

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| PERPUSTAKAAN FTSP UII |               |
| RADIAH/SELI           |               |
| TGL. TERIMA :         | 5-12-2007     |
| NO. JUDUL :           | 2694          |
| NO. INV. :            | 5120002694001 |
| NO. INDUK :           | 002694        |

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN  
DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR PANAS LAPINDO  
BRANTAS SIDOARJO TERHADAP PERMEABILITAS  
DAN KUAT DESAK BETON**



Disusun Oleh :

**MUHAMMAD ITSNA FARID**

02 511 084

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

MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN  
DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR PANAS LAPINDO  
BRANTAS SIDOARJO TERHADAP PERMEABILITAS  
DAN KUAT DESAK BETON**

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta

Disusun Oleh :

**MUHAMMAD ITSNA FARID**

**02 511 084**

Tel

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

**IR.  
Do:**

**2007**

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum wr. wb**

Puji syukur penulis panjatkan ke-hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR PANAS LAPINDO BRANTAS SIDOARJO TERHADAP PERMEABILITAS DAN KUAT DESAK BETON ”**.

Penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh jenjang kesarjanaan S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univesitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan kesempatan, bimbingan dan bantuan selama penyusunan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

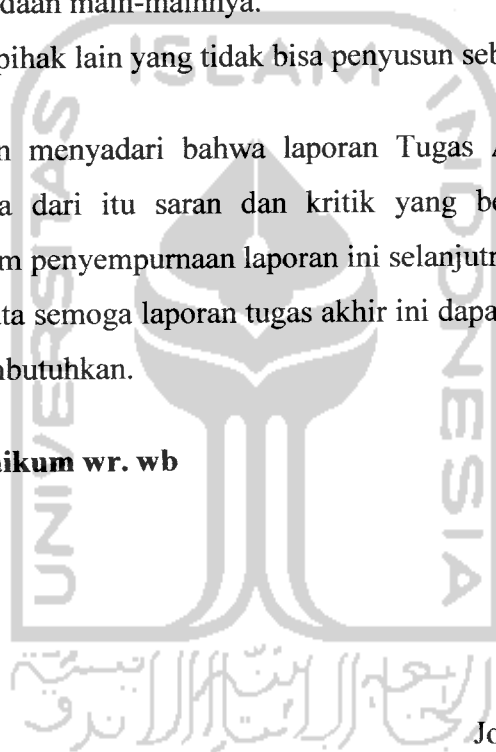
1. Prof. Dr. H. Edy Suandi Hamid, M.Ec selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. DR. Ir. Ruzardi, MSCE selaku Dekan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. H . Faisol AM, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
5. Ir. Tri Fajar Budiyono, MT, selaku Dosen Tamu.
6. Ir. Soesastrawan, MS, selaku Dosen Tamu.
7. Ayahanda H. Suwandi, SAg dan Ibunda Hj. Sri Nuryati, SH serta Keluarga yang telah membimbing dan kasih sayangnya.
8. Ayangku Nevy Lukfiyati, SE yang telah memberikan semangat dan perhatiannya.

9. Teman-teman Sipil 2002 khususnya kelas B : Soni, Epoy, Herex, Ade, Ba2y, Aponk dll yang sudah membantu menyusun laporan ini.
10. Anak-anak “ Suminah Boy ” : Koro, Buang, Aldi, Wira, Iqbal, Boni, dan Yoga trims ya buat “nguli” barengnya.
11. Teman-teman seperjuangan : Danang, Putra, Lia, Mas Yori, Paman, Adi, Kirey dan Roni yang telah bekerjasama dengan baik selama tugas akhir dan dalam penyusunan laporan ini.
12. Orong-orong balap racing team : Mandra, Bedor, I2k, dan Rani thanx atas godaan main-mainnya.
13. Pihak-pihak lain yang tidak bisa penyusun sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, maka dari itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan laporan ini selanjutnya.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

**Wassalamu’alaikum wr. wb**



Jogjakarta, September 2007

Penyusun



## ABSTRAKSI

Beton mempunyai kelebihan antara lain ; kuat desak tinggi, tahan terhadap panas dan lain-lain. Bahan pokok penyusun beton antara lain semen, air, pasir, dan batu pecah (agregat kasar). Luapan Lumpur Panas Sidoarjo 2006, merupakan kasus menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006, menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Semen merupakan bahan ikat yang cukup mahal harganya, sehingga dalam campuran adukan beton (*mix design*) diusahakan untuk menggunakan proporsi semen seefisien mungkin, hal ini mendorong penggunaan bahan pengganti semen. Oleh karena itu perlu diadakan suatu penelitian menggunakan alternatif bahan *pozzolan* yaitu lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo yang bertujuan dapat mengurangi proporsi jumlah semen dalam campuran beton tanpa mengurangi kekuatannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pangaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo terhadap permeabilitas dan kuat desak beton dibandingkan dengan beton normal, dengan variasi persentase mulai dari 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% dan 12,5%. Jumlah sample terdiri dari 5 buah silinder untuk uji kuat desak dan 3 buah silinder untuk uji permeabilitas untuk masing-masing variasi.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen, nilai kuat desak dan kuat tarik mengalami penurunan, sedangkan nilai permeabilitas mengalami peningkatan. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar persentase penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo maka kekuatan beton semakin menurun. Dengan memperhatikan kondisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo tidak dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam campuran adukan beton, dan beton dengan variasi lumpur tersebut tidak dapat dipakai untuk bangunan yang memerlukan kedekatan atau bangunan yang bersinggungan dengan air.

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                  | i       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                             | iii     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                 | iv      |
| <b>ABSTRAKSI</b> .....                                      | vi      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                     | vii     |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                   | x       |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                  | xii     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                | xiii    |
| <b>DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN</b> .....          | xiv     |
| <br>  |         |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN</b>                                   |         |
| 1.1 Latar Belakang .....                                    | 1       |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                   | 3       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                 | 4       |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                | 4       |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                   | 5       |
| <br>  |         |
| <b>BAB II. TINJAUAN PENELITIAN</b>                          |         |
| 2.1 Pengertian Umum .....                                   | 7       |
| 2.2 Lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo .....                   | 7       |
| 2.3 Permeabilitas/Sifat Tembus Air .....                    | 8       |
| 2.3 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan .....            | 9       |
| 2.3.1 Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana (1996) .....      | 9       |
| 2.3.2 Heru Dwi Hantara dan Arif Faidlur Rohman (1999) ..... | 10      |
| 2.3.3 Susilo dan Khusronudin (1999) .....                   | 11      |
| 2.3.4 Ramadhan Yory Hervanda (2007) .....                   | 11      |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.4 Keaslian Penelitian ..... | 12 |
|-------------------------------|----|

### **BAB III. LANDASAN TEORI**

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Beton .....                                       | 14 |
| 3.2 Material Penyusun Beton .....                     | 17 |
| 3.2.1 Air .....                                       | 17 |
| 3.2.2 Agregat .....                                   | 19 |
| 3.2.3 Semen Portland .....                            | 23 |
| 3.3 Bahan Tambah Pengganti Semen .....                | 26 |
| 3.4 Faktor Air Semen .....                            | 28 |
| 3.5 Slump .....                                       | 29 |
| 3.6 Kemudahan Pengerjaan ( <i>Workability</i> ) ..... | 29 |
| 3.7 Modulus Elastisitas .....                         | 31 |
| 3.8 Kuat Desak Beton .....                            | 31 |
| 3.9 Kuat Tarik Beton .....                            | 33 |
| 3.10 Permeabilitas .....                              | 34 |
| 3.11 Ketentuan Pembuatan Benda Uji .....              | 35 |
| 3.12 Metode Perencanaan Adukan Beton .....            | 35 |
| 3.13 Pengadukan Beton .....                           | 45 |

### **BAB IV. METODELOGI PENELITIAN**

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Bahan-bahan .....                                      | 46 |
| 4.2 Peralatan .....  | 46 |
| 4.3 Pemeriksaan Material yang digunakan .....              | 47 |
| 4.4 Perhitungan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) ..... | 48 |
| 4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji .....                | 52 |
| 4.6 Pengujian Kuat Desak Benda Uji .....                   | 53 |
| 4.7 Pengujian Kuat Tarik-Belah Benda Uji .....             | 54 |
| 4.8 Pengujian Permeabilitas Benda Uji .....                | 54 |
| 4.9 Pengolahan Data .....                                  | 55 |

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 4.10 Langkah-langkah Penelitian ..... | 56 |
|---------------------------------------|----|

## **BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

|  |    |
|--|----|
| 5.1 Pengertian Umum .....  | 57 |
| 5.2 Proses Pembuatan Benda Uji .....                                       | 57 |
| 5.3 Nilai Slump dan Workability .....                                      | 58 |
| 5.4 Hasil Pengujian Kuat Desak .....                                       | 60 |
| 5.5 Perbandingan $f'_{cr}$ Rencana dan $f'_{cr}$ Hasil Penelitian .....    | 65 |
| 5.6 Hasil Pengujian Tegangan Regangan dan Modulus Elastisitas .....        | 65 |
| 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik .....                                       | 68 |
| 5.6 Hasil Pengujian Permeabilitas .....                                    | 61 |
| 5.7 Hubungan Kuat Tekan ( $f'_c$ ) dengan Kuat Tarik ( $f_t$ ) Beton ..... | 75 |

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 6.1 Kesimpulan ..... | 77 |
| 6.2 Saran .....      | 78 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 79 |
|-----------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>LAMPIRAN</b> ..... | 81 |
|-----------------------|----|

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1.1 Tabel kebutuhan benda uji .....  | 6       |
| Tabel 2.1 Tabel perbandingan kandungan <i>pozzolan</i> lumpur lapindo dengan<br>semen .....                | 8       |
| Tabel 3.1 Tabel gradasi pasir .....  | 22      |
| Tabel 3.2 Tabel gradasi kerikil .....  | 22      |
| Tabel 3.3 Tabel susunan unsur semen biasa .....  | 24      |
| Tabel 3.4 Tabel komposisi unsur utama semen portland .....   | 24      |
| Tabel 3.5 Tabel nilai <i>slump</i> untuk berbagai macam struktur .....                                     | 29      |
| Tabel 3.6 Tabel angka konversi benda uji beton .....   | 35      |
| Tabel 3.7 Tabel tingkat pengendalian pekerjaan .....   | 36      |
| Tabel 3.8 Tabel faktor pengali deviasi standar .....   | 36      |
| Tabel 3.9 Tabel nilai kuat tekan beton .....   | 39      |
| Tabel 3.10 Tabel penetapan nilai slump .....   | 40      |
| Tabel 3.11 Tabel kebutuhan air per meter kubik beton .....   | 41      |
| Tabel 3.12 Tabel kebutuhan semen minimum .....   | 42      |
| Tabel 4.1 Tabel kebutuhan bahan campuran beton normal .....  | 52      |
| Tabel 4.2 Tabel kebutuhan lumpur Lapindo sebagai pengganti semen.....                                      | 52      |
| Tabel 5.1 Tabel hubungan antar slump dengan kadar lumpur Lapindo sebagai<br>pengganti sebagian semen ..... | 59      |
| Tabel 5.2 Tabel hasil pengujian kuat desak beton .....   | 62      |
| Tabel 5.3 Tabel persen penurunan kuat desak beton normal terhadap kadar lumpur<br>Lapindo .....            | 63      |
| Tabel 5.4 Tabel hasil pengujian modulus elastisitas beton normal dan beton<br>dengan variasi lumpur .....  | 67      |
| Tabel 5.5 Tabel hasil pengujian kuat tarik beton .....   | 69      |
| Tabel 5.6 Tabel persentase perubahan kuat tarik beton .....  | 70      |

Tabel 5.7 Tabel hasil pengujian permeabilitas beton ..... 72  
Tabel 5.8 Tabel hasil persentase perubahan permeabilitas beton ..... 73  
Tabel 5.9 Tabel persentase hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik  
beton ..... 75



## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 3.1 Gambar proses terjadinya beton .....   | 14      |
| Gambar 3.2 Gambar faktor yang mempengaruhi kekuatan beton .....   | 16      |
| Gambar 3.3 Gambar pengujian kuat desak beton .....  | 32      |
| Gambar 3.4 Gambar pengujian pembelahan-tarik beton .....  | 33      |
| Gambar 3.5 Gambar pengujian permeabilitas beton .....   | 34      |
| Gambar 3.6 Grafik faktor air semen .....  | 38      |
| Gambar 3.7 Grafik mencari faktor air semen .....  | 39      |
| Gambar 3.8 Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan<br>untuk butir maksimal 20mm .....    | 43      |
| Gambar 3.9 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran<br>dan berat beton .....               | 44      |
| Gambar 4.1 Gambar flowchart pelaksanaan penelitian .....  | 56      |
| Gambar 5.1 Gambar hubungan antara slump dengan penggantian sebagian<br>semen menggunakan lumpur Lapindo ..... | 60      |
| Gambar 5.2 Grafik hubungan kadar lumpur dan kuat tekan .....  | 64      |
| Gambar 5.3 Gambar kurva tegangan regangan beton .....   | 66      |
| Gambar 5.4 Grafik hubungan antara kuat tarik dan kadar lumpur Lapindo .....                                   | 70      |
| Gambar 5.5 Grafik hubungan kadar lumpur Lapindo dan permeabilitas .....                                       | 74      |

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran 1

Data pemeriksaan berat jenis dan kadar air pasir

Data pemeriksaan berat jenis dan kadar air kerikil

Data pemeriksaan butiran yang lewat ayakan no.200

Data pemeriksaan MHB / analisa saringan agregat halus

Data pemeriksaan MHB / analisa saringan agregat kasar

### Lampiran 2

Data hasil pengujian kuat desak beton

### Lampiran 3

Data hasil pengujian tegangan regangan

### Lampiran 4

Data hasil pengujian kuat tarik beton

### Lampiran 5

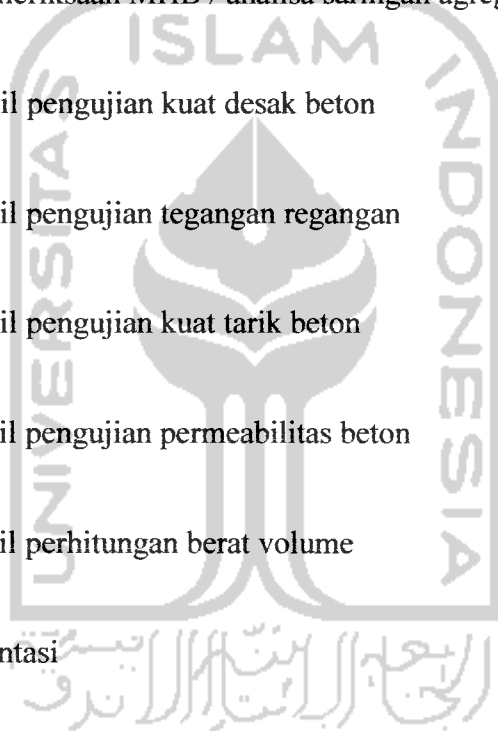
Data hasil pengujian permeabilitas beton

### Lampiran 6

Data hasil perhitungan berat volume

### Lampiran 7

Dokumentasi





## DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN

|                    |  |
|--------------------|--|
| A                  | = Luas tampang benda uji ( $m^2$ )                             |
| DOE                | = <i>Departement Of Environment</i>                            |
| Bj                 | = Berat jenis  |
| BN                 | = Beton normal   |
| D atau $\emptyset$ | = Diameter ( m )   |
| $f'_c$             | = Kuat tekan benda uji ( MPa )                                 |
| $f'_{cr}$          | = Kuat tekan rata-rata pada perencanaan campuran beton ( MPa ) |
| $f_t$              | = Kuat tarik   |
| p                  | = Nilai permeabilitas ( cm/dt )                                |
| dq                 | = Kedalaman penetrasi ( cm )                                   |
| dt                 | = Waktu perendaman ( detik )                                   |
| $E_c$              | = Modulus elastisitas ( Mpa )                                  |
| $\sigma$           | = Tegangan pada 0,4 kuat tekan benda uji ( N )                 |
| $\epsilon$         | = Regangan yang dihasilkan dari tegangan 0,4 $\sigma$ ( mm )   |
| fas                | = Faktor air semen, rasio berat air dan semen                  |
| M                  | = Nilai margin   |
| Mhb                | = Modulus halus butir  |
| P                  | = Beban maksimum yang dapat ditahan benda uji ( kg )           |
| PC                 | = <i>Portland cement</i>                                       |
| Sd atau S          | = Standar deviasi  |
| l                  | = Tinggi benda uji selinder ( m )                              |
| Va                 | = Volume air ( $m^3$ )   |
| Vk                 | = Volume kerikil ( $m^3$ )                                     |
| Vs                 | = Volume semen ( $m^3$ )                                       |
| Vp                 | = Volume pasir ( $m^3$ )                                       |
| Wa                 | = Berat air ( ton )  |
| Wk                 | = Berat kerikil( ton )   |

Ws = Berat semen ( ton )

Wp = Berat pasir ( ton )



HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN  
DENGAN MENGGUNAKAN LUMPUR PANAS LAPINDO  
BRANTAS SIDOARJO TERHADAP PERMEABILITAS  
DAN KUAT DESAK BETON**



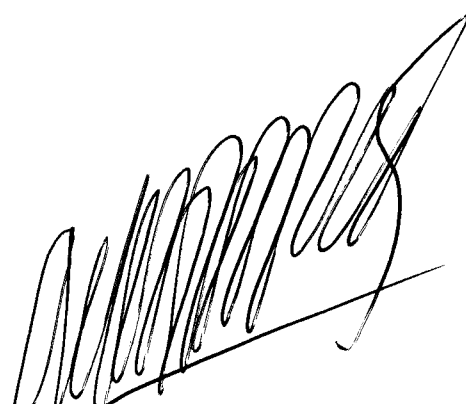
Disusun Oleh :

**MUHAMMAD ITSNA FARID**

**02 511 084**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**IR. H. A. KADIR ABOE, MS**  
Dosen Pembimbing



Tanggal : 07/11 - 2007

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan suatu struktur, salah satu bahan terpenting adalah beton. Beton dibentuk dengan mencampur PC + Agregat kasar + Agregat halus + Air dengan atau tanpa bahan tambah, dengan proporsi tertentu yang dapat diatur perilakunya sesuai dengan kebutuhan. Bisa disesuaikan untuk memperlambat atau mempercepat perkerasan, menambah *workability* (kemudahan pekerjaan) maupun menambah kuat tekan. Namun kinerja beton masih dapat ditingkatkan lagi yang memungkinkan *durability* (daya tahan) dan *workability* (kemudahan pekerjaan) beton meningkat. Beberapa keunggulan beton antara lain harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar lokal, mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap karat, mudah diangkut dan dicetak, serta relatif tahan kebakaran. Namun demikian beton memiliki kelemahan, yaitu kuat tarik rendah, menyusut pada saat pengeringan, sulit untuk kedap air secara sempurna dan getas.

Dalam teknologi beton modern penambahan *additive* dan *admixture* seperti *pozzolan* ke dalam campuran beton diketahui telah berhasil meningkatkan kinerja beton pada tiap aspeknya, seperti kekuatan, *workability* dan *durability*. *Pozzolan* adalah suatu campuran silica dengan alumina yang memiliki sedikit sifat semen yang akan bereaksi secara kimiawi dengan *calcium hidroksida* pada suhu biasa akan membentuk gel. Semua bahan (alam atau buatan) yang mengandung silica dan alumina berpotensi sebagai *pozzolan*.

Luapan Lumpur Panas Sidoarjo 2006, merupakan kasus menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas selama beberapa bulan ini menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di tiga kecamatan di

sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Luapan Lumpur panas ini disebabkan karena kesalahan prosedur pengeboran yang dilakukan PT. Lapindo Brantas, dengan menggunakan perusahaan kontraktor pengeboran PT Medici Citra Nusantara. Pengeboran dilakukan di area Sumur Banjar Panji 1 (BPJ 1). Dalam melakukan kegiatan pengeboran pihak PT. Lapindo Brantas tidak memasang casing sesuai standar prosedur pengeboran, sehingga lumpur *overpressure* (bertekanan tinggi) berusaha menerobos (*blow out*) melalui lubang pengeboran dan rekahan yang ada di sekitar pengeboran. Oleh sebab itu *surface blowout* terjadi di berbagai tempat di sekitar area sumur pengeboran, bukan di sumur pengeboran itu sendiri.

Adapun dampak yang ditimbulkan oleh luapan lumpur Panas ini sangat luas dan kompleks, diantaranya :

1. Kerusakan pada sektor peternakan dan pertanian, sehingga banyak petani mengalami kerugian/gagal panen.
2. Lumpuhnya kegiatan di sektor Industri karena tergenangnya pabrik-pabrik industri yang berdekatan dengan luapan Lumpur panas.
3. Tidak berfungsinya sarana pendidikan (SD, SMP), Markas Koramil Porong, serta rusaknya sarana dan prasarana infrastruktur (jaringan listrik dan telepon).
4. Dilakukannya sistem buka-tutup ruas jalan tol Surabaya-Gempol yang tergenang, menyebabkan kemacetan luar biasa di jalur non-tol, dan dialihkannya ke jalur alternatif via Gempol-Mojosari-Sidoarjo.
5. Rusaknya rumah/tempat tinggal akibat diterjang Lumpur.
6. Kerusakan lingkungan terhadap wilayah yang tergenangi, termasuk areal persawahan.

Sebagai usaha untuk mencari alternatif dari bencana tersebut maka diupayakan untuk memanfaatkan lumpur yang berasal dari semburan lumpur panas Lapindo Brantas di Sidoarjo tersebut sebagai bahan yang berguna. Pemanfaatan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo salah satunya sebagai bahan campuran pembuatan beton yang diharapkan dapat meningkatkan sifat permeabilitas (kedap air), kepadatan yang tinggi serta pori kecil. Salah satu faktor

yang mempengaruhi *durability* beton adalah permeabilitas beton, yaitu kemudahan beton untuk dilalui air. Sifat permeabilitas beton sangat diperlukan pada bangunan, karena beton dengan permeabilitas rendah memiliki kekedapan yang tinggi dan tingkat peresapan air yang rendah, yang akhirnya dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu awal dan akan memberikan kuat desak beton yang tinggi.

Dalam usaha mencapai suatu alternatif yang cukup kompetitif haruslah ada semacam usaha penelitian untuk menghasilkan produk yang inovatif dalam perencanaan adukan beton. Semen merupakan bahan ikat yang cukup mahal harganya, sehingga dalam campuran adukan beton (*mix design*) diusahakan untuk menggunakan proporsi semen seefisien mungkin, hal ini mendorong penggunaan bahan pengganti semen. Oleh karena itu perlu diadakan suatu penelitian menggunakan alternatif bahan *pozzolan* yaitu lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo yang bertujuan dapat mengurangi proporsi jumlah semen tanpa mengurangi kekuatannya.

Dari permasalahan di atas, peneliti tertarik untuk memanfaatkan lumpur Lapindo tersebut dan mengaplikasikannya dalam bidang teknik sipil, yaitu bagaimana jika lumpur Lapindo tersebut dijadikan sebagai bahan campuran beton. Untuk itu dalam penelitian ini penulis mencoba mengangkat topik ini dalam penelitian tugas akhir dengan judul :

**” Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Menggunakan Lumpur Panas Lapindo Brantas Sidoarjo Terhadap Permeabilitas dan Kuat Desak Beton ”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo mengandung senyawa mineral yang mirip *pozzolanik* material. Dalam penelitian ini, lumpur panas Lapindo Brantas digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam adukan beton sebagai *pozzolan* yang akan mengikat *calcium hidroksida* hasil hidrasi semen yang akan meningkatkan permeabilitas dan kuat desak beton. Dengan demikian, penggunaan lumpur panas Lapindo Brantas sebagai bahan pengganti semen akan

menimbulkan pertanyaan-pertanyaan yang akan menjadi kajian dalam penelitian ini antara lain : Apakah dengan penggantian sebagian jumlah semen dengan menggunakan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo dapat menunjukkan permeabilitas dan kuat desak yang tinggi pada beton dibandingkan dengan beton normal? Berapakah besar prosentase lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo sebagai pengganti semen yang optimum dalam campuran beton untuk menghasilkan permeabilitas dan kuat desak beton yang maksimum?

Di dalam analisis perencanaan desain campuran adukan beton digunakan metode perancangan adukan beton sesuai dengan standar metode “ *The British Mix Design Method* ” atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara *DOE*. Penyederhanaan *mix design* dilakukan sebagai upaya pemakaian analisis yang cukup sederhana agar lebih mudah dipahami semua orang dan mudah dijadikan sebagai acuan perencanaan adukan beton di lapangan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian jumlah semen dengan menggunakan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo terhadap permeabilitas dan kuat desak pada beton dibandingkan dengan beton normal.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat :

1. Memberikan pemahaman terhadap pentingnya sifat permeabilitas beton.
2. Dapat menghasilkan beton struktur yang memenuhi syarat dan cukup inovatif dengan pengurangan sejumlah semen akibat pemakaian bahan *pozzolan*.
3. Memberikan alternatif material yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton bagi masyarakat sekitar Sidoarjo pada khususnya.

4. Pemakaian *pozzolan* lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pengurangan jumlah lumpur panas tersebut di Sidoarjo.

### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dititik-beratkan sesuai dengan tujuan penelitian sehingga perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. Kuat desak yang direncanakan adalah sebesar  $f'c = 25$  MPa, dengan perencanaan campuran menggunakan metode DOE.
2. Pengujian kuat desak beton adalah setelah beton berumur 28 hari.
3. Nilai slump rencana  $\pm 10$  cm.
4. Variasi lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti semen masing-masing : 0 %; 2,5 %; 5 %; 7,5 %; 10 % dan 12,5 % dari berat semen.
5. Bahan pengganti semen menggunakan lumpur Lapindo ukuran lolos saringan no. 200.
6. Semen yang digunakan adalah Semen Tipe I merek Semen Gresik kemasan 50 kg.
7. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari Merapi dengan diameter maks 4,8 mm dan agregat kasar berupa batu split (batu pecah) yang digunakan berasal dari Celereng dengan diameter maks 20 mm.
8. Air yang digunakan dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
9. Jumlah benda uji yang akan digunakan sebanyak 48 buah, untuk setiap variasi lumpur Lapindo masing-masing :
  - a. 5 buah benda uji kuat desak dengan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
  - b. 3 buah benda uji permeabilitas dengan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm



**Tabel 1.1** Tabel Kebutuhan Benda Uji

| Kode Beton  | Pengurangan<br>Semen | Silinder |               |
|-------------|----------------------|----------|---------------|
|             |                      | Desak    | Permeabilitas |
| BN – 0 %    | 0 %                  | 5        | 3             |
| BN – 2,5 %  | 2,5 %                | 5        | 3             |
| BN – 5 %    | 5 %                  | 5        | 3             |
| BN – 7,5 %  | 7,5 %                | 5        | 3             |
| BN – 10 %   | 10 %                 | 5        | 3             |
| BN – 12,5 % | 12,5 %               | 5        | 3             |
| Total       |                      | 30       | 18            |

10. Penelitian ini hanya menyelidiki permeabilitas dan kuat desak beton dengan variasi pengganti semen dengan lumpur panas.

11. Penelitian ini merupakan uji laboratorium.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Umum

Menurut Pedoman Beton 1989, beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (*Tri Mulyono, 2003*).

Salah satu indikasi untuk mengetahui kualitas dari campuran beton adalah keadaan saat beton selesai diaduk. Menurut *Tjokrodimulyo*, beton segar yang baik adalah beton yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan) karena dapat mengurangi kekuatan beton. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil) (*Tjokrodimulyo, 1992*).

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

Pemilihan agregat yang dipakai akan berpengaruh terhadap lekatan antar agregat. Agregat dengan butiran seragam akan menimbulkan banyak rongga. Untuk mengatasi hal itu agregat harus bergradasi baik. Artinya ukuran butiran bervariasi, sehingga butiran yang kecil mengisi di antara butiran besar. Dengan demikian beton punya kepadatan maksimal dan menghasilkan kekuatan optimal (*Murdock dan Brock, 1991*).

## 2.2 Lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo

Lumpur yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lumpur panas yang berasal dari semburan lumpur panas atau *mud volcano* Lapindo Brantas. di desa Jatirejo, Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Lumpur panas ini menurut pakar geologi merupakan semburan lumpur alam purba yang berasal dari gunung lumpur di dalam lapisan tanah atau disebut *diapirik*. (Sumber : , Pernyataan Soffian Hadi, anggota IAGI ).

Secara kasatmata, material lumpur panas berwarna abu-abu dan bila dipisahkan, secara umum material lumpur tersebut terdiri atas air dan lempung. Kandungan unsur yang diduga sebagai *pozzolan* dalam lumpur Lapindo dengan semen dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini :

**Tabel 2.1** Daftar Kandungan Pozzolan Lumpur Lapindo dengan Semen.

| Kandungan Unsur Lumpur Lapindo |                 | Kandungan Unsur Semen                           |               |
|--------------------------------|-----------------|---|---------------|
| Unsur                          | Kandungan       | Unsur   | Kandungan (%) |
| Kalsium (Ca)                   | > 10 ml/10 gram | Kapur (CaO)                                     | 60 - 65       |
| Silikat (Si)                   | ada             | Silika (SiO <sub>2</sub> )                      | 17 - 25       |
| Aluminium (Al)                 | > 10 ml/10 gram | Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )       | 3 - 8         |
| Besi (Fe)                      | > 700 ppm       | Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )          | 0,5 - 6       |
| Magnesium (Mg)                 | > 2 ml/100 gram | Magnesia (MgO)                                  | 0,5 - 4       |
| Sulfur (S)                     | > 50 ppm        | Sulfur (SO <sub>3</sub> )                       | 1 - 2         |
| Natrium (Na)                   | > 1 ml/100 gram | Soda/potas (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O) | 0,5 - 1       |
| Kalium (K)                     | > 1 ml/100gram  | -   | -             |

(Sumber :

## 2.3 Permeabilitas / Sifat Tembus Air

Permeabilitas ialah kemampuan bahan untuk melewatkan air. Sifat ini dapat dinyatakan dalam kecepatan resapan air, yaitu kedalaman air yang menembus ke dalam bahan tiap detik. Sifat tembus air ini sangat merugikan jika terjadi pada beton karena mempunyai pengaruh pada keawetan beton. Jika air

yang masuk ke dalam beton mengenai tulangan akan mengakibatkan terjadinya korosi dan biasanya air yang masuk ke dalam beton akan membawa keluar  $\text{Ca(OH)}_2$  sisa hasil reaksi, yang akan menyebabkan beton keropos. Merembesnya air ke dalam beton tidak hanya disebabkan oleh adanya air saja tetapi juga oleh adanya perbedaan kelembaban kedua belah sisi beton atau karena pengaruh osmose. Jadi beton yang mudah jenuh akan mudah pula terkena serangan cuaca. Permeabilitas terutama disebabkan karena struktur yang retak akibat pengkerutan, bleeding, sedimentasi, segregasi, konsolidasi, yang kurang sempurna, dan kurangnya ikatan antar agregat dan pasta semen. Permeabilitas beton tidak hanya sebagai fungsi kepori-porian tapi tergantung juga pada besar, distribusi dan kontinuitas pori.

Kekedapan adalah sifat tidak dapat dilewati air. Beton yang baik adalah yang mempunyai kekedapan tinggi. Menurut Murdock (1999), beton tidak bisa kedap air secara sempurna. Beton dengan agregat normal, kekedapannya tergantung pada porositas pasta semen. Pasta semen yang mengeras merupakan struktur yang berpori (Tjokrodimuljo, 1992). Pada tahapan hidrasi pasta semen, suatu butiran sangat halus hasil dari hidrasi yang disebut gel membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling merekat satu sama lain secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang semula ditempati air. Setelah penggabungan gel-gel menjadi satu kesatuan, masih terdapat rongga-rongga kecil diantara gel-gel tersebut, yang disebut pori-pori gel.

### **2.3 Hasil Penelitian Yang Pernah Dilakukan**

Penelitian ini merupakan suatu usaha untuk menghasilkan inovasi dalam pembuatan beton struktur dengan beberapa referensi penelitian sebagai berikut ini :

#### **2.3.1 Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana (1996)**

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana menyimpulkan bahwa pemakaian bahan tambah berupa abu sekam padi (*rice husk ash*) sebagai bahan pengganti semen sebanyak 9 % dari berat semen

portland pada mortar semen akan menghasilkan kuat desak yang optimum sebesar  $277,6 \text{ kg/cm}^2$  lebih besar daripada campuran mortar tanpa abu sekam padi yaitu  $246,76 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga muncul kenaikan kuat desak sebesar 12,52 %. Selain itu pemakaian abu sekam padi sebagai bahan tambah akan mengurangi berat jenis dari mortar dibandingkan dengan mortar tanpa menggunakan bahan tambah abu sekam padi. Penurunan berat mortar beton akan semakin bertambah sebanding dengan penambahan abu sekam padi *Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana (1996)*.

### 2.3.2 Heru Dwi Hantara dan Arif Faidlur Rohman (1999)

Heru Dwi Hantara dan Arif Faidlur Rohman melakukan penelitian pengaruh penggunaan pozzolan *rice husk ash* sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi pozzolan 0 %, 5 %, 10%, 15 % dan 20 %. Penelitian tersebut menggunakan kuat desak rencana ( $f'c$ ) 20 MPa, pasir berasal dari sungai krasak, kerikil berasal dari celereng, dan semen *PPC* merk Gresik 50 kg. Dari penelitian tersebut menghasilkan :

1. Hasil penggunaan pozzolan *rice husk ash* sebanyak 10 % dapat mengurangi semen seberat 45,9740 kg untuk setiap  $1 \text{ m}^3$  adukan beton.
2. Kuat desak beton dengan pozzolan *rice husk ash* sebanyak 10 % dengan 5 buah benda uji didapat sebesar 38,686176 MPa atau mengalami kenaikan kuat desak sebesar 48,617102 % dibandingkan kuat desak beton normal sebesar 26,03077 MPa.
3. Dari perhitungan permeabilitas beton, penggunaan pozzolan *rice husk ash* sebanyak 10 % dengan 2 buah benda uji didapat koefisien permeabilitas sebesar  $1,3 \times 10^{-4} \text{ m/detik}$  dengan penetrasi air 0,8 cm dibandingkan dengan beton normal sebesar  $9,3 \times 10^{-12} \text{ m/detik}$  dengan penetrasi air 1,3 cm maka untuk beton dengan penambahan *rice husk ash* sebanyak 10 % merupakan beton yang impermeabel dan dapat digunakan sebagai bangunan dalam air, sehingga *rice husk ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah beton pengganti sebagian semen.

4. Dari hasil pengujian-pengujian (kuat desak dan permeabilitas) yang dilakukan dengan penambahan abu sekam padi (*rice husk ash*) dari beberapa variasi yang paling baik pada penambahan variasi 10 % sebagai pengganti sebagian semen.

### 2.2.3 Susilo dan Khusronudin (1999)

Susilo dan Khusronudin (1999) melakukan penelitian pengaruh kandungan lumpur terhadap kuat desak beton dengan variasi kandungan lumpur 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Penelitian tersebut menggunakan kuat desak rencana ( $f'c$ ) 20 MPa, pasir berasal dari sungai krasak, kerikil berasal dari celereng, dan semen PPC merk Gresik 40 kg. Dari penelitian tersebut menghasilkan :

1. Berdasarkan kuat desak yang disyaratkan ( $f'c = 20$  MPa)  
 Pada kandungan lumpur 0%, 2,5% dan 5% menghasilkan seluruh benda uji memenuhi kuat desak yang disyaratkan, kandungan lumpur 7% dan 10% menghasilkan 2 benda uji yang tidak memenuhi kuat desak yang disyaratkan.
2. Berdasarkan kuat desak beton rata-rata yang direncanakan ( $f'cr = 32$  MPa)  
 Seluruh kandungan lumpur yaitu 0%; 2,5%; 5%, 7,5% dan 10% menghasilkan kuat desak rata-rata pada umur 28 hari tidak memenuhi kuat desak beton rata-rata yang direncanakan ( $f'cr = 32$  MPa) yaitu secara berturut-turut 28,06 MPa; 27,52 MPa; 26,54 MPa; 25,43 MPa dan 23,73 MPa.
3. Tingkat pengerjaan (*workability*)  
 Tingkat pengerjaan paling sulit terjadi pada adukan beton dengan persentase kandungan lumpur 10%. Nilai *slump* tertinggi terjadi pada adukan beton dengan kandungan lumpur 0% yaitu 10,5 cm, sedang terendah terjadi pada adukan beton dengan kandungan lumpur 10% yaitu 7 cm.

Dari hasil tersebut di atas Peneliti menyimpulkan bahwa semakin besar persentase kandungan lumpur maka kuat desak semakin turun, tingkat pengerjaan

(*workability*) semakin sulit, dan nilai *slump* semakin turun (Susilo dan Khusronudin, 1999)

#### 2.3.4 Ramadhan Yory Hervanda (2007)

Ramadhan Yory Hervanda mengambil topik mengenai sifat kekuatan batu bata yaitu kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser dari bata merah standar yang umum digunakan oleh masyarakat dengan batu bata menggunakan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo sebagai perbandingan variasi campuran lumpur 25%, 50%, 75% dan 100%.

Dari hasil penelitian diperoleh batu bata Lumpur mengalami penyusutan dimensi lebih besar daripada batu bata merah, Pada pengujian dimensi batu bata lumpur mengalami penyusutan setelah dilakukan penambahan variasi campuran lumpur, penyusutan dimensi ini bertambah seiring bertambahnya jumlah variasi campuran lumpur. Berikut ini adalah prosentase penyusutan BB L 25%, 50%, 75% dan 100 %, penyusutan dimensi panjang yang terjadi sebesar 4,04%, 5,08%, 6,125% dan 7,16%. Pada dimensi lebar yang terjadi sebesar 5,08%, 7,16%, 9,25% dan 11,33%. Pada dimensi tinggi yang terjadi sebesar 9,8%, 14,8%, 19,8% dan 24,8%. tapi memiliki berat volume lebih berat yaitu dengan nilai berat volume optimum sebesar 0,0015 kg/cm<sup>3</sup> dengan porsentasi kenaikannya sebesar 9,09%, 18,18%, 27,27% dan 36,36%.

Bata lumpur memiliki nilai kuat tekan optimum sebesar 223,68 kg/cm<sup>2</sup> termasuk mutu tingkat 1, kelas 200 menurut NI-10 dan PUBI, dengan porsentasi kenaikannya sebesar 11,95%, 23,17%, 33,62% dan 43,53%. Bata lumpur memiliki nilai kuat lentur optimum sebesar 9,387 kg/cm<sup>2</sup> dengan porsentasi kenaikannya sebesar 44,1%, 82,76%, 51,05% dan 12,88% Bata lumpur memiliki nilai kuat geser optimum sebesar 11,31 kg/cm<sup>2</sup>. dengan porsentasi kenaikannya sebesar 115,8%, 243,7%, 132,2% dan 17,6%. Berdasarkan hasil pengujian mengenai kekuatan batu bata didapatkan bahwa batu bata Lumpur dengan penambahan variasi campuran memiliki kekuatan lebih baik daripada batu bata merah standar yang digunakan pada masyarakat umumnya.

## 2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengacu dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan bahan pengganti semen yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan permeabilitas beton, sehingga menjadi bahan pertimbangan dan masukan dalam penelitian ini. Walaupun penelitian-penelitian sebelumnya tidak ada kesamaan, dalam hal ini bahan pengganti semen yang digunakan (menggunakan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo) yang terdapat hanya kesamaan uji kuat desak beton, namun demikian dapat memberikan gambaran dan pengetahuan dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini akan dicari pengaruh dari penggunaan *pozzolan* yaitu lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat desak dan permeabilitas beton pada umur 28 hari, benda uji yang dipakai berbentuk silinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm). Tujuan pengujian kuat desak dan permeabilitas beton ini akan membandingkan beton tanpa bahan pengganti sebagian semen (0 %) dengan beton yang menggunakan bahan pengganti sebagian semen yang mengandung *pozzolan* 2,5 % sampai dengan 12,5 % dengan interval 2,5 %. Bahan pengganti sebagian semen yang mengandung *pozzolan* diperoleh dari *Lumpur Panas Lapindo Brantas Sidoarjo*.



## BAB III

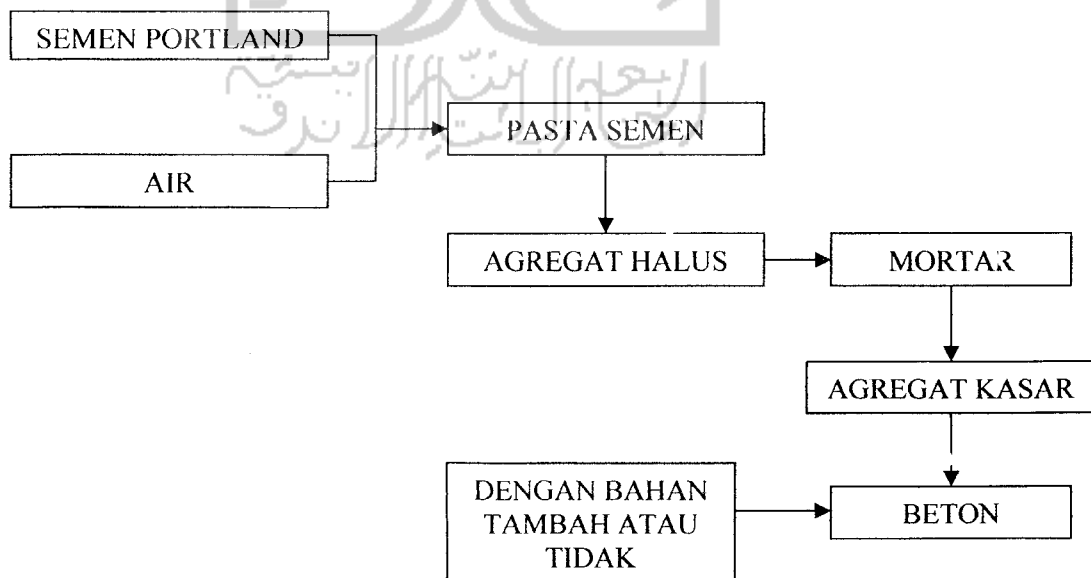
### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Beton

Menurut SK.SNI-T-15-1990-03, 1991, beton merupakan suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton berasal dari campuran agregat halus dan kasar dan ditambah dengan pasta semen. Dengan gradasi butiran yang baik akan terjadi saling mengunci di antara butiran. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi air dan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus akan menjadi mortar dan jika ditambahkan agregat kasar akan menjadi beton.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan  $2200 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2500 \text{ kg/m}^3$  dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah maupun tidak dipecah (SK.SNI-T-15-1990-03, 1991).

Proses terjadinya beton dapat dilihat pada gambar berikut ini :



**Gambar 3.1** Proses Terjadinya Beton, (Sumber : Tri Mulyono, 2003)

Beberapa pengertian dan definisi menurut SNI-T-15-1990-03 adalah sebagai berikut :

- Semen : bahan ikat hidrolis,
- Agregat campuran : bahan batu-batuan yang netral dan merupakan bentuk sebagian besar beton (misal : pasir, kerikil, batu pecah),
- Pasta semen : campuran air dan semen yang mengeras,
- Mortar : campuran air, semen, agregat halus yang telah mengeras,
- Beton : campuran semen, agregat campuran dan air yang telah mengeras,
- Bahan tambah : bahan tambah mineral/kimia yang ditambahkan ke dalam spesi beton.

Beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus pasir) dan pori-pori antara agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen). Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara agregat halus juga berfungsi sebagai pengikat/perekat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat akan saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Parameter-parameter yang harus dicermati agar beton memenuhi spesifikasi teknik yang ditentukan adalah :

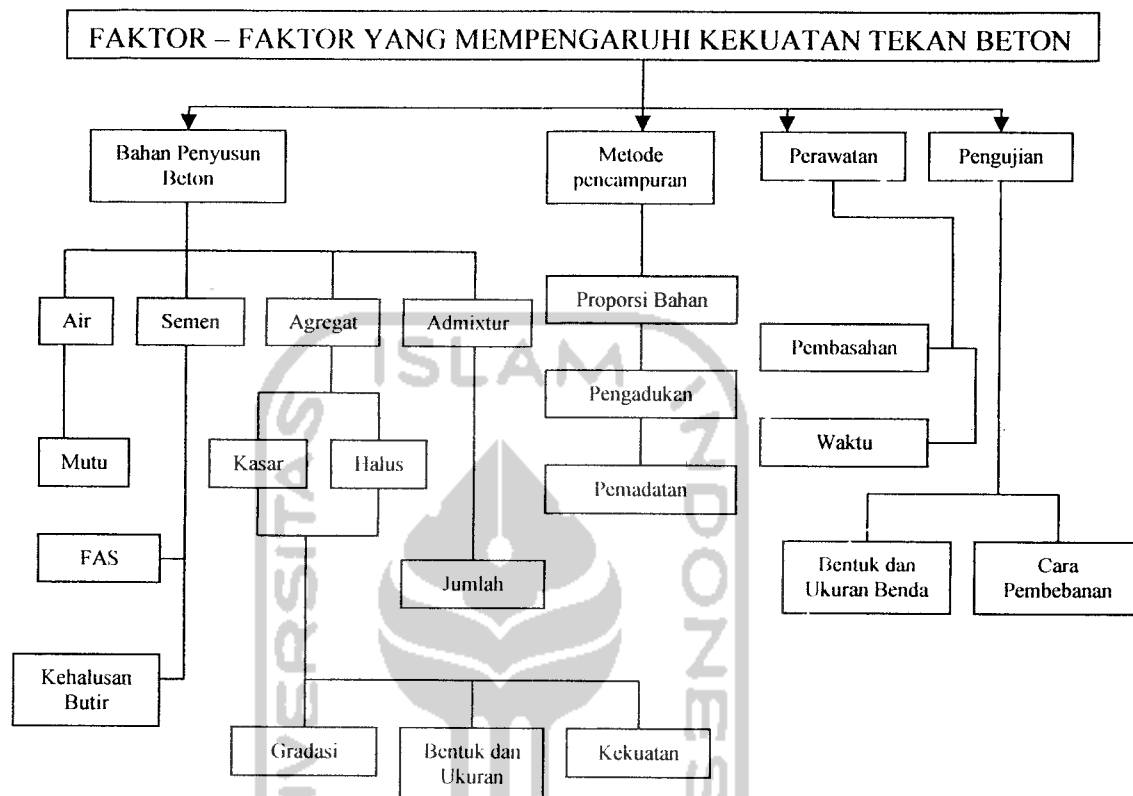
- a. Kualitas semen
- b. Proporsi semen terhadap campuran
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat
- d. Interaksi antara semen dan agregat
- e. Pencampuran bahan
- f. Penyelesaian dan pepadatan beton
- g. Perawatan beton. (*Nawy, 1985*)

Menurut *Tri Mulyono*, ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dan kekuatan beton adalah :

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya
2. Metode perancangan

3. Perawatan

4. Pengujian



**Gambar 3.2** Faktor yang mempengaruhi kekuatan Beton (Sumber-Teknologi Beton, Tri Mulyono)

Beton akan memberikan sentuhan seni, jika dilakukan pengolahan akhir secara khusus, umpamanya agergat diletakkan di luar, sehingga nampak jelas pada permukaan. Selain tahan terhadap api, beton juga tahan korosi. Secara garis besar kekurangan dan kelebihan dari beton adalah :

1. Kelebihan

- Mudah dibentuk untuk keperluan aspek struktural maupun arsitektural dari berbagai komponen bangunan sesuai keinginan perencananya.
- Bahan campurannya mudah didapat secara alami di banyak tempat.
- Mudah dibuat dan dilaksanakan.
- Memiliki ketahanan yang relatif baik terhadap suhu tinggi/kebakaran.

- Biaya pelaksanaan dan perawatan bangunan yang relatif murah.

## 2. Kekurangan

- Komponen struktur bangunan relatif berat.
- Pelaksanaan relatif lambat sehubungan dengan lama proses pengerasannya.
- Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.

## 3.2 Material Penyusun Beton

Beton adalah bahan elemen struktur yang memiliki karakteristik dan spesifikasi tertentu. Oleh karena itu pemahaman tentang bahan beton menjadi penting, agar mengetahui sifat-sifat beton tersebut. Bahan penyusun beton dapat digambarkan beberapa macam.

### 3.2.1 Air

Di dalam campuran beton air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua sebagai pelicin kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (*Murdock dan Brock, 1999*). Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk memicu proses kimiawi/hidrasi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Perbandingan air dengan semen dalam campuran beton sangat penting, yang kemudian dikenal Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air berlebihan menyebabkan gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedang air yang terlalu sedikit menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga kekuatan akan terpengaruh (*Tri Mulyono, 2003*).

Untuk mengadakan reaksi hidrasi dengan semen diperlukan sedikitnya 25 % jumlah air dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sebesar 0,35 akan sulit dikerjakan. Kelebihan air ini akan dipakai sebagai pelumas dengan catatan penambahan air untuk pelumas ini tidak boleh

terlalu banyak karena kekuatan beton akan menjadi rendah dan menghasilkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air akan sama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton (*bleeding*) segar yang baru dituang yang kemudian menjadi buih untuk membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton yang merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang digunakan untuk campuran beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini (*Tjokrodimulyo, 1992*) :

1. Tidak mengandung lempung atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung *klorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa *sulfat* lebih dari 1 gram/liter.

Syarat mutu air menurut British Standard (BS.3148-80) :

1. Garam-garam anorganik yang terkandung di dalam air tidak boleh lebih dari 2000 mg/liter, karena akan memperlambat waktu pengikatan beton dan menyebabkan menurunnya kekuatan beton.
2. Konsentrasi NaCl (natrium clorida) tidak boleh lebih besar dari 20000 ppm (*parts per million*).
3. Air tidak boleh mengandung minyak lebih dari 2 % berat semen karena akan mengurangi kekuatan beton hingga 20 %.
4. Air harus bebas dari kandungan lempung. Kira-kira 2000 ppm lempung yang terapung atau bahan halus yang bersal dari batuan masih diijinkan dalam campuran.

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam suatu agregat.

Kadar air agregat dibedakan dalam empat jenis :

- a. Kadar air tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak mengandung air.
- b. Kadar air kering udara, yaitu keadaan kering agregat yang permukanya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air.

- c. Jenuh kering permukaan, yaitu kondisi dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi butir-butirnya berisi sejumlah air yang dapat diserap. Pada keadaan ini, butir agregat tidak menyerap maupun menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran beton.
- d. Kondisi basah, yaitu butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air dalam campuran beton.

Dari keempat kondisi tersebut hanya ada dua kondisi yang dipakai di lapangan yaitu kering tungku dan kondisi SSD. Kadar air biasanya dinyatakan dalam rumus, sebagai berikut :

$$K_{\text{air}} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

Jika agregat basah ditimbang beratnya ( $W_1$ ) dikeringkan di oven dengan suhu 100°C sampai beratnya konstan (selama 24 jam), kemudian ditimbang beratnya ( $W_2$ ) maka kadar air dapat dicari.

### 3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang merupakan bahan pengisi dalam campuran beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai dengan 80% volume agregat (Nawy, 1985). Untuk menghasilkan beton yang bermutu baik diperlukan agregat yang bermutu baik pula sebagai komponen pengisi dalam adukan beton. Agar bisa dihasilkan suatu adukan yang kompak dan padat dibutuhkan suatu proporsi yang baik untuk bisa saling mengisi antara agregat halus (pasir) dengan agregat kasar (kerikil atau batu pecah).

Nawy (1985) membagi agregat dalam dua jenis agregat, yaitu :

#### 1. Agregat kasar

Agregat kasar besar butiran-butirannya lebih dari 4,80 mm. Secara umum agregat kasar sering disebut kerikil, kericak, batu pecah atau split. Syarat-syarat agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil hasil disintegrasi (pembekuan) alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
  - b. Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butiran-butiran pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak lebih dari 20% berat total agregat. Butir-butir agregat harus bersifat kekal.
  - c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton.
  - d. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana Rudeloff dengan bahan penguji 20 ton, dimana harus memenuhi syarat sebagai berikut ini :
    - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5–19 mm lebih dari 24 %
    - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 20 %
  - e. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan 31,5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm harus memenuhi syarat-syarat :
    - Sisa di atas ayakan 31,5 mm sebesar 0 % berat
    - Sisa di atas ayakan 4 mm sebesar 90 %-98 % berat
    - Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas 2 ayakan yang berurutan adalah maksimum 60 % dan minimum 10 % berat
  - f. Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi :
    - $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan
    - $\frac{1}{3}$  ketebalan pelat rantai
    - $\frac{3}{4}$  jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat.
2. Agregat halus
- Untuk agregat halus, paling tidak harus memenuhi persyaratan :
- Keras dan tidak mudah lapuk

- Berbentuk cenderung bulat
- Bersih dari lumpur
- Tekstur halus (*smooth texture*)
- Modulus kehalusan yang memadai (*fineness modulus*)
- Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber material yang sama)

Mulyono (2003) mengatakan bahwa Abrams (1918) mendefinisikan Modulus Hablur Butir (*fineness modulus*) atau biasanya disingkat MHB adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. MHB didapat dari jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan 40; 20; 10; dan 4,8 mm untuk kerikil, dan untuk pasir dengan lubang ayakan 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm, kemudian nilai tersebut dibagi dengan 100. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,5-3,8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. Nilai ini juga dapat dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai MHB yang biasa dipakai sekitar 5-6.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, dan pasir) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu dingin atau dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (*Murdock dan Brook, 1999*).

Menurut SK-SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum pada tabel 3.1 :



**Tabel 3.1 Gradasi Pasir**

| Lubang ayakan<br>(mm) | Persen butiran yang lewat ayakan |           |            |           |
|-----------------------|----------------------------------|-----------|------------|-----------|
|                       | Daerah I                         | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 10                    | 100                              | 100       | 100        | 100       |
| 4,8                   | 90-100                           | 90-100    | 90-100     | 95-100    |
| 2,4                   | 65-95                            | 75-100    | 85-100     | 95-100    |
| 1,2                   | 30-70                            | 55-90     | 75-100     | 90-100    |
| 0,6                   | 15-34                            | 35-59     | 60-79      | 80-100    |
| 0,3                   | 5-20                             | 8-30      | 12-40      | 15-50     |
| 0,15                  | 0-10                             | 0-10      | 0-10       | 0-15      |

Sumber : *Triono Budi Astanto (2001)*

Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah IV : Pasir halus

Adapun Agregat kerikil ditetapkan dalam table 3.2 :

**Tabel 3.2 Gradasi Kerikil**

| Lubang Ayakan<br>(mm) | Persen berat butir lewat ayakan |        |
|-----------------------|---------------------------------|--------|
|                       | Berat butir maksimum            |        |
|                       | 40 mm                           | 20 mm  |
| 40                    | 95-100                          | 100    |
| 20                    | 30-70                           | 95-100 |
| 10                    | 10-35                           | 25-55  |
| 4,8                   | 0-5                             | 0-10   |

Sumber : *Triono Budi Astanto (2001)*

Gradasi campuran ini juga menetapkan gradasi agregatnya, yaitu campuran pasir dan kerikil dengan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm. Indek yang dipakai untuk kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir yang mempunyai

modulus halus campuran 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8 modulus halus butir dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan : W = Presentase berat pasir terhadap berat kerikil

K = Modulus halus butir kerikil

P = Modulus halus butir pasir

C = Modulus halus butir campuran

### 3.2.3 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan berupa bubuk halus yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan oksida besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Komponen terbesar penyusun semen adalah kapur (60%-65%). Semen Portland dibuat dengan cara membakar bahan dasar semen menjadi klinker yang kemudian digiling halus menjadi semen dan ditambahkan *gypsum*.

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Penggunaan jenis semen disesuaikan dengan kondisi-kondisi tertentu sesuai sifat-sifat khususnya. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI – 1982).

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB.1982:3.2-8). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan (Tri Mulyono, 2003).

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan

merupakan peralihan dari keadaan plastis menuju keadaan keras. Sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Semen tersusun oleh unsur kimia seperti yang terlihat dalam tabel 3.3

**Tabel 3.3** *Susunan Unsur Semen Biasa (Kardiyono, 1992)*

| Oksida  | Persen  |
|---|---------|
| Kapur (CaO)                                       | 60 – 65 |
| Silika (SiO <sub>2</sub> )                        | 17 – 25 |
| Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )         | 3 – 8   |
| Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )            | 0,5 – 6 |
| Magnesia (MgO)                                    | 0,5 – 4 |
| Sulfur (SO <sub>3</sub> )                         | 1 – 2   |
| Soda/Potas (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O) | 0,5 – 1 |

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan empat oksida utama pada semen yang akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu dalam tabel 3.4:

**Tabel 3.4** *Komposisi unsur utama semen portland (Kardiyono, 1992)*

| Nama Unsur                       | Komposisi Kimia   | Simbol            |
|----------------------------------|---|-------------------|
| <i>Trikalsium Silikat</i>        | 3CaO.SiO <sub>2</sub>   | C <sub>3</sub> S  |
| <i>Dikalsium Silikat</i>         | 2CaO.SiO <sub>2</sub>   | C <sub>2</sub> S  |
| <i>Trikalsium Aluminat</i>       | 3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                                 | C <sub>3</sub> Al |
| <i>Tetrakalsium Aluminiferit</i> | 4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> AF |

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, Semen Portland di Indonesia (PUBI-1982) diklasifikasikan dalam lima jenis, yaitu :

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalori hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis VI : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalori hidrasi rendah.
5. Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Menurut Tjokrodimuljo (1992), sifat-sifat fisik semen yang penting terdiri dari :

1. Kehalusan butir : Butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Semen berbutir halus meningkatkan kohesi pada beton segar dan dapat pula mengurangi *bleeding*, akan tetapi menambah kecenderungan untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.
2. Waktu ikatan : Semen jika dicampur dengan air membentuk bubur yang secara bertahap menjadi karang plastis dan akhirnya menjadi keras. Waktu ikatan terjadi saat pasta semen cukup kaku untuk menahan suatu tekanan. Waktu ikatan awal yang cukup lama diperlukan untuk pekerjaan beton yaitu waktu transportasi, penuangan, pemadatan, dan perataan permukaan.
3. Panas hidrasi : Untuk semen dengan panas hidrasi rendah harus tidak lebih dari 66 kalori/gram sampai pada tujuh hari pertama, dan 75 kalori/gram sampai pada 28 hari. Laju hidrasi dan penambahan panas bertambah besar sejalan dengan semakin halusya semen, walaupun kuantitas

total panas yang dibebaskan tidak dipengaruhi oleh kehalusan tersebut.

4. Berat jenis : Berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam perhitungan campuran saja.

### 3.3 Bahan Tambah Pengganti Semen

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, atau selama proses pengadukan campuran beton. Bahan tambah digunakan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton.

Menurut Trimulyono (2003) secara umum bahan tambah yang digunakan pada beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan bahan tambah *additive* ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan dan merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya.

Menurut ASTM C 618 – 86 mutu *pozzolan* dibedakan menjadi 3 kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. *Pozzolan* mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas untuk masing-masing *pozzolan* adalah sebagai berikut ini (Murdock dan Brook, 1999) :

a. *Pozzolan* kelas N

Yaitu *pozzolan* alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* yang dapat digolongkan di dalam jenis ini seperti tanah *diatomic*, *opaline cherts* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik (*pumicete*), dimana bisa diproses melalui

pembakaran ataupun tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang memiliki sifat *pozzolan* yang baik.

b. *Pozzolan* kelas C

Yaitu jenis *fly Ash* yang mengandung CaO diatas 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub bitumen batubara.

c. *Pozzolan* kelas F

Yaitu jenis *fly Ash* yang menggunakan CaO kurang dari 10 % yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara.

Menurut proses pembentukannya atau asalnya di dalam ASTM 593 – 82, bahan *pozzolan* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu sebagai berikut ini :

1. *Pozzolan* alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif, yang bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sementasi.

2. *Pozzolan* buatan

Adalah jenis *pozzolan* yang sebenarnya banyak macamnya, baik berupa sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran.

Pada penelitian ini akan digunakan bahan *pozzolan* berupa Lumpur yang berasal dari lumpur panas Lapindo Brantas, Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur yang akan dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Lumpur Lapindo ini termasuk dalam *pozzolan* kelas N dan merupakan jenis *pozzolan* alam. Lumpur Lapindo yang digunakan lolos saringan no. 200 dengan tujuan untuk menghindari pengaruh perbedaan ukuran butiran dengan semen terhadap kekuatan beton.

Dalam seminar *Pemanfaatan Lumpur Porong Sidoarjo Sebagai Bahan Bangunan* di ITS, yang dihadiri oleh Prof Mukono ahli Kesehatan Masyarakat Unair dan juga Luluk Sumiarto wakil ketua timnas penanggulangan lumpur Sidoarjo, mengungkapkan bahwa sedikitnya ada delapan item bahan bangunan yang bisa dibuat dengan bahan dasar lumpur Lapindo. Diantaranya keramik,

campuran beton (*geopolimer*), pasir multiguna, paving blok, batu bata, beton, genteng, dan paving. Selain itu, seminar yang dihadiri pula oleh Dirjen Migas Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Luluk Sumiarto, juga menyimpulkan, lumpur Sidoarjo mengandung senyawa mineral yang mirip *pozzolanik* material. Di ITS tambahannya, telah dimulai beberapa penelitian untuk memanfaatkan lumpur Porong. Telah dicoba dikembangkan beton *geopolimer* (beton tanpa semen) dengan bahan dasar lumpur yang dicampurkan dengan *fly ash* yang diaktifkan dengan berbagai larutan aktifator. Hasilnya didapatkan binder atau perekat yang cukup menjanjikan dengan kekuatan yang mendekati campuran semen. (Sumber : <http://www.its.ac.id/berita.php?nomer:3123>).

Menurut Kardiyono Tjokrodinuljo (1992), trass atau *pozzolan* bila dipakai sebagai pengganti sebagian semen Portland umumnya berkisar antara 10 % hingga 35 % dari berat semen, pada umur 28 hari kuat tekannya lebih rendah dari pada beton normal, namun sesudah 3 bulan (90 hari) kuat tekannya dapat sedikit lebih tinggi.

### 3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (*fas*) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen (*fas*) sangat mempengaruhi kekuatan beton. Karena *fas* mempunyai pengaruh terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, penyusutan dan terutama kuat desak. (L.J Murdock dan K.M Brook, 1999).

Hubungan antara faktor air semen (*fas*) dan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1.5X}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan :  $f_c'$  = kuat tekan beton

X = *fas* (yang semula dalam proporsi volume)

A,B = konstanta.

Dengan demikian hubungan antara faktor air semen (fas) adalah semakin besar nilai faktor air semen maka semakin rendah kuat desak betonnya. Jika dilihat dari persamaan diatas semakin kecil faktor air semen maka semakin tinggi kuat desak beton, tetapi nilai fas yang rendah akan mempunyai nilai *slump* yang kecil yang akan menyulitkan pepadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992).

### 3.5 Slump

*Slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump* berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992).

Nilai *slump* untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 3.5 berikut ini :

**Tabel 3.5** Nilai *slump* untuk berbagai macam struktur (Kardiyono, 1992)

| Jenis Struktur                        | Nilai Slump (cm) |          |
|---------------------------------------|------------------|----------|
|                                       | Minimum          | Maksimum |
| Pondasi Bertulang                     | 5                | 12,5     |
| Tiang pondasi dalam, casing           | 2,5              | 10       |
| Pelat, balok, kolom                   | 7,5              | 15       |
| Beton untuk jalan ( <i>pavement</i> ) | 5                | 7,5      |
| Beton massa (struktur massa berat)    | 2,5              | 7,5      |

### 3.6 Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan (*workability*) adalah ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan termasuk adukan, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton,



secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton antara lain sebagai berikut ini (Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan semakin mudah pengerjaan beton.
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir yang bulat akan mempermudah cara pengerjaan beton.
5. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan air lebih sedikit daripada dipadatkan dengan tangan.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton. Makin cair adukan beton makin mudah cara pengerjaannya. Workabilitas terdiri dari tiga hal yang terpisah (Murdock & Brook, 1999) :

1. Kompaktibilitas atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan.
2. Mobilitas atau kemudahan beton dapat mengalir kedalam cetakan.
3. Stabilitas atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan butiran dari bahan lainnya.

### 3.7 Modulus Elastisitas

Di dalam perkembangan di berbagai negara, sejalan dengan semakin berkembangnya penggunaan beton ringan dipandang perlu untuk menyertakan besaran kerapatan (*density*) pada penetapan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ ). Sehingga pada penerapannya digunakan rumus-rumus empiris yang menyertakan besaran berat disamping kuat betonnya. Sesuai dengan SK.SNI-T-15-1991-03, 1991 digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut (*Kadir Aboe, 2000*) :

$$E_c = 0.043W_c^{1.50} \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :  $E_c$  = Modulus Elastisitas beton tekan (MPa)

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

$f_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)

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

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(3.5)$$

Modulus elastis beton normal merupakan fungsi dari kuat desak beton :

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots(3.6)$$

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

$\varepsilon$  = Regangan yang dihasilkan dari tegangan

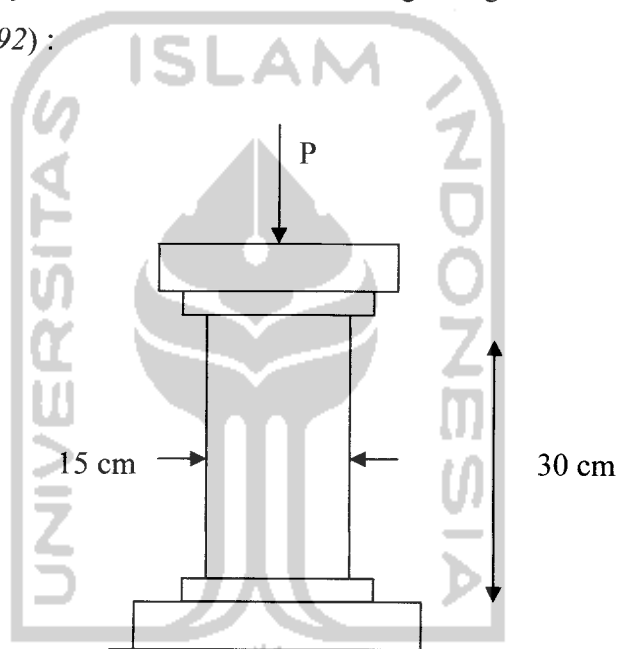
$\sigma$  = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

### 3.8 Kuat Desak Beton

Kuat desak beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya desak

tertentu. Pada umumnya beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat desak yang tinggi. Karena mutu beton hanya ditinjau dari kuat desaknya saja. Umur beton berpengaruh pada kuat desak beton (Kardiyono, 1992).

Pengukuran kuat desak beton dilakukan dengan membuat benda uji pada saat pengadukan beton berlangsung. Benda uji berupa silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji ini kemudian ditekan dengan mesin penekan sampai pecah. Beban desak maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang selinder maka diperoleh nilai kuat tekan. Nilai kuat desak dinyatakan dalam MPa dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kardiyono, 1992) :



**Gambar 3.3** Pengujian Kuat Desak Beton

$$\text{Kuat desak beton } f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dengan :  $f_c'$  = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

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

campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Dari kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan beton rata-rata ( $f_{cr}'$ ) dengan persamaan (Ari Novrizaldi, 2006).

$$f_{cr}' = \frac{\sum_{i=1}^{N=1} fc(i)}{N} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dengan :  $f_{cr}'$  = kuat tekan beton rata-rata

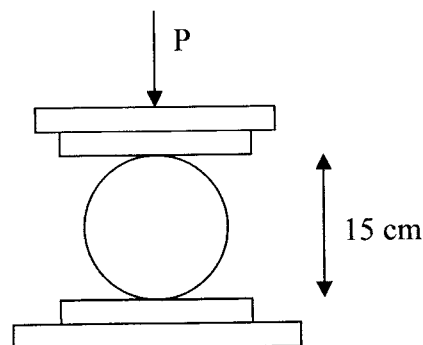
$fc$  = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

$N$  = jumlah semua benda uji yang diperiksa

### 3.9 Kuat Tarik / Belah Beton

Nilai kekuatan tekan dan tarik beton tidak berbanding lurus. Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Setiap peningkatan kuat tekan beton hanya memberi sedikit peningkatan kuat tariknya. Nilai kuat tarik beton berkisar 9% – 15% dari kuat tekannya (Istimawan Dipohusodo, 1994).

Kuat tarik didapatkan dari hasil pengujian, dengan uji pembelahan silinder-silinder oleh suatu desakan ke arah diameternya pada seluruh panjang silinder. Secara terperinci cara ini diuraikan pada British Standard – 1881 : 1970 (Murdock dan Brook, 1986), kekuatan tarik dapat didefinisikan sebagai berikut :



**Gambar 3.4** Pengujian Pembelahan-Tarik Beton

$$f_t = \frac{2P}{\pi ld} \dots\dots\dots(3.9)$$

dimana,  $f_t$  = Kuat tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = baban maksimal yang diberikan (N)

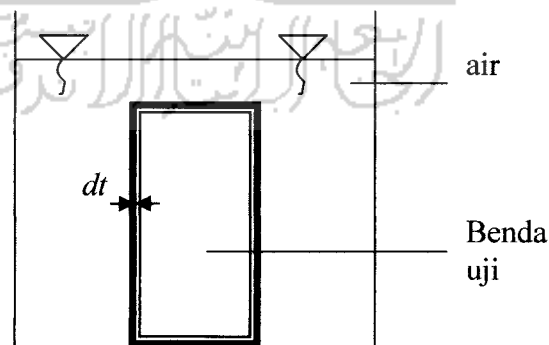
$l$  = panjang dari silinder (mm)

$d$  = diameter (mm)

### 3.10 Permeabilitas

Beton yang mempunyai permeabilitas rendah secara umum memiliki kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap peresapan air dan larutan garam. Penguatan baja dalam struktur beton mulai rusak lebih lambat apabila permeabilitas dari beton tersebut rendah atau impermeable, sedangkan beton akan rusak lebih cepat apabila permeabilitas dari beton tersebut tinggi. Pengukuran permeabilitas membantu menemukan masalah-masalah daya tahan dan perlindungan efektif pada struktur beton.

Pengujian permeabilitas beton dapat dilihat dari gambar 3.5. Menurut Ade Ilham, 2006, nilai permeabilitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Wisnu, 2007) :



**Gambar 3.5** Pengujian Permeabilitas Beton

$$p = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dengan :  $p$  = Nilai permeabilitas (cm/det)

$dq$  = kedalaman penetrasi (cm)

$dt$  = waktu penetrasi (detik)

### 3.11 Ketentuan Pembuatan Benda Uji

Ketentuan menurut SK-SNI-M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI 1971. Ketentuan menurut SK-SNI-M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain :

1. Benda uji standart berupa selinder diameter 150 mm dan 300 mm. Benda uji selain selinder sebagai alternative yang memberi kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.6 berikut ini :

**Tabel 3.6 Angka Konversi Benda Uji Beton**

| Benda uji             | Faktor Konversi |
|-----------------------|-----------------|
| Selinder 150 x 300 mm | 1,00            |
| Kubus 150 x 150 mm    | 0,80            |
| Kubus 200 x 200 mm    | 0,83            |

2. Hasil pemeriksaan diambil rata-rata dari minimal 3 benda uji.

### 3.12 Metode Perencanaan Adukan Beton

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode “ *The British Mix Design Method* ” atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara *DOE (Department Of Environment)*. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ( $f_c'$ )

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat di lapangan. Kuat beton yang

disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

2. Menetapkan nilai deviasi standar ( Sd )

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilainya.

- a. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 3.7 :

**Tabel 3.7** Tingkat pengendalian pekerjaan

| Tingkat pengendalian mutu pekerjaan | Sd (MPa) |
|-------------------------------------|----------|
| Memuaskan                           | 2,8      |
| Sangat baik                         | 3,5      |
| Baik                                | 4,2      |
| Cukup                               | 5,6      |
| Jelek                               | 7,0      |
| Tanpa kendali                       | 8,4      |

- b. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada tabel 3.8 :

**Tabel 3.8** Faktor Pengali deviasi standar

| Jumlah data    | 30  | 25   | 20   | 15   | <15         |
|----------------|-----|------|------|------|-------------|
| Faktor pengali | 1,0 | 1,03 | 1,08 | 1,16 | Tidak boleh |

3. Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = k \cdot Sd$$

*Keterangan* : M = nilai tambah

$$K = 1,64$$

Sd = standar deviasi

Rumus di atas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 MPa.

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

Rumusnya :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

*Keterangan* :  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

5. Menetapkan jenis semen

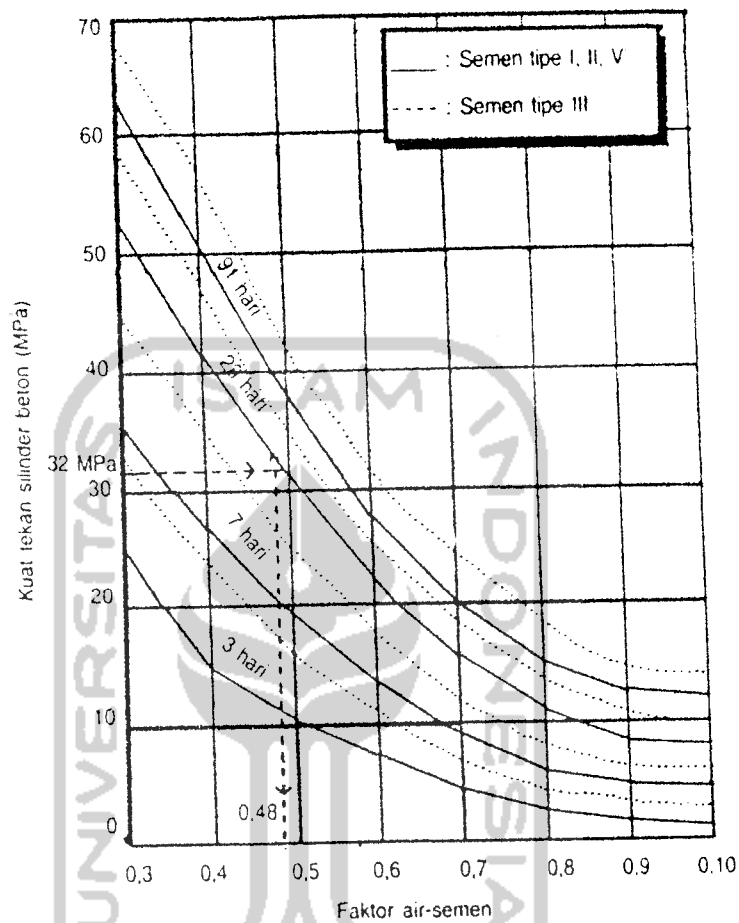
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

7. Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara, yaitu :



a) Cara Pertama :



Gambar 3.6. Grafik faktor air semen

Misal, kuat tekan selinder ( $f'_{cr} = 32$  MPa) pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 3.6)

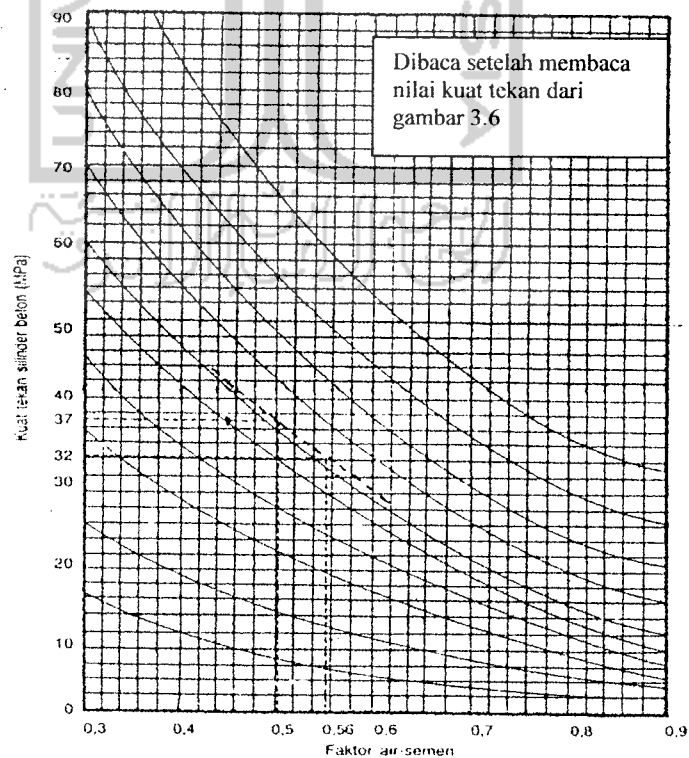
b) Cara Kedua

Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 3.9 :

**Tabel 3.9** Nilai kuat tekan beton

| Jenis semen | Jenis agregat kasar (kerikil) | Umur Beton |    |    |    |
|-------------|-------------------------------|------------|----|----|----|
|             |                               | 3          | 7  | 28 | 91 |
| I, II, III  | Alami                         | 17         | 23 | 33 | 40 |
|             | Batu pecah                    | 19         | 27 | 37 | 45 |
| IV          | Alami                         | 21         | 28 | 38 | 44 |
|             | Batu pecah                    | 25         | 33 | 44 | 48 |

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 MPa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan  $f'_{cr} = 37$  MPa, digunakan grafik 3.7 penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.

**Gambar 3.7** Grafik mencari faktor air semen

c) Cara Ketiga :

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

1. Untuk pembeconan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,60.
2. Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung  $SO_3$  antara 0,3 - 1,2 maka *fas* yang diperoleh = 0,50.
3. Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas ambil nilai yang terendah.

8. Menetapkan faktor air semen minimum

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen yang terkecil.

9. Menetapkan nilai *slump*

Nilai *slump* didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel 3.10 :

**Tabel 3.10** Penetapan Nilai *Slump* (cm)

| Pemakaian Beton  | Maks | Min |
|--|------|-----|
| Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang           | 12,5 | 5,0 |
| Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah | 9,0  | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom dan dinding                                | 15,0 | 7,5 |
| Pengerasan jalan   | 7,5  | 5,0 |
| Pembeconan masal   | 7,5  | 2,5 |

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

11. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan tabel 3.11 :

**Tabel 3.11** Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

| Besarnya<br>maks kerikil<br>(mm) | Jenis<br>Batuan | Slump (mm) |       |       |        |
|----------------------------------|-----------------|------------|-------|-------|--------|
|                                  |                 | 0-10       | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
| 10                               | Alami           | 150        | 180   | 205   | 225    |
|                                  | Batu pecah      | 180        | 205   | 230   | 250    |
| 20                               | Alami           | 135        | 160   | 180   | 195    |
|                                  | Batu pecah      | 170        | 190   | 210   | 225    |
| 40                               | Alami           | 115        | 140   | 160   | 175    |
|                                  | Batu pecah      | 155        | 175   | 190   | 205    |

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m<sup>3</sup>

A<sub>h</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A<sub>k</sub> = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menetapkan kebutuhan semen

$$\text{Berat semen per meter kubik} = \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{Faktor air semen}}$$

## 13. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar tabel 3.12 :

**Tabel 3.12 Kebutuhan semen minimum**

| Berhubungan dengan | Tipe semen  | Kandungan semen min.<br>Ukuran maks agregat (mm) |     |
|--------------------|---|--|-----|
|                    |   | 40   | 20  |
| Air tawar          | Semua tipe I-V  | 280  | 300 |
| Air payau          | Tipe + <i>pozzolan</i> (15 - 40%) / S.P <i>pozzolan</i> | 340  | 380 |
|                    | Tipe II atau V  | 290  | 330 |
| Air laut           | Tipe II atau V  | 330  | 370 |

## 14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 1 (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

## 15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 1 dan m berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

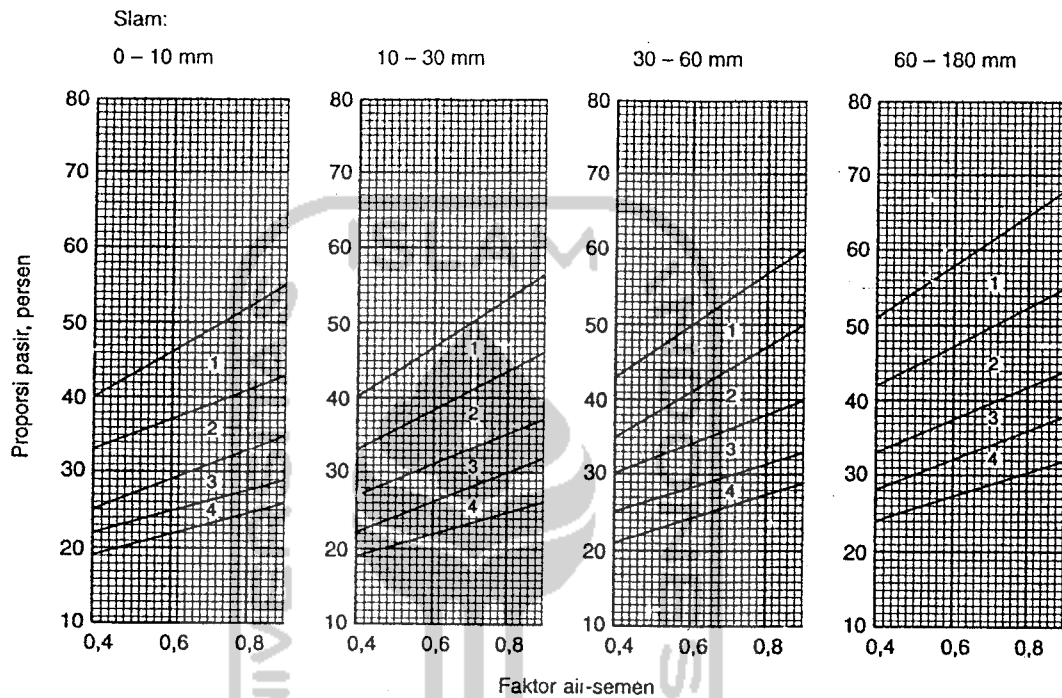
- a) Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- b) Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

## 16. Menentukan golongan pasir

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

### 17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

Untuk menentukan perbandingan antara pasir dan kerikil dapat dicari dengan bantuan grafik 3.8 dibawah ini. Dengan melihat nilai slump yang direncanakan, ukuran butir maksimum, zona pasir, dan faktor air semen :



**Gambar 3.8** Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm

### 18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

- Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
- Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = (P/100) \times B_j \text{ pasir} + (K/100) \times B_j \text{ kerikil}$$

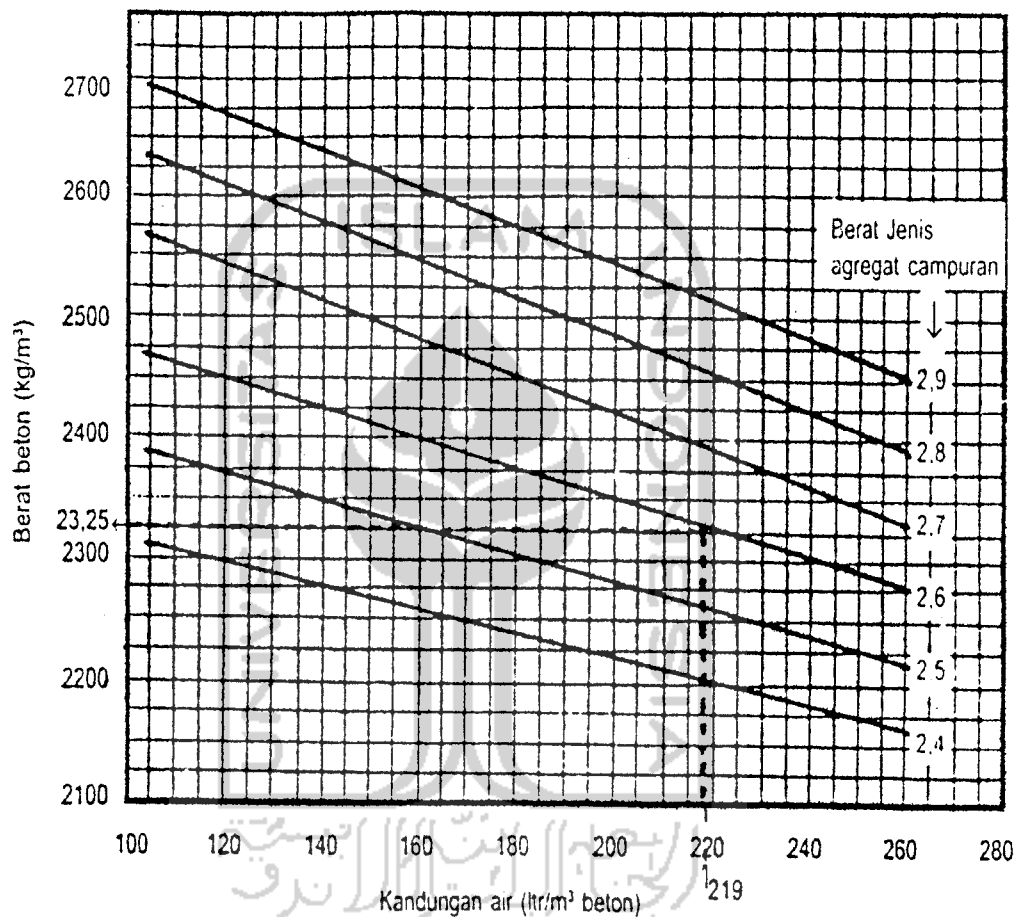
Diketahui :  $B_j$  campuran = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

### 19. Menentukan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan kedalam gambar 3.9 :



**Gambar 3.9** Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6

Kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m<sup>3</sup>.

## 20. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen.

## 21. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir.

## 22. Menentukan kebutuhan kerikil

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

### 3.13 Pengadukan Beton

Usaha untuk mencapai mutu beton yang baik adalah dengan melakukan proses pembuatan beton dengan sebaik-baiknya, dimulai dari bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen yang kemudian berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, pencampuran dan pengadukan harus dilakukan dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan dua cara :

1. Dengan menggunakan tangan bila beton yang dibuat sedikit.
2. Dapat pula dengan menggunakan mesin apabila jumlah beton yang akan dibuat dalam jumlah banyak. Lama waktu pengadukan pada kapasitas isi mesin pengaduk, pada umumnya kurang lebih dua menit semenjak mulai pengadukan, dan hasilnya menunjukkan susunan dan warna yang merata.





## **BAB IV**

### **METODELOGI PENELITIAN**

Metode penelitian adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian.

Metodelogi yang kami lakukan adalah dengan cara membuat benda uji di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, kemudian kami mengujinya dengan cara tekan, tarik dan permeabilitas. Umur beton yang digunakan adalah 28 hari.

#### **4.1 Bahan - Bahan**

Bahan yang digunakan dalam proses pencampuran adalah :

1. Semen Portland merek Gresik.
2. Agregat halus (pasir) diambil dari Merapi.
3. Agregat kasar (kerikil) diambil dari Clereng.
4. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
5. Bahan pengganti semen yang mengandung *pozzolan* berasal dari *Lumpur Lapindo Brantas*.

#### **4.2 Peralatan**

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Palu karet dan martil.
2. Saringan/ayakan.
3. Timbangan.

4. Mesin siever.
5. Gelas ukur.
6. Ember.
7. Cetok.
8. Sekop.
9. Cetakan benda uji.
10. Seperangkat peralatan kunci.
11. Mistar dan Kaliper.
12. Kerucut Abrahams.
13. Tongkat Penumbuk.
14. Mesin Uji Desak Beton (*Compressing Testing Machine*).
15. Alat Uji Permeabilitas.
16. Stopwatch.

#### 4.3 Pemeriksaan Material Yang Digunakan

Pemeriksaan dalam agregat dalam penelitian ini antara lain :

1. Pemeriksaan kadar lumpur  
Tujuannya adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang dikandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Pada agregat ini kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5 %.
2. Pemeriksaan berat volume  
Pemeriksaan ini untuk mengetahui berat volume dalam kondisi “ SSD ” (*Saturated Surface Dry*).
3. Pemeriksaan berat jenis  
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan.
4. Analisis saringan dan modulus butiran halus  
Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan yang dilakukan diperoleh modulus halus butiran agregat halus.

#### 4.4 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran ini menggunakan metode DOE (*Department of Environment*), yaitu :

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| $f'c$                   | = 25 MPa                            |
| Jenis semen             | = Semen portland merk Gresik tipe I |
| Jenis Kerikil           | = Batu pecah                        |
| Ukuran maksimum kerikil | = 20 mm                             |
| Nilai <i>slump</i>      | = Minimal 100 mm (10 cm)            |
| Jenis Pasir             | = Pasir agak kasar (golongan II)    |
| Berat jenis kerikil     | = 2,595 t/m <sup>3</sup>            |
| Berat jenis pasir       | = 2,69 t/m <sup>3</sup>             |

1. Kuat tekan beton yang diisyaratkan pada 28 hari yaitu  $f'c = 25$  MPa
2. Penetapan nilai deviasi standar ( $S$ ) = 5,6 MPa  
Dari tabel 3.7 diambil nilai 5,6 dengan tingkat pengendalian mutu pekerjaan cukup.
3. Perhitungan nilai tambah ( $M$ ) =  $K \times Sd$   

$$= 1,64 \times 5,6$$

$$= 9,184 \approx 9 \text{ MPa}$$

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 f'cr &= f'c + M \\
 &= 25 + 9 \\
 &= 34 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

5. Menetapkan jenis semen

Digunakan semen portland tipe I, yaitu jenis semen biasa yang cepat mengeras atau semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

6. Menetapkan jenis agregat (digunakan jenis kerikil batu pecah).

7. Menetapkan Faktor Air Semen (FAS) :

Cara I : Dari gambar 3.3 dengan  $f'_{cr} = 34$  MPa pada umur 28 hari didapat FAS 0,47.

Cara II : Dari tabel 3.9 jenis semen I, batu pecah umur 28 hari dan dilihat dari perbandingan garis pada gambar 3.4 didapat FAS 0,53.

Cara III : Dari cara ini diperoleh

- 1) Untuk pembetonan didalam ruang bangunan dan dalam keadaan keliling non korosif = 0,6.
- 2) Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I dengan pozzolan untuk tanah mengandung  $SO_3$  antara 0,3 - 1,2 maka FAS yang diperoleh = 0,50.
- 3) Untuk beton bertulang didalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50

Dari ketiga cara tersebut diatas diambil nilai FAS yang terendah yaitu 0,47.

8. Dari ketiga cara diatas (langkah 7), maka diambil FAS minimum yaitu 0,47.

9. Menetapkan nilai *slump* rencana minimal 10 cm.

## 10. Menetapkan kebutuhan air

Dari tabel 3.11 jika pasir maksimum 10 mm jenis alami  $A_h = 225$ . Jika krikil maksimum 20 mm jenis batu pecah  $A_k = 225$ .

$$\begin{aligned} A &= (0,67 \times A_h) + (0,33 \times A_k) \\ &= (0,67 \times 225) + (0,33 \times 225) \\ &= 225 \text{ liter.} \end{aligned}$$

## 11. Menentukan kebutuhan semen

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan}}{\text{Faktor air semen}} \\ &= \frac{225}{0,47} \\ &= 479 \text{ kg.} \end{aligned}$$

## 12. Perbandingan pasir dan kerikil

Dengan gambar 3.5 jika faktor air semen 0,47 pasir golongan II, nilai *slump* minimal 100 mm, dan agregat maksimum 20 mm didapat 44 %.

## 13. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan kerikil

$$\begin{aligned} \text{Bj campuran} &= \left( \frac{P}{100} \right) \times \text{Bj pasir} + \left( \frac{K}{100} \right) \times \text{Bj kerikil} \\ &= \left( \frac{44}{100} \right) \times 2,69 + \left( \frac{56}{100} \right) \times 2,595 \\ &= 2,64 \end{aligned}$$

## 14. Menentukan berat jenis beton

Dengan gambar 3.6 jika berat jenis campuran 2,64 kebutuhan air 225 liter didapat berat jenis betonnya 2345 Kg/m<sup>3</sup>.

## 15. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

$$\begin{aligned}
 &= \text{Berat beton} - \text{kebutuhan air} - \text{kebutuhan semen} \\
 &= 2345 - 225 - 479 \\
 &= 1641 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

## 16. Menentukan kebutuhan pasir

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat pasir} + \text{kerikil}) \times \text{presentase berat pasir} \\
 &= 44 \% \times 1641 \\
 &= 722,04 \approx 722 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

## 17. Menentukan kebutuhan kerikil

$$\begin{aligned}
 &= (\text{berat pasir} + \text{kerikil}) - \text{kebutuhan pasir} \\
 &= 1641 - 722 \\
 &= 919 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Untuk  $1\text{m}^3$  beton dibutuhkan

- |            |             |
|------------|-------------|
| a. Air     | = 225 liter |
| b. Semen   | = 479 kg    |
| c. Pasir   | = 722 kg    |
| d. Kerikil | = 919 kg    |

Sampel dibuat per 8 (delapan) buah untuk setiap adukannya. Kebutuhan campuran beton dan lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Perhitungan volume 1 (satu) buah sampel sebagai berikut :

$$\text{Tinggi cetakan (h)} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter cetakan (d)} = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 (satu) buah sampel} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \times 30 \\
 &= 5301,44 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Jumlah tiap adukan = 8 buah sampel

$$\begin{aligned} \text{Volume 8 buah sampel} &= 8 \times 5301,44 = 42411,52 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0424 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Tabel 4.1** *Kebutuhan Bahan Campuran Beton Normal*

| Komposisi Bahan | Volume 8 bh Sampel (m <sup>3</sup> ) | Kebutuhan per m <sup>3</sup> Beton | Kebutuhan Bahan 8 bh Sampel | Satuan |
|-----------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------|
| Air             | 0,0424                               | 225                                | 9,54                        | liter  |
| Semen           | 0,0424                               | 479                                | 20,32                       | kg     |
| Pasir           | 0,0424                               | 722                                | 30,621                      | kg     |
| Kerikil         | 0,0424                               | 919                                | 38,976                      | kg     |

**Tabel 4.2** *Kebutuhan Lumpur Lapindo Sebagai Pengganti Semen*

| Kadar Pozzolan (%) | Berat Semen per 8 buah Sampel (kg) | Kebutuhan Lumpur per 8 bh Sampel (kg) | Satuan |
|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------|
| 0                  | 20,32                              | 0                                     | kg     |
| 2,5                | 19,81                              | 0,51                                  | kg     |
| 5                  | 19,30                              | 1,02                                  | kg     |
| 7,5                | 18,79                              | 1,52                                  | kg     |
| 10                 | 18,28                              | 2,03                                  | kg     |
| 12,5               | 17,78                              | 2,54                                  | kg     |
| TOTAL              | 114,27                             | 7,62                                  | kg     |

#### 4.5 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton (benda uji).

2. Mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang, kemudian diaduk hingga campuran merata dengan permukaan mengkilap.
3. Diukur nilai *slump* dari adukan tersebut.
4. Setelah *slump* yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing  $\frac{1}{3}$  dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali.
5. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaannya diratakan.
6. Cetakan diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam.
7. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan, kemudian dirawat dengan perendaman sampai beton berumur 27 hari. Kemudian dilakukan pengujian setelah beton berumur 28 hari

#### 4.6 Pengujian Kuat Desak Benda Uji

Setelah berumur 27 hari beton dikeluarkan dari rendaman. Pada umur 28 hari dilakukan pengujian kuat desak beton di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Benda uji ditekan dengan mesin uji desak (*Compressing Testing Machine*). Beban yang memecahkan (P) dibagi dengan luas sisi terdesak (A) diperoleh kuat desak beton tersebut. Data yang diambil pada pengujian desak adalah beban maksimum beton.

Untuk melaksanakan pengujian kuat desak beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Menimbang berat dari benda uji.
2. Mengukur dimensi dari benda uji.
3. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
4. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 - 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.



5. Lakukan pembebanan dengan gaya tekan yang tegak lurus terhadap sumbu silinder sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
6. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

#### 4.7 Pengujian Kuat Tarik-Belah Benda Uji

Untuk melaksanakan pengujian kuat tarik beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Benda uji diambil dari bak perendaman 1 hari sebelum dilakukan pengujian.
2. Kotoran yang menempel dibersihkan dengan kain.
3. Setelah berumur 28 hari, menimbang berat dan mengukur dimensi benda uji.
4. Benda uji diletakkan pada mesin tarik secara sentris.
5. Pembebanan dilakukan tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal di atas pelat mesin percobaan sampai benda uji terbelah dan dicatat hasil maksimum pembebanannya.

#### 4.8 Pengujian Permeabilitas Benda Uji

Pengujian permeabilitas dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam waktu  $dt$  (detik). Kedalaman penetrasi air ( $dq$ ) ke dalam benda uji menunjukkan tingkat permeabilitas beton.

Untuk melaksanakan pengujian permeabilitas beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Silinder uji dikeluarkan dari rendaman setelah berumur 27 hari.
2. Menimbang berat dan mengukur dimensi dari benda uji
3. Benda uji diletakkan ke dalam oven selama 24 jam.
4. Kemudian pada umur beton 28 hari silinder uji dikeluarkan dari oven, kemudian diangin-anginkan selama kurang lebih 1 jam dan diukur berat serta dimensinya.

5. Benda uji direndam kembali selama 1 jam.
6. Lakukan uji belah untuk diukur kedalaman penetrasi air.
7. Catat kedalaman penetrasi air dari tiap sisi beton.

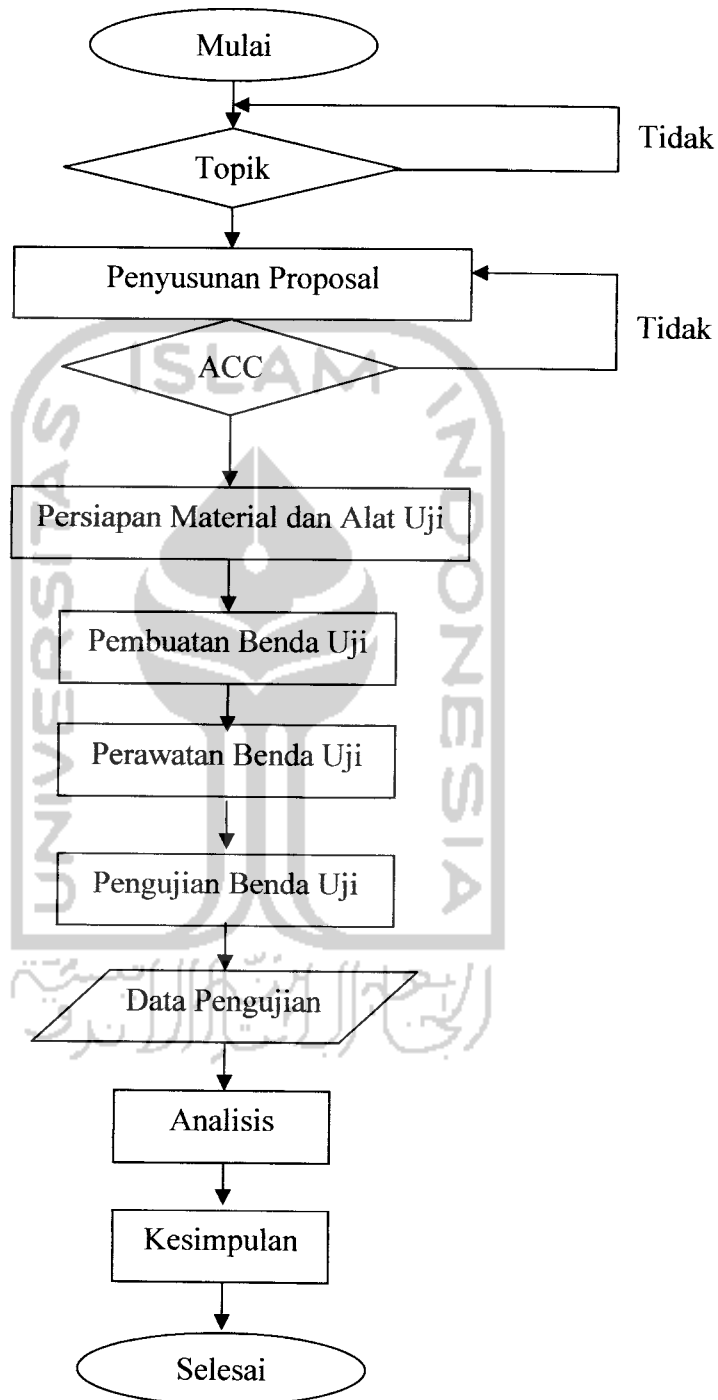
#### 4.9 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan/korelasi antar satu pengujian dengan pengujian lainnya. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo terhadap kekuatan beton.



#### 4.10 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian tergambar dalam *flow chart* dibawah ini :



**Gambar 4.1** *Flowchart Pelaksanaan Penelitian*

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Pengertian Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium, dalam pelaksanaan eksperimen ini peneliti menggunakan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan. Dimulai dari tahap perhitungan campuran beton, kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan dan perawatan benda uji sampai dengan pengujian kuat desak, kuat tarik dan permeabilitas dapat dilaksanakan tanpa menemui kesulitan yang berarti. Hasil penelitian yang berupa data-data kasar, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur panas Lapindo Brantas Sidoarjo terhadap kuat desak, kuat tarik dan permeabilitas beton.

Dalam bab ini akan diuraikan tentang proses pembuatan benda uji yang meliputi nilai *slump* dan tingkat *workability* serta akan disajikan pula hasil pengamatan dan hasil akhir dari pengujian yang meliputi uji tekan, uji tarik-belah, dan uji permeabilitas.

#### 5.2. Proses Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji penelitian ini dilakukan dengan cara manual, benda uji beton setiap variasi dikurangi proporsi semennya dan digantikan dengan lumpur Lapindo secara gradual mulai dari 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% dan 12,5%. Alasan peneliti mengganti sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kekuatan beton yang diakibatkan. Proses dalam pembuatan adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Proses awal pembuatan benda uji beton normal tanpa penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo adalah dimulai dari mencampur agregat kasar dan halus di atas talam besar, kemudian diaduk sampai merata.
2. Setelah campuran agregat kasar dan halus merata, selanjutnya mencampurkan semen yang kemudian diaduk kembali hingga merata.
3. Campuran agregat kasar, halus, dan semen selanjutnya ditambahkan dengan air sedikit demi sedikit, kemudian aduk lagi hingga adukan merata.
4. Setelah itu dilakukan uji *slump* untuk mengetahui tingkat keenceran adukan tersebut.
5. Untuk pembuatan benda uji dengan penggantian sebagian semen menggunakan lumpur Lapindo adalah dengan melakukan tahapan-tahapan seperti diatas, hanya yang berbeda pada banyaknya penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo, yang dilakukan setelah proporsi semen dan lumpur Lapindo diaduk rata terlebih dahulu kemudian dicampurkan dengan agregat kasar, agregat halus dan air hingga tercampur merata.

Hal terpenting yang perlu diperhatikan dalam semua pengujian yang akan dilakukan adalah kondisi permukaan benda uji. Permukaan yang rata akan menghasilkan nilai kuat tekan, tegangan regangan dan modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

### 5.3. Nilai *Slump* dan *Workability*

Nilai *slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* beton dapat dilihat dari nilai *slump* yang terjadi. Semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah proses pengerjaan beton (*workability*). Dalam penelitian ini nilai *slump* akibat penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo menjadikan nilai *slump* lebih rendah daripada beton normal, sehingga menyebabkan *workability* juga

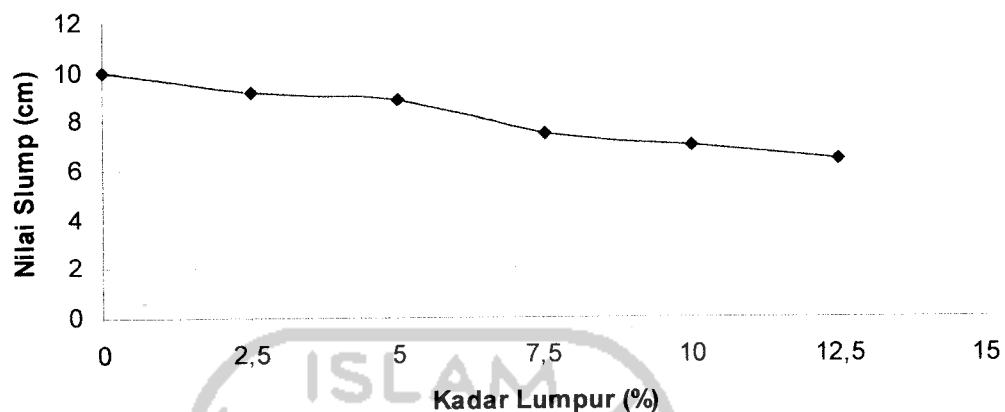
menurun. Penurunan nilai slump ini diakibatkan karena penyerapan lumpur Lapindo terhadap air lebih besar dibandingkan semen.

Seiring dengan menurunnya nilai *slump* pada adukan beton, maka tingkat *workability* juga akan menurun dan akan sangat berpengaruh pada proses pengerjaan beton. Dengan kata lain semakin banyak kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen dalam adukan beton akan menurunkan nilai *slump* dan juga *workability*. Hal tersebut diatas dapat dilihat pada tabel 5.1 hubungan antara nilai *slump* dengan kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen.

**Tabel 5.1** Hubungan Antara Slump Dengan Kadar Lumpur Lapindo Sebagai Pengganti Sebagian Semen

| Kode Sampel         | Kadar Lumpur (%) | Nilai Slump (cm) | Penurunan (%) |
|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| BN 0 %              | 0                | 10,0             | 0,0           |
| BN 2,5 %            | 2,5              | 9,2              | 8,0           |
| BN 5 %              | 5                | 8,8              | 12,0          |
| BN 7,5 %            | 7,5              | 7,5              | 25,0          |
| BN 10 %             | 10               | 7,0              | 30,0          |
| BN 12,5 %           | 12,5             | 6,4              | 36,0          |
| Penurunan Rata-rata |                  |                  | 18,5          |

Grafik hubungan antara nilai *slump* dengan kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen dapat dilihat pada gambar 5.1 sebagai berikut :



**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Antara Slump Dengan Penggantian Sebagian semen menggunakan Lumpur Lapindo

Dari tabel 5.1 dan grafik 5.1 diatas dapat dilihat bahwa masing-masing sampel dengan penggantian sebagian semen menggunakan lumpur Lapindo yang berbeda memiliki nilai *slump* yang berbeda, semakin banyak kadar lumpur pada adukan beton akan berdampak pada penurunan nilai *slump* dan *workability*. Pada variasi 12,5% didapat nilai slump terendah sebesar 6,4 cm terjadi penurunan sebesar 36% dari beton normal. Hal ini dikarenakan lumpur Lapindo memiliki resapan terhadap air yang lebih besar daripada semen yang terbukti secara visual pada waktu proses pencampuran adukan beton pasta yang terbentuk menjadi semakin pekat seiring dengan bertambahnya kadar lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti sebagian semen mengakibatkan menurunnya nilai *slump*, sehingga juga menurunkan tingkat pengerjaan beton (*workability*).

#### 5.4. Hasil Pengujian Kuat Desak

Pengujian kuat desak (tekan) dimaksudkan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh silinder beton. Besarnya kuat tekan beton diperoleh dari perbandingan antara beban maksimum dan luas penampang beton.

Pengujian kuat desak beton pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Untuk masing-masing variasi dibuat 5 sampel tekan dan 3 sampel tarik dan permeabilitas dengan pengurangan persentase semen dan penambahan lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo sebagai pengganti sebagian semen setiap variasi secara gradual sebesar 2,5% sampai 12,5% dari berat semen beton normal.

Contoh penghitungan untuk mencari kuat tekan benda uji beton silinder terlihat pada tabel 5.2 dari hasil pengujian beton normal, didapat:

$$P = 498,760 \text{ KN} = 498760 \text{ N}$$

$$d = 15,020 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 15,020^2 \\ &= 177,096 \text{ cm}^2 = 17709,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{tk} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{498760}{17709,6} \\ &= 28,163 \text{ N/mm}^2 = 28,163 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tekan beton normal masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tekan betonnya. Lakukan hal tersebut untuk setiap variabel benda uji. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2,



**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton**

| Kode Sampel | Kadar Lumpur<br>(%) | Nilai fas |      | Kuat Tekan<br>(Mpa) |
|-------------|---------------------|-----------|------|---------------------|
|             |                     | w/(c+p)   | w/c  |                     |
| BN 0 %      | 0,0                 | 0,47      | 0,47 | 29,891              |
| BN 2,5 %    | 2,5                 | 0,47      | 0,48 | 27,564              |
| BN 5%       | 5,0                 | 0,47      | 0,49 | 24,046              |
| BN 7,5 %    | 7,5                 | 0,47      | 0,51 | 22,380              |
| BN 10 %     | 10,0                | 0,47      | 0,52 | 21,259              |
| BN 12,5 %   | 12,5                | 0,47      | 0,54 | 18,733              |

Adapun contoh penghitungan untuk persentase penurunan kuat tekan dengan variasi lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen terhadap beton normal, didapat :

Kuat tekan beton normal ( BN ) = 29,891 MPa

Kuat tekan beton kadar lumpur Lapindo 2,5% ( BN 2,5% ) = 27,564 Mpa

$$\text{Pengurangan Kuat tekan} = \frac{(29,891 - 27,564)}{29,891} \times 100$$

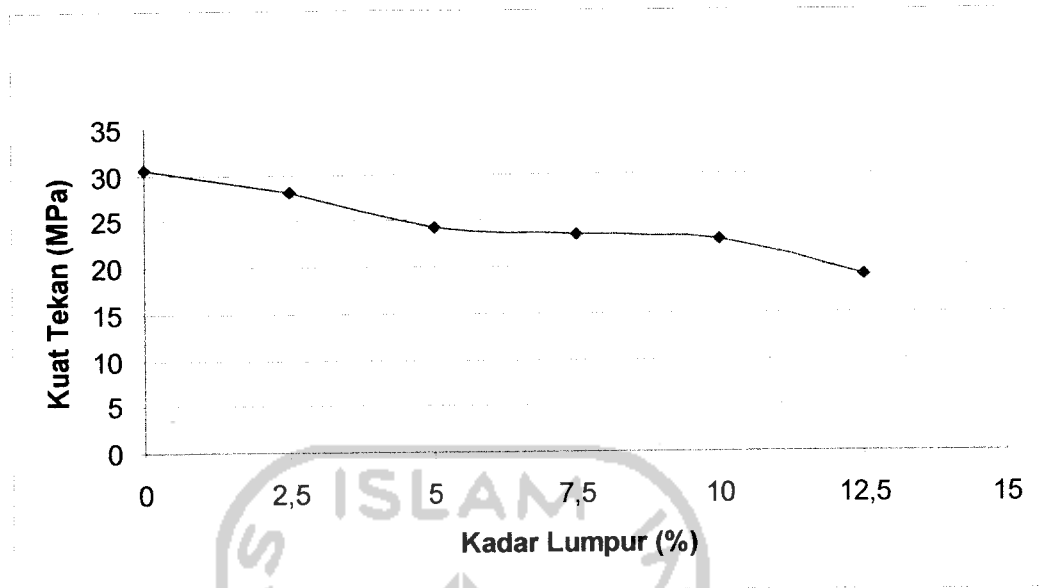
$$= 7,787 \%$$

Demikian seterusnya untuk variabel yang berbeda dengan bilangan yang dikurang dan pembagi tetap yaitu kuat Tekan beton normal. Persentase penurunan kuat tekan dapat dilihat pada tabel 5.3 di bawah ini :

**Tabel 5.3** *Persentase Penurunan Kuat Desak Beton Normal Terhadap Kadar Lumpur Lapindo*

| Kode Sampel         | Kadar Lumpur (%) | Nilai fas |      | Kuat Tekan (Mpa) | Penurunan (%) |
|---------------------|------------------|-----------|------|------------------|---------------|
|                     |                  | w/(c+p)   | w/c  |                  |               |
| BN 0 %              | 0,0              | 0,47      | 0,47 | 29,891           | 0             |
| BN 2,5 %            | 2,5              | 0,47      | 0,48 | 27,564           | 7,787         |
| BN 5%               | 5,0              | 0,47      | 0,49 | 24,046           | 19,557        |
| BN 7,5 %            | 7,5              | 0,47      | 0,51 | 22,380           | 25,129        |
| BN 10 %             | 10,0             | 0,47      | 0,52 | 21,259           | 28,880        |
| BN 12,5 %           | 12,5             | 0,47      | 0,54 | 18,733           | 37,329        |
| Penurunan Rata-rata |                  |           |      |                  | 19,745        |

Dari tabel 5.3 di atas dapat dilihat kuat tekan beton tertinggi pada beton normal sebesar 29,891 MPa, kemudian variasi penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo sebesar 2,5 % didapat kuat tekan sebesar 27,564 MPa dimana mengalami penurunan kuat tekan sebesar 7,79 % dari beton normal dan masih memenuhi kuat tekan rencana sebesar 25 MPa. Akan tetapi untuk kandungan lumpur Lapindo yang semakin besar yaitu pada variasi 5%; 7,5%; 10% dan 12,5%, nilai kuat tekan beton semakin menurun dan tidak memenuhi kuat tekan rencana. Kuat tekan terendah terjadi pada beton normal variasi 12,5% sebesar 18,733 MPa dengan penurunan sebesar 37,329 % dari beton normal. Hal tersebut ternyata tidak membuktikan asumsi awal yang dikatakan bahwa penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo diharapkan dapat memperbaiki kekuatan beton. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beton mengalami penurunan kekuatan beton yang signifikan dengan semakin bertambahnya jumlah kadar lumpur Lapindo, sehingga anggapan dari asumsi awal tersebut tidak terbukti dan bisa dikatakan salah.



**Gambar 5.2** Grafik Hubungan Kadar Lumpur dan Kuat Tekan

Dari gambar grafik 5.2 diatas menunjukkan terjadi penurunan kuat tekan beton, bisa dikatakan tingkat penurunan kuat tekan beton tersebut hampir linier sesuai persentase lumpur. Karena terus menurun sehingga menunjukkan bahwa lumpur Lapindo tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen. Kemungkinan yang terjadi adalah lumpur Lapindo tidak mampu membuat lekatan antara agregat kasar, agregat halus, dan semen menjadi lebih baik. Pada pelaksanaan pengujian, secara visual dapat dilihat pada tampang retak sampel beton seiring dengan bertambahnya kadar penggantian semen menggunakan lumpur Lapindo, menunjukkan bahwa benda uji tersebut memiliki ukuran retak yang relatif semakin besar, berbeda dengan sampel beton normal, ukuran retak yang lebih kecil. Hal itu kemungkinan disebabkan karena lekatan antara agregat kasar, agregat halus, dan semen menjadi kurang baik karena bertambahnya kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen.

Dari pembahasan di atas menunjukkan adanya pengaruh kandungan lumpur Lapindo terhadap kuat desak beton, bahwa lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai pengganti semen. Hal ini dikarenakan lumpur Lapindo merupakan butiran-butiran tanah halus yang tidak mempunyai ikatan yang kuat antara agregat dengan pasta semen akibatnya menurunkan kekuatan beton.

Kandungan *pozzolan* yang terdapat dalam lumpur Lapindo sangat sedikit dibandingkan dengan semen. Ukuran kehalusan butir antara semen dengan lumpur Lapindo tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan beton karena sama-sama berukuran lolos saringan no. 200. Semakin banyak persentase kandungan lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen menyebabkan terjadinya kenaikan nilai  $f_{as}$  (faktor air semen) sehingga mengakibatkan semakin menurunnya kuat desak beton yang dihasilkan. Kemungkinan lain adalah Lumpur Lapindo memiliki daya serap air yang tinggi, sehingga proses hidrasi semen tidak sempurna karena air yang dibutuhkan untuk hidrasi semen terserap juga oleh lumpur Lapindo, akibatnya menurunkan kekuatan beton.

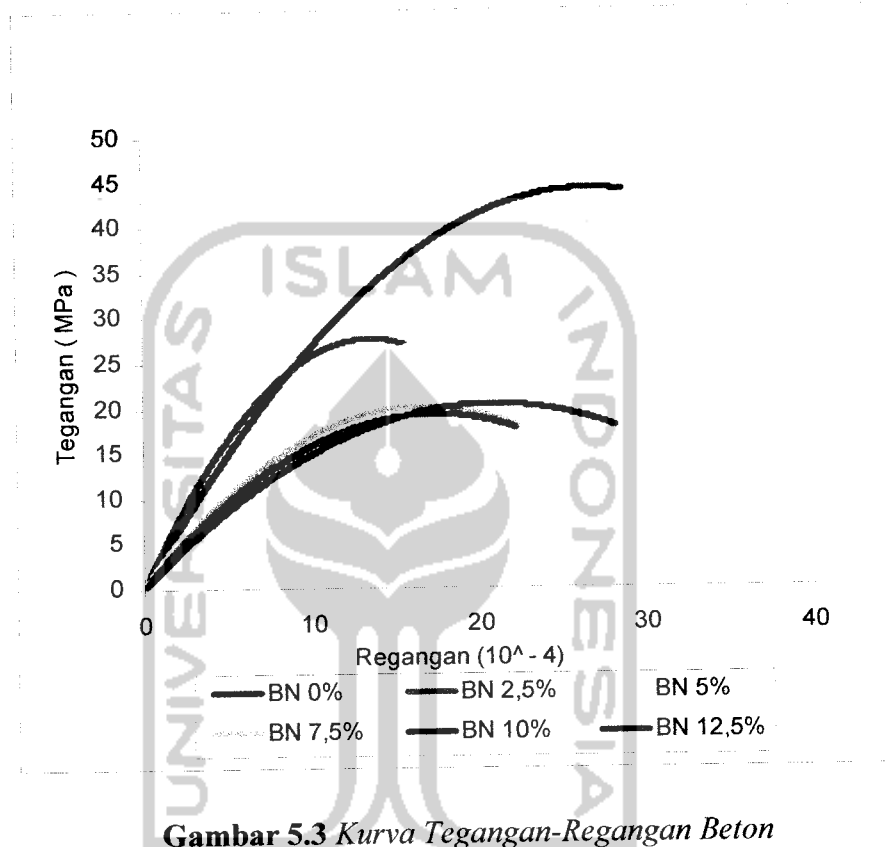
#### 5.5. Perbandingan $f'_{cr}$ Rencana dan $f'_{cr}$ Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini menentukan  $f'_{cr}$  rencana sebesar 34 MPa, namun dari hasil penelitian, didapatkan  $f'_{cr}$  terjadi sebesar 29,891 MPa bisa dikatakan belum memenuhi  $f'_{cr}$  rencana. Hal ini kemungkinan terjadi disebabkan karena bentuk tekstur dari agregat kasar yang dominan berbentuk pipih, seperti yang kita ketahui salah satu fungsi agregat kasar adalah bahan pengisi beton yang nilainya sekitar 70% diisi oleh agregat kasar, fungsi lain adalah untuk memberikan stabilitas volume dan keawetan, dari hal diatas bisa kita ketahui bahwa agregat kasar yang digunakan pada benda uji beton memiliki tekstur berbentuk pipih sehingga kinerja agregat tersebut kurang maksimal untuk menahan beban yang sangat besar, sebab agregat yang berbentuk pipih kemungkinan akan membentuk rongga dibawah permukaan agregat tersebut sehingga akan mengurangi kekuatan beton. Kemungkinan lain yang terjadi adalah *human error*, disebabkan karena pada penelitian ini pembuatan benda uji menggunakan cara manual sehingga campuran beton tidak dapat merata secara sempurna dan menjadikan adukan beton menjadi kurang homogen.

#### 5.6. Hasil Pengujian Tegangan Regangan dan Modulus Elastisitas

Kurva hasil pengujian tegangan regangan dapat dilihat pada gambar 5.3 di bawah ini. Luasan di bawah kurva menunjukkan bahwa besarnya energi yang

dapat diserap selama proses pembebanan. Semakin besar luasan dibawah kurva, maka semakin *ductile* bahan tersebut. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.



**Gambar 5.3 Kurva Tegangan-Regangan Beton**

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Dan menurut Edward G. Nawy, modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar  $0,4f'c$ ). Modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Dari modulus elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut. Pada pengujian kuat tekan didapatkan modulus elastisitas yang terbesar pada beton variasi 2,5 % yaitu sebesar 36280,722 MPa. Secara teoritis modulus elastisitas terbesar terjadi pada beton normal yaitu sebesar 26689,514 MPa.

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

$$\text{Modulus elastisitas (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

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

$\varepsilon$  = Regangan yang dihasilkan dari tegangan 0.4  $\sigma$

Pada variasi beton normal didapat :

$$\sigma_{0,4} = 11,957 \text{ MPa dan } \varepsilon_{0,4 \sigma} = 3,898 \cdot 10^{-4}$$

$$E_c = \frac{11,957}{3,898 \cdot 10^{-4}} = 30671,868 \text{ MPa}$$

Untuk perhitungan Modulus Elastisitas (Ec) kuat tekan beton normal variasi lumpur Lapindo dapat dilihat pada tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian Modulus Elastisitas (Ec) Beton Normal dan Beton Dengan Variasi Lumpur

| Kode Sampel | fc (Mpa) | 0,4.fc (Mpa) | $\varepsilon (10^{-4})$ | Modulus Elastisitas (MPa) |                                      |   |
|-------------|----------|--------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|
|             |          |              |                         | Uji                       | Teoritis ( $4700 \cdot \sqrt{f'c}$ ) | Teoritis ( $0,043wc^{1,5} \cdot \sqrt{f'c}$ ) |
| BN 0 %      | 29,891   | 11,957       | 3,898                   | 30671,868                 | 25696,350                            | 26689,514                                     |
| BN 2,5%     | 27,564   | 11,025       | 3,039                   | 36280,722                 | 24675,529                            | 26097,135                                     |
| BN 5%       | 24,046   | 9,618        | 3,964                   | 24264,766                 | 23047,044                            | 24196,493                                     |
| BN 7,5%     | 22,380   | 8,952        | 4,221                   | 21206,909                 | 22234,563                            | 23155,272                                     |
| BN 10%      | 21,259   | 8,503        | 4,869                   | 17464,528                 | 21670,386                            | 22736,389                                     |
| BN 12,5%    | 18,733   | 7,493        | 3,747                   | 19996,694                 | 20342,577                            | 21069,137                                     |

Pada penelitian ini kuat tekan beton maksimum didapat pada beton normal. Selain itu sampel beton tersebut juga memiliki modulus elastisitas teoritis yang tertinggi. Modulus elastisitas uji tertinggi didapat pada beton variasi lumpur

Lapindo pengganti semen 2,5%. Secara teoritis sampel beton normal memiliki sifat *ductile* paling tinggi dari yang lain, namun secara uji sifat *ductile* paling tinggi terjadi pada variasi beton 2,5%.

Menurut Murdock dan Brook, modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan lebih tinggi biasanya mempunyai harga  $E$  yang lebih tinggi juga. Pada penelitian ini didapatkan kekuatan beton dan modulus elastisitas teoritis tertinggi terjadi pada beton normal, sedangkan modulus elastisitas uji yang tertinggi terjadi pada beton variasi 2,5%. Selain itu untuk mendapatkan modulus elastisitas yang tinggi yang perlu diperhatikan dalam pengujian tegangan-regangan adalah kondisi permukaan pada benda uji, semakin rata permukaan benda uji maka semakin baik hasilnya, permukaan yang rata akan menghasilkan nilai modulus elastisitas yang cukup baik karena distribusi beban akan tersebar secara merata ke seluruh permukaan benda uji.

### 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan metoda uji belah silinder (*tensile splitting cylinder test*). Pada penelitian ini kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo pada adukan beton terhadap perubahan kuat tarik beton, contoh perhitungan untuk mencari kuat tarik benda uji beton silinder sebagaimana tersaji dalam tabel 5.5.

$$P = 271,020 \text{ kN} = 271020 \text{ N}$$

$$l = 30,15 \text{ cm} = 301,5 \text{ mm}$$

$$d = 15,06 \text{ cm} = 150,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tarik} &= \frac{2xP}{\pi x l x d} \\
 &= \frac{2x271020}{\pi x 301,5 x 150,6} \\
 &= 3,802 \text{ N/mm}^2 = 3,802 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data kuat tarik beton normal masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai kuat tarik betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variable benda uji. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Normal**

| Kode Sampel | Kadar Lumpur (%) | Kuat Tarik (Mpa) |
|-------------|------------------|------------------|
| BN 0 %      | 0,0              | 3,218            |
| BN 2,5 %    | 2,5              | 2,711            |
| BN 5%       | 5,0              | 2,408            |
| BN 7,5 %    | 7,5              | 2,352            |
| BN 10 %     | 10,0             | 2,326            |
| BN 12,5 %   | 12,5             | 2,323            |

Dari tabel 5.5 di atas menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi terjadi pada beton normal dengan kuat tarik sebesar 3,218 MPa, dan semakin menurun setiap variasi lumpur Lapindo Lapindo Brantas Sidoarjo sebagai bahan pengganti sebagian semen sampai pada variasi 12,5% dengan kuat tarik terendah sebesar 2,323 MPa dan cenderung terus menurun.

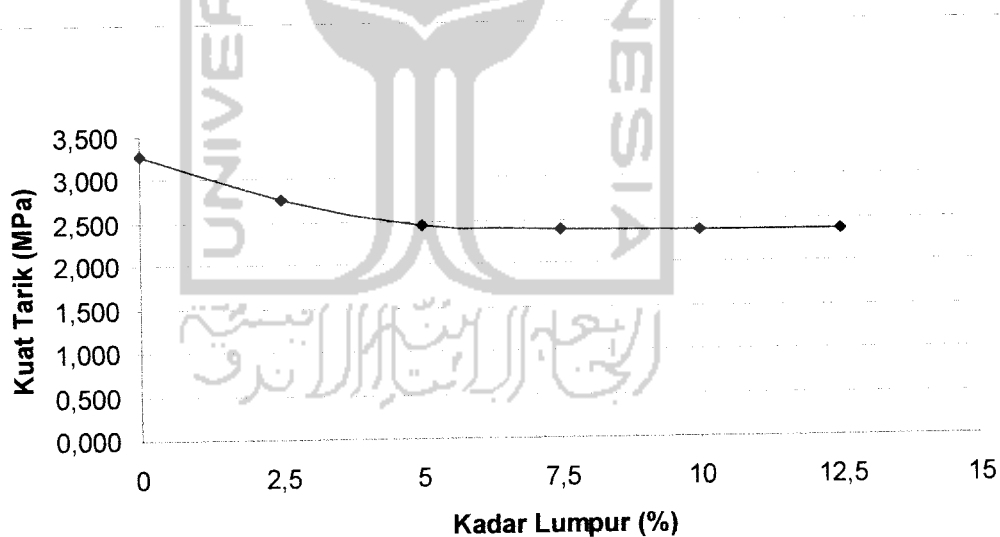
Untuk persentase perubahan kuat tarik dari beton normal ke beton dengan penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo dapat dilihat pada tabel 5.6 dan grafik 5.4 dimana dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kuat tarik seiring dengan bertambahnya lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen.



**Tabel 5.6** *Presentase Perubahan Kuat Tarik Beton Normal*

| Kode Sampel         | Kadar Lumpur (%) | Kuat Tarik (Mpa) | Penurunan (%) |
|---------------------|------------------|------------------|---------------|
| BN 0 %              | 0,0              | 3,218            | 0,000         |
| BN 2,5 %            | 2,5              | 2,711            | 15,766        |
| BN 5%               | 5,0              | 2,408            | 25,194        |
| BN 7,5 %            | 7,5              | 2,352            | 26,909        |
| BN 10 %             | 10,0             | 2,326            | 27,735        |
| BN 12,5 %           | 12,5             | 2,323            | 27,809        |
| Penurunan Rata-rata |                  |                  | 20,569        |

Grafik hubungan antara penggantian sebagian semen menggunakan lumpur Lapindo dengan kuat tarik bisa dilihat pada gambar 5.4 di bawah ini :

**Gambar 5.4** *Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik dan Kadar Lumpur Lapindo*

Dari tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa semakin banyak penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo akan menyebabkan semakin menurunnya kuat tarik beton. Antara kuat tekan dan kuat tarik beton bisa dikatakan tidak berhubungan, namun pada penelitian ini dapat

ditarik kesimpulan bahwa kemungkinan yang terjadi, seiring dengan menurunnya kuat tekan beton akan berpengaruh pada tingkat penurunan kuat tarik beton.

Kemungkinan yang terjadi pada penelitian ini adalah antara agregat halus maupun agregat kasar dan semen memiliki ikatan yang baik akan tetapi lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti sebagian semen ternyata tidak dapat bereaksi dan melakukan ikatan sekuat semen dalam campuran adukan beton. Dimana lumpur tersebut ketika mengering ternyata membentuk retakan-retakan dan tidak bisa memadat serta mengeras sempurna, sehingga lekatan yang didapat dalam campuran adukan beton antara agregat kasar, agregat halus, dan semen seiring dengan bertambahnya kadar lumpur cenderung menurun dan berakibat semakin terjadi penurunan terhadap kuat tarik belah dari beton normal.

Kemungkinan lain yang terjadi adalah lumpur Lapindo yang dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen kurang bisa mengisi pori-pori yang berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous, sehingga beton tersebut menjadi porous dan keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton menjadi relatif rendah. Dari hasil pengamatan di atas dapat dikatakan bahwa lumpur Lapindo tidak mampu menggantikan semen sebagai bahan ikat pada adukan beton.

### 5.8 Permeabilitas

Pengujian permeabilitas ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa tingkat kedekatan beton terhadap resapan air. Pengujian permeabilitas dilakukan terhadap benda uji dengan direndam dahulu dalam waktu  $dt$  (detik) kemudian dilakukan uji belah dan diukur kedalaman penetrasi air  $dq$  (cm) sehingga didapat nilai permeabilitas.

Adapun contoh penghitungan untuk mencari nilai permeabilitas benda uji silinder beton sebagaimana tersaji pada Tabel 5.8 adalah sebagai berikut:

Dari data hasil pengujian permeabilitas benda uji BN 0% (Beton Normal) didapat:

Penetrasi air rata-rata dari tiap sisi ( $dq$ ) = 15,125 mm = 0,015125 m

Waktu perendaman ( $dt$ ) = 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Nilai permeabilitas} &= \frac{dq}{dt} \\ &= \frac{0,015125}{60} \\ &= 0,000252 \text{ m/mnt} = 0,000421 \text{ cm/dt} \end{aligned}$$

Demikian seterusnya sehingga didapatkan data nilai permeabilitas beton masing-masing benda uji, selanjutnya dirata-rata untuk mendapatkan nilai permeabilitas betonnya. Hal tersebut diulang untuk setiap variabel benda uji. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Hasil pengujian permeabilitas sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5.7, bahwa terjadi peningkatan permeabilitas akibat penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo pada adukan beton seiring dengan naiknya persen kadar lumpur.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Permeabilitas Beton**

| Kode Sampel | Kadar Lumpur (%) | Kedalaman Penetrasi (mm) | Waktu Perendaman (menit) | Permeabilitas (cm/dt) |
|-------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| BN 0 %      | 0,0              | 15,167                   | 60                       | 0,000421              |
| BN 2,5 %    | 2,5              | 17,417                   | 60                       | 0,000484              |
| BN 5 %      | 5,0              | 18,375                   | 60                       | 0,000510              |
| BN 7,5 %    | 7,5              | 18,708                   | 60                       | 0,000520              |
| BN 10 %     | 10,0             | 19,208                   | 60                       | 0,000534              |
| BN 12,5 %   | 12,5             | 19,333                   | 60                       | 0,000537              |

Tabel 5.7 diatas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai permeabilitas beton dalam waktu perendaman selama 60 menit seiring dengan penambahan

kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen. Nilai permeabilitas beton yang tertinggi terjadi pada beton dengan kadar lumpur 12,5 % dengan nilai permeabilitas sebesar 0,000537 cm/dt. Dari pengamatan yang dilakukan didapat kedalaman penetrasi air tertinggi juga terjadi pada beton dengan kadar lumpur 12,5 % sebesar 19,333 mm. Semakin tinggi nilai permeabilitas menunjukkan bahwa beton semakin bersifat *permeable* yaitu sifat yang semakin mudah untuk dilewati air sehingga sangat merugikan beton terhadap sifat dan keawetan beton.

Persentase perubahan nilai permeabilitas dapat dilihat pada tabel 5.8 di bawah ini :

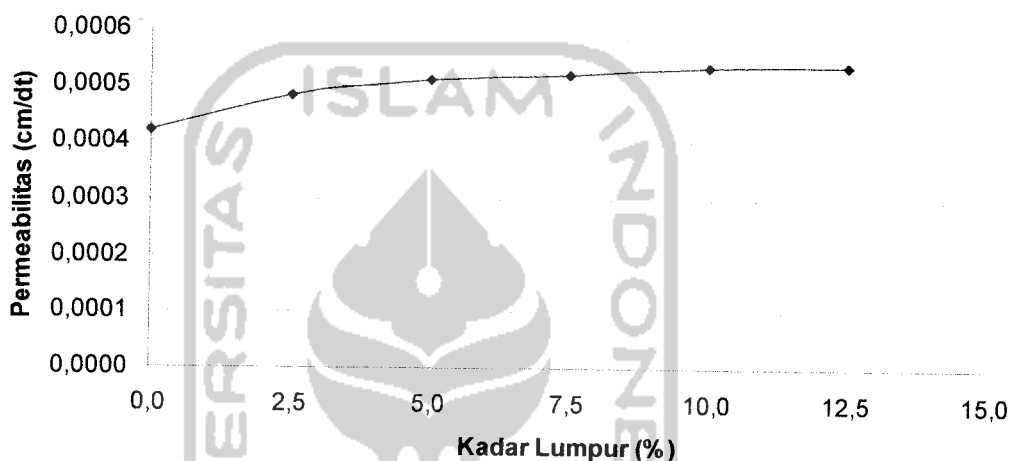
**Tabel 5.8** *Presentase Perubahan Permeabilitas Beton*

| Kode Sampel        | Kadar Lumpur (%) | Kedalaman Penetrasi (mm) | Waktu Perendaman (menit) | Permeabilitas (cm/dt) | Kenaikan Permeabilitas (%) |
|--------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| BN 0 %             | 0,0              | 15,167                   | 60                       | 0,000421              | 0,00000                    |
| BN 2,5 %           | 2,5              | 17,417                   | 60                       | 0,000484              | 0,00625                    |
| BN 5 %             | 5,0              | 18,375                   | 60                       | 0,000510              | 0,00891                    |
| BN 7,5 %           | 7,5              | 18,708                   | 60                       | 0,000520              | 0,00984                    |
| BN 10 %            | 10,0             | 19,208                   | 60                       | 0,000534              | 0,01123                    |
| BN 12,5 %          | 12,5             | 19,333                   | 60                       | 0,000537              | 0,01157                    |
| Kenaikan Rata-rata |                  |                          |                          |                       | 0,00797                    |

Dari tabel 5.8 menunjukkan bahwa adanya penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo pada adukan beton memberikan pengaruh terhadap peningkatan kedalaman penetrasi air dan nilai permeabilitas. Dari item kedalaman penetrasi di atas dapat dilihat bahwa kedalaman penetrasi dipengaruhi oleh penambahan kadar lumpur sebagai pengganti sebagian semen, dimana pada beton normal mempunyai kedalaman penetrasi rata-rata yang paling kecil sebesar 0,000421 cm/dt dibanding dengan beton lumpur Lapindo. Ini berarti peresapan air ke dalam beton semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar lumpur

Lapindo sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai permeabilitas terbesar pada variasi 12,5% sebesar 0,000537 cm/dt dengan kenaikan sebesar 0,01157% dari beton normal.

Grafik hubungan kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai permeabilitas ditunjukkan pada gambar 5.5 di bawah ini :



**Gambar 5.5** Grafik Hubungan Kadar Lumpur Lapindo dan Permeabilitas

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai permeabilitas semakin meningkat terhadap penambahan kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen. Meningkatnya nilai permeabilitas tersebut menunjukkan bahwa penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo tidak dapat meningkatkan sifat *impermeable* (sifat kedap air) tetapi justru meningkatkan sifat *permeable* (mudah dilalui air) yang sangat merugikan pada beton. Semakin besar nilai permeabilitas pada beton maka semakin kurang baik beton tersebut karena kurang kedap terhadap rembesan air, sehingga tidak dapat dipakai dalam bidang konstruksi untuk bangunan yang memerlukan kededapan atau bangunan yang bersinggungan dengan air seperti jembatan, terowongan, gorong-gorong, pondasi dan lain-lain

Peningkatan permeabilitas ini disebabkan karena lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen kurang dapat mengikat dan menyatu dengan agregat dan pasta semen sehingga kurang bisa mengisi pori-pori berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous, sehingga beton tersebut menjadi porous dan berpori menyebabkan beton semakin mudah dilewati oleh air.

### 5.9. Hubungan Kuat Tekan ( $f'_c$ ) dengan Kuat Tarik ( $f_t$ ) Beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton. Kekuatan beton di dalam tarik adalah juga suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Nilai kuat tekan dan kuat tarik beton tidak berbanding lurus. Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya. (*Istimawan Dipohusodo, 1994*).

Persentase hubungan antara kuat tarik dengan kuat tekan beton hasil uji dapat dilihat pada tabel 5.9 di bawah ini :

**Tabel 5.9** *Persentase Hubungan Antara Kuat Tarik Dengan Kuat Tekan Beton*

| Kode Sampel | Kadar Lumpur (%) | $f'_c$ (MPa) | $f_t$ (MPa) | Permeabilitas (cm/dt) | % $f_t$ thdp $f'_c$ |
|-------------|------------------|--------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| BN 0 %      | 0                | 29,891       | 3,218       | 0,000421              | 10,767              |
| BN 2,5 %    | 2,5              | 27,564       | 2,711       | 0,000484              | 9,836               |
| BN 5 %      | 5,0              | 24,046       | 2,408       | 0,000510              | 10,013              |
| BN 7,5 %    | 7,5              | 22,443       | 2,352       | 0,000520              | 10,482              |
| BN 10 %     | 10,0             | 21,259       | 2,326       | 0,000534              | 10,941              |
| BN 12,5 %   | 12,5             | 18,733       | 2,323       | 0,000537              | 12,403              |

Dari tabel 5.9 di atas menunjukkan bahwa kuat tarik berbanding kuat tekan beton sesuai dengan pernyataan Istimawan Dipohusodo, 1994, bahwa persentase hubungan antara kuat tarik dengan kuat tekan beton adalah sebesar 9% sampai dengan 15%.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian penggantian sebagian semen dengan menggunakan lumpur Lapindo Brantas Sodoarjo dengan variasi 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% dan 12,5% dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo pada campuran adukan beton mengakibatkan penurunan nilai *slump* dan tingkat pengerjaan (*workability*) menjadi lebih sulit karena lumpur Lapindo memiliki daya serap terhadap air yang tinggi.
2. Semakin besar persentase penggantian sebagian semen dengan lumpur Lapindo maka kuat tekan semakin menurun, penurunan kuat tekan tersebut bisa dikatakan hampir linier sesuai persentase lumpur.
3. Kuat tarik mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen.
4. Terjadi peningkatan nilai permeabilitas seiring bertambahnya kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen. Semakin tinggi nilai permeabilitas beton semakin bersifat *permeable* (mudah dilewati air) sehingga beton variasi lumpur tidak dapat digunakan untuk konstruksi bangunan yang bersinggungan dengan air.
5. Seiring dengan bertambahnya kadar lumpur Lapindo sebagai pengganti sebagian semen nilai modulus elastisitas cenderung semakin rendah.
6. Lumpur Lapindo tidak dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen, karena kadar *pozzolan* yang terkandung di dalamnya kurang memenuhi sebagai bahan ikat pengganti semen.



## 6.2 Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dalam melakukan penelitian beton lebih lanjut terutama beton dengan variasi lumpur Lapindo Brantas Sidoarjo, dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang lumpur Lapindo ini untuk dipakai sebagai bahan pengganti lain selain semen atau sebagai bahan tambah.
2. Perlu ketelitian dalam pembuatan benda uji, agar tidak terjadi kesalahan dalam pembuatan benda uji yang akan berpengaruh terhadap kekuatan beton.
3. Pada saat pengujian tegangan regangan perlu ketelitian dalam membaca pembebanan dan dial defleksi benda uji.



## DAFTAR PUSTAKA

- A, Kadir Aboe, 2000, STRUKTUR BETON 1, FTSP UII, Jogjakarta.
- Astanto, Triono Budi, 2001, KONSTUKSI BETON BERTULANG, Erlangga, Jakarta.
- Departement Pekerjaan Umum, 1991, SK SNI T-15-1990-03, TATA CARA RENCANA PEMBUATAN CAMPURAN BETON NORMAL, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departement Pekerjaan Umum, 1991, SK SNI T-15-1991-03, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Yayasan LPMB, Bandung.
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Jogjakarta.
- Lab BKT, 2000, Panduan Praktikum Bahan konstruksi Teknik, FTSP UII, Jogjakarta.
- Mulyono, Tri, 2003, TEKNOLOGI BETON, Andi Penerbit, Jogjakarta
- Nawy, Edward G., 1985, BETON BERTULANG, PT Eresco, Bandung, 1990.
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1999, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta.
- Hantara, Heru Dwi dan Arif Faidlur R., 1999, PENELITIAN LABORATORIUM PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) TERHADAP KUAT DESAK DAN PERMEABILITAS BETON, FTSP UII, Jogjakarta.
- Hervanda R. Yory, 2007, PERBANDINGAN KEKUATAN BATU BATA MERAH DENGAN BATU BATA LUMPUR DAERAH SIDOARJO JAWA TIMUR, FTSP UII, Jogjakarta.

Sabilirrahman dan Anas Daro Muhyana, 1996, PENGARUH PENGGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN MENGGUNAKAN ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) TERHADAP KUAT DESAK BETON, FTSP UII, Jogjakarta.

Susilo dan Khusronudin, 1999, PENGARUH KANDUNGAN LUMPUR TERHADAP KUAT DESAK BETON, FTSP UII, Jogjakarta.

Wisnu, 2007, PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER DAN PENGURANGAN AIR TERHADAP KUAT TARIK, GESER, LENTUR DAN PERMEABILITAS BETON DENGAN VARIASI  $f'c$  35 DAN 40 MPa, FTSP UII, Jogjakarta.





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

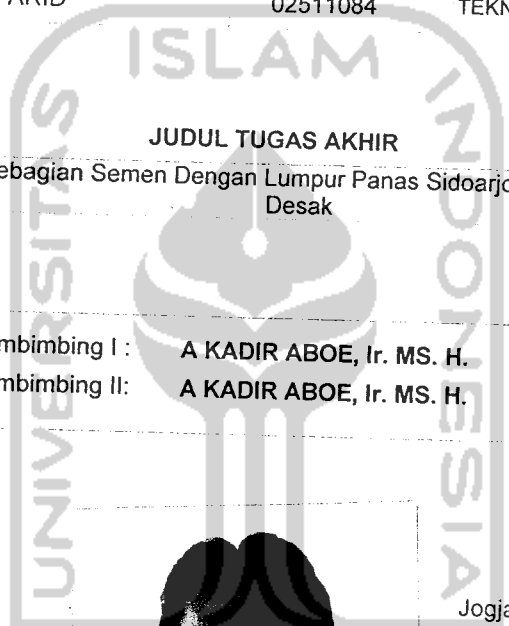
FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK DOSEN

## KARTU PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : 4 (Juni 2007 - Nop 2007)

|   |                          |              |
|---|--------------------------|--------------|
| NAMA MAHASISWA  | NO. MHS.                 | BIDANG STUDI |
| MUHAMMAD ITSNA FARID  | 02511084                 | TEKNIK SIPIL |
| JUDUL TUGAS AKHIR   |                          |              |
| Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Lumpur Panas Sidoarjo Terhadap Permeability Dan Kuat Desak |                          |              |
| Dosen Pembimbing I :  | A KADIR ABOE, Ir. MS. H. |              |
| Dosen Pembimbing II:  | A KADIR ABOE, Ir. MS. H. |              |



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ  
الْاٰتِیْفِ



Jogjakarta,

6/5/2007







Catatan:

Seminar : 23 Juni 2007

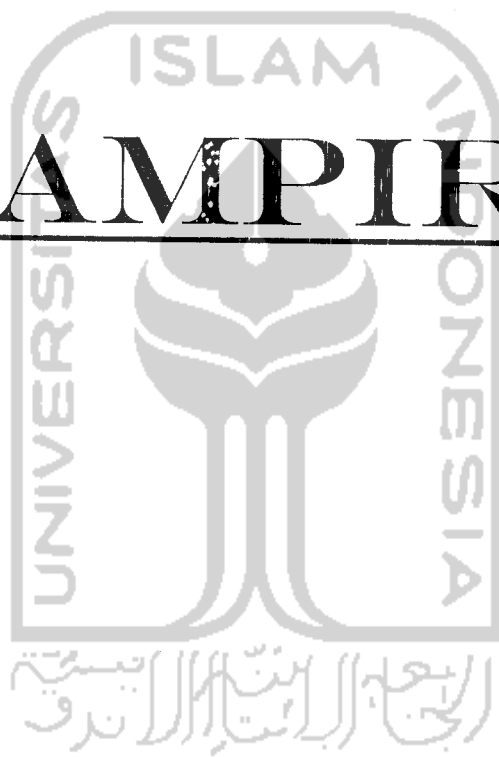
Sidang :

Pendadaran :

**CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR**

| NO | TANGGAL    | KONSULTASI KE :   | TANDA TANGGA  |
|----|------------|---|---|
| 1  | 6/06-2007  | - pembauran proposal<br>- Seminar   |    |
| 2  |            | Wawancara tidak ditulis<br>dalam catatan ini,<br>konsultasi berjalannya<br>kontinue |    |
| 3  | 10/09-2007 | - pembauran<br>- sidang   |    |
|    | 25/10-07   | - Ace pembauran setelah<br>sidang<br>& wawancara                                    |  |

# LAMPIRAN





# LAMPIRAN 1

## HASIL PENGUJIAN AGREGAT



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Pasir Asal : Merapi

| Uraian  | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|---|----------|----------|-----------|
| Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)  | 4874,5   | 493      | 490,25    |
| Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram (SSD)                                   | 500      | 500      | 500       |
| Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)                                    | 829,5    | 1110     | 969,75    |
| Berat piknometer berisi air, gram (B)   | 514      | 797      | 655,5     |
| Berat jenis curah, $\text{gr/cm}^3$ ..... (1)<br>$Bk / (B + 500 - Bt)$              | 2,642    | 2,636    | 2,639     |
| Berat jenis jenuh kering muka, $\text{gr/cm}^3$ ..... (2)<br>$500 / (B + 500 - Bt)$ | 2,710    | 2,670    | 2,69      |
| Berat jenis semu ..... (3)<br>$Bk / (B + Bk - Bt)$                                  | 2,834    | 2,74     | 2,787     |
| Penyerapan air ..... (4)<br>$(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$                         | 2,56 %   | 1,42 %   | 1,99 %    |

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

Kesimpulan : Berat jenis pasir dari merapi didapat sebesar  $2,69 \text{ gr/cm}^3$  dengan penyerapan air 1,99 %

Di syahkan

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UIN

Yogyakarta, 19 Juni 2007

Dikerjakan oleh :

(M. Husna Farid)




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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL**

Kerikil Asal : Celereng

| Uraian  | Contoh 1 | Contoh 2 | Rata-rata |
|---|----------|----------|-----------|
| Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)  | 4806     | 4715     | 4790,5    |
| Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)                            | 5000     | 5000     | 5000      |
| Berat kerikil dalam air, gram (Ba)  | 3128,5   | 3015     | 3071,75   |
| Berat jenis curah, $\text{gr/cm}^3$ ..... (1)<br>$Bk / (Bj - Ba)$             | 2,57     | 2,375    | 2,4725    |
| Berat jenis jenuh kering muka, $\text{gr/cm}^3$ ..... (2)<br>$Bj / (Bj - Ba)$ | 2,67     | 2,52     | 2,595     |
| Berat jenis semu ..... (3)<br>$Bk / (Bk - Ba)$                                | 2,85     | 2,77     | 2,81      |
| Penyerapan air ..... (4)<br>$(Bj - Bk) / Bk \times 100 \%$                    | 4,04 %   | 6,04 %   | 5,04 %    |

Keterangan :

5000 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

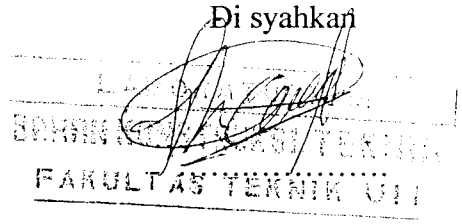
 Kesimpulan : Berat jenis kerikil dari celereng didapat sebesar  $2,595 \text{ gr/cm}^3$   
dengan penyerapan air 5,04 %

Yogyakarta, 21 Juni 2007

Dikerjakan oleh :

  
(M. Iqna Farid)

Di syahkan

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



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**HASIL PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LEWAT AYAKAN NO. 200**  
**( UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR )**

Pasir Asal : Merapi

| Ukuran butir maksimum | Berat Minimum | Keterangan |
|-----------------------|---------------|------------|
| Sampai 4,80 mm        | 500 gram      | Pasir      |
| 9,60                  | 1000 gram     | Kerikil    |
| 19,20                 | 15000 gram    | Kerikil    |
| 38,00                 | 2500 gram     | Kerikil    |

| Uraian   | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata-rata |
|--|----------|----------|-----------|
| Berat agregat kering oven  | 500      | 475      | 487,5     |
| Berat ag. kering oven setelah di cuci ( $W_2$ ), gram                          | 491,5    | 468      | 479,75    |
| Berat yang lewat ayakan no. 200, persen<br>$((W_1 - W_2) / W_1) \times 100 \%$ | 1,7 %    | 1,5 %    | 1,6 %     |

Menurut persyaratan Umum Bahan bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982)

berat Bagian yang melewati ayakan no. 200 ( 0,075 mm ) :

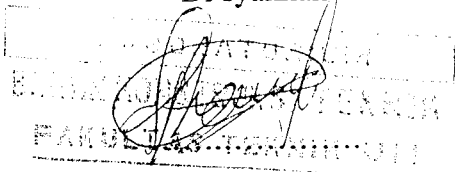
- Untuk Pasir maksimum 5 % ( lima persen )
- Untuk kerikil maksimum 1 % ( satu persen )

Yogyakarta, 20 Juni 2007

Dikerjakan oleh :

(M. Irena Farid)

Di syahkan





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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN**  
**AGREGAT HALUS**

Pasir Asal : Merapi

| Lubang ayakan (mm) | Berat Tertinggal (gram) | Berat Tertinggal (%) | Berat Tertinggal Kumulatif (%) | Persen Lolos Kumulatif (%) |
|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 4,80               | 0                       | 0                    | 0                              | 100                        |
| 2,40               | 127,5                   | 6,171                | 6,175                          | 93,825                     |
| 1,20               | 381                     | 19,05                | 25,225                         | 74,775                     |
| 0,60               | 836,5                   | 41,825               | 67,05                          | 32,95                      |
| 0,30               | 458,5                   | 22,925               | 89,975                         | 10,025                     |
| 0,15               | 146,5                   | 7,325                | 97,3                           | 2,7                        |
| Sisa               | 54                      | 2,7                  | -                              | 0                          |
| Jumlah             | 2000                    | 100                  | 285,725                        | -                          |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{285,725}{100} = 2,86$$

**GRADASI PASIR**

| Lubang ayakan (mm) | Persen butir agregat yang lewat ayakan |           |            |           |
|--------------------|--|-----------|------------|-----------|
|                    | Daerah I                               | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 10                 | 100                                    | 100       | 100        | 100       |
| 4,80               | 90 – 100                               | 90 – 100  | 90 – 100   | 95 – 100  |
| 2,40               | 60 – 95                                | 75 – 100  | 85 – 100   | 95 – 100  |
| 1,20               | 30 – 70                                | 55 – 90   | 75 – 100   | 90 – 100  |
| 0,60               | 15 – 34                                | 35 – 59   | 60 – 79    | 80 – 100  |
| 0,30               | 5 – 20                                 | 8 – 30    | 12 – 40    | 15 – 50   |
| 0,15               | 0 – 10                                 | 0 – 10    | 0 – 10     | 0 – 15    |

Keterangan : Daerah I : Pasir kasar  
 Daerah II : Pasir agak kasar  
 Daerah III : Pasir agak halus  
 Daerah : Pasir halus

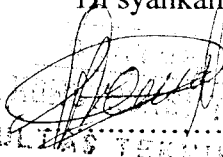
Kesimpulan : Dari hasil pemeriksaan diatas diketahui bahwa pasir yang diteliti masuk pada Daerah II pasir agak kasar

Yogyakarta, 19 Juni 2007

Dikerjakan oleh :

(M. Asna Farid)

Di syahkan

  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA


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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN  
AGREGAT KASAR**

Kerikil Asal : Celereng

| Lubang ayakan (mm) | Berat Tertinggal (gram) | Berat Tertinggal (%) | Berat Tertinggal Kumulatif (%) | Persen Lolos Kumulatif (%) |
|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 20,00              | 0                       | 0                    | 0                              | 100                        |
| 10,00              | 3452,5                  | 69,05                | 69,05                          | 30,95                      |
| 4,80               | 1469                    | 29,38                | 98,43                          | 1,57                       |
| Sisa               | 78,5                    | 1,57                 | -                              | 0                          |
| Jumlah             | 5000                    | 100                  | 167,48                         | -                          |

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{267,48}{100} = 1,67$$

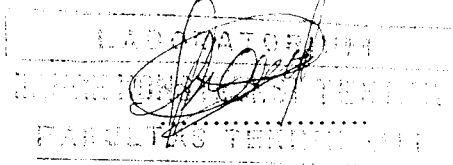
**GRADASI KERIKIL**

| Lubang ayakan (mm) | Persen butir yang lewat saringan besar butir maksimum |          |
|--------------------|---|----------|
|                    | 40 mm   | 20 mm    |
| 40                 | 95 – 100  | 100      |
| 20                 | 30 – 70   | 95 – 100 |
| 10                 | 10 – 35   | 25 – 55  |
| 4,8                | 0 – 5   | 0 – 10   |

Yogyakarta, 22 Juni 2007

Di syahkan

Dikefjikan oleh :



(M. Itsna Farid)

## LAMPIRAN 2

### HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON







## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Kuat Desak Beton BN 10 %

Pengujian : Kuat Desak      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas Alas (cm <sup>2</sup> ) | Luas Alas (mm <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> ) | Beban Maksimum (P) |        | Kuat Desak (fc) (MPa) |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|-----------------------|
|             |            |             |               |                              |                              |                                  | KN                 | N      |                       |
| BN 10 %     | 12,600     | 30,250      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,358                            | 322,700            | 322700 | 18,270                |
| BN 10 %     | 12,500     | 30,130      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,349                            | 325,360            | 325360 | 18,421                |
| BN 10 %     | 12,400     | 30,090      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,333                            | 404,170            | 404170 | 22,883                |
| BN 10 %     | 12,500     | 30,100      | 15,050        | 177,804                      | 17780,446                    | 2,336                            | 407,530            | 407530 | 22,920                |
| BN 10 %     | 12,400     | 30,050      | 14,900        | 174,278                      | 17427,785                    | 2,368                            | 414,770            | 414770 | 23,799                |
| Rata-rata   |            |             |               |                              |                              | 2,349                            |                    |        | 21,259                |

$$\text{Rumus Kuat Desak} = fc' = \frac{P}{A}$$

Kuat desak rata-rata beton BN 10 % umur 28 hari = 21,259 MPa



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

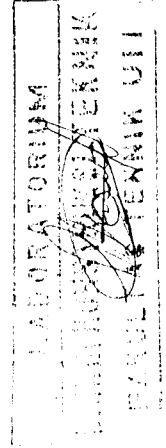
**Hasil Pengujian Kuat Desak Beton BN 7,5 %**

Pengujian : Kuat Desak                      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas Alas (cm <sup>2</sup> ) | Luas Alas (mm <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> ) | Beban Maksimum (P) |        | Kuat Desak (f <sub>c</sub> ) (MPa) |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|------------------------------------|
|             |            |             |               |                              |                              |                                  | KN                 | N      |                                    |
| BN 7,5 %    | 12,500     | 30,130      | 14,960        | 175,684                      | 17568,426                    | 2,361                            | 429,040            | 429040 | 24,421                             |
| BN 7,5 %    | 12,600     | 30,250      | 14,960        | 175,684                      | 17568,426                    | 2,371                            | 274,370            | 274370 | 15,617                             |
| BN 7,5 %    | 12,400     | 29,850      | 14,930        | 174,980                      | 17498,035                    | 2,374                            | 453,400            | 453400 | 25,911                             |
| BN 7,5 %    | 12,700     | 30,300      | 15,160        | 180,413                      | 18041,310                    | 2,323                            | 431,790            | 431790 | 23,933                             |
| BN 7,5 %    | 12,550     | 30,150      | 14,950        | 175,449                      | 17544,946                    | 2,372                            | 386,290            | 386290 | 22,017                             |
| Rata-rata   |            |             |               |                              |                              | 2,360                            |                    |        | 22,380                             |

$$\text{Rumus Kuat Desak} = f'c = \frac{P}{A}$$

Kuat desak rata-rata beton BN 7,5 % umur 28 hari = 22,380 MPa







**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

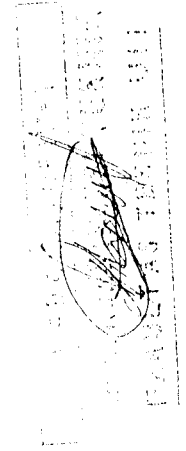
**Hasil Pengujian Kuat Desak Beton BN 5 %**

Pengujian : Kuat Desak                      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas Alas (cm <sup>2</sup> ) | Luas Alas (mm <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> ) | Beban Maksimum (P) |        | Kuat Desak (f <sub>c</sub> ) (MPa) |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|------------------------------------|
|             |            |             |               |                              |                              |                                  | KN                 | N      |                                    |
| BN 5 %      | 12,700     | 30,270      | 15,120        | 179,462                      | 17946,230                    | 2,338                            | 414,400            | 414400 | 23,091                             |
| BN 5 %      | 12,600     | 30,100      | 15,060        | 178,041                      | 17804,083                    | 2,351                            | 467,800            | 467800 | 26,275                             |
| BN 5 %      | 12,600     | 30,020      | 14,950        | 175,449                      | 17544,946                    | 2,392                            | 392,000            | 392000 | 22,343                             |
| BN 5 %      | 12,500     | 30,080      | 15,020        | 177,096                      | 17709,631                    | 2,347                            | 462,900            | 462900 | 26,138                             |
| BN 5 %      | 12,650     | 30,100      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,379                            | 395,300            | 395300 | 22,381                             |
| Rata-rata   |            |             |               |                              |                              | 2,361                            |                    |        | 24,046                             |

$$\text{Rumus Kuat Desak} = f_c' = \frac{P}{A}$$

Kuat desak rata-rata beton BN 5 % umur 28 hari = 24,046 MPa





## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Kuat Desak Beton BN 2,5 %

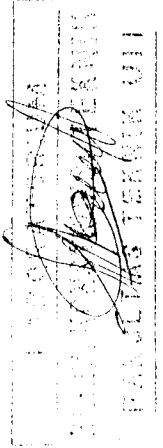
Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas Alas (cm <sup>2</sup> ) | Luas Alas (mm <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> ) | Beban Maksimum (P) |        | Kuat Desak (f <sub>c</sub> ) (MPa) |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|------------------------------------|
|             |            |             |               |                              |                              |                                  | KN                 | N      |                                    |
| BN 2,5 %    | 12,500     | 30,080      | 14,970        | 175,919                      | 17591,921                    | 2,362                            | 488,570            | 488570 | 27,772                             |
| BN 2,5 %    | 12,700     | 30,250      | 15,070        | 178,277                      | 17827,735                    | 2,355                            | 517,010            | 517010 | 29,000                             |
| BN 2,5 %    | 12,650     | 30,130      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,377                            | 515,580            | 515580 | 29,191                             |
| BN 2,5 %    | 12,700     | 30,200      | 15,000        | 176,625                      | 17662,500                    | 2,381                            | 462,170            | 462170 | 26,167                             |
| BN 2,5 %    | 12,600     | 30,250      | 14,900        | 174,278                      | 17427,785                    | 2,390                            | 447,690            | 447690 | 25,688                             |
| Rata-rata   |            |             |               |                              |                              | 2,373                            |                    |        | 27,564                             |

$$\text{Rumus Kuat Desak} = f_c' = \frac{P}{A}$$

Kuat desak rata-rata beton BN 2,5 % umur 28 hari = 27,564 MPa





## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

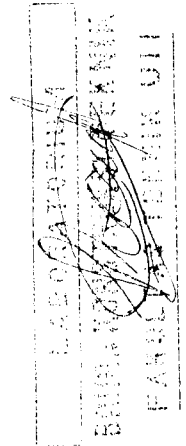
### Hasil Pengujian Kuat Desak Beton BN 0%

Pengujian : Kuat Desak      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas Alas (cm <sup>2</sup> ) | Luas Alas (mm <sup>2</sup> ) | Berat Satuan (t/m <sup>3</sup> ) | Beban Maksimum (F) |        | Kuat Desak (f <sub>c</sub> ) (MPa) |
|-------------|------------|-------------|---------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|------------------------------------|
|             |            |             |               |                              |                              |                                  | KN                 | N      |                                    |
| BN 0 %      | 12,800     | 30,070      | 15,020        | 177,096                      | 17709,631                    | 2,404                            | 498,760            | 498760 | 28,163                             |
| BN 0 %      | 12,500     | 30,000      | 15,130        | 179,700                      | 17969,977                    | 2,319                            | 775,300            | 775300 | 43,144                             |
| BN 0 %      | 12,550     | 30,510      | 15,050        | 177,804                      | 17780,446                    | 2,313                            | 426,390            | 426390 | 23,981                             |
| BN 0 %      | 12,700     | 30,100      | 15,160        | 180,413                      | 18041,310                    | 2,339                            | 483,470            | 483470 | 26,798                             |
| BN 0 %      | 12,800     | 30,250      | 15,150        | 180,175                      | 18017,516                    | 2,348                            | 493,160            | 493160 | 27,371                             |
| Rata-rata   |            |             |               |                              |                              | 2,345                            |                    |        | 29,891                             |

$$\text{Rumus Kuat Desak} = f_c' = \frac{P}{A}$$

Kuat desak rata-rata beton BN 0 % umur 28 hari = 29,891 MPa



# LAMPIRAN 3

## HASIL PENGUJIAN TEGANGAN REGANGAN




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

Jl. Kaliurang Km 14.4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 0 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 15,020 cm

 A : 177,096 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,070 cm

Berat : 12,800 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 7                       | 3,5                     | 0,175             | 0,565          | 0,242       |
| 20         | 20000     | 12                      | 6,0                     | 0,300             | 1,129          | 0,367       |
| 30         | 30000     | 19                      | 9,5                     | 0,475             | 1,694          | 0,542       |
| 40         | 40000     | 26                      | 13,0                    | 0,650             | 2,259          | 0,717       |
| 50         | 50000     | 33                      | 16,5                    | 0,825             | 2,823          | 0,892       |
| 60         | 60000     | 40                      | 20,0                    | 1,000             | 3,388          | 1,067       |
| 70         | 70000     | 45                      | 22,5                    | 1,125             | 3,953          | 1,192       |
| 80         | 80000     | 52                      | 26,0                    | 1,300             | 4,517          | 1,367       |
| 90         | 90000     | 59                      | 29,5                    | 1,475             | 5,082          | 1,542       |
| 100        | 100000    | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 5,647          | 1,692       |
| 110        | 110000    | 72                      | 36,0                    | 1,800             | 6,211          | 1,867       |
| 120        | 120000    | 79                      | 39,5                    | 1,975             | 6,776          | 2,042       |
| 130        | 130000    | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 7,341          | 2,192       |
| 140        | 140000    | 92                      | 46,0                    | 2,300             | 7,905          | 2,367       |
| 150        | 150000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 8,470          | 2,567       |
| 160        | 160000    | 105                     | 52,5                    | 2,625             | 9,035          | 2,692       |
| 170        | 170000    | 113                     | 56,5                    | 2,825             | 9,599          | 2,892       |
| 180        | 180000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 10,164         | 3,067       |
| 190        | 190000    | 127                     | 63,5                    | 3,175             | 10,729         | 3,242       |
| 200        | 200000    | 135                     | 67,5                    | 3,375             | 11,293         | 3,442       |
| 210        | 210000    | 141                     | 70,5                    | 3,525             | 11,858         | 3,592       |
| 220        | 220000    | 149                     | 74,5                    | 3,725             | 12,423         | 3,792       |
| 230        | 230000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 12,987         | 3,942       |
| 240        | 240000    | 165                     | 82,5                    | 4,125             | 13,552         | 4,192       |
| 250        | 250000    | 172                     | 86,0                    | 4,300             | 14,117         | 4,367       |
| 260        | 260000    | 179                     | 89,5                    | 4,475             | 14,681         | 4,542       |
| 270        | 270000    | 190                     | 95,0                    | 4,750             | 15,246         | 4,817       |
| 280        | 280000    | 195                     | 97,5                    | 4,875             | 15,811         | 4,942       |

Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 290        | 290000    | 205                     | 102,5                   | 5,125             | 16,375         | 5,192       |
| 300        | 300000    | 211                     | 105,5                   | 5,275             | 16,940         | 5,342       |
| 310        | 310000    | 221                     | 110,5                   | 5,525             | 17,505         | 5,592       |
| 320        | 320000    | 228                     | 114,0                   | 5,700             | 18,069         | 5,767       |
| 330        | 330000    | 237                     | 118,5                   | 5,925             | 18,634         | 5,992       |
| 340        | 340000    | 246                     | 123,0                   | 6,150             | 19,199         | 6,217       |
| 350        | 350000    | 255                     | 127,5                   | 6,375             | 19,763         | 6,442       |
| 360        | 360000    | 265                     | 132,5                   | 6,625             | 20,328         | 6,692       |
| 370        | 370000    | 272                     | 136,0                   | 6,800             | 20,893         | 6,867       |
| 380        | 380000    | 283                     | 141,5                   | 7,075             | 21,457         | 7,142       |
| 390        | 390000    | 292                     | 146,0                   | 7,300             | 22,022         | 7,367       |
| 400        | 400000    | 302                     | 151,0                   | 7,550             | 22,587         | 7,617       |
| 410        | 410000    | 312                     | 156,0                   | 7,800             | 23,151         | 7,867       |
| 420        | 420000    | 320                     | 160,0                   | 8,000             | 23,716         | 8,067       |
| 430        | 430000    | 330                     | 165,0                   | 8,250             | 24,281         | 8,317       |
| 440        | 440000    | 340                     | 170,0                   | 8,500             | 24,845         | 8,567       |
| 450        | 450000    | 352                     | 176,0                   | 8,800             | 25,410         | 8,867       |
| 460        | 460000    | 362                     | 181,0                   | 9,050             | 25,975         | 9,117       |
| 470        | 470000    | 373                     | 186,5                   | 9,325             | 26,539         | 9,392       |
| 480        | 480000    | 385                     | 192,5                   | 9,625             | 27,104         | 9,692       |
| 490        | 490000    | 395                     | 197,5                   | 9,875             | 27,669         | 9,942       |
| 500        | 500000    | 405                     | 202,5                   | 10,125            | 28,233         | 10,192      |
| 503        | 503000    | 440                     | 220,0                   | 11,000            | 28,403         | 11,067      |
| 510        | 510000    | 445                     | 222,5                   | 11,125            | 28,798         | 11,192      |
| 500        | 500000    | 453                     | 226,5                   | 11,325            | 28,233         | 11,392      |

LABORATORIUM  
 TEKNIK TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 0 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 15,130 cm

A : 179,700 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,000 cm

Berat : 12,500 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0,000          | 0,067       |
| 10         | 10000     | 5                       | 2,5                     | 0,125             | 0,565          | 0,192       |
| 20         | 20000     | 11                      | 5,5                     | 0,275             | 1,129          | 0,342       |
| 30         | 30000     | 18                      | 9,0                     | 0,450             | 1,694          | 0,517       |
| 40         | 40000     | 26                      | 13,0                    | 0,650             | 2,259          | 0,717       |
| 50         | 50000     | 33                      | 16,5                    | 0,825             | 2,823          | 0,892       |
| 60         | 60000     | 40                      | 20,0                    | 1,000             | 3,388          | 1,067       |
| 70         | 70000     | 49                      | 24,5                    | 1,225             | 3,953          | 1,292       |
| 80         | 80000     | 55                      | 27,5                    | 1,375             | 4,517          | 1,442       |
| 90         | 90000     | 62                      | 31,0                    | 1,550             | 5,082          | 1,617       |
| 100        | 100000    | 69                      | 34,5                    | 1,725             | 5,647          | 1,792       |
| 110        | 110000    | 77                      | 38,5                    | 1,925             | 6,211          | 1,992       |
| 120        | 120000    | 84                      | 42,0                    | 2,100             | 6,776          | 2,167       |
| 130        | 130000    | 92                      | 46,0                    | 2,300             | 7,341          | 2,367       |
| 140        | 140000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 7,905          | 2,567       |
| 150        | 150000    | 107                     | 53,5                    | 2,675             | 8,470          | 2,742       |
| 160        | 160000    | 115                     | 57,5                    | 2,875             | 9,035          | 2,942       |
| 170        | 170000    | 125                     | 62,5                    | 3,125             | 9,599          | 3,192       |
| 180        | 180000    | 134                     | 67,0                    | 3,350             | 10,164         | 3,417       |
| 190        | 190000    | 143                     | 71,5                    | 3,575             | 10,729         | 3,642       |
| 200        | 200000    | 150                     | 75,0                    | 3,750             | 11,293         | 3,817       |
| 210        | 210000    | 160                     | 80,0                    | 4,000             | 11,858         | 4,067       |
| 220        | 220000    | 170                     | 85,0                    | 4,250             | 12,423         | 4,317       |
| 230        | 230000    | 179                     | 89,5                    | 4,475             | 12,987         | 4,542       |
| 240        | 240000    | 187                     | 93,5                    | 4,675             | 13,552         | 4,742       |
| 250        | 250000    | 197                     | 98,5                    | 4,925             | 14,117         | 4,992       |
| 260        | 260000    | 205                     | 102,5                   | 5,125             | 14,681         | 5,192       |
| 270        | 270000    | 215                     | 107,5                   | 5,375             | 15,246         | 5,442       |
| 280        | 280000    | 223                     | 111,5                   | 5,575             | 15,811         | 5,642       |

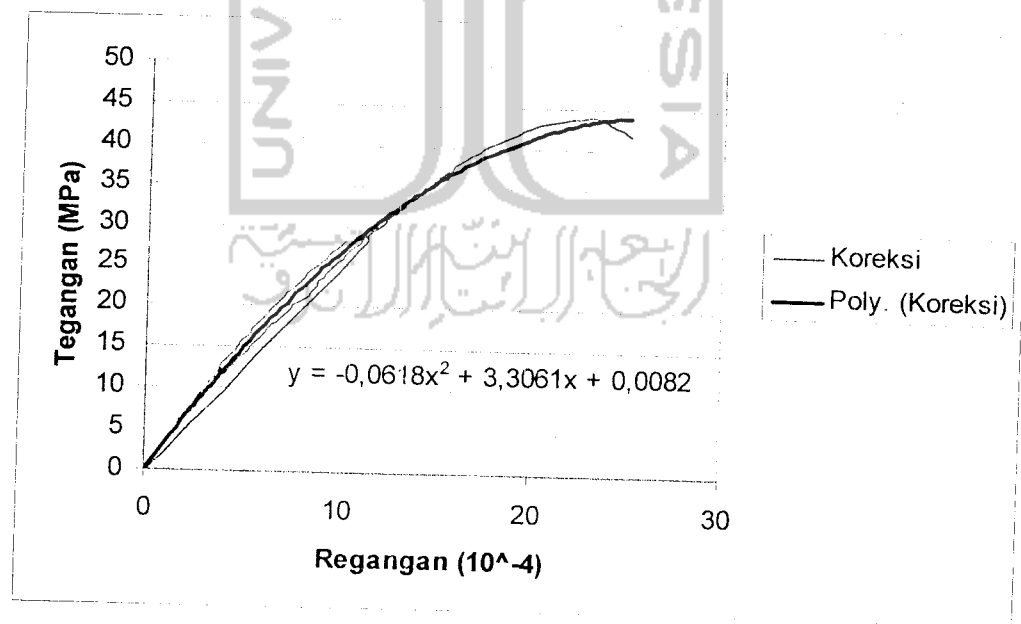
Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 233                        | 116,5                      | 5,825             | 16,375            | 5,892       |
| 300           | 300000       | 242                        | 121,0                      | 6,050             | 16,940            | 6,117       |
| 310           | 310000       | 252                        | 126,0                      | 6,300             | 17,505            | 6,367       |
| 320           | 320000       | 262                        | 131,0                      | 6,550             | 18,069            | 6,617       |
| 330           | 330000       | 272                        | 136,0                      | 6,800             | 18,634            | 6,867       |
| 340           | 340000       | 282                        | 141,0                      | 7,050             | 19,199            | 7,117       |
| 350           | 350000       | 292                        | 146,0                      | 7,300             | 19,763            | 7,367       |
| 360           | 360000       | 300                        | 150,0                      | 7,500             | 20,328            | 7,567       |
| 370           | 370000       | 317                        | 158,5                      | 7,925             | 20,893            | 7,992       |
| 380           | 380000       | 327                        | 163,5                      | 8,175             | 21,457            | 8,242       |
| 390           | 390000       | 337                        | 168,5                      | 8,425             | 22,022            | 8,492       |
| 400           | 400000       | 347                        | 173,5                      | 8,675             | 22,587            | 8,742       |
| 410           | 410000       | 348                        | 174,0                      | 8,700             | 23,151            | 8,767       |
| 420           | 420000       | 359                        | 179,5                      | 8,975             | 23,716            | 9,042       |
| 430           | 430000       | 369                        | 184,5                      | 9,225             | 24,281            | 9,292       |
| 440           | 440000       | 375                        | 187,5                      | 9,375             | 24,845            | 9,442       |
| 450           | 450000       | 386                        | 193,0                      | 9,650             | 25,410            | 9,717       |
| 460           | 460000       | 397                        | 198,5                      | 9,925             | 25,975            | 9,992       |
| 470           | 470000       | 407                        | 203,5                      | 10,175            | 26,539            | 10,242      |
| 480           | 480000       | 417                        | 208,5                      | 10,425            | 27,104            | 10,492      |
| 490           | 490000       | 429                        | 214,5                      | 10,725            | 27,669            | 10,792      |
| 500           | 500000       | 439                        | 219,5                      | 10,975            | 28,233            | 11,042      |
| 510           | 510000       | 450                        | 225,0                      | 11,250            | 28,798            | 11,317      |
| 520           | 520000       | 462                        | 231,0                      | 11,550            | 29,363            | 11,617      |
| 530           | 530000       | 472                        | 236,0                      | 11,800            | 29,927            | 11,867      |
| 540           | 540000       | 485                        | 242,5                      | 12,125            | 30,492            | 12,192      |
| 550           | 550000       | 495                        | 247,5                      | 12,375            | 31,057            | 12,442      |
| 560           | 560000       | 506                        | 253,0                      | 12,650            | 31,621            | 12,717      |
| 570           | 570000       | 518                        | 259,0                      | 12,950            | 32,186            | 13,017      |
| 580           | 580000       | 530                        | 265,0                      | 13,250            | 32,751            | 13,317      |
| 590           | 590000       | 542                        | 271,0                      | 13,550            | 33,315            | 13,617      |
| 600           | 600000       | 555                        | 277,5                      | 13,875            | 33,880            | 13,942      |
| 610           | 610000       | 565                        | 282,5                      | 14,125            | 34,445            | 14,192      |
| 620           | 620000       | 577                        | 288,5                      | 14,425            | 35,009            | 14,492      |
| 630           | 630000       | 589                        | 294,5                      | 14,725            | 35,574            | 14,792      |
| 640           | 640000       | 600                        | 300,0                      | 15,000            | 36,139            | 15,067      |
| 650           | 650000       | 612                        | 306,0                      | 15,300            | 36,703            | 15,367      |
| 660           | 660000       | 625                        | 312,5                      | 15,625            | 37,268            | 15,692      |
| 670           | 670000       | 637                        | 318,5                      | 15,925            | 37,833            | 15,992      |



Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 680        | 680000    | 650                     | 325,0                   | 16,250            | 38,397         | 16,317      |
| 690        | 690000    | 665                     | 332,5                   | 16,625            | 38,962         | 16,692      |
| 700        | 700000    | 682                     | 341,0                   | 17,050            | 39,527         | 17,117      |
| 710        | 710000    | 702                     | 351,0                   | 17,550            | 40,091         | 17,617      |
| 720        | 720000    | 720                     | 360,0                   | 18,000            | 40,656         | 18,067      |
| 730        | 730000    | 740                     | 370,0                   | 18,500            | 41,221         | 18,567      |
| 740        | 740000    | 759                     | 379,5                   | 18,975            | 41,785         | 19,042      |
| 750        | 750000    | 785                     | 392,5                   | 19,625            | 42,350         | 19,692      |
| 760        | 760000    | 811                     | 405,5                   | 20,275            | 42,915         | 20,342      |
| 770        | 770000    | 858                     | 429,0                   | 21,450            | 43,479         | 21,517      |
| 778,8      | 778800    | 925                     | 462,5                   | 23,125            | 43,976         | 23,192      |
| 770        | 770000    | 947                     | 473,5                   | 23,675            | 43,479         | 23,742      |
| 760        | 760000    | 963                     | 481,5                   | 24,075            | 42,915         | 24,142      |
| 750        | 750000    | 985                     | 492,5                   | 24,625            | 42,350         | 24,692      |
| 740        | 740000    | 1003                    | 501,5                   | 25,075            | 41,785         | 25,142      |



Kurva Tegangan Regangan Beton BN 0 %

UNIVERSITAS ISLAM MESIA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 JILAS TITIK VII



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 2,5 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 14,970 cm

A : 175,919 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,080 cm

Berat : 12,500 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 4                       | 2,0                     | 0,100             | 0,568          | 0,017       |
| 20         | 20000     | 9                       | 4,5                     | 0,225             | 1,137          | 0,142       |
| 30         | 30000     | 16                      | 8,0                     | 0,400             | 1,705          | 0,317       |
| 40         | 40000     | 23                      | 11,5                    | 0,575             | 2,274          | 0,492       |
| 50         | 50000     | 29                      | 14,5                    | 0,725             | 2,842          | 0,642       |
| 60         | 60000     | 36                      | 18,0                    | 0,900             | 3,411          | 0,817       |
| 70         | 70000     | 44                      | 22,0                    | 1,100             | 3,979          | 1,017       |
| 80         | 80000     | 52                      | 26,0                    | 1,300             | 4,548          | 1,217       |
| 90         | 90000     | 60                      | 30,0                    | 1,500             | 5,116          | 1,417       |
| 100        | 100000    | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 5,684          | 1,542       |
| 110        | 110000    | 72                      | 36,0                    | 1,800             | 6,253          | 1,717       |
| 120        | 120000    | 80                      | 40,0                    | 2,000             | 6,821          | 1,917       |
| 130        | 130000    | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 7,390          | 2,042       |
| 140        | 140000    | 92                      | 46,0                    | 2,300             | 7,958          | 2,217       |
| 150        | 150000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 8,527          | 2,417       |
| 160        | 160000    | 107                     | 53,5                    | 2,675             | 9,095          | 2,592       |
| 170        | 170000    | 115                     | 57,5                    | 2,875             | 9,664          | 2,792       |
| 180        | 180000    | 124                     | 62,0                    | 3,100             | 10,232         | 3,017       |
| 190        | 190000    | 132                     | 66,0                    | 3,300             | 10,800         | 3,217       |
| 200        | 200000    | 140                     | 70,0                    | 3,500             | 11,369         | 3,417       |
| 210        | 210000    | 147                     | 73,5                    | 3,675             | 11,937         | 3,592       |
| 220        | 220000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 12,506         | 3,792       |
| 230        | 230000    | 162                     | 81,0                    | 4,050             | 13,074         | 3,967       |
| 240        | 240000    | 170                     | 85,0                    | 4,250             | 13,643         | 4,167       |
| 250        | 250000    | 179                     | 89,5                    | 4,475             | 14,211         | 4,392       |
| 260        | 260000    | 187                     | 93,5                    | 4,675             | 14,780         | 4,592       |
| 270        | 270000    | 195                     | 97,5                    | 4,875             | 15,348         | 4,792       |
| 280        | 280000    | 202                     | 101,0                   | 5,050             | 15,916         | 4,967       |

Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L$ ( $10^{-3}$ )<br>mm | $\Delta L$ ( $10^{-3}$ )<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 212                            | 106,0                          | 5,300             | 16,485            | 5,217       |
| 300           | 300000       | 222                            | 111,0                          | 5,550             | 17,053            | 5,467       |
| 310           | 310000       | 230                            | 115,0                          | 5,750             | 17,622            | 5,667       |
| 320           | 320000       | 242                            | 121,0                          | 6,050             | 18,190            | 5,967       |
| 330           | 330000       | 250                            | 125,0                          | 6,250             | 18,759            | 6,167       |
| 340           | 340000       | 261                            | 130,5                          | 6,525             | 19,327            | 6,442       |
| 350           | 350000       | 275                            | 137,5                          | 6,875             | 19,896            | 6,792       |
| 360           | 360000       | 285                            | 142,5                          | 7,125             | 20,464            | 7,042       |
| 370           | 370000       | 297                            | 148,5                          | 7,425             | 21,032            | 7,342       |
| 380           | 380000       | 310                            | 155,0                          | 7,750             | 21,601            | 7,667       |
| 390           | 390000       | 321                            | 160,5                          | 8,025             | 22,169            | 7,942       |
| 400           | 400000       | 340                            | 170,0                          | 8,500             | 22,738            | 8,417       |
| 410           | 410000       | 380                            | 190,0                          | 9,500             | 23,306            | 9,417       |
| 420           | 420000       | 385                            | 192,5                          | 9,625             | 23,875            | 9,542       |
| 430           | 430000       | 389                            | 194,5                          | 9,725             | 24,443            | 9,642       |
| 440           | 440000       | 394                            | 197,0                          | 9,850             | 25,012            | 9,767       |
| 450           | 450000       | 400                            | 200,0                          | 10,000            | 25,580            | 9,917       |
| 460           | 460000       | 407                            | 203,5                          | 10,175            | 26,148            | 10,092      |
| 470           | 470000       | 420                            | 210,0                          | 10,500            | 26,717            | 10,417      |
| 480           | 480000       | 435                            | 217,5                          | 10,875            | 27,285            | 10,792      |
| 490           | 490000       | 455                            | 227,5                          | 11,375            | 27,854            | 11,292      |
| 493           | 493000       | 475                            | 237,5                          | 11,875            | 28,024            | 11,792      |
| 490           | 490000       | 505                            | 252,5                          | 12,625            | 27,854            | 12,542      |
| 480           | 480000       | 540                            | 270,0                          | 13,500            | 27,285            | 13,417      |
| 470           | 470000       | 550                            | 275,0                          | 13,750            | 26,717            | 13,667      |
| 460           | 460000       | 565                            | 282,5                          | 14,125            | 26,148            | 14,042      |
| 450           | 450000       | 580                            | 290,0                          | 14,500            | 25,580            | 14,417      |
| 440           | 440000       | 600                            | 300,0                          | 15,000            | 25,012            | 14,917      |
| 430           | 430000       | 620                            | 310,0                          | 15,500            | 24,443            | 15,417      |





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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 2,5 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 15,070 cm

A : 178,277 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,250 cm

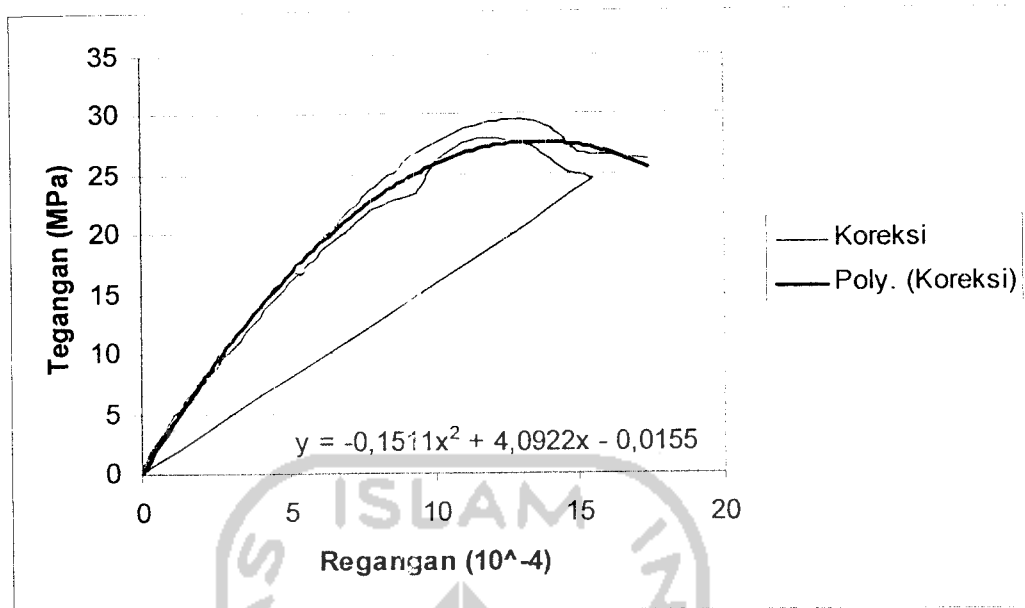
Berat : 12,700 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0,000          | -0,083      |
| 10         | 10000     | 4                       | 2,0                     | 0,100             | 0,568          | 0,017       |
| 20         | 20000     | 9                       | 4,5                     | 0,225             | 1,137          | 0,142       |
| 30         | 30000     | 14                      | 7,0                     | 0,350             | 1,705          | 0,267       |
| 40         | 40000     | 20                      | 10,0                    | 0,500             | 2,274          | 0,417       |
| 50         | 50000     | 26                      | 13,0                    | 0,650             | 2,842          | 0,567       |
| 60         | 60000     | 33                      | 16,5                    | 0,825             | 3,411          | 0,742       |
| 70         | 70000     | 39                      | 19,5                    | 0,975             | 3,979          | 0,892       |
| 80         | 80000     | 45                      | 22,5                    | 1,125             | 4,548          | 1,042       |
| 90         | 90000     | 52                      | 26,0                    | 1,300             | 5,116          | 1,217       |
| 100        | 100000    | 60                      | 30,0                    | 1,500             | 5,684          | 1,417       |
| 110        | 110000    | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 6,253          | 1,542       |
| 120        | 120000    | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 6,821          | 1,792       |
| 130        | 130000    | 80                      | 40,0                    | 2,000             | 7,390          | 1,917       |
| 140        | 140000    | 87                      | 43,5                    | 2,175             | 7,958          | 2,092       |
| 150        | 150000    | 93                      | 46,5                    | 2,325             | 8,527          | 2,242       |
| 160        | 160000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 9,095          | 2,417       |
| 170        | 170000    | 105                     | 52,5                    | 2,625             | 9,664          | 2,542       |
| 180        | 180000    | 113                     | 56,5                    | 2,825             | 10,232         | 2,742       |
| 190        | 190000    | 121                     | 60,5                    | 3,025             | 10,800         | 2,942       |
| 200        | 200000    | 130                     | 65,0                    | 3,250             | 11,369         | 3,167       |
| 210        | 210000    | 136                     | 68,0                    | 3,400             | 11,937         | 3,317       |
| 220        | 220000    | 145                     | 72,5                    | 3,625             | 12,506         | 3,542       |
| 230        | 230000    | 152                     | 76,0                    | 3,800             | 13,074         | 3,717       |
| 240        | 240000    | 160                     | 80,0                    | 4,000             | 13,643         | 3,917       |
| 250        | 250000    | 167                     | 83,5                    | 4,175             | 14,211         | 4,092       |
| 260        | 260000    | 179                     | 89,5                    | 4,475             | 14,780         | 4,392       |
| 270        | 270000    | 187                     | 93,5                    | 4,675             | 15,348         | 4,592       |
| 280        | 280000    | 195                     | 97,5                    | 4,875             | 15,916         | 4,792       |

Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L$ ( $10^{-3}$ )<br>mm | $\Delta L$ ( $10^{-3}$ )<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 202                            | 101,0                          | 5,050             | 16,485            | 4,967       |
| 300           | 300000       | 212                            | 106,0                          | 5,300             | 17,053            | 5,217       |
| 310           | 310000       | 220                            | 110,0                          | 5,500             | 17,622            | 5,417       |
| 320           | 320000       | 227                            | 113,5                          | 5,675             | 18,190            | 5,592       |
| 330           | 330000       | 235                            | 117,5                          | 5,875             | 18,759            | 5,792       |
| 340           | 340000       | 242                            | 121,0                          | 6,050             | 19,327            | 5,967       |
| 350           | 350000       | 251                            | 125,5                          | 6,275             | 19,896            | 6,192       |
| 360           | 360000       | 261                            | 130,5                          | 6,525             | 20,464            | 6,442       |
| 370           | 370000       | 270                            | 135,0                          | 6,750             | 21,032            | 6,667       |
| 380           | 380000       | 280                            | 140,0                          | 7,000             | 21,601            | 6,917       |
| 390           | 390000       | 287                            | 143,5                          | 7,175             | 22,169            | 7,092       |
| 400           | 400000       | 299                            | 149,5                          | 7,475             | 22,738            | 7,392       |
| 410           | 410000       | 310                            | 155,0                          | 7,750             | 23,306            | 7,667       |
| 420           | 420000       | 320                            | 160,0                          | 8,000             | 23,875            | 7,917       |
| 430           | 430000       | 330                            | 165,0                          | 8,250             | 24,443            | 8,167       |
| 440           | 440000       | 341                            | 170,5                          | 8,525             | 25,012            | 8,442       |
| 450           | 450000       | 354                            | 177,0                          | 8,850             | 25,580            | 8,767       |
| 460           | 460000       | 365                            | 182,5                          | 9,125             | 26,148            | 9,042       |
| 470           | 470000       | 378                            | 189,0                          | 9,450             | 26,717            | 9,367       |
| 480           | 480000       | 394                            | 197,0                          | 9,850             | 27,285            | 9,767       |
| 490           | 490000       | 412                            | 206,0                          | 10,300            | 27,854            | 10,217      |
| 500           | 500000       | 435                            | 217,5                          | 10,875            | 28,422            | 10,792      |
| 510           | 510000       | 460                            | 230,0                          | 11,500            | 28,991            | 11,417      |
| 520           | 520000       | 499                            | 249,5                          | 12,475            | 29,559            | 12,392      |
| 520,09        | 520090       | 525                            | 262,5                          | 13,125            | 29,564            | 13,042      |
| 510           | 510000       | 555                            | 277,5                          | 13,875            | 28,991            | 13,792      |
| 500           | 500000       | 572                            | 286,0                          | 14,300            | 28,422            | 14,217      |
| 490           | 490000       | 585                            | 292,5                          | 14,625            | 27,854            | 14,542      |
| 480           | 480000       | 595                            | 297,5                          | 14,875            | 27,285            | 14,792      |
| 470           | 470000       | 604                            | 302,0                          | 15,100            | 26,717            | 15,017      |
| 460           | 460000       | 700                            | 350,0                          | 17,500            | 26,148            | 17,417      |

LAPORATORIUM  
 TEKNIK TEKNIK  
 UNIVERSITAS UIN



Kurva Tegangan Regangan Beton BN 2,5 %




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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 5 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 15,120 cm

 A : 179,462 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,270 cm

Berat : 12,700 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 5                       | 2,5                     | 0,125             | 0,557          | 0,917       |
| 20         | 20000     | 11                      | 5,5                     | 0,275             | 1,114          | 1,067       |
| 30         | 30000     | 17                      | 8,5                     | 0,425             | 1,672          | 1,217       |
| 40         | 40000     | 25                      | 12,5                    | 0,625             | 2,229          | 1,417       |
| 50         | 50000     | 31                      | 15,5                    | 0,775             | 2,786          | 1,567       |
| 60         | 60000     | 36                      | 18,0                    | 0,900             | 3,343          | 1,692       |
| 70         | 70000     | 45                      | 22,5                    | 1,125             | 3,901          | 1,917       |
| 80         | 80000     | 50                      | 25,0                    | 1,250             | 4,458          | 2,042       |
| 90         | 90000     | 57                      | 28,5                    | 1,425             | 5,015          | 2,217       |
| 100        | 100000    | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 5,572          | 2,417       |
| 110        | 110000    | 72                      | 36,0                    | 1,800             | 6,129          | 2,592       |
| 120        | 120000    | 79                      | 39,5                    | 1,975             | 6,687          | 2,767       |
| 130        | 130000    | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 7,244          | 2,917       |
| 140        | 140000    | 90                      | 45,0                    | 2,250             | 7,801          | 3,042       |
| 150        | 150000    | 97                      | 48,5                    | 2,425             | 8,358          | 3,217       |
| 160        | 160000    | 102                     | 51,0                    | 2,550             | 8,916          | 3,342       |
| 170        | 170000    | 108                     | 54,0                    | 2,700             | 9,473          | 3,492       |
| 180        | 180000    | 114                     | 57,0                    | 2,850             | 10,030         | 3,642       |
| 190        | 190000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 10,587         | 3,792       |
| 200        | 200000    | 126                     | 63,0                    | 3,150             | 11,144         | 3,942       |
| 210        | 210000    | 132                     | 66,0                    | 3,300             | 11,702         | 4,092       |
| 220        | 220000    | 139                     | 69,5                    | 3,475             | 12,259         | 4,267       |
| 230        | 230000    | 145                     | 72,5                    | 3,625             | 12,816         | 4,417       |
| 240        | 240000    | 152                     | 76,0                    | 3,800             | 13,373         | 4,592       |
| 250        | 250000    | 159                     | 79,5                    | 3,975             | 13,931         | 4,767       |
| 260        | 260000    | 166                     | 83,0                    | 4,150             | 14,488         | 4,942       |
| 270        | 270000    | 172                     | 86,0                    | 4,300             | 15,045         | 5,092       |
| 280        | 280000    | 182                     | 91,0                    | 4,550             | 15,602         | 5,342       |

Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 290        | 290000    | 190                     | 95,0                    | 4,750             | 16,159         | 5,542       |
| 300        | 300000    | 197                     | 98,5                    | 4,925             | 16,717         | 5,717       |
| 310        | 310000    | 205                     | 102,5                   | 5,125             | 17,274         | 5,917       |
| 320        | 320000    | 212                     | 106,0                   | 5,300             | 17,831         | 6,092       |
| 330        | 330000    | 220                     | 110,0                   | 5,500             | 18,388         | 6,292       |
| 340        | 340000    | 230                     | 115,0                   | 5,750             | 18,946         | 6,542       |
| 350        | 350000    | 237                     | 118,5                   | 5,925             | 19,503         | 6,717       |
| 360        | 360000    | 247                     | 123,5                   | 6,175             | 20,060         | 6,967       |
| 370        | 370000    | 256                     | 128,0                   | 6,400             | 20,617         | 7,192       |
| 380        | 380000    | 265                     | 132,5                   | 6,625             | 21,174         | 7,417       |
| 390        | 390000    | 270                     | 135,0                   | 6,750             | 21,732         | 7,542       |
| 400        | 400000    | 293                     | 146,5                   | 7,325             | 22,289         | 8,117       |
| 410        | 410000    | 299                     | 149,5                   | 7,475             | 22,846         | 8,267       |
| 414,4      | 414400    | 304                     | 152,0                   | 7,600             | 23,091         | 8,392       |
| 410        | 410000    | 317                     | 158,5                   | 7,925             | 22,846         | 8,717       |
| 400        | 400000    | 341                     | 170,5                   | 8,525             | 22,289         | 9,317       |
| 390        | 390000    | 366                     | 183,0                   | 9,150             | 21,732         | 9,942       |
| 380        | 380000    | 426                     | 213,0                   | 10,650            | 21,174         | 11,442      |
| 370        | 370000    | 446                     | 223,0                   | 11,150            | 20,617         | 11,942      |
| 360        | 360000    | 456                     | 228,0                   | 11,400            | 20,060         | 12,192      |
| 350        | 350000    | 466                     | 233,0                   | 11,650            | 19,503         | 12,442      |







**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 5 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 15,060 cm

 A : 178,041 cm<sup>2</sup>


Tinggi : 30,100 cm

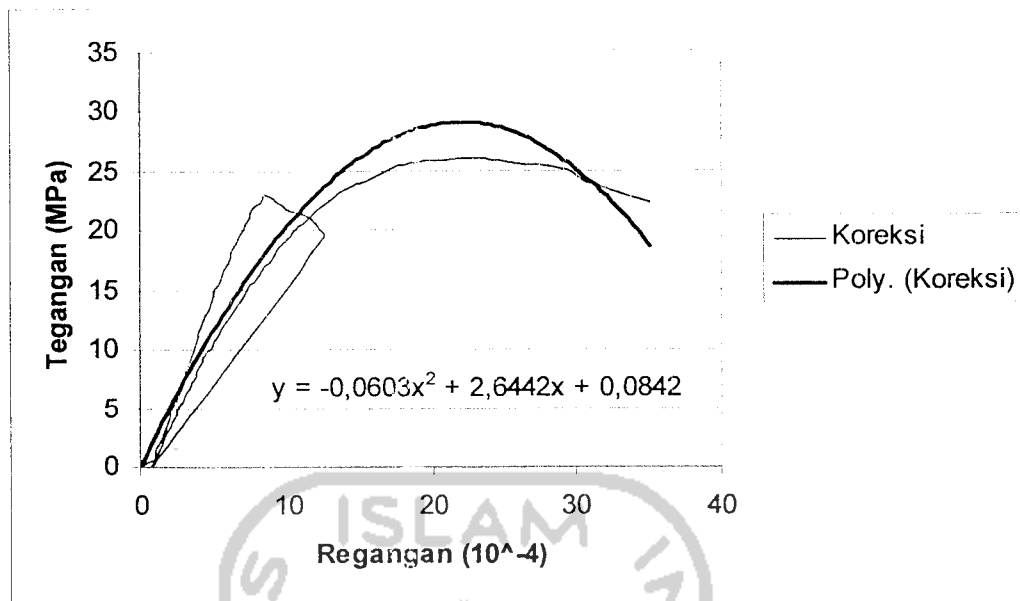
Berat : 12,600 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0,792       |
| 10         | 10000     | 8                       | 4,0                     | 0,200             | 0,557          | 0,992       |
| 20         | 20000     | 16                      | 8,0                     | 0,400             | 1,114          | 1,192       |
| 30         | 30000     | 24                      | 12,0                    | 0,600             | 1,672          | 1,392       |
| 40         | 40000     | 32                      | 16,0                    | 0,800             | 2,229          | 1,592       |
| 50         | 50000     | 40                      | 20,0                    | 1,000             | 2,786          | 1,792       |
| 60         | 60000     | 50                      | 25,0                    | 1,250             | 3,343          | 2,042       |
| 70         | 70000     | 57                      | 28,5                    | 1,425             | 3,901          | 2,217       |
| 80         | 80000     | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 4,458          | 2,417       |
| 90         | 90000     | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 5,015          | 2,667       |
| 100        | 100000    | 84                      | 42,0                    | 2,100             | 5,572          | 2,892       |
| 110        | 110000    | 93                      | 46,5                    | 2,325             | 6,129          | 3,117       |
| 120        | 120000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 6,687          | 3,292       |
| 130        | 130000    | 109                     | 54,5                    | 2,725             | 7,244          | 3,517       |
| 140        | 140000    | 118                     | 59,0                    | 2,950             | 7,801          | 3,742       |
| 150        | 150000    | 128                     | 64,0                    | 3,200             | 8,358          | 3,992       |
| 160        | 160000    | 135                     | 67,5                    | 3,375             | 8,916          | 4,167       |
| 170        | 170000    | 145                     | 72,5                    | 3,625             | 9,473          | 4,417       |
| 180        | 180000    | 158                     | 79,0                    | 3,950             | 10,030         | 4,742       |
| 190        | 190000    | 169                     | 84,5                    | 4,225             | 10,587         | 5,017       |
| 200        | 200000    | 180                     | 90,0                    | 4,500             | 11,144         | 5,292       |
| 210        | 210000    | 190                     | 95,0                    | 4,750             | 11,702         | 5,542       |
| 220        | 220000    | 201                     | 100,5                   | 5,025             | 12,259         | 5,817       |
| 230        | 230000    | 213                     | 106,5                   | 5,325             | 12,816         | 6,117       |
| 240        | 240000    | 225                     | 112,5                   | 5,625             | 13,373         | 6,417       |
| 250        | 250000    | 235                     | 117,5                   | 5,875             | 13,931         | 6,667       |
| 260        | 260000    | 247                     | 123,5                   | 6,175             | 14,488         | 6,967       |
| 270        | 270000    | 260                     | 130,0                   | 6,500             | 15,045         | 7,292       |
| 280        | 280000    | 274                     | 137,0                   | 6,850             | 15,602         | 7,642       |

Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 286                        | 143,0                      | 7,150             | 16,159            | 7,942       |
| 300           | 300000       | 300                        | 150,0                      | 7,500             | 16,717            | 8,292       |
| 310           | 310000       | 315                        | 157,5                      | 7,875             | 17,274            | 8,667       |
| 320           | 320000       | 330                        | 165,0                      | 8,250             | 17,831            | 9,042       |
| 330           | 330000       | 342                        | 171,0                      | 8,550             | 18,388            | 9,342       |
| 340           | 340000       | 357                        | 178,5                      | 8,925             | 18,946            | 9,717       |
| 350           | 350000       | 375                        | 187,5                      | 9,375             | 19,503            | 10,167      |
| 360           | 360000       | 390                        | 195,0                      | 9,750             | 20,060            | 10,542      |
| 370           | 370000       | 408                        | 204,0                      | 10,200            | 20,617            | 10,992      |
| 380           | 380000       | 430                        | 215,0                      | 10,750            | 21,174            | 11,542      |
| 390           | 390000       | 450                        | 225,0                      | 11,250            | 21,732            | 12,042      |
| 400           | 400000       | 472                        | 236,0                      | 11,800            | 22,289            | 12,592      |
| 410           | 410000       | 495                        | 247,5                      | 12,375            | 22,846            | 13,167      |
| 420           | 420000       | 520                        | 260,0                      | 13,000            | 23,403            | 13,792      |
| 430           | 430000       | 555                        | 277,5                      | 13,875            | 23,961            | 14,667      |
| 440           | 440000       | 604                        | 302,0                      | 15,100            | 24,518            | 15,892      |
| 450           | 450000       | 650                        | 325,0                      | 16,250            | 25,075            | 17,042      |
| 460           | 460000       | 705                        | 352,5                      | 17,625            | 25,632            | 18,417      |
| 467,8         | 467800       | 880                        | 440,0                      | 22,000            | 26,067            | 22,792      |
| 460           | 460000       | 980                        | 490,0                      | 24,500            | 25,632            | 25,292      |
| 450           | 450000       | 1140                       | 570,0                      | 28,500            | 25,075            | 29,292      |
| 440           | 440000       | 1170                       | 585,0                      | 29,250            | 24,518            | 30,042      |
| 430           | 430000       | 1210                       | 605,0                      | 30,250            | 23,961            | 31,042      |
| 420           | 420000       | 1260                       | 630,0                      | 31,500            | 23,403            | 32,292      |
| 410           | 410000       | 1310                       | 655,0                      | 32,750            | 22,846            | 33,542      |
| 400           | 400000       | 1370                       | 685,0                      | 34,250            | 22,289            | 35,042      |

  
 FAKULTAS TEKNIK UIN



Kurva Tegangan Regangan Beton BN 5 %




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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 7,5 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 14,960 cm

 A : 175,684 cm<sup>2</sup>

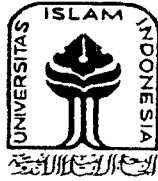
Tinggi : 30,130 cm

Berat : 12,500 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 4                       | 2,0                     | 0,100             | 0,569          | 0,395       |
| 20         | 20000     | 12                      | 6,0                     | 0,300             | 1,138          | 0,595       |
| 30         | 30000     | 22                      | 11,0                    | 0,550             | 1,708          | 0,845       |
| 40         | 40000     | 34                      | 17,0                    | 0,850             | 2,277          | 1,145       |
| 50         | 50000     | 44                      | 22,0                    | 1,100             | 2,846          | 1,395       |
| 60         | 60000     | 55                      | 27,5                    | 1,375             | 3,415          | 1,670       |
| 70         | 70000     | 69                      | 34,5                    | 1,725             | 3,984          | 2,020       |
| 80         | 80000     | 80                      | 40,0                    | 2,000             | 4,554          | 2,295       |
| 90         | 90000     | 90                      | 45,0                    | 2,250             | 5,123          | 2,545       |
| 100        | 100000    | 99                      | 49,5                    | 2,475             | 5,692          | 2,770       |
| 110        | 110000    | 108                     | 54,0                    | 2,700             | 6,261          | 2,995       |
| 120        | 120000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 6,830          | 3,295       |
| 130        | 130000    | 130                     | 65,0                    | 3,250             | 7,400          | 3,545       |
| 140        | 140000    | 138                     | 69,0                    | 3,450             | 7,969          | 3,745       |
| 150        | 150000    | 148                     | 74,0                    | 3,700             | 8,538          | 3,995       |
| 160        | 160000    | 159                     | 79,5                    | 3,975             | 9,107          | 4,270       |
| 170        | 170000    | 170                     | 85,0                    | 4,250             | 9,676          | 4,545       |
| 180        | 180000    | 180                     | 90,0                    | 4,500             | 10,246         | 4,795       |
| 190        | 190000    | 191                     | 95,5                    | 4,775             | 10,815         | 5,070       |
| 200        | 200000    | 203                     | 101,5                   | 5,075             | 11,384         | 5,370       |
| 210        | 210000    | 212                     | 106,0                   | 5,300             | 11,953         | 5,595       |
| 220        | 220000    | 225                     | 112,5                   | 5,625             | 12,522         | 5,920       |
| 230        | 230000    | 237                     | 118,5                   | 5,925             | 13,092         | 6,220       |
| 240        | 240000    | 250                     | 125,0                   | 6,250             | 13,661         | 6,545       |
| 250        | 250000    | 262                     | 131,0                   | 6,550             | 14,230         | 6,845       |
| 260        | 260000    | 275                     | 137,5                   | 6,875             | 14,799         | 7,170       |
| 270        | 270000    | 287                     | 143,5                   | 7,175             | 15,369         | 7,470       |
| 280        | 280000    | 301                     | 150,5                   | 7,525             | 15,938         | 7,820       |

Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 315                        | 157,5                      | 7,875             | 16,507            | 8,170       |
| 300           | 300000       | 330                        | 165,0                      | 8,250             | 17,076            | 8,545       |
| 310           | 310000       | 345                        | 172,5                      | 8,625             | 17,645            | 8,920       |
| 320           | 320000       | 355                        | 177,5                      | 8,875             | 18,215            | 9,170       |
| 330           | 330000       | 377                        | 188,5                      | 9,425             | 18,784            | 9,720       |
| 340           | 340000       | 392                        | 196,0                      | 9,800             | 19,353            | 10,095      |
| 350           | 350000       | 410                        | 205,0                      | 10,250            | 19,922            | 10,545      |
| 360           | 360000       | 430                        | 215,0                      | 10,750            | 20,491            | 11,045      |
| 370           | 370000       | 450                        | 225,0                      | 11,250            | 21,061            | 11,545      |
| 380           | 380000       | 475                        | 237,5                      | 11,875            | 21,630            | 12,170      |
| 390           | 390000       | 499                        | 249,5                      | 12,475            | 22,199            | 12,770      |
| 400           | 400000       | 522                        | 261,0                      | 13,050            | 22,768            | 13,345      |
| 410           | 410000       | 545                        | 272,5                      | 13,625            | 23,337            | 13,920      |
| 420           | 420000       | 575                        | 287,5                      | 14,375            | 23,907            | 14,670      |
| 430           | 430000       | 610                        | 305,0                      | 15,250            | 24,476            | 15,545      |
| 434,6         | 434600       | 640                        | 320,0                      | 16,000            | 24,738            | 16,295      |
| 430           | 430000       | 645                        | 322,5                      | 16,125            | 24,476            | 16,420      |
| 420           | 420000       | 690                        | 345,0                      | 17,250            | 23,907            | 17,545      |
| 410           | 410000       | 747                        | 373,5                      | 18,675            | 23,337            | 18,970      |
| 400           | 400000       | 764                        | 382,0                      | 19,100            | 22,768            | 19,395      |
| 390           | 390000       | 801                        | 400,5                      | 20,025            | 22,199            | 20,320      |
| 380           | 380000       | 828                        | 414,0                      | 20,700            | 21,630            | 20,995      |
| 370           | 370000       | 856                        | 428,0                      | 21,400            | 21,061            | 21,695      |
| 360           | 360000       | 885                        | 442,5                      | 22,125            | 20,491            | 22,420      |
| 350           | 350000       | 887                        | 443,5                      | 22,175            | 19,922            | 22,470      |



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 7,5 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 14,960 cm

A : 175,684 cm<sup>2</sup>

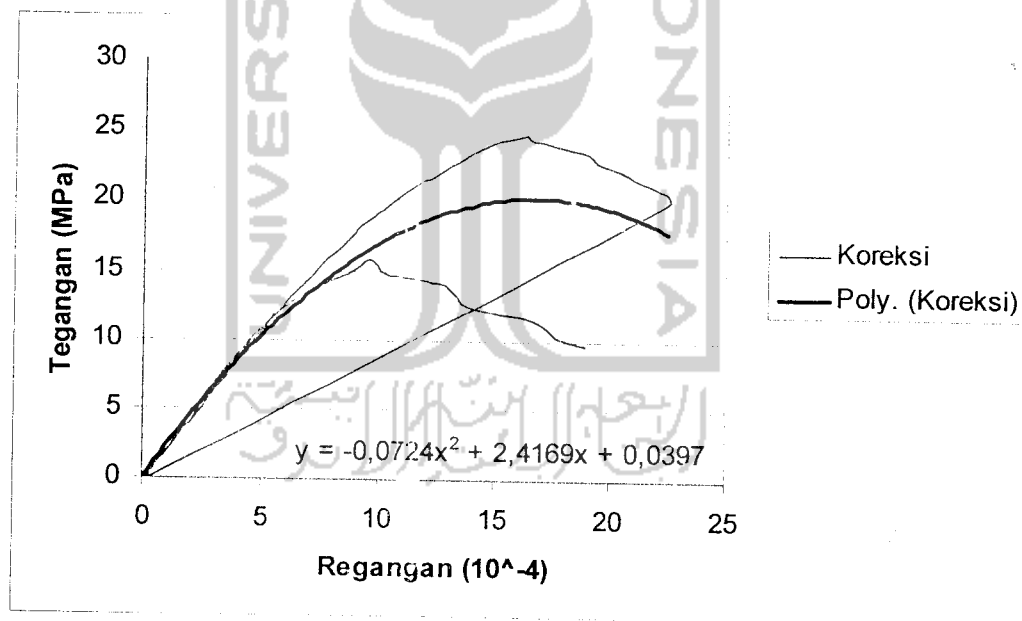
Tinggi : 30,250 cm

Berat : 12,600 kg

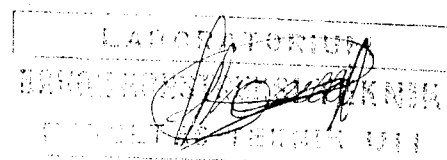
| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0,000          | 0,295       |
| 10         | 10000     | 6                       | 3,0                     | 0,150             | 0,569          | 0,445       |
| 20         | 20000     | 14                      | 7,0                     | 0,350             | 1,138          | 0,645       |
| 30         | 30000     | 23                      | 11,5                    | 0,575             | 1,708          | 0,870       |
| 40         | 40000     | 34                      | 17,0                    | 0,850             | 2,277          | 1,145       |
| 50         | 50000     | 45                      | 22,5                    | 1,125             | 2,846          | 1,420       |
| 60         | 60000     | 53                      | 26,5                    | 1,325             | 3,415          | 1,620       |
| 70         | 70000     | 67                      | 33,5                    | 1,675             | 3,984          | 1,970       |
| 80         | 80000     | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 4,554          | 2,170       |
| 90         | 90000     | 83                      | 41,5                    | 2,075             | 5,123          | 2,370       |
| 100        | 100000    | 91                      | 45,5                    | 2,275             | 5,692          | 2,570       |
| 110        | 110000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 6,261          | 2,795       |
| 120        | 120000    | 108                     | 54,0                    | 2,700             | 6,830          | 2,995       |
| 130        | 130000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 7,400          | 3,295       |
| 140        | 140000    | 130                     | 65,0                    | 3,250             | 7,969          | 3,545       |
| 150        | 150000    | 140                     | 70,0                    | 3,500             | 8,538          | 3,795       |
| 160        | 160000    | 151                     | 75,5                    | 3,775             | 9,107          | 4,070       |
| 170        | 170000    | 163                     | 81,5                    | 4,075             | 9,676          | 4,370       |
| 180        | 180000    | 175                     | 87,5                    | 4,375             | 10,246         | 4,670       |
| 190        | 190000    | 187                     | 93,5                    | 4,675             | 10,815         | 4,970       |
| 200        | 200000    | 202                     | 101,0                   | 5,050             | 11,384         | 5,345       |
| 210        | 210000    | 215                     | 107,5                   | 5,375             | 11,953         | 5,670       |
| 220        | 220000    | 232                     | 116,0                   | 5,800             | 12,522         | 6,095       |
| 230        | 230000    | 250                     | 125,0                   | 6,250             | 13,092         | 6,545       |
| 240        | 240000    | 280                     | 140,0                   | 7,000             | 13,661         | 7,295       |
| 250        | 250000    | 302                     | 151,0                   | 7,550             | 14,230         | 7,845       |
| 260        | 260000    | 334                     | 167,0                   | 8,350             | 14,799         | 8,645       |
| 270        | 270000    | 357                     | 178,5                   | 8,925             | 15,369         | 9,220       |
| 278,7      | 278700    | 369                     | 184,5                   | 9,225             | 15,864         | 9,520       |

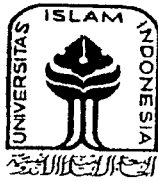
Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 270        | 270000    | 386                     | 193,0                   | 9,650             | 15,369         | 9,945       |
| 260        | 260000    | 399                     | 199,5                   | 9,975             | 14,799         | 10,270      |
| 250        | 250000    | 485                     | 242,5                   | 12,125            | 14,230         | 12,420      |
| 240        | 240000    | 508                     | 254,0                   | 12,700            | 13,661         | 12,995      |
| 230        | 230000    | 522                     | 261,0                   | 13,050            | 13,092         | 13,345      |
| 220        | 220000    | 538                     | 269,0                   | 13,450            | 12,522         | 13,745      |
| 210        | 210000    | 595                     | 297,5                   | 14,875            | 11,953         | 15,170      |
| 200        | 200000    | 655                     | 327,5                   | 16,375            | 11,384         | 16,670      |
| 190        | 190000    | 680                     | 340,0                   | 17,000            | 10,815         | 17,295      |
| 180        | 180000    | 695                     | 347,5                   | 17,375            | 10,246         | 17,670      |
| 170        | 170000    | 745                     | 372,5                   | 18,625            | 9,676          | 18,920      |



Kurva Tegangan Regangan Beton BN 7,5 %





## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 10 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 15,000 cm

A : 176,625 cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,250 cm

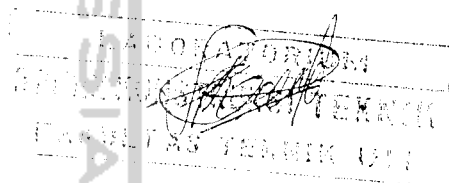
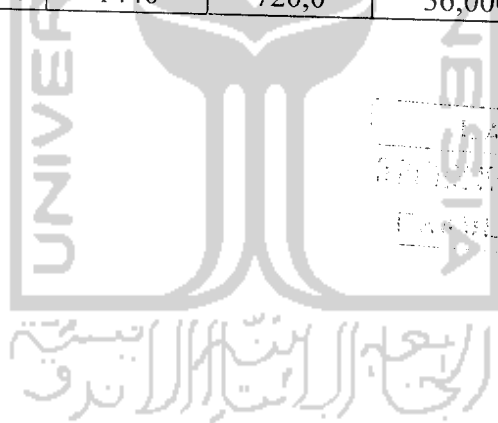
Berat : 12,600 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 5                       | 2,5                     | 0,125             | 0,566          | 1,621       |
| 20         | 20000     | 13                      | 6,5                     | 0,325             | 1,132          | 1,821       |
| 30         | 30000     | 21                      | 10,5                    | 0,525             | 1,699          | 2,021       |
| 40         | 40000     | 30                      | 15,0                    | 0,750             | 2,265          | 2,246       |
| 50         | 50000     | 37                      | 18,5                    | 0,925             | 2,831          | 2,421       |
| 60         | 60000     | 47                      | 23,5                    | 1,175             | 3,397          | 2,671       |
| 70         | 70000     | 55                      | 27,5                    | 1,375             | 3,963          | 2,871       |
| 80         | 80000     | 65                      | 32,5                    | 1,625             | 4,529          | 3,121       |
| 90         | 90000     | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 5,096          | 3,371       |
| 100        | 100000    | 82                      | 41,0                    | 2,050             | 5,662          | 3,546       |
| 110        | 110000    | 92                      | 46,0                    | 2,300             | 6,228          | 3,796       |
| 120        | 120000    | 100                     | 50,0                    | 2,500             | 6,794          | 3,996       |
| 130        | 130000    | 110                     | 55,0                    | 2,750             | 7,360          | 4,246       |
| 140        | 140000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 7,926          | 4,496       |
| 150        | 150000    | 130                     | 65,0                    | 3,250             | 8,493          | 4,746       |
| 160        | 160000    | 141                     | 70,5                    | 3,525             | 9,059          | 5,021       |
| 170        | 170000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 9,625          | 5,371       |
| 180        | 180000    | 165                     | 82,5                    | 4,125             | 10,191         | 5,621       |
| 190        | 190000    | 178                     | 89,0                    | 4,450             | 10,757         | 5,946       |
| 200        | 200000    | 192                     | 96,0                    | 4,800             | 11,323         | 6,296       |
| 210        | 210000    | 205                     | 102,5                   | 5,125             | 11,890         | 6,621       |
| 220        | 220000    | 218                     | 109,0                   | 5,450             | 12,456         | 6,946       |
| 230        | 230000    | 235                     | 117,5                   | 5,875             | 13,022         | 7,371       |
| 240        | 240000    | 250                     | 125,0                   | 6,250             | 13,588         | 7,746       |
| 250        | 250000    | 265                     | 132,5                   | 6,625             | 14,154         | 8,121       |
| 260        | 260000    | 285                     | 142,5                   | 7,125             | 14,720         | 8,621       |
| 270        | 270000    | 300                     | 150,0                   | 7,500             | 15,287         | 8,996       |
| 280        | 280000    | 325                     | 162,5                   | 8,125             | 15,853         | 9,621       |



Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 290        | 290000    | 345                     | 172,5                   | 8,625             | 16,419         | 10,121      |
| 300        | 300000    | 365                     | 182,5                   | 9,125             | 16,985         | 10,621      |
| 310        | 310000    | 395                     | 197,5                   | 9,875             | 17,551         | 11,371      |
| 320        | 320000    | 430                     | 215,0                   | 10,750            | 18,117         | 12,246      |
| 327,8      | 327800    | 455                     | 227,5                   | 11,375            | 18,559         | 12,871      |
| 320        | 320000    | 470                     | 235,0                   | 11,750            | 18,117         | 13,246      |
| 310        | 310000    | 498                     | 249,0                   | 12,450            | 17,551         | 13,946      |
| 300        | 300000    | 599                     | 299,5                   | 14,975            | 16,985         | 16,471      |
| 290        | 290000    | 605                     | 302,5                   | 15,125            | 16,419         | 16,621      |
| 280        | 280000    | 850                     | 425,0                   | 21,250            | 15,853         | 22,746      |
| 270        | 270000    | 1060                    | 530,0                   | 26,500            | 15,287         | 27,996      |
| 260        | 260000    | 1180                    | 590,0                   | 29,500            | 14,720         | 30,996      |
| 250        | 250000    | 1280                    | 640,0                   | 32,000            | 14,154         | 33,496      |
| 240        | 240000    | 1370                    | 685,0                   | 34,250            | 13,588         | 35,746      |
| 230        | 230000    | 1440                    | 720,0                   | 36,000            | 13,022         | 37,496      |




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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 10 %**

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 15,000 cm

 A : 176,625 cm<sup>2</sup>

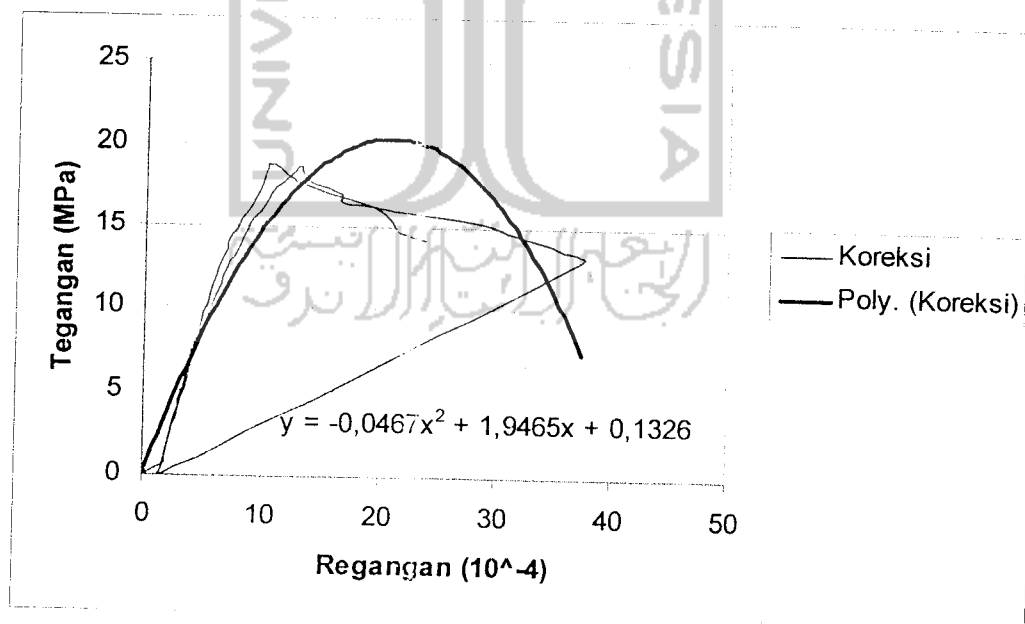
Tinggi : 30,130 cm

Berat : 12,500 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0,000          | 1,496       |
| 10         | 10000     | 4                       | 2,0                     | 0,100             | 0,566          | 1,596       |
| 20         | 20000     | 12                      | 6,0                     | 0,300             | 1,132          | 1,796       |
| 30         | 30000     | 20                      | 10,0                    | 0,500             | 1,699          | 1,996       |
| 40         | 40000     | 27                      | 13,5                    | 0,675             | 2,265          | 2,171       |
| 50         | 50000     | 35                      | 17,5                    | 0,875             | 2,831          | 2,371       |
| 60         | 60000     | 45                      | 22,5                    | 1,125             | 3,397          | 2,621       |
| 70         | 70000     | 53                      | 26,5                    | 1,325             | 3,963          | 2,821       |
| 80         | 80000     | 60                      | 30,0                    | 1,500             | 4,529          | 2,996       |
| 90         | 90000     | 68                      | 34,0                    | 1,700             | 5,096          | 3,196       |
| 100        | 100000    | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 5,662          | 3,371       |
| 110        | 110000    | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 6,228          | 3,621       |
| 120        | 120000    | 92                      | 46,0                    | 2,300             | 6,794          | 3,796       |
| 130        | 130000    | 101                     | 50,5                    | 2,525             | 7,360          | 4,021       |
| 140        | 140000    | 110                     | 55,0                    | 2,750             | 7,926          | 4,246       |
| 150        | 150000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 8,493          | 4,496       |
| 160        | 160000    | 128                     | 64,0                    | 3,200             | 9,059          | 4,696       |
| 170        | 170000    | 135                     | 67,5                    | 3,375             | 9,625          | 4,871       |
| 180        | 180000    | 148                     | 74,0                    | 3,700             | 10,191         | 5,196       |
| 190        | 190000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 10,757         | 5,371       |
| 200        | 200000    | 167                     | 83,5                    | 4,175             | 11,323         | 5,671       |
| 210        | 210000    | 178                     | 89,0                    | 4,450             | 11,890         | 5,946       |
| 220        | 220000    | 188                     | 94,0                    | 4,700             | 12,456         | 6,196       |
| 230        | 230000    | 200                     | 100,0                   | 5,000             | 13,022         | 6,496       |
| 240        | 240000    | 213                     | 106,5                   | 5,325             | 13,588         | 6,821       |
| 250        | 250000    | 225                     | 112,5                   | 5,625             | 14,154         | 7,121       |
| 260        | 260000    | 242                     | 121,0                   | 6,050             | 14,720         | 7,546       |
| 270        | 270000    | 261                     | 130,5                   | 6,525             | 15,287         | 8,021       |
| 280        | 280000    | 282                     | 141,0                   | 7,050             | 15,853         | 8,546       |

Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 290        | 290000    | 305                     | 152,5                   | 7,625             | 16,419         | 9,121       |
| 300        | 300000    | 315                     | 157,5                   | 7,875             | 16,985         | 9,371       |
| 310        | 310000    | 335                     | 167,5                   | 8,375             | 17,551         | 9,871       |
| 320        | 320000    | 340                     | 170,0                   | 8,500             | 18,117         | 9,996       |
| 330        | 330000    | 347                     | 173,5                   | 8,675             | 18,684         | 10,171      |
| 330,5      | 330500    | 350                     | 175,0                   | 8,750             | 18,712         | 10,246      |
| 330        | 330000    | 370                     | 185,0                   | 9,250             | 18,684         | 10,746      |
| 320        | 320000    | 410                     | 205,0                   | 10,250            | 18,117         | 11,746      |
| 310        | 310000    | 460                     | 230,0                   | 11,500            | 17,551         | 12,996      |
| 300        | 300000    | 560                     | 280,0                   | 14,000            | 16,985         | 15,496      |
| 290        | 290000    | 670                     | 335,0                   | 16,750            | 16,419         | 18,246      |
| 280        | 280000    | 745                     | 372,5                   | 18,625            | 15,853         | 20,121      |
| 270        | 270000    | 780                     | 390,0                   | 19,500            | 15,287         | 20,996      |
| 260        | 260000    | 800                     | 400,0                   | 20,000            | 14,720         | 21,496      |
| 250        | 250000    | 895                     | 447,5                   | 22,375            | 14,154         | 23,871      |



Kurva Tegangan Regangan Beton BN 10 %

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
 TERBUKA SURABAYA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
 DAN PERENCANAAN



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 12,5 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 1

Diameter : 15,000 cm

A : 176,625 cm<sup>2</sup>

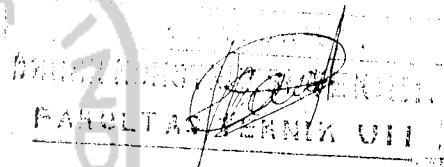
Tinggi : 30,200 cm

Berat : 12,600 kg

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0              | 0           |
| 10         | 10000     | 5                       | 2,5                     | 0,125             | 0,566          | 0,467       |
| 20         | 20000     | 12                      | 6,0                     | 0,300             | 1,132          | 0,642       |
| 30         | 30000     | 20                      | 10,0                    | 0,500             | 1,699          | 0,842       |
| 40         | 40000     | 28                      | 14,0                    | 0,700             | 2,265          | 1,042       |
| 50         | 50000     | 35                      | 17,5                    | 0,875             | 2,831          | 1,217       |
| 60         | 60000     | 42                      | 21,0                    | 1,050             | 3,397          | 1,392       |
| 70         | 70000     | 51                      | 25,5                    | 1,275             | 3,963          | 1,617       |
| 80         | 80000     | 60                      | 30,0                    | 1,500             | 4,529          | 1,842       |
| 90         | 90000     | 68                      | 34,0                    | 1,700             | 5,096          | 2,042       |
| 100        | 100000    | 75                      | 37,5                    | 1,875             | 5,662          | 2,217       |
| 110        | 110000    | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 6,228          | 2,467       |
| 120        | 120000    | 95                      | 47,5                    | 2,375             | 6,794          | 2,717       |
| 130        | 130000    | 103                     | 51,5                    | 2,575             | 7,360          | 2,917       |
| 140        | 140000    | 110                     | 55,0                    | 2,750             | 7,926          | 3,092       |
| 150        | 150000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 8,493          | 3,342       |
| 160        | 160000    | 130                     | 65,0                    | 3,250             | 9,059          | 3,592       |
| 170        | 170000    | 145                     | 72,5                    | 3,625             | 9,625          | 3,967       |
| 180        | 180000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 10,191         | 4,217       |
| 190        | 190000    | 171                     | 85,5                    | 4,275             | 10,757         | 4,617       |
| 200        | 200000    | 181                     | 90,5                    | 4,525             | 11,323         | 4,867       |
| 210        | 210000    | 193                     | 96,5                    | 4,825             | 11,890         | 5,167       |
| 220        | 220000    | 210                     | 105,0                   | 5,250             | 12,456         | 5,592       |
| 230        | 230000    | 230                     | 115,0                   | 5,750             | 13,022         | 6,092       |
| 240        | 240000    | 244                     | 122,0                   | 6,100             | 13,588         | 6,442       |
| 250        | 250000    | 265                     | 132,5                   | 6,625             | 14,154         | 6,967       |
| 260        | 260000    | 285                     | 142,5                   | 7,125             | 14,720         | 7,467       |
| 270        | 270000    | 310                     | 155,0                   | 7,750             | 15,287         | 8,092       |
| 280        | 280000    | 365                     | 182,5                   | 9,125             | 15,853         | 9,467       |

Lanjutan ...

| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 284,3      | 284300    | 396                     | 198,0                   | 9,900             | 16,096         | 10,242      |
| 280        | 280000    | 405                     | 202,5                   | 10,125            | 15,853         | 10,467      |
| 270        | 270000    | 412                     | 206,0                   | 10,300            | 15,287         | 10,642      |
| 260        | 260000    | 552                     | 276,0                   | 13,800            | 14,720         | 14,142      |
| 250        | 250000    | 571                     | 285,5                   | 14,275            | 14,154         | 14,617      |
| 240        | 240000    | 632                     | 316,0                   | 15,800            | 13,588         | 16,142      |





## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Tegangan Regangan Beton BN 12,5 %

Pengujian : Tegangan Regangan

Benda uji : Silinder 2

Diameter : 15,040 cm

A : 177,568cm<sup>2</sup>

Tinggi : 30,290 cm

Berat : 12,600 kg

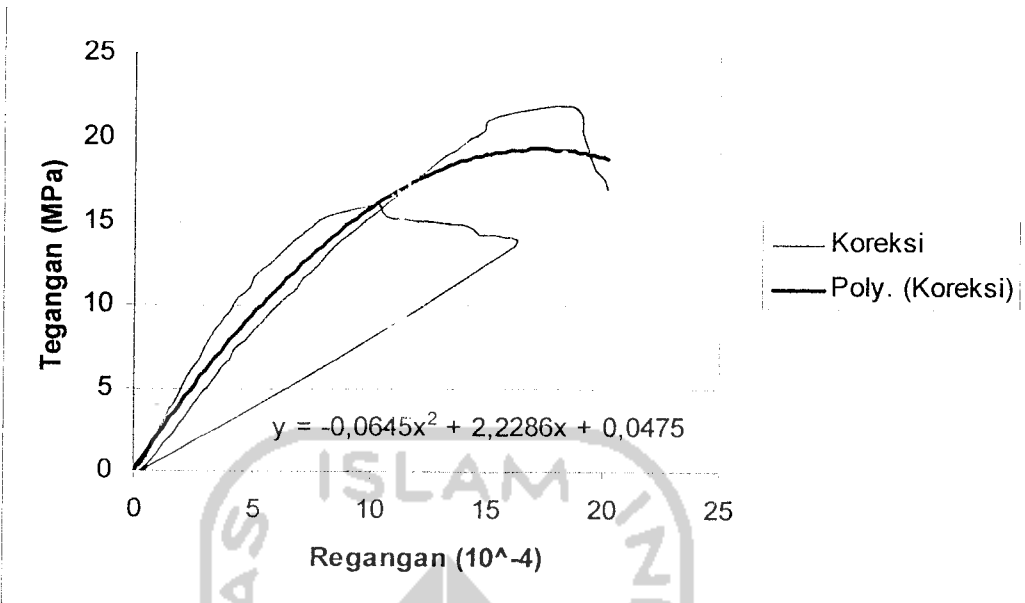
| Beban (KN) | Beban (N) | $\Delta L (10^{-3})$ mm | $\Delta L (10^{-3})$ mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan (MPa) | Reg Koreksi |
|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| 0          | 0         | 0                       | 0                       | 0                 | 0,000          | 0,342       |
| 10         | 10000     | 14                      | 7,0                     | 0,350             | 0,566          | 0,692       |
| 20         | 20000     | 26                      | 13,0                    | 0,650             | 1,132          | 0,992       |
| 30         | 30000     | 39                      | 19,5                    | 0,975             | 1,699          | 1,317       |
| 40         | 40000     | 50                      | 25,0                    | 1,250             | 2,265          | 1,592       |
| 50         | 50000     | 62                      | 31,0                    | 1,550             | 2,831          | 1,892       |
| 60         | 60000     | 73                      | 36,5                    | 1,825             | 3,397          | 2,167       |
| 70         | 70000     | 85                      | 42,5                    | 2,125             | 3,963          | 2,467       |
| 80         | 80000     | 96                      | 48,0                    | 2,400             | 4,529          | 2,742       |
| 90         | 90000     | 109                     | 54,5                    | 2,725             | 5,096          | 3,067       |
| 100        | 100000    | 120                     | 60,0                    | 3,000             | 5,662          | 3,342       |
| 110        | 110000    | 131                     | 65,5                    | 3,275             | 6,228          | 3,617       |
| 120        | 120000    | 145                     | 72,5                    | 3,625             | 6,794          | 3,967       |
| 130        | 130000    | 155                     | 77,5                    | 3,875             | 7,360          | 4,217       |
| 140        | 140000    | 171                     | 85,5                    | 4,275             | 7,926          | 4,617       |
| 150        | 150000    | 185                     | 92,5                    | 4,625             | 8,493          | 4,967       |
| 160        | 160000    | 200                     | 100,0                   | 5,000             | 9,059          | 5,342       |
| 170        | 170000    | 215                     | 107,5                   | 5,375             | 9,625          | 5,717       |
| 180        | 180000    | 230                     | 115,0                   | 5,750             | 10,191         | 6,092       |
| 190        | 190000    | 250                     | 125,0                   | 6,250             | 10,757         | 6,592       |
| 200        | 200000    | 262                     | 131,0                   | 6,550             | 11,323         | 6,892       |
| 210        | 210000    | 280                     | 140,0                   | 7,000             | 11,890         | 7,342       |
| 220        | 220000    | 295                     | 147,5                   | 7,375             | 12,456         | 7,717       |
| 230        | 230000    | 310                     | 155,0                   | 7,750             | 13,022         | 8,092       |
| 240        | 240000    | 325                     | 162,5                   | 8,125             | 13,588         | 8,467       |
| 250        | 250000    | 345                     | 172,5                   | 8,625             | 14,154         | 8,967       |
| 260        | 260000    | 365                     | 182,5                   | 9,125             | 14,720         | 9,467       |
| 270        | 270000    | 385                     | 192,5                   | 9,625             | 15,287         | 9,967       |
| 280        | 280000    | 405                     | 202,5                   | 10,125            | 15,853         | 10,467      |

Lanjutan ...

| Beban<br>(KN) | Beban<br>(N) | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | $\Delta L (10^{-3})$<br>mm | Reg ( $10^{-4}$ ) | Tegangan<br>(MPa) | Reg Koreksi |
|---------------|--------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 290           | 290000       | 425                        | 212,5                      | 10,625            | 16,419            | 10,967      |
| 300           | 300000       | 445                        | 222,5                      | 11,125            | 16,985            | 11,467      |
| 310           | 310000       | 462                        | 231,0                      | 11,550            | 17,551            | 11,892      |
| 320           | 320000       | 485                        | 242,5                      | 12,125            | 18,117            | 12,467      |
| 330           | 330000       | 507                        | 253,5                      | 12,675            | 18,684            | 13,017      |
| 340           | 340000       | 530                        | 265,0                      | 13,250            | 19,250            | 13,592      |
| 350           | 350000       | 552                        | 276,0                      | 13,800            | 19,816            | 14,142      |
| 360           | 360000       | 580                        | 290,0                      | 14,500            | 20,382            | 14,842      |
| 370           | 370000       | 586                        | 293,0                      | 14,650            | 20,948            | 14,992      |
| 380           | 380000       | 635                        | 317,5                      | 15,875            | 21,515            | 16,217      |
| 386,2         | 386200       | 720                        | 360,0                      | 18,000            | 21,866            | 18,342      |
| 380           | 380000       | 745                        | 372,5                      | 18,625            | 21,515            | 18,967      |
| 370           | 370000       | 750                        | 375,0                      | 18,750            | 20,948            | 19,092      |
| 360           | 360000       | 750                        | 375,0                      | 18,750            | 20,382            | 19,092      |
| 350           | 350000       | 754                        | 377,0                      | 18,850            | 19,816            | 19,192      |
| 340           | 340000       | 760                        | 380,0                      | 19,000            | 19,250            | 19,342      |
| 330           | 330000       | 765                        | 382,5                      | 19,125            | 18,684            | 19,467      |
| 320           | 320000       | 772                        | 386,0                      | 19,300            | 18,117            | 19,642      |
| 310           | 310000       | 785                        | 392,5                      | 19,625            | 17,551            | 19,967      |
| 300           | 300000       | 795                        | 397,5                      | 19,875            | 16,985            | 20,217      |

الجامعة الإسلامية  
بالتفوق

*[Handwritten Signature]*



Kurva Tegangan Regangan Beton 12,5 %





## LAMPIRAN 4

### HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BETON



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 0 %**

Pengujian : Kuat Tarik                      Benda Uji : Silinder

| Kode      | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (f) |
|-----------|------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| BN 0%     | 12,600     | 30,150      | 15,060        | 271,020        | 271020        | 3,802          |
| BN 0%     | 12,500     | 30,120      | 15,030        | 232,440        | 232440        | 3,270          |
| BN 0%     | 12,500     | 30,100      | 15,000        | 183,120        | 183120        | 2,583          |
| Rata-rata |            |             |               |                |               | <b>3,218</b>   |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = f_t = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 0 % umur 28 hari = 3,218 MPa



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

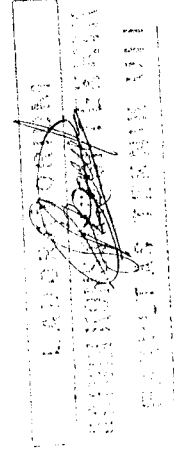
Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 2,5 %**

| Pengujian : Kuat Tarik |            | Benda Uji : Silinder |               |                |               |                      |
|------------------------|------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|
| Kode                   | Berat (Kg) | Tinggi (cm)          | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (f) (MPa) |
| BN 2,5 %               | 12,600     | 30,250               | 15,010        | 194,930        | 194930        | 2,734                |
| BN 2,5 %               | 12,550     | 30,210               | 15,010        | 162,640        | 162640        | 2,285                |
| BN 2,5 %               | 12,700     | 30,170               | 15,030        | 221,710        | 221710        | 3,114                |
| Rata-rata              |            |                      |               |                |               | <b>2,711</b>         |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = f_t = \frac{2.P}{\pi.l.d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 2,5 % umur 28 hari = 2,711 MPa





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 5 %**

Pengujian : Kuat Tarik

Benda Uji : Silinder

| Kode      | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (ft) |
|-----------|------------|-------------|---------------|----------------|---------------|-----------------|
| BN 5 %    | 12,650     | 30,180      | 15,080        | 192,080        | 192080        | 2,688           |
| BN 5 %    | 12,700     | 30,190      | 15,090        | 169,140        | 169140        | 2,365           |
| BN 5 %    | 12,500     | 29,900      | 15,000        | 152,790        | 152790        | 2,170           |
| Rata-rata |            |             |               |                |               | <b>2,408</b>    |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = ft = \frac{2.P}{\pi.l.d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 5 % umur 28 hari = 2,408 MPa



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 7,5 %**

| Pengujian : Kuat Tarik |            | Benda Uji : Silinder |               |                |               |                       |
|------------------------|------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|
| Kode                   | Berat (Kg) | Tinggi (cm)          | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (ft) (MPa) |
| BN 7,5 %               | 12,500     | 30,120               | 15,140        | 153,480        | 153480        | 2,144                 |
| BN 7,5 %               | 12,600     | 30,190               | 15,190        | 181,840        | 181840        | 2,526                 |
| BN 7,5 %               | 12,500     | 30,200               | 15,000        | 169,830        | 169830        | 2,388                 |
| Rata-rata              |            |                      |               |                |               | <b>2,352</b>          |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = ft = \frac{2.P}{\pi l.d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 7,5 % umur 28 hari = 2,352 MPa



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 10 %**

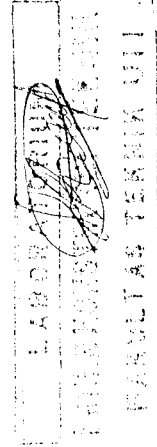
Pengujian : Kuat Tarik

Benda Uji : Silinder

| Kode      | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (ft) (MPa) |
|-----------|------------|-------------|---------------|----------------|---------------|-----------------------|
| BN 10 %   | 12,650     | 30,250      | 15,000        | 169,530        | 169530        | 2,380                 |
| BN 10 %   | 12,400     | 30,090      | 15,200        | 142,650        | 142650        | 1,987                 |
| BN 10 %   | 12,700     | 30,250      | 15,020        | 186,270        | 186270        | 2,611                 |
| Rata-rata |            |             |               |                |               | <b>2,326</b>          |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = ft = \frac{2.P}{\pi l.d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 10 % umur 28 hari = 2,326 Mpa





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton BN 12,5 %**

Pengujian : Kuat Tarik

Benda Uji : Silinder

| Kode      | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Beban Max (KN) | Beban Max (N) | Kuat Tarik (f) |
|-----------|------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| BN 12,5 % | 12,600     | 30,220      | 15,030        | 178,690        | 178690        | 2,506          |
| BN 12,5 % | 12,600     | 30,170      | 14,970        | 157,520        | 157520        | 2,221          |
| BN 12,5 % | 12,500     | 30,230      | 15,000        | 159,690        | 159690        | 2,243          |
| Rata-rata |            |             |               |                |               | <b>2,323</b>   |

$$\text{Rumus Kuat Tarik} = f_t = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

Kuat tarik rata-rata beton BN 12,5 % umur 28 hari = 2,323 Mpa



LAMPIRAN 5

HASIL PENGUJIAN  
PERMEABILITAS BETON










**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Permeabilitas Beton BN 5%**

Pengujian : Permeabilitas      Benda Uji : Silinder

| Titik                          | Penetrasi Air     |                    |                   | P max<br>(KN) | Wkt Prdmn (dt)<br>(menit) | Penetrasi<br>Rata-rata (dq)<br>(meter) | Permeabilitas    |                 |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------------------|--|------------------|-----------------|
|                                | Sisi Kiri<br>(mm) | Sisi Kanan<br>(mm) | Sisi Atas<br>(mm) |               |                           |  | Sisi Bwh<br>(mm) | (m/mnt)         |
| 1                              | 18,000            | 22,000             | 16,000            | 192,080       | 60                        | 0,0195                                 | 0,000325         | 0,000542        |
| 2                              | 18,000            | 21,000             | 17,000            |               |                           |  |                  |                 |
| Rata-rata                      | 18,000            | 21,500             | 16,500            |               |                           |  |                  |                 |
|                                | 19,500            |                    |                   |               |                           |  |                  |                 |
| 1                              | 15,000            | 21,000             | 15,000            | 169,140       | 60                        | 0,0180                                 | 0,000300         | 0,000500        |
| 2                              | 19,000            | 22,000             | 17,000            |               |                           |  |                  |                 |
| Rata-rata                      | 17,000            | 21,500             | 16,000            |               |                           |  |                  |                 |
|                                | 18,000            |                    |                   |               |                           |  |                  |                 |
| 1                              | 20,000            | 18,000             | 18,000            | 142,950       | 60                        | 0,0176                                 | 0,000294         | 0,000490        |
| 2                              | 18,000            | 19,000             | 18,000            |               |                           |  |                  |                 |
| Rata-rata                      | 19,000            | 18,500             | 18,000            |               |                           |  |                  |                 |
|                                | 17,625            |                    |                   |               |                           |  |                  |                 |
| <b>Permeabilitas Rata-rata</b> |                   |                    |                   |               |                           |  | <b>0,000306</b>  | <b>0,000510</b> |

$$\text{Rumus Permeabilitas} = p = \frac{dq}{dt}$$

  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Permeabilitas Beton BN 7,5%**

Pengujian : Permeabilitas      Benda Uji : Silinder

| Titik                          | Penetrasi Air  |                 |                | P max (KN) | Wkt Prdmn (dt) (menit) | Penetrasi Rata-rata (dq) (meter) | Permeabilitas   |                 |
|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                | Sisi Kiri (mm) | Sisi Kanan (mm) | Sisi Atas (mm) |            |                        |                                  | Sisi Bwh (mm)   | (m/mnt)         |
| 1                              | 20,000         | 21,000          | 16,000         | 153,480    | 60                     | 0,017                            | 0,000281        | 0,000469        |
| 2                              | 15,000         | 17,000          | 14,000         |            |                        |                                  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 17,500         | 19,000          | 15,000         |            |                        |                                  |                 |                 |
|                                | 16,875         |                 |                |            |                        |                                  |                 |                 |
| 1                              | 19,000         | 24,000          | 20,000         | 181,840    | 60                     | 0,020                            | 0,000333        | 0,000556        |
| 2                              | 22,000         | 23,000          | 15,000         |            |                        |                                  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 20,500         | 23,500          | 17,500         |            |                        |                                  |                 |                 |
|                                | 20,000         |                 |                |            |                        |                                  |                 |                 |
| 1                              | 19,000         | 23,000          | 15,000         | 169,830    | 60                     | 0,019                            | 0,000321        | 0,000535        |
| 2                              | 22,000         | 23,000          | 15,000         |            |                        |                                  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 20,500         | 23,000          | 15,000         |            |                        |                                  |                 |                 |
|                                | 19,250         |                 |                |            |                        |                                  |                 |                 |
| <b>Permeabilitas Rata-rata</b> |                |                 |                |            |                        |                                  | <b>0,000312</b> | <b>0,000520</b> |

Rumus Permeabilitas =  $p = \frac{dq}{dt}$



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Pengujian Permeabilitas Beton BN 10 %**

Pengujian : Permeabilitas      Benda Uji : Silinder

| Titik                          | Penetrasi Air  |                 |                | Sisi Bwh (mm) | P max (KN) | Wkt Prdmn (menit) | Penetrasi Rata-rata (d <sub>q</sub> ) (meter) | Permeabilitas   |                 |
|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|------------|-------------------|---|-----------------|-----------------|
|                                | Sisi Kiri (mm) | Sisi Kanan (mm) | Sisi Atas (mm) |               |            |                   |   | (m/mnt)         | (cm/dt)         |
| 1                              | 20,000         | 25,000          | 15,000         | 12,000        | 169,530    | 60                | 0,0186  | 0,000310        | 0,000517        |
| 2                              | 20,000         | 22,000          | 15,000         | 20,000        |            |                   |   |                 |                 |
| Rata-rata                      | 20,000         | 23,500          | 15,000         | 16,000        |            |                   |   |                 |                 |
|                                | 18,625         |                 |                |               |            |                   |   |                 |                 |
| 1                              | 17,000         | 20,000          | 18,000         | 19,000        | 142,650    | 60                | 0,0193  | 0,000321        | 0,000535        |
| 2                              | 20,000         | 22,000          | 20,000         | 18,000        |            |                   |   |                 |                 |
| Rata-rata                      | 18,500         | 21,000          | 19,000         | 18,500        |            |                   |   |                 |                 |
|                                | 19,250         |                 |                |               |            |                   |   |                 |                 |
| 1                              | 22,000         | 23,000          | 20,000         | 17,000        | 186,270    | 60                | 0,0198  | 0,000329        | 0,000549        |
| 2                              | 21,000         | 21,000          | 18,000         | 16,000        |            |                   |   |                 |                 |
| Rata-rata                      | 21,500         | 22,000          | 19,000         | 16,500        |            |                   |   |                 |                 |
|                                | 19,750         |                 |                |               |            |                   |   |                 |                 |
| <b>Permeabilitas Rata-rata</b> |                |                 |                |               |            |                   |   | <b>0,000320</b> | <b>0,000534</b> |

$$\text{Rumus Permeabilitas} = p = \frac{dq}{dt}$$



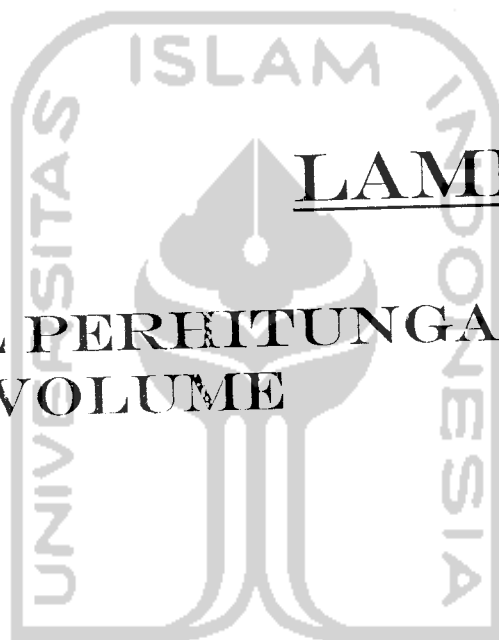
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

### Hasil Pengujian Permeabilitas Beton BN 12,5 %

Pengujian : Permeabilitas      Benda Uji : Silinder

| Titik                          | Penetrasi Air     |                    |                   | P max<br>(KN) | Wkt Prdmn (dt)<br>(menit) | Penetrasi<br>Rata-rata (dt/g)<br>(meter) | Permeabilitas   |                 |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------------------|--|-----------------|-----------------|
|                                | Sisi Kiri<br>(mm) | Sisi Kanan<br>(mm) | Sisi Atas<br>(mm) |               |                           |  | (m/mnt)         | (cm/dt)         |
| 1                              | 22,000            | 18,000             | 17,000            | 178,690       | 60                        | 0,0185                                   | 0,000308        | 0,000514        |
| 2                              | 20,000            | 19,000             | 18,000            |               |                           |  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 21,000            | 18,500             | 17,500            |               |                           |  |                 |                 |
|                                | 18,500            |                    |                   |               |                           |  |                 |                 |
| 1                              | 23,000            | 19,000             | 15,000            | 157,520       | 60                        | 0,0190                                   | 0,000317        | 0,000528        |
| 2                              | 22,000            | 20,000             | 16,000            |               |                           |  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 22,500            | 19,500             | 15,500            |               |                           |  |                 |                 |
|                                | 19,000            |                    |                   |               |                           |  |                 |                 |
| 1                              | 24,000            | 23,000             | 18,000            | 159,690       | 60                        | 0,0205                                   | 0,000342        | 0,000569        |
| 2                              | 24,000            | 24,000             | 17,000            |               |                           |  |                 |                 |
| Rata-rata                      | 24,000            | 23,500             | 16,500            |               |                           |  |                 |                 |
|                                | 20,500            |                    |                   |               |                           |  |                 |                 |
| <b>Permeabilitas Rata-rata</b> |                   |                    |                   |               |                           |  | <b>0,000322</b> | <b>0,000537</b> |

$$\text{Rumus Permeabilitas} = p = \frac{dq}{dt}$$



**LAMPIRAN 6**

**HASIL PERHITUNGAN BERAT  
VOLUME**

الجامعة الإسلامية  
الابن سينا



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 0 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel        | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|
| BN 0 %             | 12,800     | 30,070      | 15,020        | 177,096                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00533                  | 0,0128      | 2,404                              |
|                    | 12,500     | 30,000      | 15,130        | 179,700                 | 0,0180                 | 0,300      | 0,00539                  | 0,0125      | 2,384                              |
|                    | 12,550     | 30,510      | 15,050        | 177,804                 | 0,0178                 | 0,305      | 0,00542                  | 0,0126      | 2,379                              |
|                    | 12,700     | 30,100      | 15,160        | 180,413                 | 0,0180                 | 0,301      | 0,00543                  | 0,0127      | 2,358                              |
|                    | 12,800     | 30,250      | 15,150        | 180,175                 | 0,0180                 | 0,303      | 0,00545                  | 0,0128      | 2,348                              |
|                    | 12,600     | 30,150      | 15,060        | 178,041                 | 0,0178                 | 0,302      | 0,00537                  | 0,0126      | 2,395                              |
|                    | 12,500     | 30,120      | 15,030        | 177,332                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00534                  | 0,0125      | 2,340                              |
|                    | 12,500     | 30,100      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00532                  | 0,0125      | 2,351                              |
| <b>Rata - Rata</b> |            |             |               |                         |                        |            |                          |             | <b>2,370</b>                       |





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 2,5 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg)         | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |              |
|-------------|--------------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| BN 2,5%     | 12,500             | 30,080      | 14,970        | 175,919                 | 0,0176                 | 0,301      | 0,00529                  | 0,0125      | 2,362                              |              |
|             | 12,700             | 30,250      | 15,070        | 178,277                 | 0,0178                 | 0,303      | 0,00539                  | 0,0127      | 2,355                              |              |
|             | 12,650             | 30,130      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00532                  | 0,0127      | 2,377                              |              |
|             | 12,700             | 30,200      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00533                  | 0,0127      | 2,381                              |              |
|             | 12,600             | 30,250      | 14,900        | 174,278                 | 0,0174                 | 0,303      | 0,00527                  | 0,0126      | 2,390                              |              |
|             | 12,600             | 30,250      | 15,010        | 176,861                 | 0,0177                 | 0,303      | 0,00535                  | 0,0126      | 2,355                              |              |
|             | 12,550             | 30,210      | 15,010        | 176,861                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00534                  | 0,0126      | 2,349                              |              |
|             | 12,700             | 30,170      | 15,030        | 177,332                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00535                  | 0,0127      | 2,374                              |              |
|             | <b>Rata - Rata</b> |             |               |                         |                        |            |                          |             |                                    | <b>2,368</b> |



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 5 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel        | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|
| BN 5%              | 12,700     | 30,270      | 15,120        | 179,462                 | 0,0179                 | 0,303      | 0,00543                  | 0,0127      | 2,338                              |
|                    | 12,600     | 30,100      | 15,060        | 178,041                 | 0,0178                 | 0,301      | 0,00536                  | 0,0126      | 2,351                              |
|                    | 12,600     | 30,020      | 14,950        | 175,449                 | 0,0175                 | 0,300      | 0,00527                  | 0,0126      | 2,392                              |
|                    | 12,500     | 30,080      | 15,020        | 177,096                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00533                  | 0,0125      | 2,347                              |
|                    | 12,650     | 30,100      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00532                  | 0,0127      | 2,379                              |
|                    | 12,650     | 30,180      | 15,080        | 178,514                 | 0,0179                 | 0,302      | 0,00539                  | 0,0127      | 2,348                              |
|                    | 12,700     | 30,190      | 15,090        | 178,751                 | 0,0179                 | 0,302      | 0,00540                  | 0,0127      | 2,353                              |
|                    | 12,500     | 29,900      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,299      | 0,00528                  | 0,0125      | 2,367                              |
| <b>Rata - Rata</b> |            |             |               |                         |                        |            |                          |             | <b>2,359</b>                       |

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



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 7,5 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg)         | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |              |
|-------------|--------------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| BN 7,5%     | 12,500             | 30,130      | 14,960        | 175,684                 | 0,0176                 | 0,301      | 0,00529                  | 0,0125      | 2,361                              |              |
|             | 12,600             | 30,250      | 14,960        | 175,684                 | 0,0176                 | 0,303      | 0,00531                  | 0,0126      | 2,371                              |              |
|             | 12,400             | 29,850      | 14,930        | 174,980                 | 0,0175                 | 0,299      | 0,00522                  | 0,0124      | 2,374                              |              |
|             | 12,700             | 30,300      | 15,160        | 180,413                 | 0,0180                 | 0,303      | 0,00547                  | 0,0127      | 2,323                              |              |
|             | 12,550             | 30,150      | 14,950        | 175,449                 | 0,0175                 | 0,302      | 0,00529                  | 0,0126      | 2,372                              |              |
|             | 12,500             | 30,120      | 15,140        | 179,937                 | 0,0180                 | 0,301      | 0,00542                  | 0,0125      | 2,306                              |              |
|             | 12,600             | 30,190      | 15,190        | 181,128                 | 0,0181                 | 0,302      | 0,00547                  | 0,0126      | 2,304                              |              |
|             | 12,500             | 30,200      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00533                  | 0,0125      | 2,343                              |              |
|             | <b>Rata - Rata</b> |             |               |                         |                        |            |                          |             |                                    | <b>2,358</b> |



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

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 10 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel        | Berat (Kg) | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|
| BN 10%             | 12,600     | 30,250      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,303      | 0,00534                  | 0,0126      | 2,358                              |
|                    | 12,500     | 30,130      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00532                  | 0,0125      | 2,349                              |
|                    | 12,400     | 30,090      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,301      | 0,00531                  | 0,0124      | 2,333                              |
|                    | 12,500     | 30,100      | 15,050        | 177,804                 | 0,0178                 | 0,301      | 0,00535                  | 0,0125      | 2,336                              |
|                    | 12,400     | 30,050      | 14,900        | 174,278                 | 0,0174                 | 0,301      | 0,00524                  | 0,0124      | 2,368                              |
|                    | 12,650     | 30,250      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,303      | 0,00534                  | 0,0127      | 2,368                              |
|                    | 12,400     | 30,090      | 15,200        | 181,366                 | 0,0181                 | 0,301      | 0,00546                  | 0,0124      | 2,272                              |
|                    | 12,700     | 30,250      | 15,020        | 177,096                 | 0,0177                 | 0,303      | 0,00536                  | 0,0127      | 2,371                              |
| <b>Rata - Rata</b> |            |             |               |                         |                        |            |                          |             | <b>2,355</b>                       |



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14,4 telp. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton BN 12,5 %**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Berat (Kg)         | Tinggi (cm) | Diameter (cm) | Luas (cm <sup>2</sup> ) | Luas (m <sup>2</sup> ) | Tinggi (m) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Berat (ton) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |              |
|-------------|--------------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|--------------|
| BN 12,5%    | 12,600             | 30,200      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00533                  | 0,0126      | 2,362                              |              |
|             | 12,600             | 30,290      | 15,040        | 177,568                 | 0,0178                 | 0,303      | 0,00538                  | 0,0126      | 2,343                              |              |
|             | 12,400             | 30,090      | 14,970        | 175,919                 | 0,0176                 | 0,301      | 0,00529                  | 0,0124      | 2,343                              |              |
|             | 12,600             | 30,250      | 15,090        | 178,751                 | 0,0179                 | 0,303      | 0,00541                  | 0,0126      | 2,330                              |              |
|             | 12,500             | 30,260      | 15,050        | 177,804                 | 0,0178                 | 0,303      | 0,00538                  | 0,0125      | 2,323                              |              |
|             | 12,600             | 30,220      | 15,030        | 177,332                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00536                  | 0,0126      | 2,351                              |              |
|             | 12,600             | 30,170      | 14,970        | 175,919                 | 0,0176                 | 0,302      | 0,00531                  | 0,0126      | 2,374                              |              |
|             | 12,500             | 30,230      | 15,000        | 176,625                 | 0,0177                 | 0,302      | 0,00534                  | 0,0125      | 2,341                              |              |
|             | <b>Rata - Rata</b> |             |               |                         |                        |            |                          |             |                                    | <b>2,346</b> |



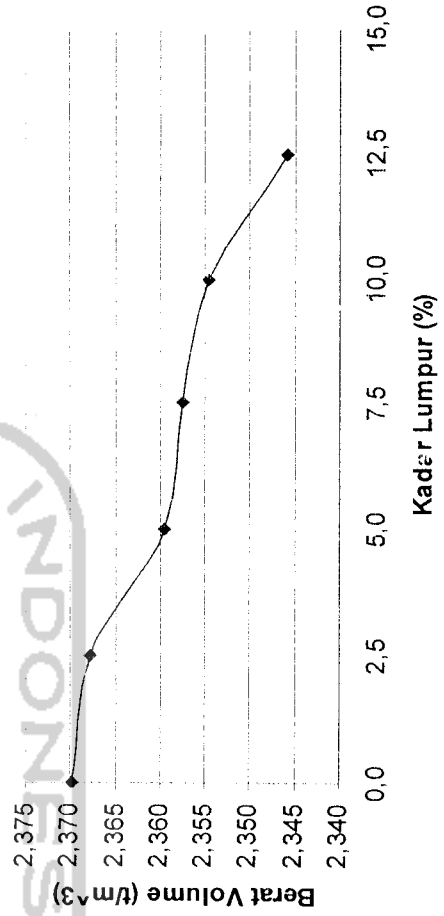
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jl. Kaliurang Km 14,4 tel.p. (0274) 895042 fax.: (0274) 895330 Yogyakarta

**Hasil Perhitungan Berat Volume Beton**

Perhitungan : Berat Volume      Benda Uji : Silinder

| Kode Sampel | Kadar Lumpur (%) | Berat Volume (ton/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|------------------|------------------------------------|
| BN 0 %      | 0                | 2,370                              |
| BN 2,5 %    | 2,5              | 2,368                              |
| BN 5 %      | 5,0              | 2,359                              |
| BN 7,5 %    | 7,5              | 2,358                              |
| BN 10 %     | 10,0             | 2,355                              |
| BN 12,5 %   | 12,5             | 2,346                              |

**Data Berat Volume**



LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



## LAMPIRAN 7

### DOKUMENTASI

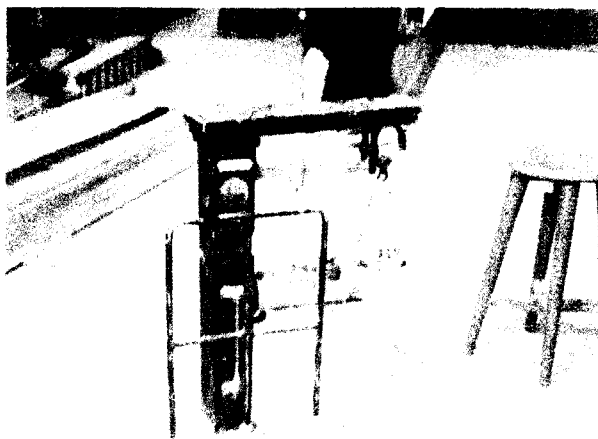


**Gambar 7.1** Lokasi semburan lumpur Lapindo



**Gambar 7.2** Penumbukan lumpur Lapindo





**Gambar 7.3** Timbangan



**Gambar 7.4** Penimbangan semen



Gambar 7.5 Pengujian *slum*



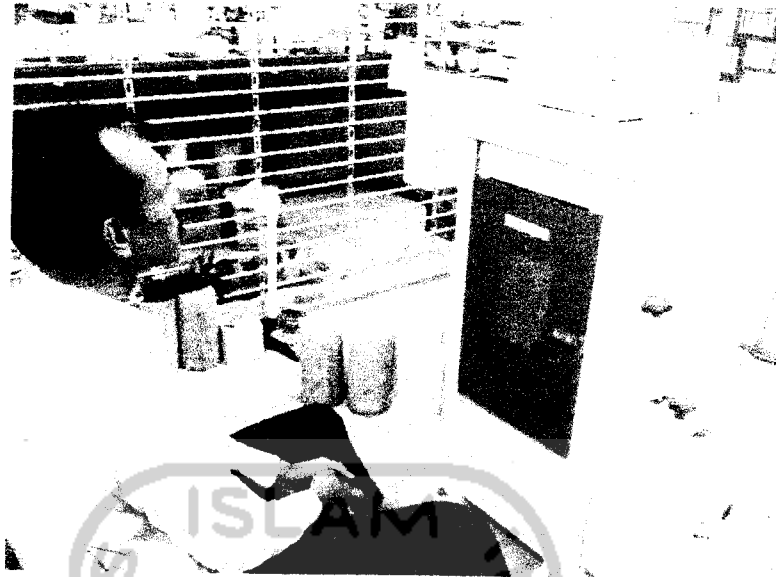
Gambar 7.6 Pembuatan benda uji



Gambar 7.7 Benda uji silnder



Gambar 7.8 Perawatan benda uji



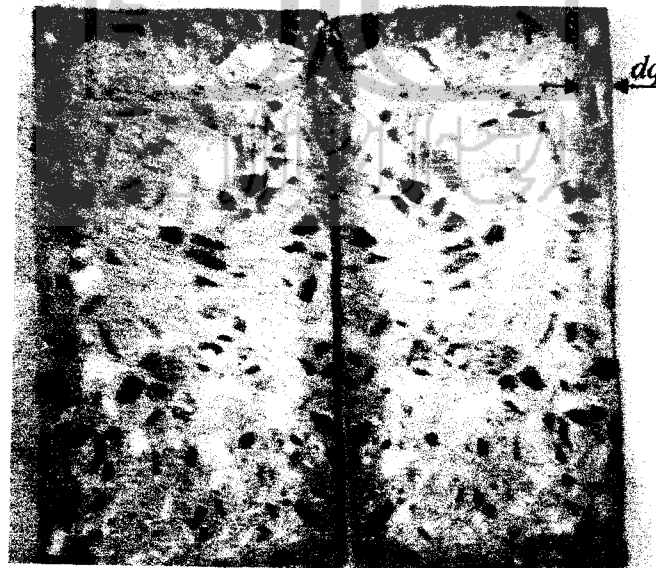
Gambar 7.9 Pengujian kuat desak



Gambar 7.10 Pengujian tegangan regangan



Gambar 7.11 Pengujian kuat tarik



Gambar 7.12 Pengukuran penetrasi air (permeabilitas)