213.048 | 349 | 63.485 | 1.159 | 1.196 |
| 120 | 12232.416 | 413 | 69.256 | 1.372 | 1.409 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD5-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 11.620 | kg/cm ² |
| Lo | 29.980 | cm | σ_2 | 17.430 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.110 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.130 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.230 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_o$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 19 | 5.810 | 0.063 | 0.193 |
| 20 | 2038.736 | 33 | 11.620 | 0.110 | 0.240 |
| 30 | 3058.104 | 69 | 17.430 | 0.230 | 0.360 |
| 40 | 4077.472 | 113 | 23.240 | 0.377 | 0.507 |
| 50 | 5096.840 | 156 | 29.050 | 0.520 | 0.650 |
| 60 | 6116.208 | 205 | 34.860 | 0.684 | 0.814 |
| 70 | 7135.576 | 254 | 40.670 | 0.847 | 0.977 |
| 80 | 8154.944 | 312 | 46.480 | 1.041 | 1.171 |
| 90 | 9174.312 | 376 | 52.290 | 1.254 | 1.384 |
| 100 | 10193.680 | 402 | 58.100 | 1.341 | 1.471 |
| 110 | 11213.048 | 456 | 63.910 | 1.521 | 1.651 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD5-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|-------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 0.000 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 5.771 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.000 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.000 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.060 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 18 | 5.771 | 0.060 | 0.060 |
| 20 | 2038.736 | 34 | 11.543 | 0.113 | 0.113 |
| 30 | 3058.104 | 61 | 17.314 | 0.203 | 0.203 |
| 40 | 4077.472 | 89 | 23.085 | 0.297 | 0.297 |
| 50 | 5096.840 | 104 | 28.857 | 0.347 | 0.347 |
| 60 | 6116.208 | 123 | 34.628 | 0.410 | 0.410 |
| 70 | 7135.576 | 157 | 40.400 | 0.523 | 0.523 |
| 80 | 8154.944 | 183 | 46.171 | 0.610 | 0.610 |
| 90 | 9174.312 | 215 | 51.942 | 0.717 | 0.717 |
| 100 | 10193.680 | 253 | 57.714 | 0.843 | 0.843 |
| 110 | 11213.048 | 314 | 63.485 | 1.047 | 1.047 |
| 120 | 12232.416 | 368 | 69.256 | 1.227 | 1.227 |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD5-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 11.390 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 17.086 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.114 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.033 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.187 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 13 | 5.695 | 0.043 | 0.077 |
| 20 | 2038.736 | 34 | 11.390 | 0.114 | 0.147 |
| 30 | 3058.104 | 56 | 17.086 | 0.187 | 0.221 |
| 40 | 4077.472 | 74 | 22.781 | 0.247 | 0.281 |
| 50 | 5096.840 | 94 | 28.476 | 0.314 | 0.348 |
| 60 | 6116.208 | 114 | 34.171 | 0.381 | 0.415 |
| 70 | 7135.576 | 144 | 39.866 | 0.482 | 0.515 |
| 80 | 8154.944 | 173 | 45.561 | 0.579 | 0.612 |
| 90 | 9174.312 | 209 | 51.257 | 0.699 | 0.732 |
| 100 | 10193.680 | 245 | 56.952 | 0.819 | 0.853 |
| 110 | 11213.048 | 298 | 62.647 | 0.997 | 1.030 |
| 120 | 12232.416 | 335 | 68.342 | 1.120 | 1.154 |
| 130 | 13251.784 | 413 | 74.037 | 1.381 | 1.415 |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pra Bakar

SD5-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.850 | cm | σ_1 | 11.777 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 17.666 | kg/cm ² |
| Ao | 173.110 | cm ² | ϵ_1 | 0.130 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.063 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.227 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/Lo$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 13 | 5.889 | 0.043 | 0.107 |
| 20 | 2038.736 | 39 | 11.777 | 0.130 | 0.193 |
| 30 | 3058.104 | 68 | 17.666 | 0.227 | 0.290 |
| 40 | 4077.472 | 81 | 23.554 | 0.270 | 0.333 |
| 50 | 5096.840 | 103 | 29.443 | 0.343 | 0.407 |
| 60 | 6116.208 | 123 | 35.331 | 0.410 | 0.473 |
| 70 | 7135.576 | 208 | 41.220 | 0.693 | 0.757 |
| 80 | 8154.944 | 270 | 47.108 | 0.900 | 0.963 |
| 90 | 9174.312 | 390 | 52.997 | 1.300 | 1.363 |
| 100 | 10193.680 | 475 | 58.886 | 1.583 | 1.647 |
| 110 | 11213.048 | 660 | 64.774 | 2.200 | 2.263 |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB1-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 5.810 | kg/cm ² |
| Lo | 29.850 | cm | σ_2 | 11.620 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.147 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.332 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 44 | 5.810 | 0.147 | 0.184 |
| 20 | 2038.736 | 99 | 11.620 | 0.332 | 0.369 |
| 30 | 3058.104 | 177 | 17.430 | 0.593 | 0.630 |
| 40 | 4077.472 | 261 | 23.240 | 0.874 | 0.911 |
| 50 | 5096.840 | 272 | 29.050 | 0.911 | 0.948 |
| 60 | 6116.208 | 315 | 34.860 | 1.055 | 1.092 |
| 70 | 7135.576 | 465 | 40.670 | 1.558 | 1.595 |
| 80 | 8154.944 | 685 | 46.480 | 2.295 | 2.332 |
| 90 | 9174.312 | 780 | 52.290 | 2.613 | 2.650 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB1-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 30.050 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.150 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.017 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.316 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 45 | 5.733 | 0.150 | 0.166 |
| 20 | 2038.736 | 95 | 11.466 | 0.316 | 0.333 |
| 30 | 3058.104 | 162 | 17.199 | 0.539 | 0.556 |
| 40 | 4077.472 | 215 | 22.932 | 0.715 | 0.732 |
| 50 | 5096.840 | 280 | 28.665 | 0.932 | 0.948 |
| 60 | 6116.208 | 374 | 34.399 | 1.245 | 1.261 |
| 70 | 7135.576 | 409 | 40.132 | 1.361 | 1.378 |
| 80 | 8154.944 | 515 | 45.865 | 1.714 | 1.730 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB1-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|-------|---------------------|
| Do | 14.900 | cm | σ_1 | 0.000 | kg/cm ² |
| Lo | 30.150 | cm | σ_2 | 5.849 | kg/cm ² |
| Ao | 174.278 | cm ² | ϵ_1 | 0.000 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.000 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.176 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 53 | 5.849 | 0.176 | 0.176 |
| 20 | 2038.736 | 122 | 11.698 | 0.405 | 0.405 |
| 30 | 3058.104 | 189 | 17.547 | 0.627 | 0.627 |
| 40 | 4077.472 | 267 | 23.396 | 0.886 | 0.886 |
| 50 | 5096.840 | 293 | 29.245 | 0.972 | 0.972 |
| 60 | 6116.208 | 492 | 35.095 | 1.632 | 1.632 |
| 70 | 7135.576 | 574 | 40.944 | 1.904 | 1.904 |
| 80 | 8154.944 | | | | |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB1-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.080 | cm | σ_1 | 5.710 | kg/cm ² |
| Lo | 30.010 | cm | σ_2 | 11.421 | kg/cm ² |
| Ao | 178.514 | cm ² | ϵ_1 | 0.137 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.123 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.267 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 41 | 5.710 | 0.137 | 0.260 |
| 20 | 2038.736 | 80 | 11.421 | 0.267 | 0.390 |
| 30 | 3058.104 | 112 | 17.131 | 0.373 | 0.497 |
| 40 | 4077.472 | 186 | 22.841 | 0.620 | 0.743 |
| 50 | 5096.840 | 274 | 28.551 | 0.913 | 1.036 |
| 60 | 6116.208 | 409 | 34.262 | 1.363 | 1.486 |
| 70 | 7135.576 | 440 | 39.972 | 1.466 | 1.589 |
| 80 | 8154.944 | 609 | 45.682 | 2.029 | 2.153 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB1-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 5.695 | kg/cm ² |
| Lo | 30.250 | cm | σ_2 | 11.390 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.225 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.093 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.542 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 68 | 5.695 | 0.225 | 0.317 |
| 20 | 2038.736 | 164 | 11.390 | 0.542 | 0.635 |
| 30 | 3058.104 | 289 | 17.086 | 0.955 | 1.048 |
| 40 | 4077.472 | 388 | 22.781 | 1.283 | 1.375 |
| 50 | 5096.840 | 445 | 28.476 | 1.471 | 1.564 |
| 60 | 6116.208 | 589 | 34.171 | 1.947 | 2.040 |
| 70 | 7135.576 | 674 | 39.866 | 2.228 | 2.321 |
| 80 | 8154.944 | 850 | 45.561 | 2.810 | 2.902 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB2-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 11.620 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 17.430 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.272 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.073 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.445 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 41 | 5.810 | 0.136 | 0.209 |
| 20 | 2038.736 | 82 | 11.620 | 0.272 | 0.346 |
| 30 | 3058.104 | 134 | 17.430 | 0.445 | 0.518 |
| 40 | 4077.472 | 244 | 23.240 | 0.811 | 0.884 |
| 50 | 5096.840 | 345 | 29.050 | 1.146 | 1.219 |
| 60 | 6116.208 | 471 | 34.860 | 1.565 | 1.638 |
| 70 | 7135.576 | 705 | 40.670 | 2.342 | 2.415 |
| 80 | 8154.944 | 780 | 46.480 | 2.591 | 2.664 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB2-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 11.543 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 17.314 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.113 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.206 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.272 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L / L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 23 | 5.771 | 0.076 | 0.282 |
| 20 | 2038.736 | 34 | 11.543 | 0.113 | 0.319 |
| 30 | 3058.104 | 82 | 17.314 | 0.272 | 0.478 |
| 40 | 4077.472 | 174 | 23.085 | 0.578 | 0.784 |
| 50 | 5096.840 | 205 | 28.857 | 0.681 | 0.887 |
| 60 | 6116.208 | 261 | 34.628 | 0.867 | 1.073 |
| 70 | 7135.576 | 331 | 40.400 | 1.100 | 1.306 |
| 80 | 8154.944 | 385 | 46.171 | 1.279 | 1.485 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB2-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | cm | σ_1 | 17.314 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 23.085 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | cm ² | ϵ_1 | 0.450 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.020 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.607 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L / L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 34 | 5.771 | 0.113 | 0.133 |
| 20 | 2038.736 | 82 | 11.543 | 0.273 | 0.293 |
| 30 | 3058.104 | 135 | 17.314 | 0.450 | 0.470 |
| 40 | 4077.472 | 182 | 23.085 | 0.607 | 0.627 |
| 50 | 5096.840 | 233 | 28.857 | 0.777 | 0.797 |
| 60 | 6116.208 | 298 | 34.628 | 0.993 | 1.013 |
| 70 | 7135.576 | 372 | 40.400 | 1.240 | 1.260 |
| 80 | 8154.944 | 462 | 46.171 | 1.540 | 1.560 |
| 90 | 9174.312 | 790 | 51.942 | 2.633 | 2.653 |
| 100 | 10193.680 | 830 | 57.714 | 2.767 | 2.787 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB2-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.900 | cm | σ_1 | 11.698 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | cm | σ_2 | 17.547 | kg/cm ² |
| Ao | 174.278 | cm ² | ϵ_1 | 0.253 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.053 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.407 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 38 | 5.849 | 0.127 | 0.180 |
| 20 | 2038.736 | 76 | 11.698 | 0.253 | 0.307 |
| 30 | 3058.104 | 122 | 17.547 | 0.407 | 0.460 |
| 40 | 4077.472 | 164 | 23.396 | 0.547 | 0.600 |
| 50 | 5096.840 | 275 | 29.245 | 0.917 | 0.970 |
| 60 | 6116.208 | 568 | 35.095 | 1.893 | 1.947 |
| 70 | 7135.576 | 790 | 40.944 | 2.633 | 2.687 |
| 80 | 8154.944 | 850 | 46.793 | 2.833 | 2.887 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB2-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 5.733 | kg/cm ² |
| Lo | 29.700 | cm | σ_2 | 11.466 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.165 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.000 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.330 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 49 | 5.733 | 0.165 | 0.165 |
| 20 | 2038.736 | 98 | 11.466 | 0.330 | 0.330 |
| 30 | 3058.104 | 134 | 17.199 | 0.451 | 0.451 |
| 40 | 4077.472 | 191 | 22.932 | 0.643 | 0.643 |
| 50 | 5096.840 | 245 | 28.665 | 0.825 | 0.825 |
| 60 | 6116.208 | 573 | 34.399 | 1.929 | 1.929 |
| 70 | 7135.576 | 620 | 40.132 | 2.088 | 2.088 |
| 80 | 8154.944 | | | | |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Lampiran 3-21

Pasca Bakar
SDB3-1

| | | | | |
|---------------|---------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | σ_1 | 5.771 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | σ_2 | 11.543 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | ϵ_1 | 0.213 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.013 | ϵ_2 | 0.440 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 64 | 5.771 | 0.213 | 0.227 |
| 20 | 2038.736 | 132 | 11.543 | 0.440 | 0.453 |
| 30 | 3058.104 | 196 | 17.314 | 0.653 | 0.667 |
| 40 | 4077.472 | 205 | 23.085 | 0.683 | 0.697 |
| 50 | 5096.840 | 294 | 28.857 | 0.980 | 0.993 |
| 60 | 6116.208 | 596 | 34.628 | 1.987 | 2.000 |
| 70 | 7135.576 | 680 | 40.400 | 2.267 | 2.280 |
| 80 | 8154.944 | 755 | 46.171 | 2.517 | 2.530 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB3-2

| | | | | |
|---------------|---------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.960 | σ_1 | 11.605 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | σ_2 | 17.407 | kg/cm ² |
| Ao | 175.684 | ϵ_1 | 0.505 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.050 | ϵ_2 | 0.732 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 74 | 5.802 | 0.247 | 0.197 |
| 20 | 2038.736 | 151 | 11.605 | 0.505 | 0.455 |
| 30 | 3058.104 | 219 | 17.407 | 0.732 | 0.682 |
| 40 | 4077.472 | 246 | 23.209 | 0.823 | 0.773 |
| 50 | 5096.840 | 346 | 29.011 | 1.157 | 1.107 |
| 60 | 6116.208 | 480 | 34.814 | 1.605 | 1.555 |
| 70 | 7135.576 | 540 | 40.616 | 1.806 | 1.756 |
| 80 | 8154.944 | 615 | 46.418 | 2.057 | 2.007 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB3-3

| | | | | |
|---------------|---------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.010 | σ_1 | 11.527 | kg/cm ² |
| Lo | 29.700 | σ_2 | 17.291 | kg/cm ² |
| Ao | 176.861 | ϵ_1 | 0.316 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.067 | ϵ_2 | 0.508 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 48 | 5.764 | 0.162 | 0.229 |
| 20 | 2038.736 | 94 | 11.527 | 0.316 | 0.384 |
| 30 | 3058.104 | 151 | 17.291 | 0.508 | 0.576 |
| 40 | 4077.472 | 252 | 23.055 | 0.848 | 0.916 |
| 50 | 5096.840 | 390 | 28.818 | 1.313 | 1.380 |
| 60 | 6116.208 | 430 | 34.582 | 1.448 | 1.515 |
| 70 | 7135.576 | 675 | 40.346 | 2.273 | 2.340 |
| 80 | 8154.944 | 720 | 46.109 | 2.424 | 2.492 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB3-4

| | | | | |
|---------------|---------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | σ_1 | 5.695 | kg/cm ² |
| Lo | 30.000 | σ_2 | 11.390 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | ϵ_1 | 0.013 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.113 | ϵ_2 | 0.140 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 4 | 5.695 | 0.013 | 0.127 |
| 20 | 2038.736 | 42 | 11.390 | 0.140 | 0.253 |
| 30 | 3058.104 | 109 | 17.086 | 0.363 | 0.477 |
| 40 | 4077.472 | 178 | 22.781 | 0.593 | 0.707 |
| 50 | 5096.840 | 258 | 28.476 | 0.860 | 0.973 |
| 60 | 6116.208 | 345 | 34.171 | 1.150 | 1.263 |
| 70 | 7135.576 | 406 | 39.866 | 1.353 | 1.467 |
| 80 | 8154.944 | 627 | 45.561 | 2.090 | 2.203 |
| 90 | 9174.312 | 685 | 51.257 | 2.283 | 2.397 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB3-5

| | | | | |
|---------------|---------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.000 | σ_1 | 17.314 | kg/cm ² |
| Lo | 29.850 | σ_2 | 23.085 | kg/cm ² |
| Ao | 176.625 | ϵ_1 | 0.412 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.492 | ϵ_2 | 0.714 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 31 | 5.771 | 0.104 | 0.596 |
| 20 | 2038.736 | 75 | 11.543 | 0.251 | 0.744 |
| 30 | 3058.104 | 123 | 17.314 | 0.412 | 0.905 |
| 40 | 4077.472 | 213 | 23.085 | 0.714 | 1.206 |
| 50 | 5096.840 | 297 | 28.857 | 0.995 | 1.487 |
| 60 | 6116.208 | 402 | 34.628 | 1.347 | 1.839 |
| 70 | 7135.576 | 493 | 40.400 | 1.652 | 2.144 |
| 80 | 8154.944 | 567 | 46.171 | 1.899 | 2.392 |
| 90 | 9174.312 | 697 | 51.942 | 2.335 | 2.827 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB4-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.980 | cm | σ_1 | 5.787 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 11.574 | kg/cm ² |
| Ao | 176.154 | cm ² | ϵ_1 | 0.106 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.249 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 32 | 5.787 | 0.106 | 0.143 |
| 20 | 2038.736 | 75 | 11.574 | 0.249 | 0.286 |
| 30 | 3058.104 | 138 | 17.360 | 0.458 | 0.495 |
| 40 | 4077.472 | 182 | 23.147 | 0.605 | 0.641 |
| 50 | 5096.840 | 211 | 28.934 | 0.701 | 0.738 |
| 60 | 6116.208 | 280 | 34.721 | 0.930 | 0.967 |
| 70 | 7135.576 | 323 | 40.508 | 1.073 | 1.110 |
| 80 | 8154.944 | 456 | 46.294 | 1.515 | 1.551 |
| 90 | 9174.312 | 510 | 52.081 | 1.694 | 1.731 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB4-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 17.086 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 22.781 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.237 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.274 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.408 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 0 | 5.695 | 0.000 | 0.274 |
| 20 | 2038.736 | 36 | 11.390 | 0.120 | 0.395 |
| 30 | 3058.104 | 71 | 17.086 | 0.237 | 0.512 |
| 40 | 4077.472 | 122 | 22.781 | 0.408 | 0.682 |
| 50 | 5096.840 | 309 | 28.476 | 1.033 | 1.308 |
| 60 | 6116.208 | 384 | 34.171 | 1.284 | 1.559 |
| 70 | 7135.576 | 482 | 39.866 | 1.612 | 1.886 |
| 80 | 8154.944 | 664 | 45.561 | 2.221 | 2.495 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB4-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 5.810 | kg/cm ² |
| Lo | 29.950 | cm | σ_2 | 11.620 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.140 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.030 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.311 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 42 | 5.810 | 0.140 | 0.170 |
| 20 | 2038.736 | 93 | 11.620 | 0.311 | 0.341 |
| 30 | 3058.104 | 144 | 17.430 | 0.481 | 0.511 |
| 40 | 4077.472 | 186 | 23.240 | 0.621 | 0.651 |
| 50 | 5096.840 | 253 | 29.050 | 0.845 | 0.875 |
| 60 | 6116.208 | 330 | 34.860 | 1.102 | 1.132 |
| 70 | 7135.576 | 690 | 40.670 | 2.304 | 2.334 |
| 80 | 8154.944 | 770 | 46.480 | 2.571 | 2.601 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB4-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.970 | cm | σ_1 | 5.795 | kg/cm ² |
| Lo | 29.970 | cm | σ_2 | 11.589 | kg/cm ² |
| Ao | 175.919 | cm ² | ϵ_1 | 0.180 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.050 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.310 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 54 | 5.795 | 0.180 | 0.130 |
| 20 | 2038.736 | 93 | 11.589 | 0.310 | 0.260 |
| 30 | 3058.104 | 145 | 17.384 | 0.484 | 0.434 |
| 40 | 4077.472 | 199 | 23.178 | 0.664 | 0.614 |
| 50 | 5096.840 | 244 | 28.973 | 0.814 | 0.764 |
| 60 | 6116.208 | 268 | 34.767 | 0.894 | 0.844 |
| 70 | 7135.576 | 362 | 40.562 | 1.208 | 1.158 |
| 80 | 8154.944 | 446 | 46.356 | 1.488 | 1.438 |
| 90 | 9174.312 | 510 | 52.151 | 1.702 | 1.652 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB4-5

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.950 | cm | σ_1 | 5.810 | kg/cm ² |
| Lo | 29.850 | cm | σ_2 | 11.620 | kg/cm ² |
| Ao | 175.449 | cm ² | ϵ_1 | 0.124 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.285 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 37 | 5.810 | 0.124 | 0.161 |
| 20 | 2038.736 | 85 | 11.620 | 0.285 | 0.322 |
| 30 | 3058.104 | 124 | 17.430 | 0.415 | 0.452 |
| 40 | 4077.472 | 310 | 23.240 | 1.039 | 1.075 |
| 50 | 5096.840 | 374 | 29.050 | 1.253 | 1.290 |
| 60 | 6116.208 | 493 | 34.860 | 1.652 | 1.688 |
| 70 | 7135.576 | 592 | 40.670 | 1.983 | 2.020 |
| 80 | 8154.944 | 680 | 46.480 | 2.278 | 2.315 |
| 90 | 9174.312 | 705 | 52.290 | 2.362 | 2.399 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB5-1

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.030 | cm | σ_1 | 5.748 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 11.497 | kg/cm ² |
| Ao | 177.332 | cm ² | ϵ_1 | 0.107 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.037 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.251 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 32 | 5.748 | 0.107 | 0.144 |
| 20 | 2038.736 | 75 | 11.497 | 0.251 | 0.288 |
| 30 | 3058.104 | 126 | 17.245 | 0.421 | 0.458 |
| 40 | 4077.472 | 176 | 22.993 | 0.589 | 0.625 |
| 50 | 5096.840 | 211 | 28.742 | 0.706 | 0.742 |
| 60 | 6116.208 | 280 | 34.490 | 0.936 | 0.973 |
| 70 | 7135.576 | 313 | 40.238 | 1.047 | 1.084 |
| 80 | 8154.944 | 403 | 45.987 | 1.348 | 1.385 |
| 90 | 9174.312 | 523 | 51.735 | 1.749 | 1.786 |
| 100 | 10193.680 | 675 | 57.484 | 2.258 | 2.294 |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB5-2

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.050 | cm | σ_1 | 11.466 | kg/cm ² |
| Lo | 29.700 | cm | σ_2 | 17.199 | kg/cm ² |
| Ao | 177.804 | cm ² | ϵ_1 | 0.374 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | -0.057 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.532 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 59 | 5.733 | 0.199 | 0.141 |
| 20 | 2038.736 | 111 | 11.466 | 0.374 | 0.316 |
| 30 | 3058.104 | 158 | 17.199 | 0.532 | 0.475 |
| 40 | 4077.472 | 224 | 22.932 | 0.754 | 0.697 |
| 50 | 5096.840 | 276 | 28.665 | 0.929 | 0.872 |
| 60 | 6116.208 | 349 | 34.399 | 1.175 | 1.118 |
| 70 | 7135.576 | 382 | 40.132 | 1.286 | 1.229 |
| 80 | 8154.944 | 596 | 45.865 | 2.007 | 1.949 |
| 90 | 9174.312 | 730 | 51.598 | 2.458 | 2.401 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB5-3

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 14.900 | cm | σ_1 | 5.849 | kg/cm ² |
| Lo | 30.150 | cm | σ_2 | 11.698 | kg/cm ² |
| Ao | 174.278 | cm ² | ϵ_1 | 0.106 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.066 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.279 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 32 | 5.849 | 0.106 | 0.172 |
| 20 | 2038.736 | 84 | 11.698 | 0.279 | 0.345 |
| 30 | 3058.104 | 115 | 17.547 | 0.381 | 0.448 |
| 40 | 4077.472 | 185 | 23.396 | 0.614 | 0.680 |
| 50 | 5096.840 | 256 | 29.245 | 0.849 | 0.915 |
| 60 | 6116.208 | 264 | 35.095 | 0.876 | 0.942 |
| 70 | 7135.576 | 314 | 40.944 | 1.041 | 1.108 |
| 80 | 8154.944 | 430 | 46.793 | 1.426 | 1.493 |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar

SDB5-4

| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|--------|---------------------|
| Do | 15.200 | cm | σ_1 | 5.620 | kg/cm ² |
| Lo | 30.100 | cm | σ_2 | 11.241 | kg/cm ² |
| Ao | 181.366 | cm ² | ϵ_1 | 0.140 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.033 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.312 | 10 ⁻³ mm |

| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 42 | 5.620 | 0.140 | 0.173 |
| 20 | 2038.736 | 94 | 11.241 | 0.312 | 0.346 |
| 30 | 3058.104 | 173 | 16.861 | 0.575 | 0.608 |
| 40 | 4077.472 | 224 | 22.482 | 0.744 | 0.777 |
| 50 | 5096.840 | 283 | 28.102 | 0.940 | 0.973 |
| 60 | 6116.208 | 568 | 33.723 | 1.887 | 1.920 |
| 70 | 7135.576 | 630 | 39.343 | 2.093 | 2.126 |
| 80 | 8154.944 | | | | |
| 90 | 9174.312 | | | | |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

Pasca Bakar
SDB5-5

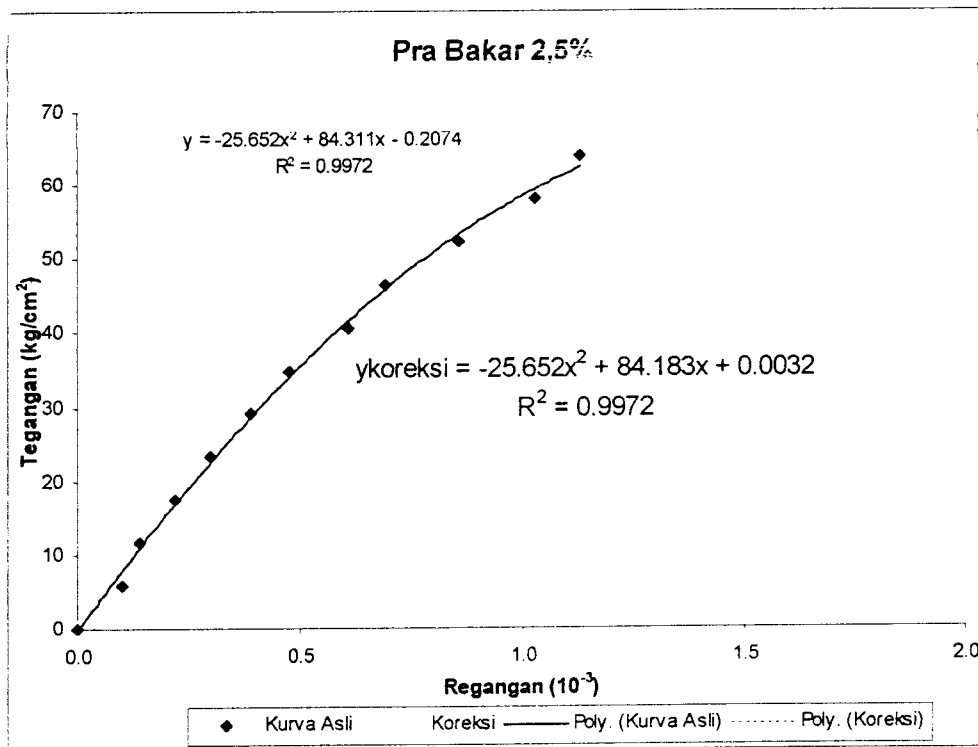
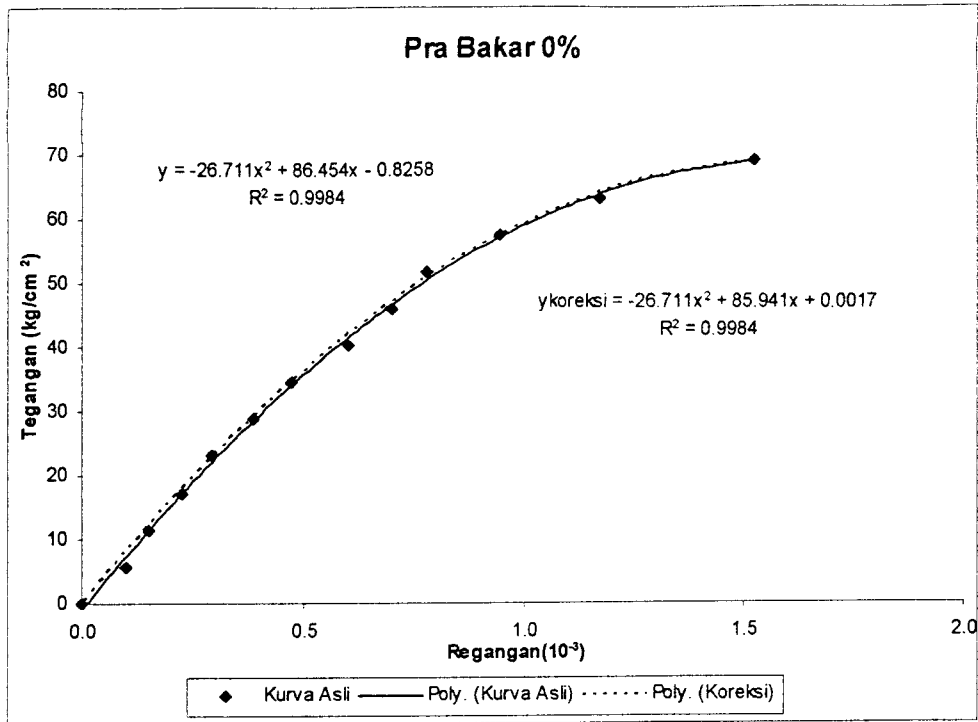
| | | | | | |
|---------------|---------|---------------------|--------------|-------|---------------------|
| Do | 15.100 | cm | σ_1 | 5.70 | kg/cm ² |
| Lo | 29.900 | cm | σ_2 | 11.39 | kg/cm ² |
| Ao | 178.988 | cm ² | ϵ_1 | 0.10 | 10 ⁻³ mm |
| Angka Koreksi | 0.060 | 10 ⁻³ mm | ϵ_2 | 0.25 | 10 ⁻³ mm |

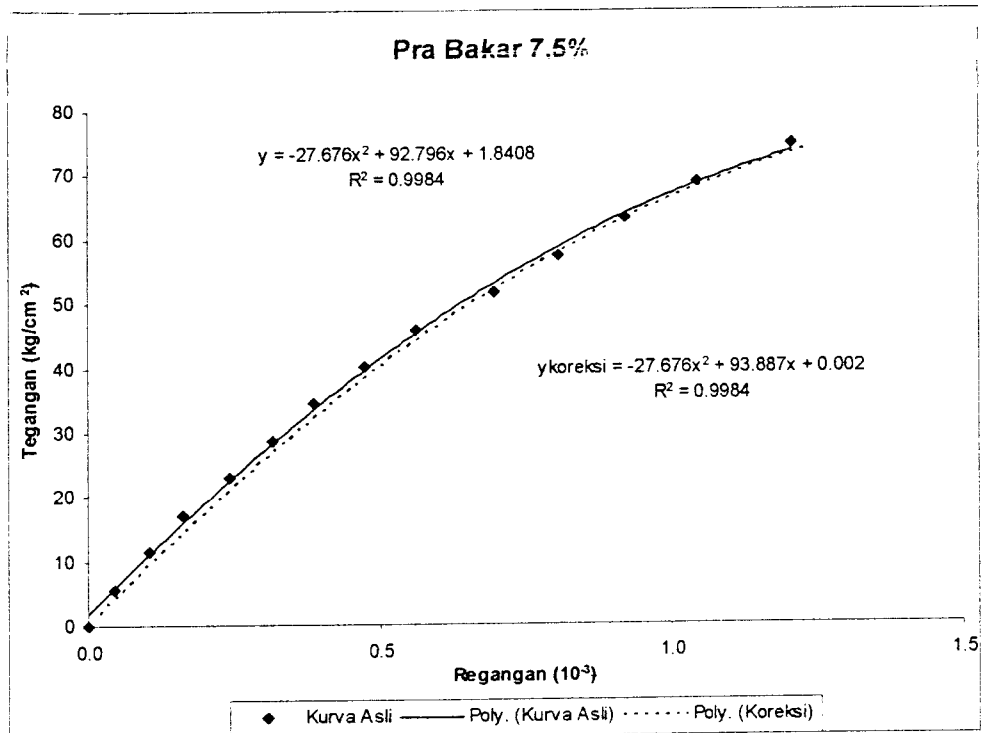
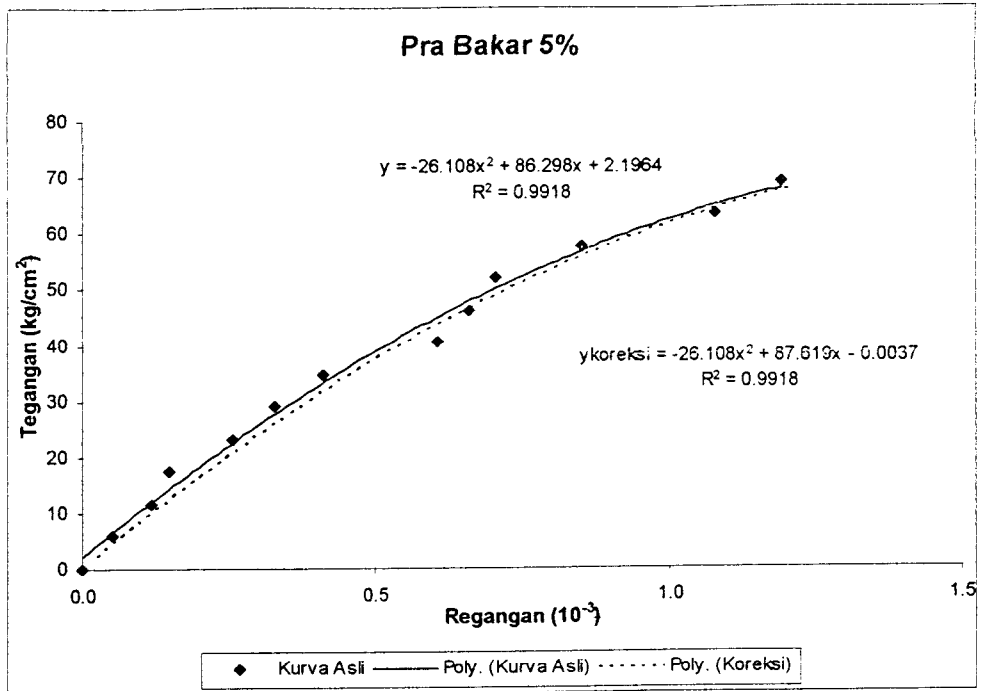
| Beban (KN) | Beban (Kg) | ΔL (10 ⁻³ mm) | σ (kg/cm ²) | $\epsilon = \Delta L/L_0$ (10 ⁻³ mm) | ϵ koreksi |
|------------|------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
| 0 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 1019.368 | 29 | 5.695 | 0.097 | 0.157 |
| 20 | 2038.736 | 76 | 11.390 | 0.254 | 0.314 |
| 30 | 3058.104 | 146 | 17.086 | 0.488 | 0.548 |
| 40 | 4077.472 | 227 | 22.781 | 0.759 | 0.819 |
| 50 | 5096.840 | 251 | 28.476 | 0.839 | 0.900 |
| 60 | 6116.208 | 346 | 34.171 | 1.157 | 1.217 |
| 70 | 7135.576 | 423 | 39.866 | 1.415 | 1.475 |
| 80 | 8154.944 | 513 | 45.561 | 1.716 | 1.776 |
| 90 | 9174.312 | 656 | 51.257 | 2.194 | 2.254 |
| 100 | 10193.680 | | | | |
| 110 | 11213.048 | | | | |
| 120 | 12232.416 | | | | |
| 130 | 13251.784 | | | | |
| 140 | 14271.152 | | | | |
| 150 | 15290.520 | | | | |
| 160 | 16309.888 | | | | |

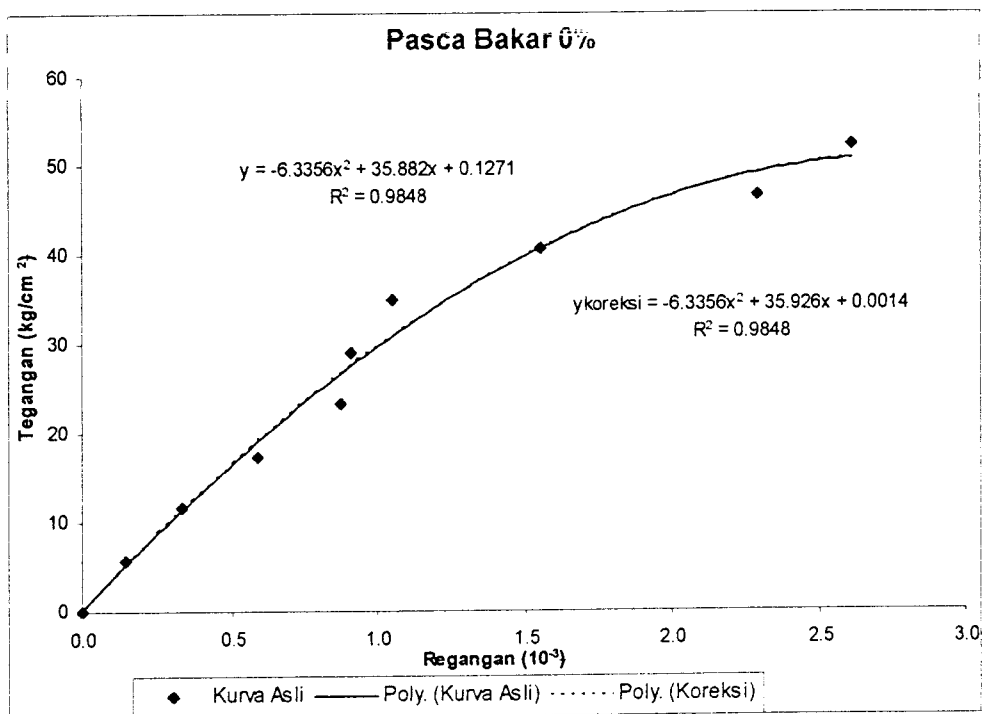
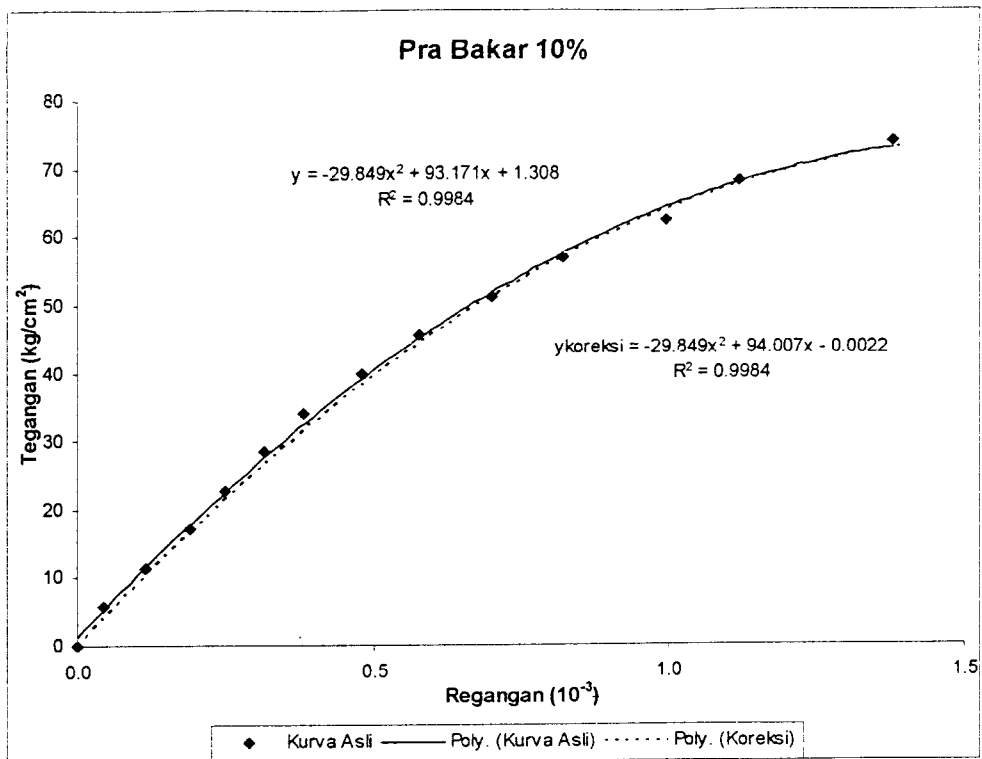
DATA BERAT VOLUME BENDA UJI SILINDER BETON II
Beton Ringan dengan variasi silica fume (pasca bakar)

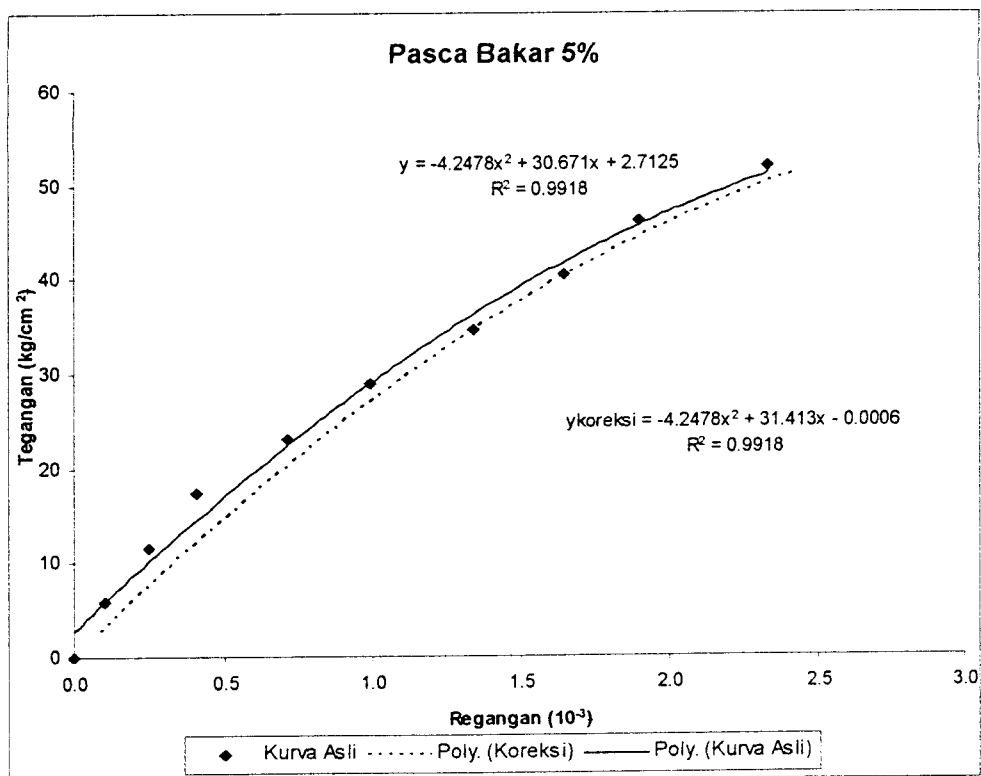
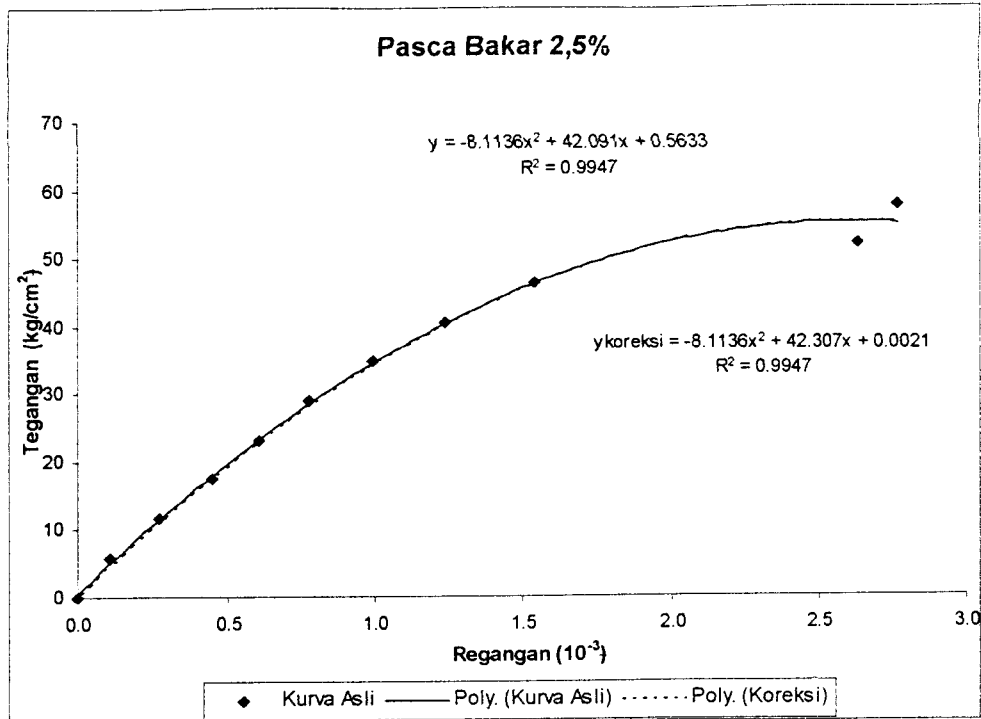
| No | D (cm) | H (cm) | W (kg) | Ao (cm ²) | Volume (cm ³) | Bv (kg/m ³) | Bvr (kg/m ³) |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| SDB1-1 | 14.95 | 29.85 | 9.150 | 175.449 | 5237.166 | 1747.128 | 1747.7221 |
| SDB1-2 | 15.05 | 30.05 | 9.350 | 177.804 | 5343.024 | 1749.9453 | |
| SDB1-3 | 14.9 | 30.15 | 9.250 | 174.278 | 5254.477 | 1760.4035 | |
| SDB1-4 | 15.08 | 30.01 | 9.200 | 178.514 | 5357.206 | 1717.3131 | |
| SDB1-5 | 15.1 | 30.25 | 9.550 | 178.988 | 5414.382 | 1763.8207 | |
| SDB2-1 | 14.95 | 30.1 | 9.350 | 175.449 | 5281.029 | 1770.4883 | 1763.6172 |
| SDB2-2 | 15 | 30.1 | 9.500 | 176.625 | 5316.413 | 1786.9193 | |
| SDB2-3 | 15 | 30 | 9.370 | 176.625 | 5298.750 | 1768.3416 | |
| SDB2-4 | 14.9 | 30 | 9.200 | 174.278 | 5228.336 | 1759.6422 | |
| SDB2-5 | 15.05 | 29.7 | 9.150 | 177.804 | 5280.793 | 1732.6945 | |
| SDB3-1 | 15 | 30 | 8.850 | 176.625 | 5298.750 | 1670.2052 | 1684.6153 |
| SDB3-2 | 14.96 | 29.9 | 8.750 | 175.684 | 5252.959 | 1665.7278 | |
| SDB3-3 | 15.01 | 29.7 | 8.900 | 176.861 | 5252.759 | 1694.3476 | |
| SDB3-4 | 15.1 | 30 | 8.950 | 178.988 | 5369.636 | 1666.7798 | |
| SDB3-5 | 15 | 29.85 | 9.100 | 176.625 | 5272.256 | 1726.0163 | |
| SDB4-1 | 14.98 | 30.1 | 9.1 | 176.154 | 5302.245 | 1716.2542 | 1705.5547 |
| SDB4-2 | 15.1 | 29.9 | 8.7 | 178.988 | 5351.737 | 1625.6405 | |
| SDB4-3 | 14.95 | 29.95 | 9 | 175.449 | 5254.711 | 1712.7487 | |
| SDB4-4 | 14.97 | 29.97 | 9.1 | 175.919 | 5272.299 | 1726.0024 | |
| SDB4-5 | 14.95 | 29.85 | 9.15 | 175.449 | 5237.166 | 1747.128 | |
| SDB5-1 | 15.03 | 29.9 | 9.3 | 177.332 | 5302.233 | 1753.978 | 1687.2494 |
| SDB5-2 | 15.05 | 29.7 | 8.95 | 177.804 | 5280.793 | 1694.8214 | |
| SDB5-3 | 14.9 | 30.15 | 9 | 174.278 | 5254.477 | 1712.825 | |
| SDB5-4 | 15.2 | 30.1 | 8.9 | 181.366 | 5459.129 | 1630.2968 | |
| SDB5-5 | 15.1 | 29.9 | 8.8 | 178.988 | 5351.737 | 1644.326 | |

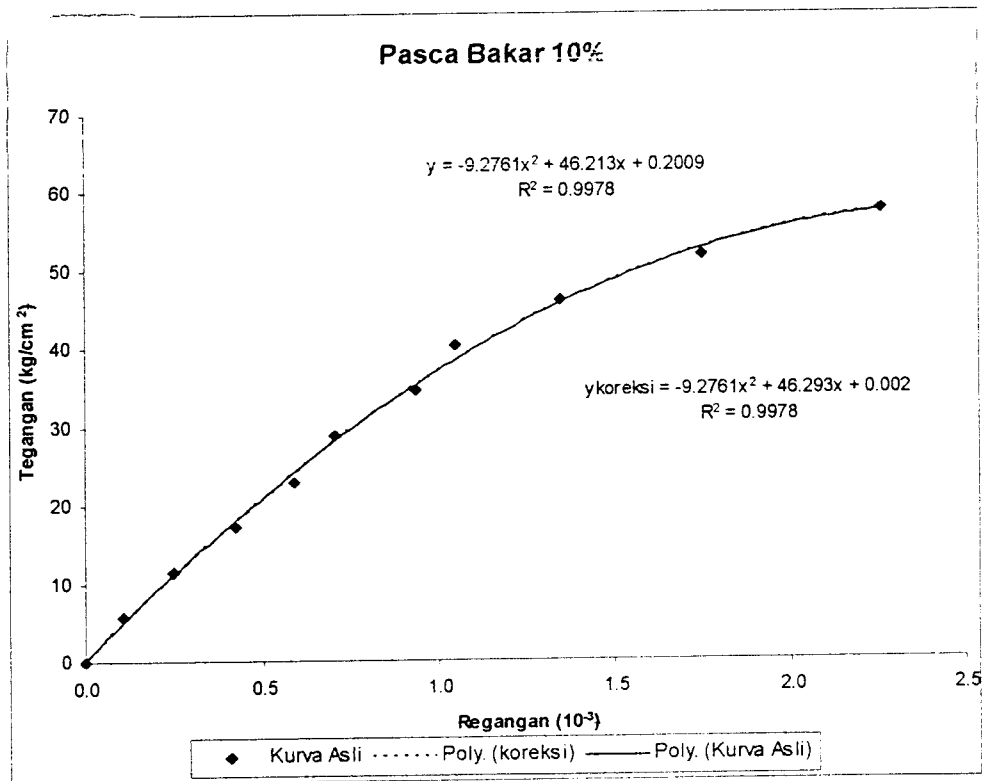
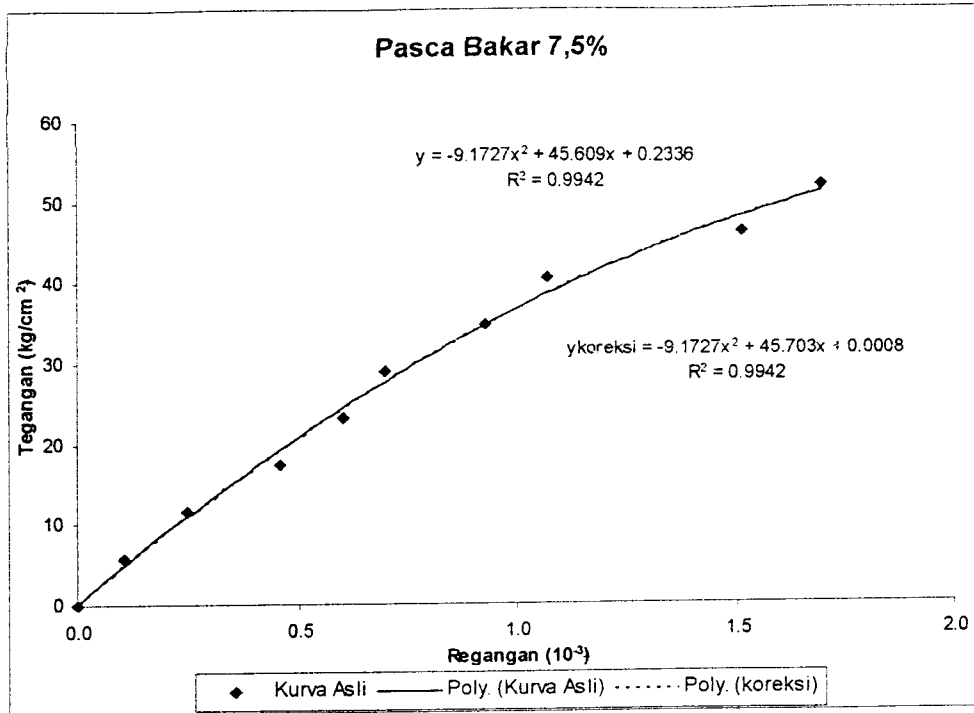
LAMPIRAN 4



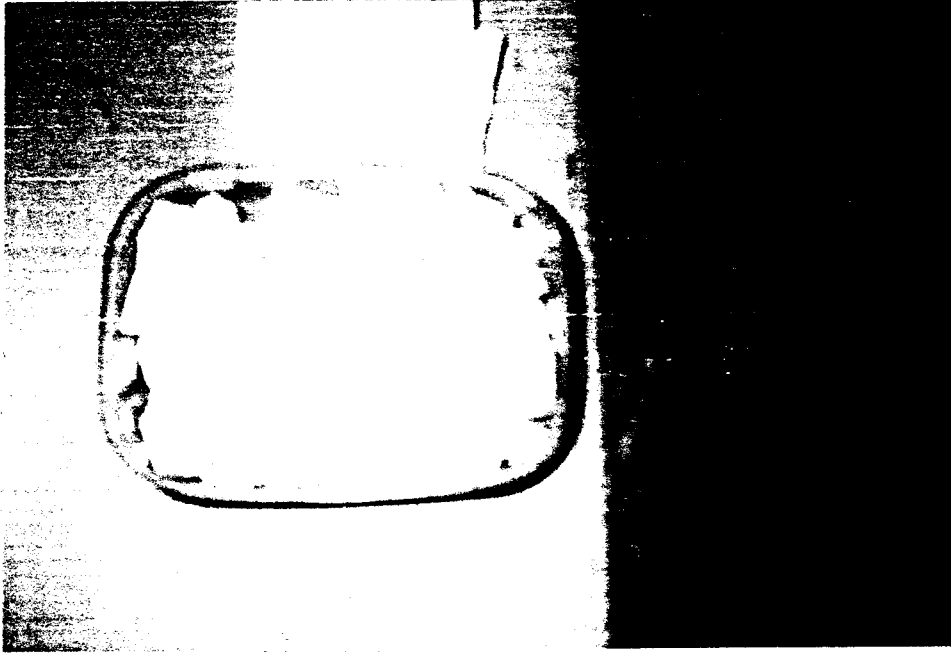




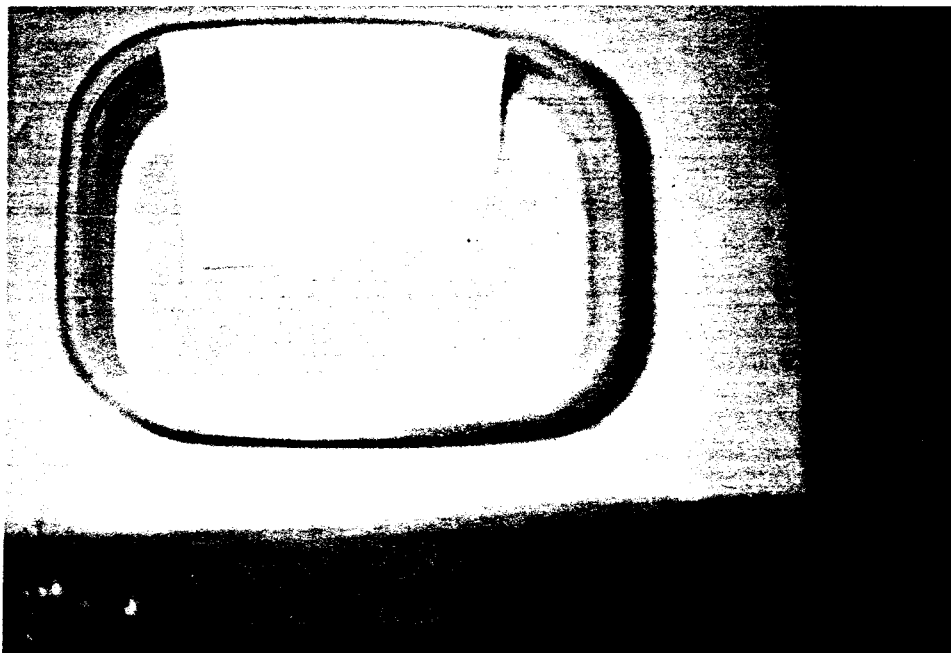




LAMPIRAN 5



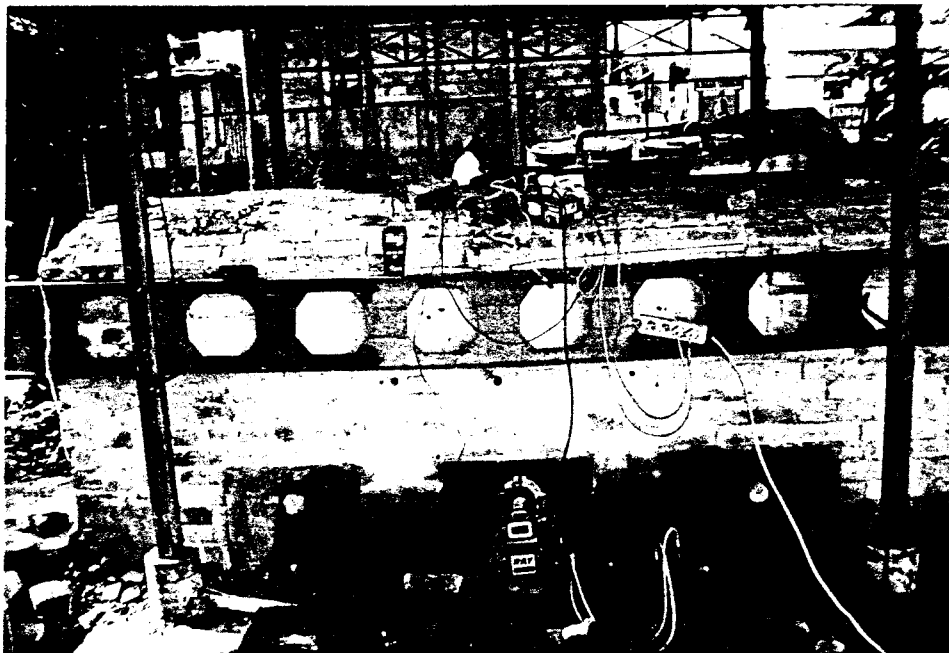
Gambar 1. Agregat Kasar batu Bentonit



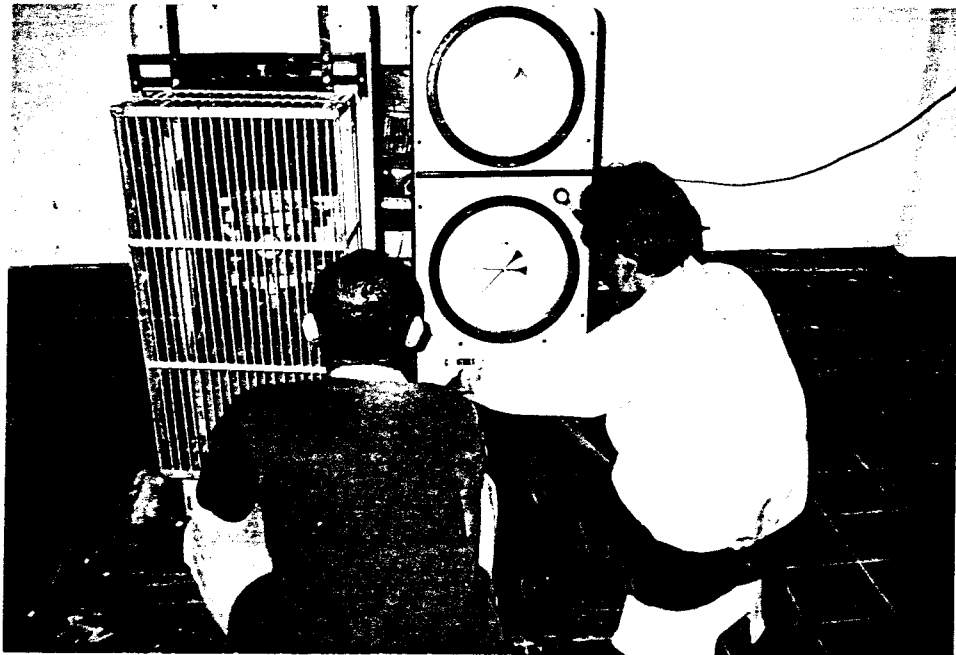
Gambar 2. Bahan Tambah *Silica Fume*



Gambar 3. Perawatan beton dengan perendaman air



Gambar 4. Tungku pembakaran, *burner* dan *thermochouple*



Gambar 5. Pengujian kuat desak beton



Gambar 6. Benda uji setelah diuji desak



Gambar 7. Limbah beton dari pengujian kuat desak

LAMPIRAN 6



UNTUK MAHASISWA

FM-UII-AA-FPU-09

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

| NO. | N A M A | NO. MHS. | BID.STUDI |
|-----|---------------------|------------|--------------|
| 1 | Nomida Setradi | 99 511 257 | Teknik Sipil |
| 2 | Dani Purwo Prasetyo | 99 511 377 | Teknik Sipil |

JUDUL TUGAS AKHIR :

Pengaruh variasi penambahan silica fume terhadap kuat desak beton dengan penggunaan batu bentonit sebagai agregat kasar pada beton ringan

PERIODE III : MARET - AGUSTUS

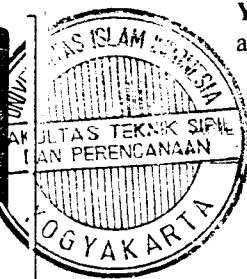
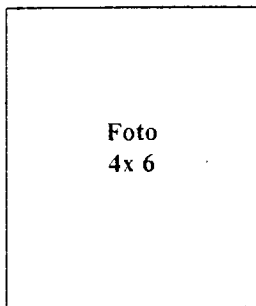
TAHUN : 2003- 2004

| No. | Kegiatan | Bulan Ke : | | | | | |
|-----|----------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | Mar. | Apr. | Mei. | Jun. | Jul. | Aug. |
| 1. | Pendaftaran | ■ | | | | | |
| 2. | Penentuan Dosen Pembimbing | ■ | | | | | |
| 3. | Pembuatan Proposal | | ■ | | | | |
| 4. | Seminar Proposal | | ■ | ■ | | | |
| 5. | Konsultasi Penyusunan TA. | | | ■ | ■ | ■ | |
| 6. | Sidang-Sidang | | | | | ■ | ■ |
| 7. | Pendadaran. | | | | | | ■ |

DOSEN PEMBIMBING I : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D
 DOSEN PEMBIMBING II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS

11-Mei-04

Yogyakarta,
 a.n. Dekan,



Ir.H.Munadhir.MT

Catatan.

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

Setiap kali mahasiswa konsultasi dosen pembimbing diminta untuk selalu menanyakan KRS Mahasiswa yang bersangkutan yang didalamnya harus tercantum SKS TA (tugas Akhir), bila SKS TA tidak tercantum maka dosen tidak boleh melayani konsultasi mahasiswa yang bersangkutan



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JL. KALIURANG KM.14,4 TELP.895042
 EMAIL : FTSP.UII.AC.ID JOGJAKARTA KODE POS 55584

UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSESI KONSULTASI
TUGAS AKHIR MAHASISWA

PEROIDE KE : III (Mar 04 - Agst 04)

| NO | NAMA | NO.MHS | BID.STUDI |
|----|---------------------|------------|--------------|
| 1. | Nomida Setiadi | 99 511 257 | Teknik Sipil |
| 2. | Dani Purwo Prasetyo | 99 511 377 | Teknik Sipil |

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh variasi penambahan silica fume terhadap kuat desak beton dengan penggunaan batu bentonit sebagai agregat kasar pada beton ringan

DOSEN PEMBIMBING I : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS

Pas Foto
4 x 6



YOGYAKARTA, 11-Mei-04
 Universitas Islam Indonesia
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 H. Munadhir, MS



الجامعة الإسلامية

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

Nomor : 340 /Dek.70/FTSP/IV/2004
Lamp. : -
Hal : Ijin peminjaman Lab. BKT

Jogyakarta, 11-May-04

Kepada Yth : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
FTSP - UII Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, **Jurusan Teknik Sipil** Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan **Universitas Islam Indonesia** Yogyakarta yang bernama sbb :

| No | Nama Mahasiswa | No.Mahasiswa |
|----|---------------------|--------------|
| 1. | Nomida Setiadi | 99 511 257 |
| 2. | Dani Purwo Prasetyo | 99 511 377 |

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan **bantuan nya untuk dapat meminjamkan fasilitas Lab. BKT Jurusan Teknik Sipil FT. UII**, untuk mendukung penyusunan Tugas Akhir, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/ Ibu sudilah kiranya dapat memberikan bantuan yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Demikian permohonan kami , atas perkenan serta bantuan dan bimbingannya diucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu' alaikum Wr.Wb

D e k a n .



Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D.

Tembusan :

- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



الجامعة الإسلامية
INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN : TEKNIK SIPIL, ARSITEKTUR, TEKNIK LINGKUNGAN
KAMPUS : Jalan Kaliurang KM 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707, 896440. Fax: 895330
Email : dekanat@ftsp.uii.ac.id. Yogyakarta Kode Pos 55584

Nomor : 390 /Dek.70/FTSP/IV/2004 Jogjakarta, 23-Jun-04
Lamp. : -
Hal : ljin penggunaan Lab. Struktur JTS. FT. UGM

Kepada Yth : Kepala Laboratorium Struktur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Di-
Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

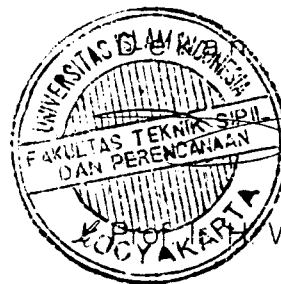
Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, **Jurusan Teknik Sipil** Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan **Universitas Islam Indonesia** Yogyakarta yang bernama sbb :

| No | Nama Mahasiswa | No.Mahasiswa |
|----|---------------------|--------------|
| 1. | Nomida Setiadi | 99 511 257 |
| 2 | Dani Purwo Prasetyo | 99 511 377 |

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan **bantuan nya untuk dapat menggunakan fasilitas Lab. Struktur Teknik Sipil FT. UGM**, untuk mendukung penyusunan Tugas Akhir, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/ Ibu sudilah kiranya dapat memberikan bantuan yang diperlukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Demikian permohonan kami , atas perkenan serta bantuan dan bimbingannya diucapkan banyak terima kasih.

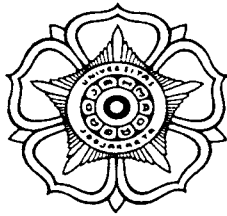
Wassalamu'alaikum Wr.Wb




Widodo, MSCE. Ph.D.

Tembusan :

- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



LABORATORIUM TEKNIK STRUKTUR

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta-55281 Ph. 0274 - 546541, 902293, Fax. : 0274-545676

Nomor : 0198 / LTS / VII / 2004
Hal : Ijin Penggunaan Lab.
Lampiran :-

Yogyakarta, 06 Juli 2004

Kepada Yth.
Dekan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Dengan hormat,

Menanggapi permohonan saudara nomor : 390/Dek.70/FTSP/IV/2004 tanggal 23 Juni 2004 perihal Permohonan Penggunaan Alat Laboratorium untuk mengadakan Pembakaran Benda Uji atas nama :

1. Sdr. **NOMIDA SETIADI No.Mhs. 99 511 257**

yang akan melakukan penelitian di laboratorium Teknik Struktur dengan menggunakan Tungku Pembakaran, Burner dan Thermo Couple yang ada, dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir, dengan ini diberitahukan bahwa :

Permohonan tersebut dapat disetujui

Selanjutnya mahasiswa tersebut diminta untuk mencatatkan diri ke Sekretariat Laboratorium Teknik Struktur (Sdr. Heri Mulyono), dengan membawa surat Persetujuan ini dan membayar uang sejumlah Rp. 300.000,00 (tiga ratus ribu rupiah) dengan perincian pemeliharaan lab. Rp. 50.000,- dan biaya pemakaian alat Rp. 250.000,- dibayarkan melalui rekening nomor : 228.005706384.901 Bank BNI cabang UGM Yogyakarta a.n. Dr.Ir. H.Morisco (Kepala Laboratorium Teknik Struktur)

Demikian harap maklum dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih

Kepala,

Ir. Morisco, Ph.D.
NIP 130516868

Tembusan :

→ Kepada : sdr. **NOMIDA SETIADI No.Mhs. 99 511 257**
Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fak.Teknik Sipil dan Perencanaan UII Yk

Waktu mencatatkan diri di Sekretariat saudara diminta menyerahkan :

1. Surat Permohonan Penggunaan Lab. yang sudah disetujui Ka. Lab.Struktur.
2. fotokopi bukti pembayaran Bank BNI 1946 cabang UGM untuk keperluan tersebut



Concrete Admixtures

SikaFume® Densified Silica Fume

DESCRIPTION

SikaFume is a new generation concrete additive in a fine powder form based on silica fume technology.

SikaFume is used as a highly effective additive for the production of high quality concrete.

*Contains more than 96% Si O₂ particle size less than one micron.
(100 times finer than cement)*

USES

SikaFume is used to increase the density, durability and compressive strength of concrete.

ADVANTAGES

The use of SikaFume improves the performance characteristics of concrete in the follows ways :

Increased workability over a longer period of time.

Improves the cohesiveness and stability of green concrete.

Durability greatly increased.

Water permeability of set concrete reduced.

Permeability to gases greatly decreased.

Greatly improved resistance to carbonation

Infiltration of chlorides greatly reduced.

Very high early and ultimate strengths.

SikaFume contains no chlorides or other potentially corrosive substances. It can therefore be used with complete safety in reinforced and prestressed concrete.

DOSAGE

3% - 10% by weight of cement.

SikaFume is compatible with most Sika admixture.

Please consult our Technical Service Division for further information.

**INSTRUCTION
FOR USE**

SikaFume should be dry-mixed with other concrete components before the mixing water is added. After the water is added, further mixing is required to allow the even distribution of ingredients throughout the mixed concrete.

For increased effectiveness, it is advisable to incorporate a super plasticiser such as Sikament-Range into the concrete mix.

CAUTIONS

SikaFume is a powder product.

Wearing a mask is advisable when pouring the product into the mixer.

**TECHNICAL
DATA**

| | |
|--------------|-------------------------|
| FORM | Powder |
| COLOUR | Grey |
| BULK DENSITY | Approx 0.5 kg/l |
| SHELF LIFE | unlimited when unopened |
| PACKAGING | 20 kg bag |

