

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/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**



**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 pengaruh 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 kedap atau bangunan yang bersinggungan dengan air.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAKSI	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR LAMBANG, NOTASI, DAN SINGKATAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
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
BAB II. TINJAUAN PENELITIAN	
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

DAFTAR PUSTAKA	79
-----------------------------	----

LAMPIRAN	81
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Tabel kebutuhan benda uji	6
Tabel 2.1 Tabel perbandingan kandungan <i>pozzolan</i> lumpur lapindo dengan 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 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 Lapindo	63
Tabel 5.4 Tabel hasil pengujian modulus elastisitas beton normal dan beton 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 untuk butir maksimal 20mm	43
Gambar 3.9 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton	44
Gambar 4.1 Gambar flowchart pelaksanaan penelitian	56
Gambar 5.1 Gambar hubungan antara slump dengan penggantian sebagian 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

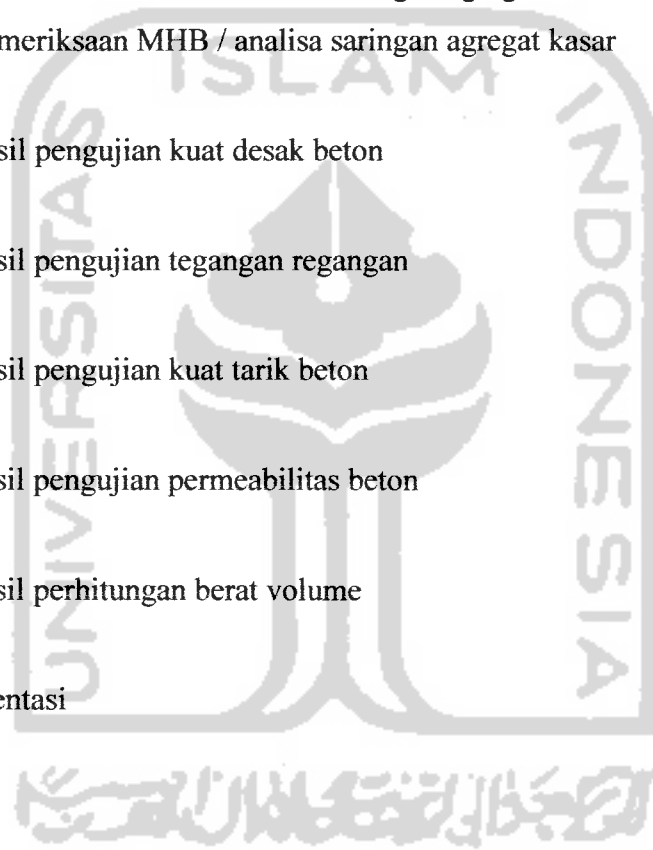
Data hasil pengujian permeabilitas beton

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)
σ	= Tegangan pada 0,4 kuat tekan benda uji (N)
ϵ	= Regangan yang dihasilkan dari tegangan 0,4 σ (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)

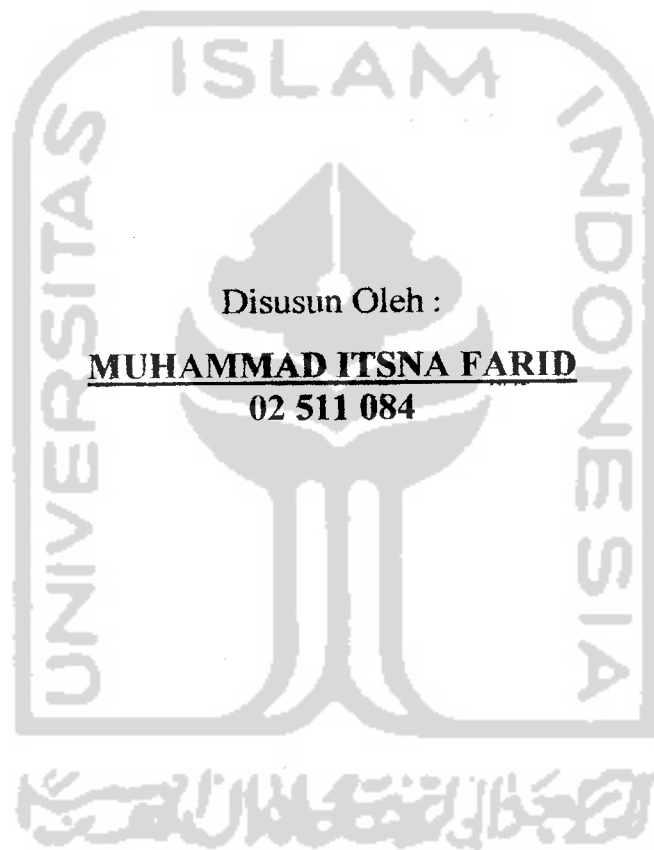
Wp = Berat pasir (ton)



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 ± 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 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 ₂)	17 - 25
Aluminium (Al)	> 10 ml/10 gram	Alumina (Al ₂ O ₃)	3 - 8
Besi (Fe)	> 700 ppm	Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 - 6
Magnesium (Mg)	> 2 ml/100 gram	Magnesia (MgO)	0,5 - 4
Sulfur (S)	> 50 ppm	Sulfur (SO ₃)	1 - 2
Natrium (Na)	> 1 ml/100 gram	Soda/potas (Na ₂ O+K ₂ 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 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 (Tjokrodinuljo, 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 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 $0,0015 \text{ kg/cm}^3$ dengan prosentasi kenaikannya sebesar 9,09%, 18,18%, 27,27% dan 36,36%.

Bata lumpur memiliki nilai kuat tekan optimum sebesar $223,68 \text{ kg/cm}^2$ termasuk mutu tingkat 1, kelas 200 menurut NI-10 dan PUBI, dengan prosentasi kenaikannya sebesar 11,95%, 23,17%, 33,62% dan 43,53%. Bata lumpur memiliki nilai kuat lentur optimum sebesar $9,387 \text{ kg/cm}^2$ dengan prosentasi kenaikannya sebesar 44,1%, 82,76%, 51,05% dan 12,88% Bata lumpur memiliki nilai kuat geser optimum sebesar $11,31 \text{ kg/cm}^2$. dengan prosentasi 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

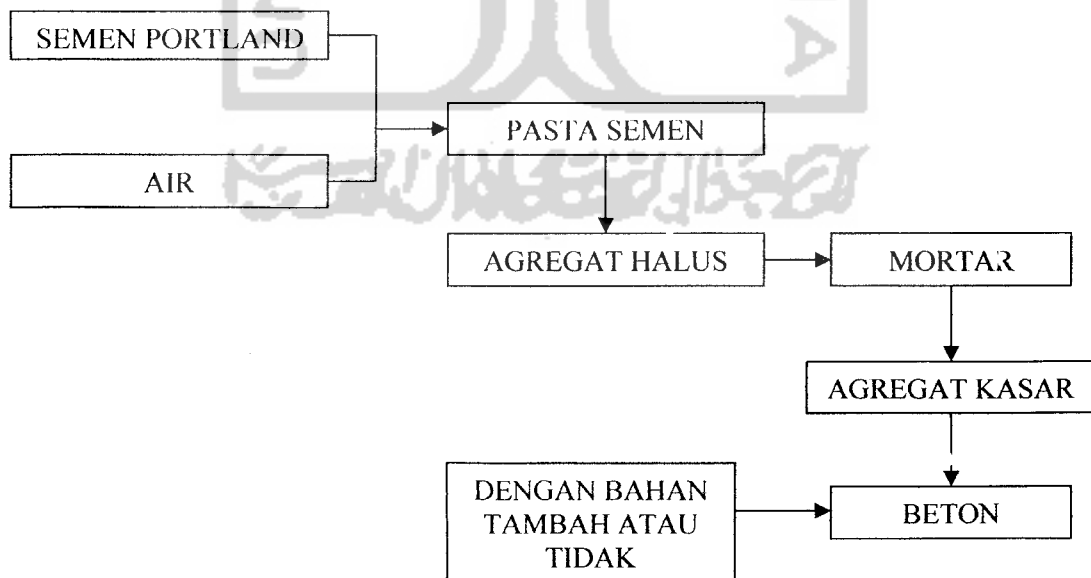
LANDASAN TEORI

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 kg/m^3 sampai 2500 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 :

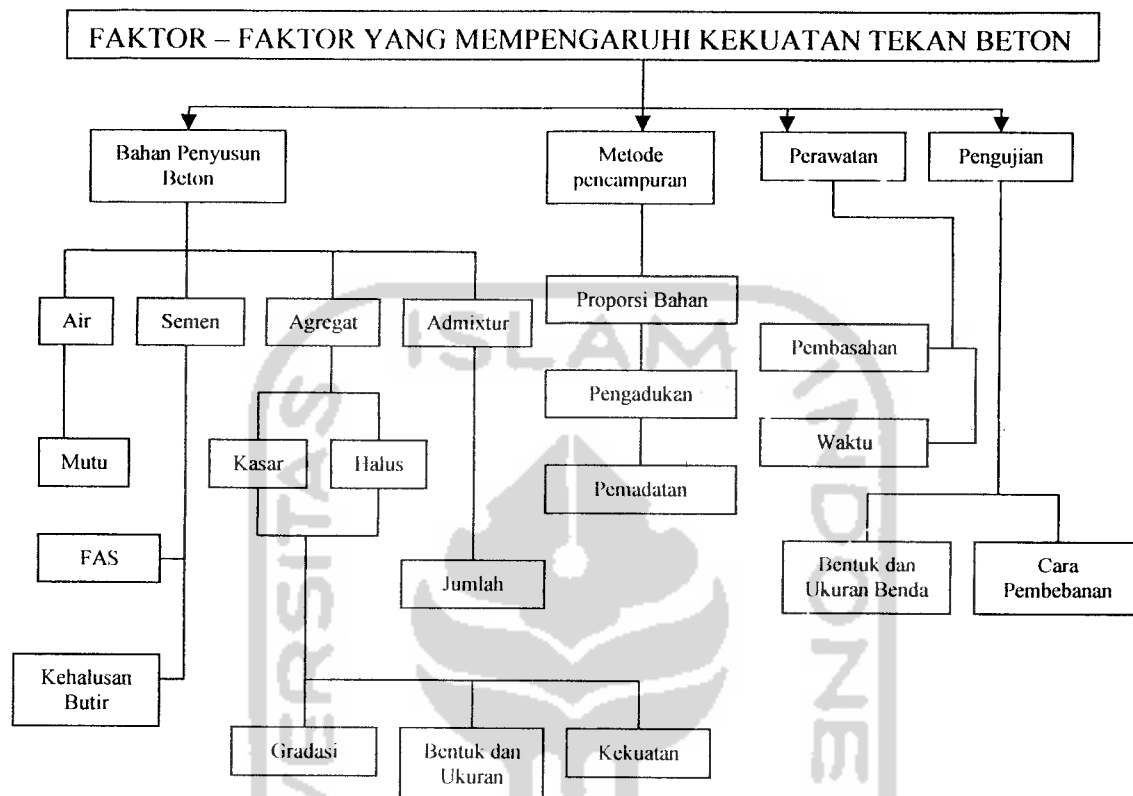
- a. Kualitas semen
- b. Proporsi semen terhadap campuran
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat
- d. Interaksi antara semen dan agregat
- e. Pencampuran bahan
- f. Penyelesaian dan pepadatan beton
- g. Perawatan beton. (*Nawy, 1985*)

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 (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 (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 (SiO₂), alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃). 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 ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Soda/Potas (Na ₂ O + K ₂ 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 ₂	C ₃ S
<i>Dikalsium Silikat</i>	2CaO.SiO ₂	C ₂ S
<i>Trikalsium Aluminat</i>	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ Al
<i>Tetrakalsium Aluminiferit</i>	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ 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 Tjokrodinuljo (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 pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. (Kardiyono Tjokrodumuljo, 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 Tjokrodumuljo, 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, casion	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*) :

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

Dimana : E_c = Modulus Elastisitas beton tekan (MPa)
 W_c = Berat isi beton (kg/m^3) \rightarrow (1500 – 2500 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 :

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

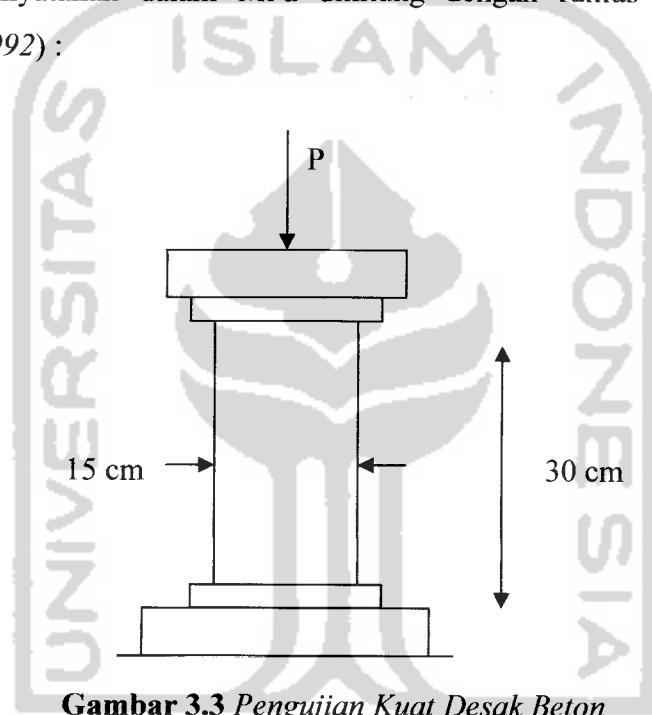
Dimana : E_c = Modulus Elastisitas Beton tekan (MPa)
 ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan
 σ = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

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

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

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

P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (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

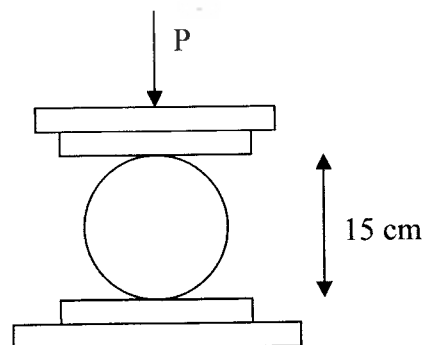
fc = kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)

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/mm²)

P = beban maksimal yang diberikan (N)

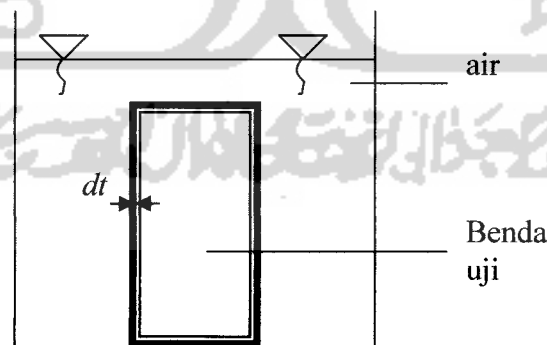
l = panjang dari silinder (mm)

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

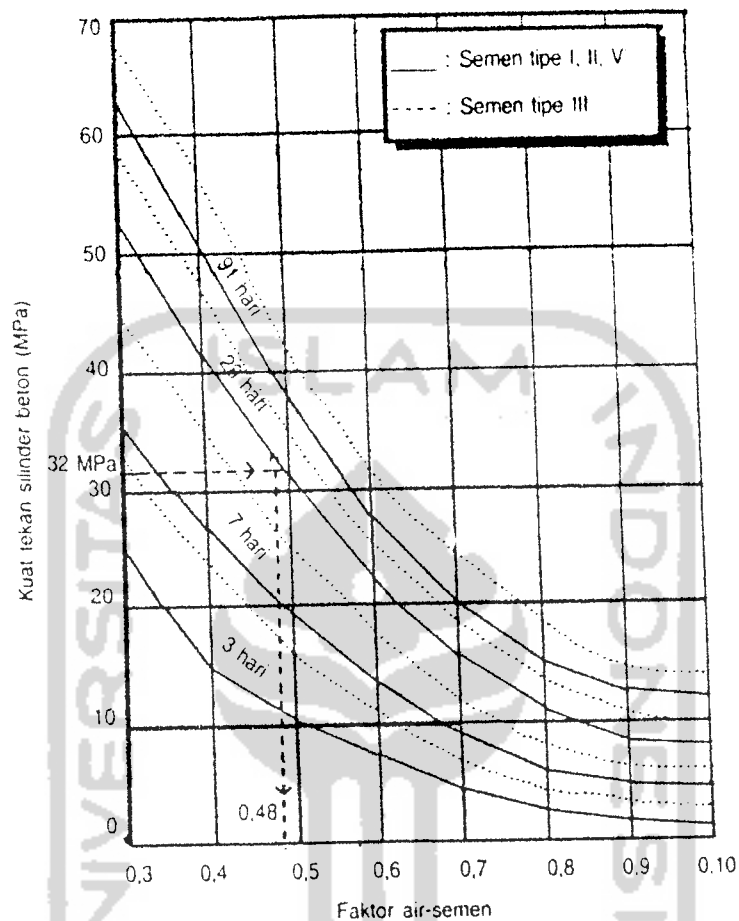
5. Menetapkan jenis semen

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 ($f'_{cr} = 32 \text{ MPa}$) 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)

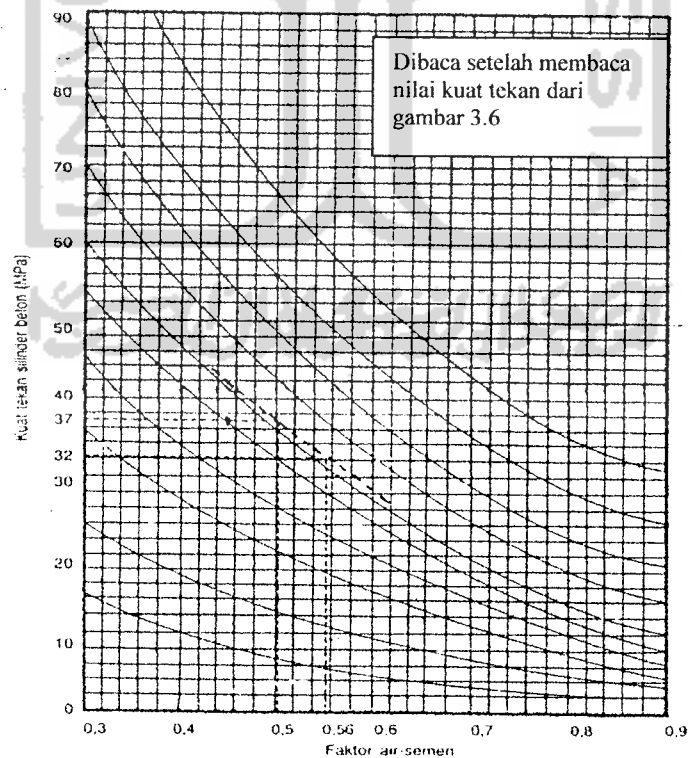
b) Cara Kedua

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 maks kerikil (mm)	Jenis 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/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus

A_k = 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. 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 :

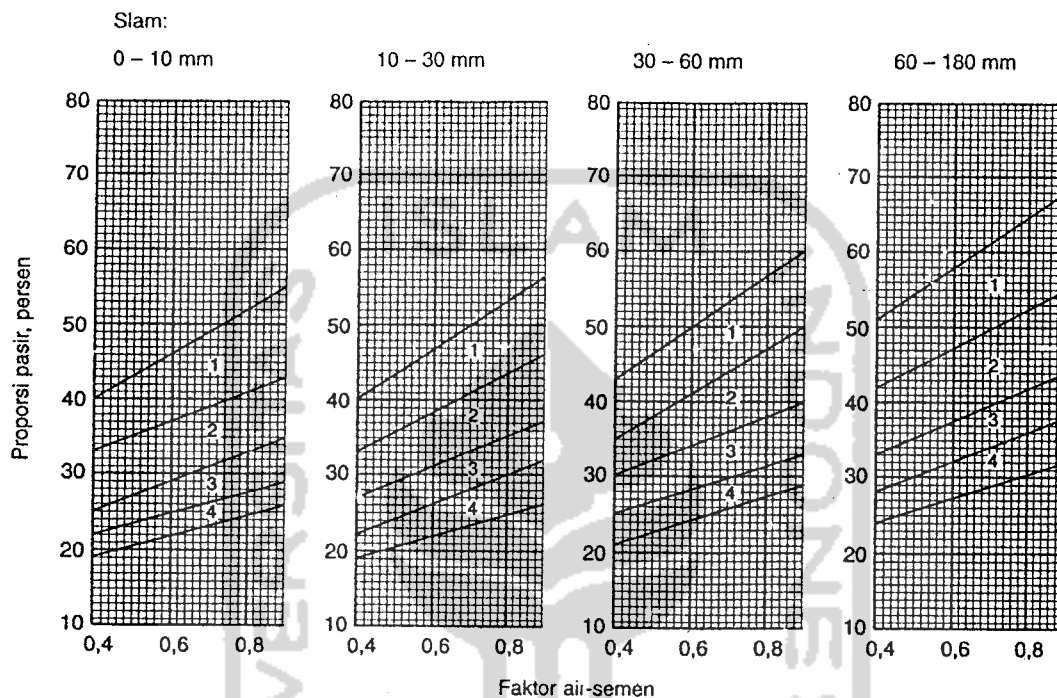
- a) Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- b) Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

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 :

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

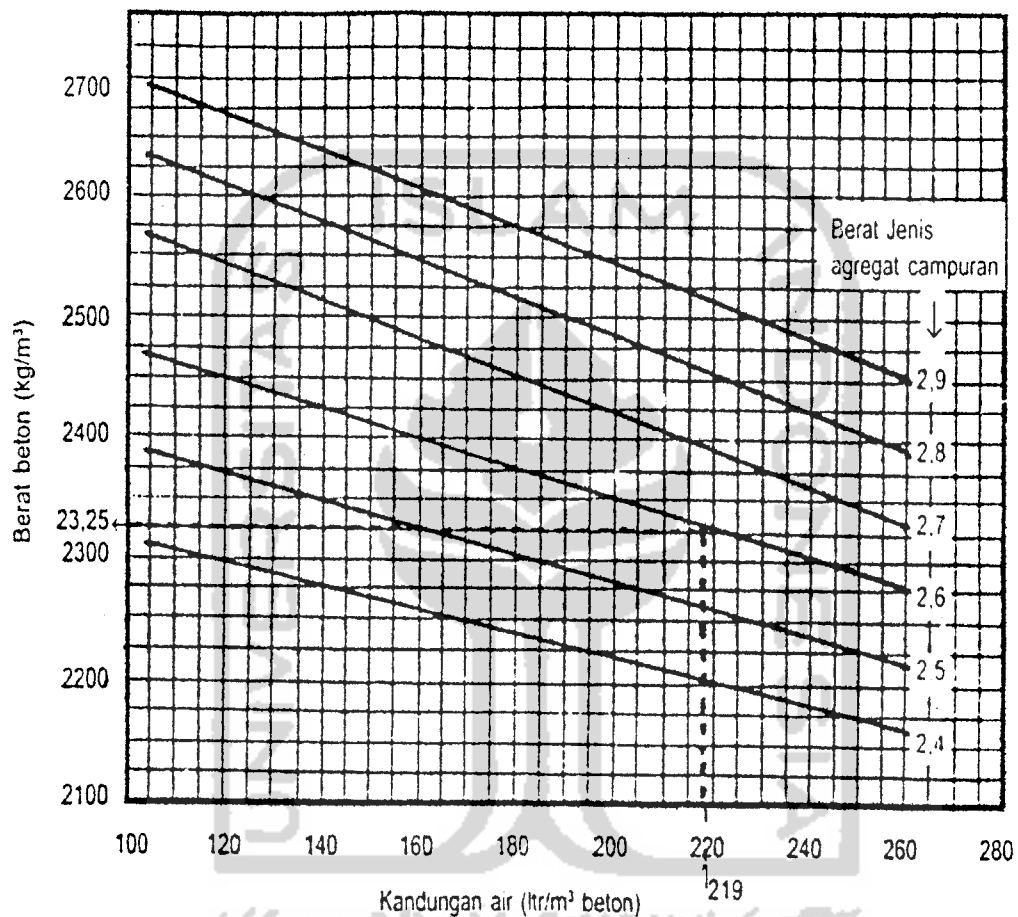
Diketahui : B_j campuran = berat jenis campuran

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/m³.

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 ³
Berat jenis pasir	= 2,69 t/m ³

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) = $K \times Sd$
= $1,64 \times 5,6$
= $9,184 \approx 9$ 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/m³.

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 1m^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 ³)	Kebutuhan per m ³ 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/cm² 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.

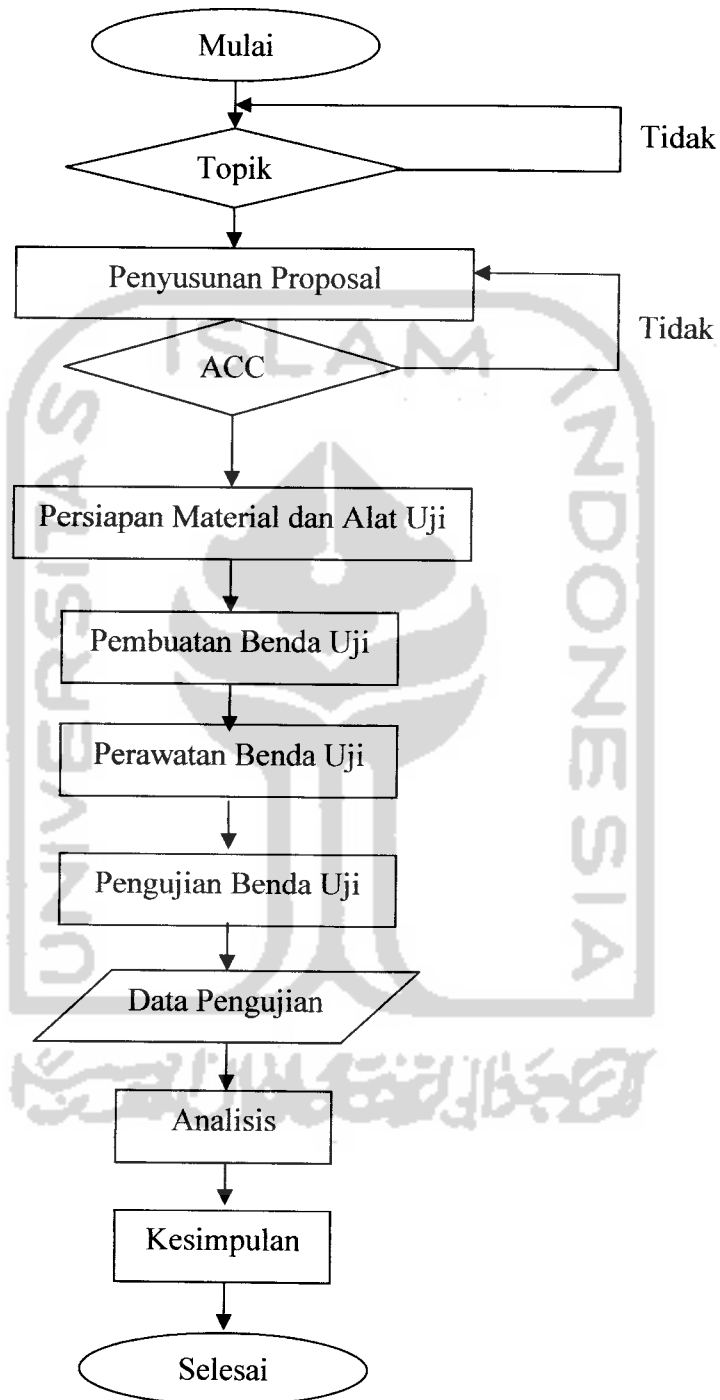
4.9 Pengolahan Data

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

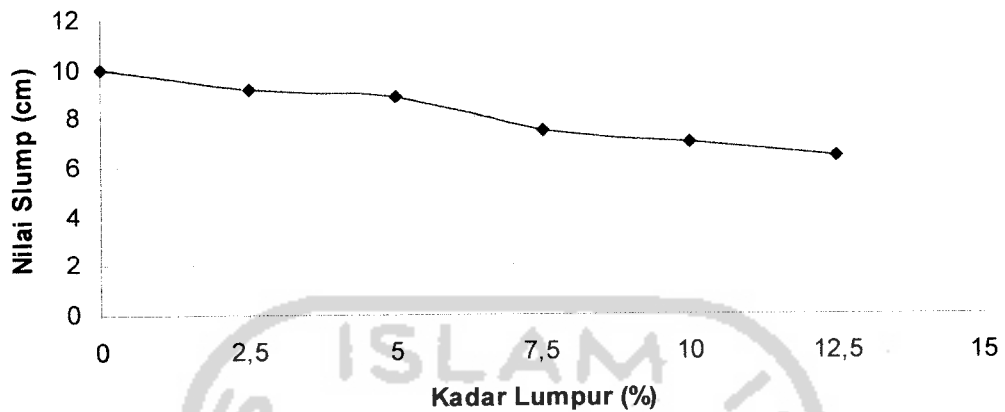
menurun. Penurunan nilai slump ini diakibatkan karena penyerapan lumpur Lapindo terhadap air lebih besar dibandingkan semen.

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 (%)	Nilai fas		Kuat Tekan (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

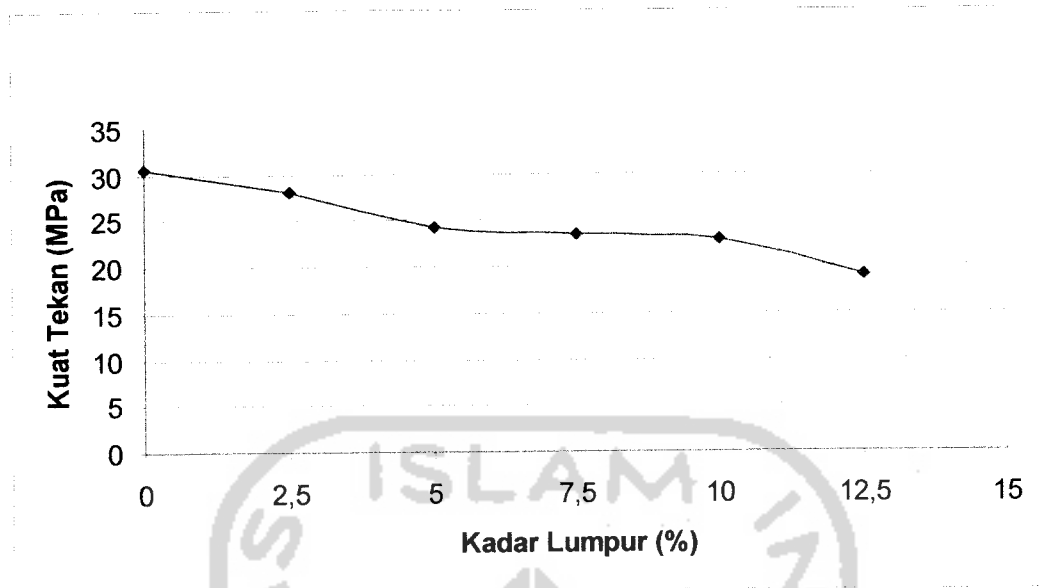
$$\begin{aligned} \text{Pengurangan Kuat tekan} &= \frac{(29,891 - 27,564)}{29,891} \times 100 \\ &= 7,787 \% \end{aligned}$$

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.

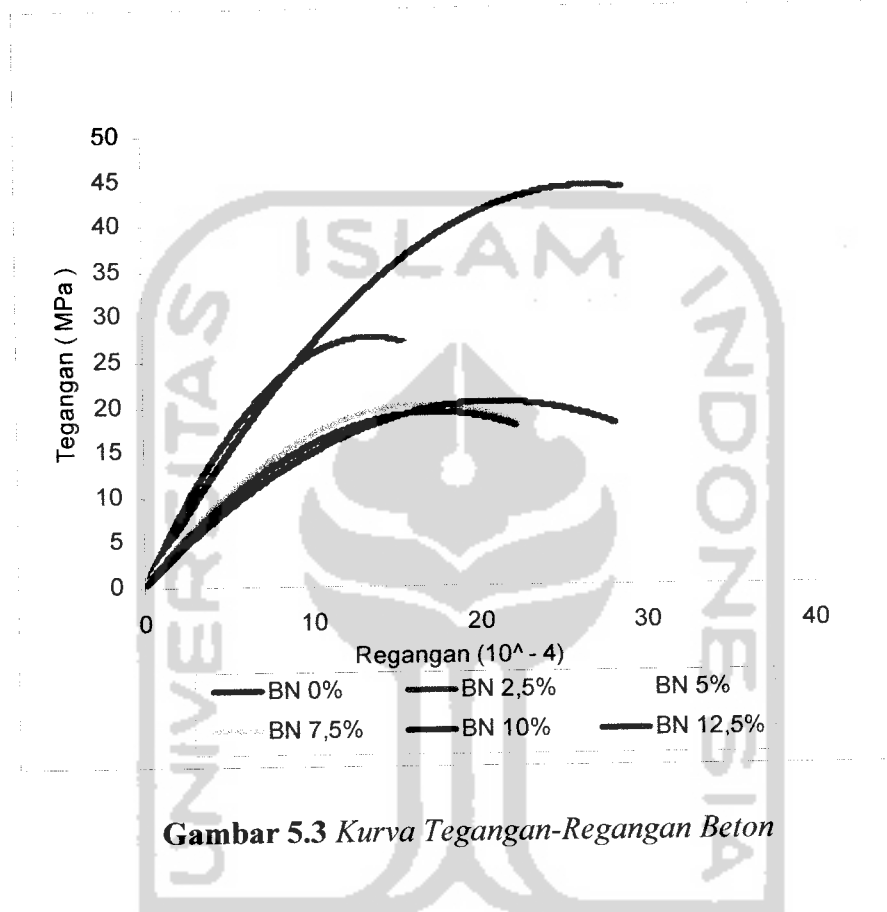
5.5. Perbandingan f'_{cr} Rencana dan f'_{cr} Hasil Penelitian

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 : σ = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan 0.4 σ

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	f _c (Mpa)	0,4.f _c (Mpa)	ε (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (MPa)		
				Uji	Teoritis (4700.√f _c)	Teoritis (0,043wc ^{1,5} .√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

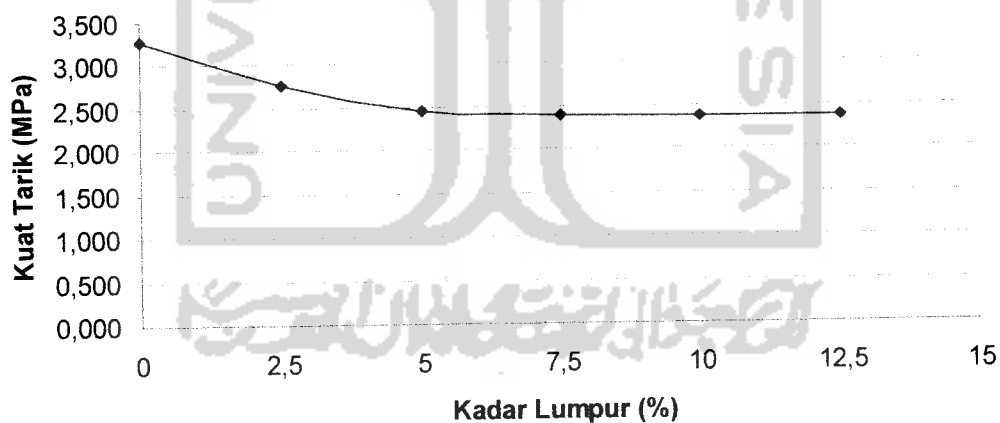
Dari tabel 5.5 di atas menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi terjadi pada beton normal dengan kuat tarik sebesar 3,218 MPa, dan semakin menurun setiap variasi lumpur Lapindo Lapindo Brantas Sidoarjo sebagai bahan pengganti sebagian semen sampai pada variasi 12,5% dengan kuat tarik terendah sebesar 2,323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

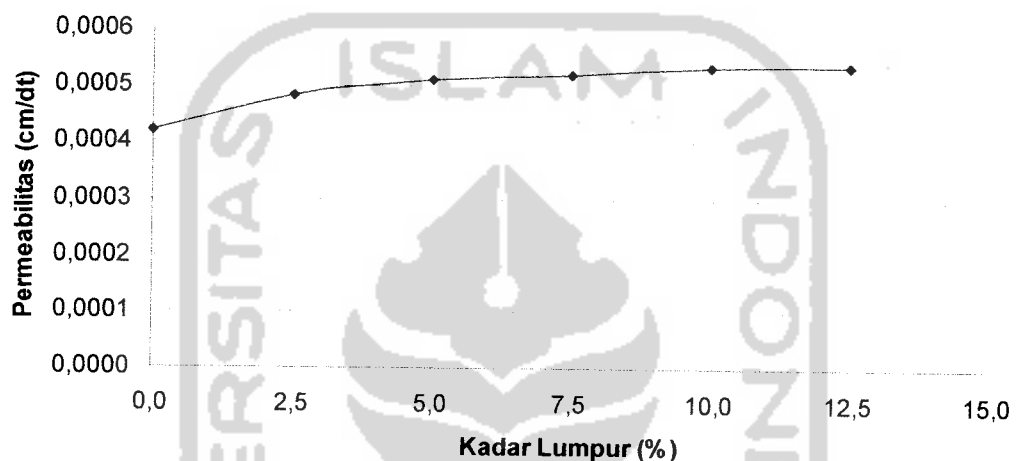
Tabel 5.8 *Presentase Perubahan Permeabilitas Beton*

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.	



Jogjakarta,

6/5/2007



Dekan

Dr. M. Faisol AM, MS. H.



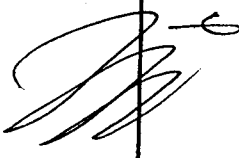

Catatan:

Seminar : 23 Juni 2007

Sidang :

Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANDA TANGGA
1	6/06-2007	<ul style="list-style-type: none"> - pembantu proposal - Seminar 	
2		<p>Walaupun belum ditulis dalam kontrak ini, konsultasi berjalannya kontinue</p>	
3	10/09-2007	<ul style="list-style-type: none"> - pembantu - Sidang 	
	25/10-07	<ul style="list-style-type: none"> - Acc pembantuan setelah sidang - P. M. Ardana 	

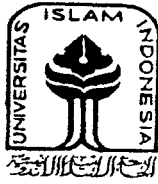
LAMPIRAN





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, gr/cm^3 (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,642	2,636	2,639
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm^3 (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,710	2,670	2,69
Berat jenis semu (3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,834	2,74	2,787
Penyerapan air (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100 \%$	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 UJI

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, gr/cm^3 (1) $Bk / (Bj - Ba)$	2,57	2,375	2,4725
Berat jenis jenuh kering muka, gr/cm^3 (2) $Bj / (Bj - Ba)$	2,67	2,52	2,595
Berat jenis semu (3) $Bk / (Bk - Ba)$	2,85	2,77	2,81
Penyerapan air (4) $(Bj - Bk) / Bk \times 100 \%$	4,04 %	6,04 %	5,04 %

Keterangan :

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

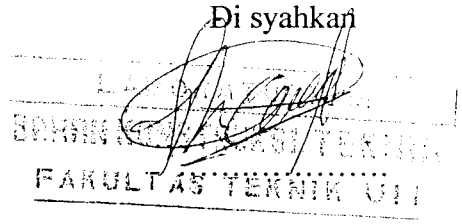
 Kesimpulan : Berat jenis kerikil dari celereng didapat sebesar $2,595 \text{ gr/cm}^3$
dengan penyerapan air 5,04 %

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 $((W_1 - W_2) / W_1) \times 100 \%$	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) :

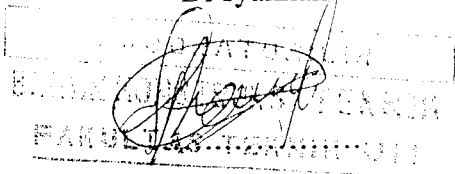
- Untuk Pasir maksimum 5 % (lima persen)
- Untuk kerikil maksimum 1 % (satu persen)

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

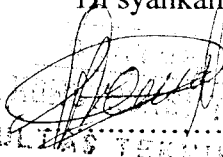
Kesimpulan : Dari hasil pemeriksaan diatas diketahui bahwa pasir yang diteliti masuk pada Daerah II pasir agak kasar

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	-

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

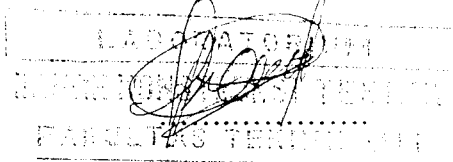
GRADASI KERIKIL

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 12,5 %

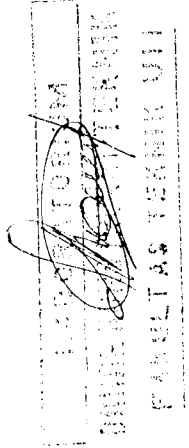
Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	Beban Maksimum (P)		Kuat Desak (fc) (MPa)
							KN	N	
BN 12,5 %	12,600	30,200	15,000	176,625	17662,500	2,362	279,880	279880	15,846
BN 12,5 %	12,600	30,290	15,040	177,568	17756,826	2,343	380,190	380190	21,411
BN 12,5 %	12,400	30,090	14,970	175,919	17591,921	2,343	371,920	371920	21,142
BN 12,5 %	12,600	30,250	15,090	178,751	17875,086	2,330	296,710	296710	16,599
BN 12,5 %	12,500	30,260	15,050	177,804	17780,446	2,323	331,950	331950	18,669
Rata-rata						2,340			18,733

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

Kuat desak rata-rata beton BN 12,5 % umur 28 hari = 18,733 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 10 %

Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	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 %

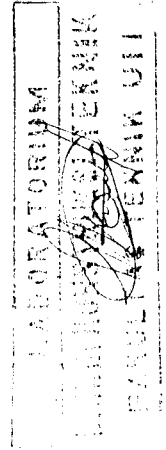
Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	Beban Maksimum (P)		Kuat Desak (f _c) (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 %

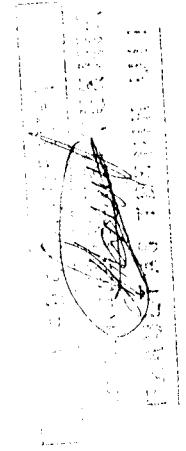
Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	Beban Maksimum (P)		Kuat Desak (f _c) (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 %

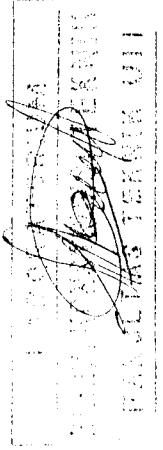
Pengujian : Kuat Desak

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas Alas (cm ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	Beban Maksimum (P)		Kuat Desak (f _c) (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 ²)	Luas Alas (mm ²)	Berat Satuan (t/m ³)	Beban Maksimum (F)		Kuat Desak (f _c) (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 cm²

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

LADON TORUHA
 FAKULTAS 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 cm²

Tinggi : 30,000 cm

Berat : 12,500 kg

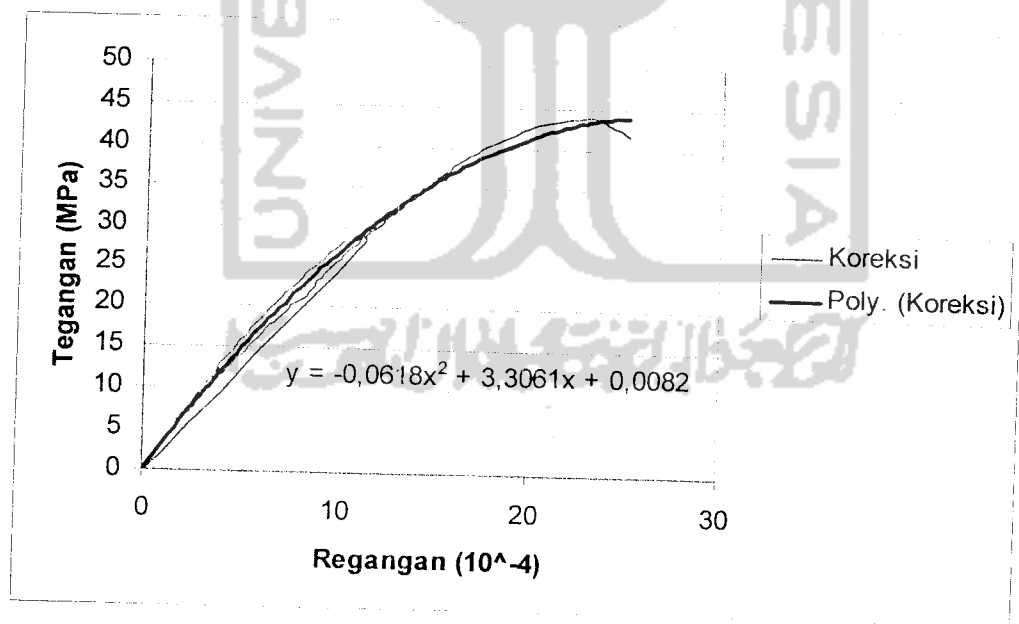
Beban (KN)	Beban (N)	$\Delta L (10^{-3})$ mm	$\Delta L (10^{-3})$ mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
0	0	0	0	0	0,000	0,067
10	10000	5	2,5	0,125	0,565	0,192
20	20000	11	5,5	0,275	1,129	0,342
30	30000	18	9,0	0,450	1,694	0,517
40	40000	26	13,0	0,650	2,259	0,717
50	50000	33	16,5	0,825	2,823	0,892
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 (KN)	Beban (N)	ΔL (10^{-3}) mm	ΔL (10^{-3}) mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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 NEGESIA
 FAKULTAS TEKNIK
 JILANG TITIK UN



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 cm²

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 (KN)	Beban (N)	ΔL (10^{-3}) mm	ΔL (10^{-3}) mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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 cm²

Tinggi : 30,250 cm

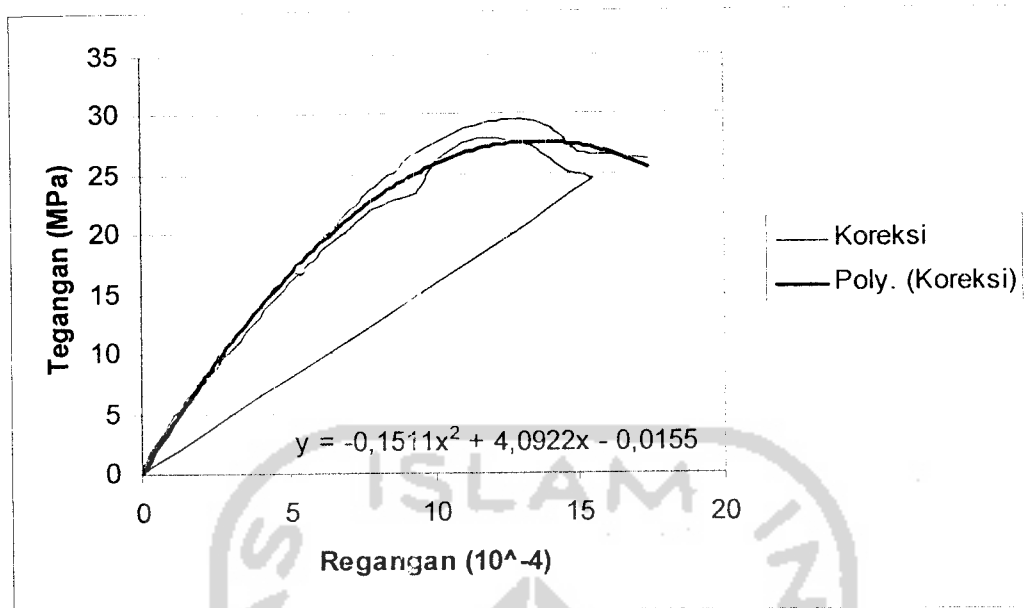
Berat : 12,700 kg

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

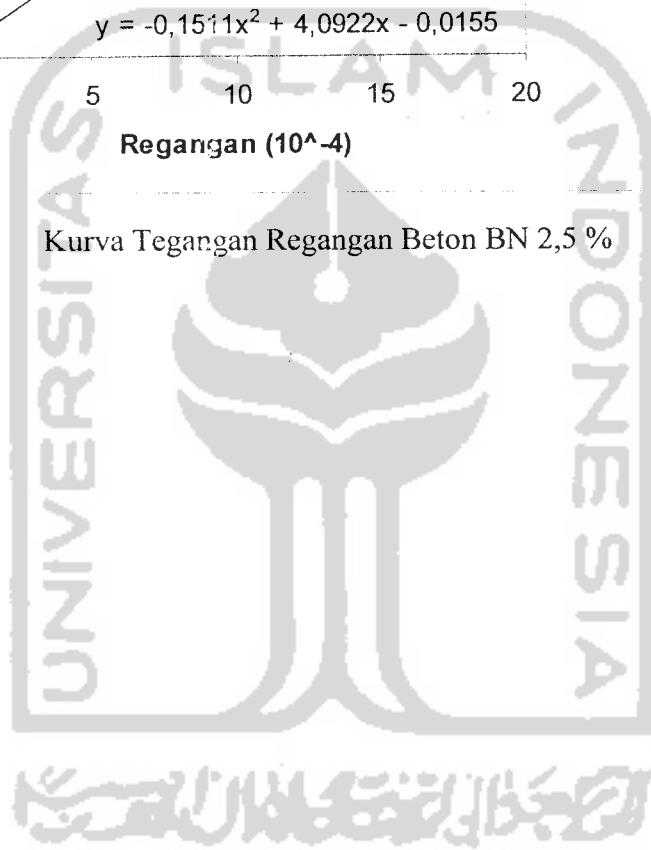
Lanjutan ...

Beban (KN)	Beban (N)	ΔL (10^{-3}) mm	ΔL (10^{-3}) mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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
 TEKNIK TEKNIK UJI



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 cm²

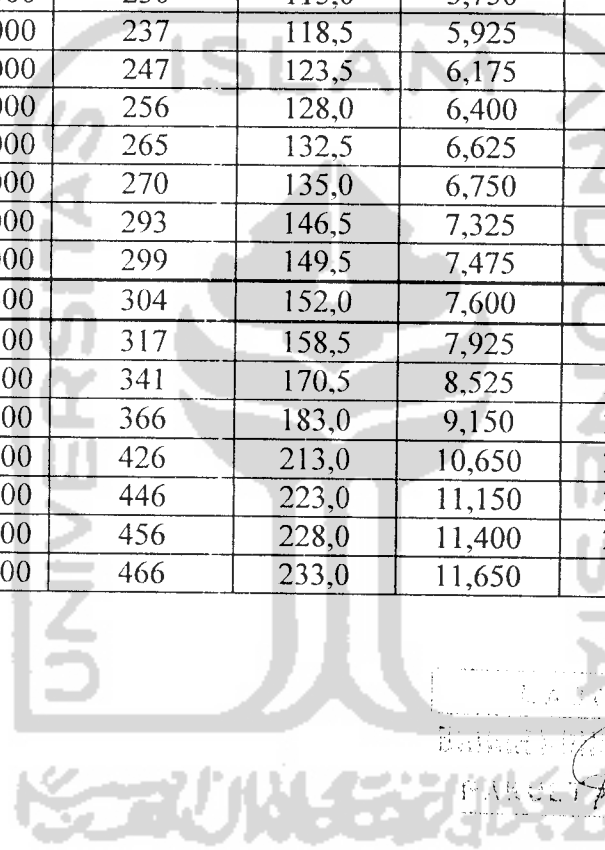
Tinggi : 30,270 cm

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



 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 SURABAYA



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 cm²

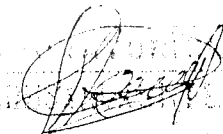
Tinggi : 30,100 cm

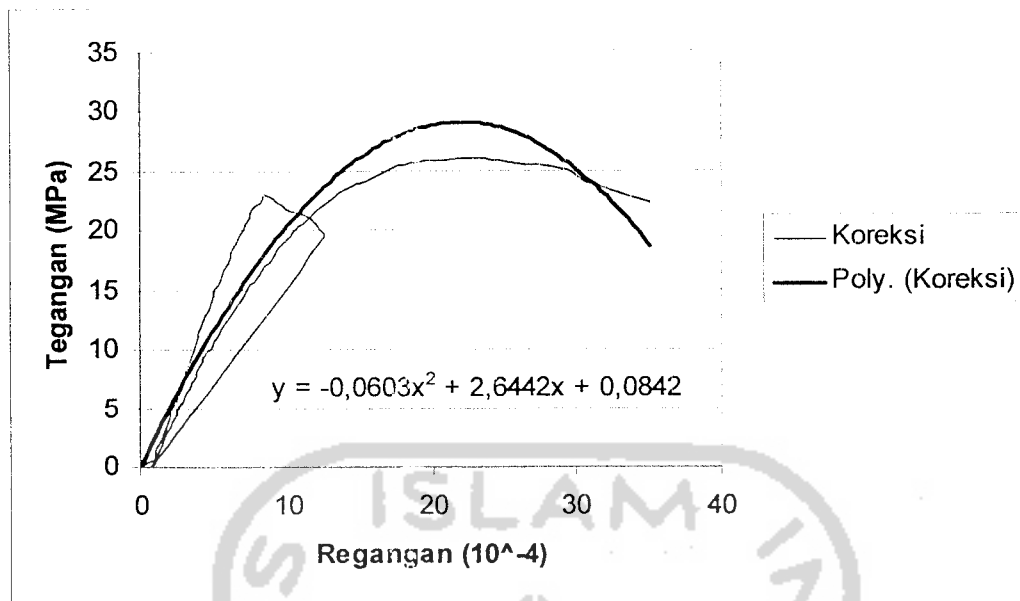
Berat : 12,600 kg

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 (KN)	Beban (N)	$\Delta L (10^{-3})$ mm	$\Delta L (10^{-3})$ mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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 cm²

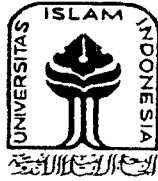
Tinggi : 30,130 cm

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 (KN)	Beban (N)	$\Delta L (10^{-3})$ mm	$\Delta L (10^{-3})$ mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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 cm²

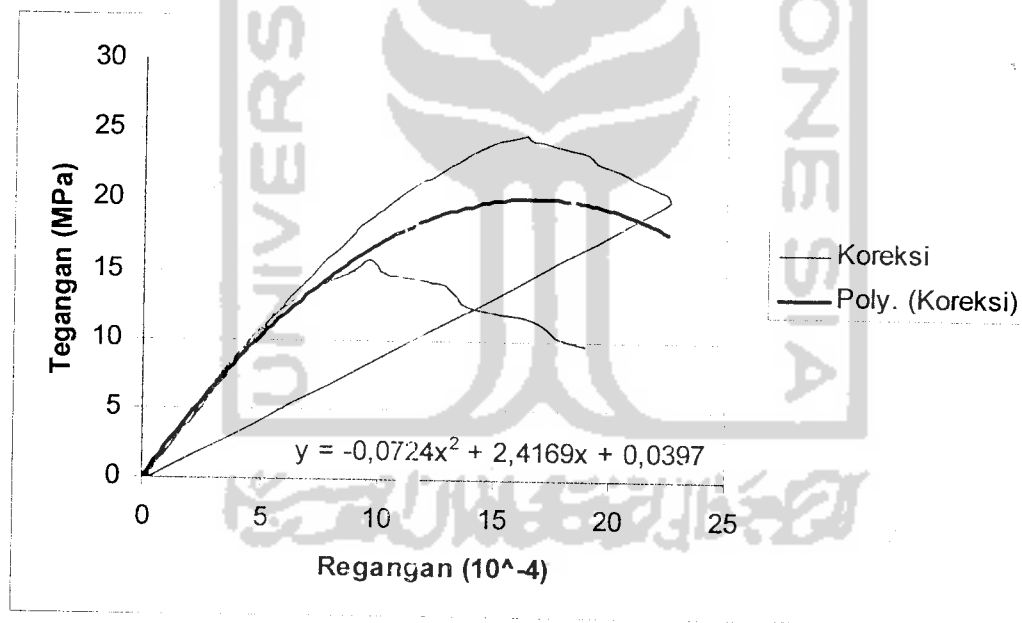
Tinggi : 30,250 cm

Berat : 12,600 kg

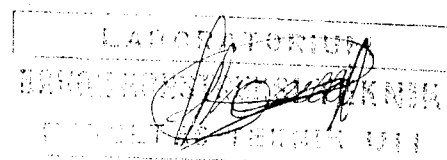
Beban (KN)	Beban (N)	$\Delta L (10^{-3})$ mm	$\Delta L (10^{-3})$ mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (MPa)	Reg Koreksi
0	0	0	0	0	0,000	0,295
10	10000	6	3,0	0,150	0,569	0,445
20	20000	14	7,0	0,350	1,138	0,645
30	30000	23	11,5	0,575	1,708	0,870
40	40000	34	17,0	0,850	2,277	1,145
50	50000	45	22,5	1,125	2,846	1,420
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

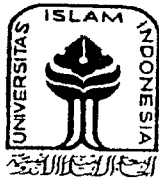
Lanjutan ...

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 cm²

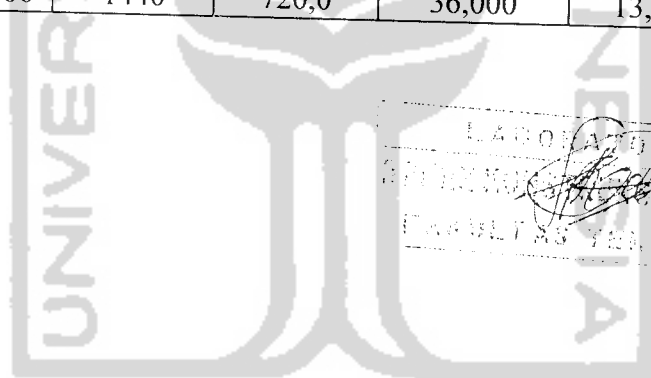
Tinggi : 30,250 cm

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
 TEKNIK TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UIN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY


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 cm²

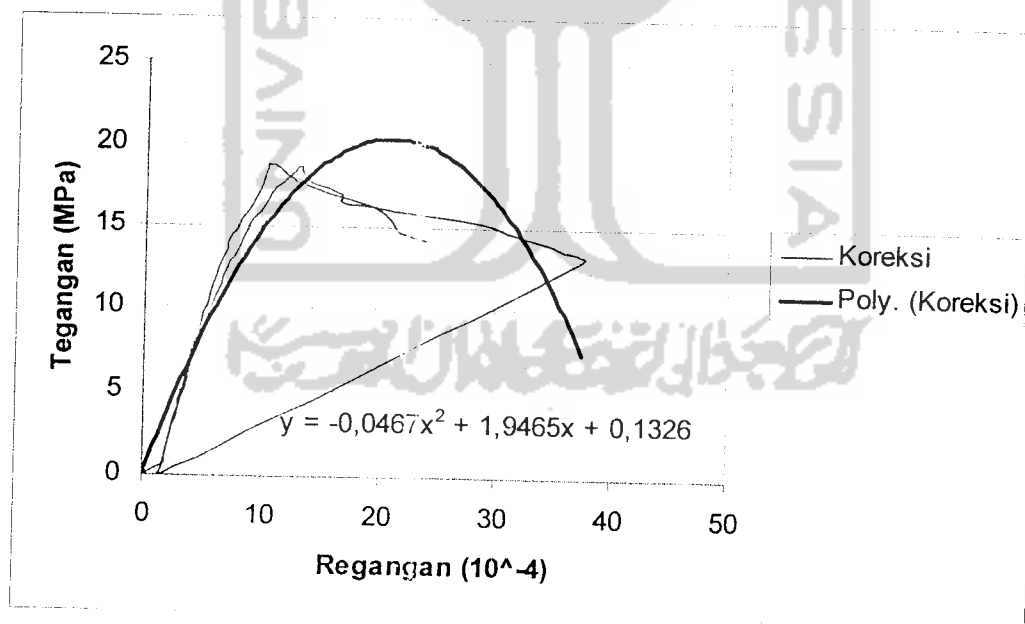
Tinggi : 30,130 cm

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 TERBUKA
 FAKULTAS TEKNIK
 SURABAYA



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 cm²

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



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

وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ وَلَئِن كُنَّا إِلَّا فِي سَعْتٍ



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 : 177,568cm²

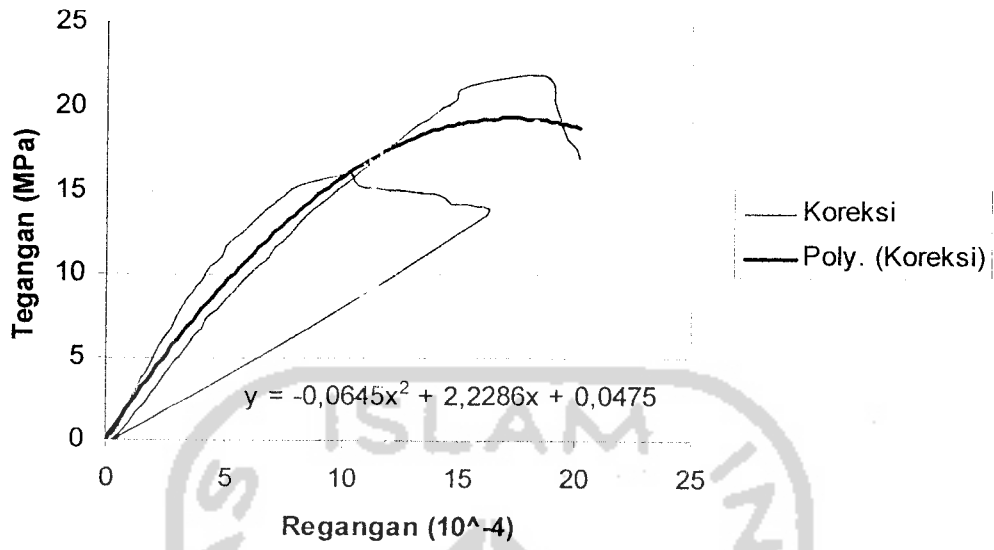
Tinggi : 30,290 cm

Berat : 12,600 kg

Beban (KN)	Beban (N)	ΔL (10^{-3}) mm	ΔL (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 (KN)	Beban (N)	$\Delta L (10^{-3})$ mm	$\Delta L (10^{-3})$ mm	Reg (10^{-4})	Tegangan (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



Kurva Tegangan Regangan Beton 12,5 %

The image features a large, light gray watermark of the Universitas Islam Indonesia logo. The logo is a shield-shaped emblem with a stylized tree or plant in the center. The word "ISLAM" is written in a semi-circle at the top, "UNIVERSITAS" on the left side, and "INDONESIA" on the right side. Below the shield is a line of Arabic calligraphy.

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						3,218

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

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 %

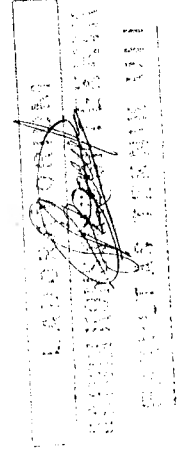
Pengujian : Kuat Tarik

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						2,711

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

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) (MPa)
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						2,408

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

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 (<i>f_t</i>) (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						2,352

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

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 %

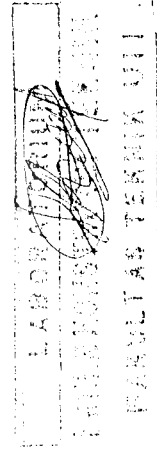
Pengujian : Kuat Tarik

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						2,326

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

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						2,323

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

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 0%

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)				(m/mnt)	(cm/dt)
1	14,000	17,000	13,000	271,020	60	0,0151	0,000252	0,000420
2	18,000	17,000	14,000					
Rata-rata	16,000	17,000	13,500					
	15,125							
1	12,000	18,000	15,000	232,440	60	0,0154	0,000256	0,000427
2	14,000	17,000	13,000					
Rata-rata	13,000	17,500	14,000					
	15,375							
1	17,000	18,000	15,000	183,120	60	0,0150	0,000250	0,000417
2	15,000	12,000	12,000					
Rata-rata	16,000	15,000	13,500					
	15,000							
Permeabilitas Rata-rata							0,000253	0,000421

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


 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 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 Pengujian Permeabilitas Beton BN 2,5%

Pengujian : Permeabilitas
 Benda Uji : Silinder

Titik	Penetrasi Air			P max (KN)	Wkt Prdinn (menit)	Penetrasi Rata-rata (m/dt)	Permeabilitas	
	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)				(m/mnt)	(cm/dt)
1	18,000	17,000	16,000	194,930	60	0,0171	0,000285	0,000476
2	19,000	16,000	19,000					
Rata-rata	18,500	16,500	17,500					
	17,125							
1	21,000	20,000	17,000	162,640	60	0,0183	0,000304	0,000507
2	19,000	20,000	16,000					
Rata-rata	20,000	20,000	16,500					
	18,250							
1	16,000	19,000	16,000	221,710	60	0,0169	0,000281	0,000469
2	18,000	18,000	17,000					
Rata-rata	17,000	18,500	16,500					
	16,875							
Permeabilitas Rata-rata							0,000290	0,000484

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


 LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 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 Pengujian Permeabilitas Beton BN 5%

Benda Uji : Silinder

Pengujian : Permeabilitas

Titik	Penetrasi Air			P max (KN)	Wkt Prdmm (menit)	Penetrasi Rata-rata (<i>dq</i>) (meter)	Permeabilitas	
	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (mm)				(m/mnt)	(cm/dt)
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							
Permeabilitas Rata-rata							0,000306	0,000510

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


 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 Pengujian Permeabilitas Beton BN 7,5%

Benda Uji : Silinder

Pengujian : Permeabilitas

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)				(m/mnt)	(cm/dt)
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							
Permeabilitas Rata-rata							0,000312	0,000520

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



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 10 %

Pengujian : Permeabilitas

Benda Uji : Silinder

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

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



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 (KN)	Wkt Prdmm (dt) (menit)	Penetrasi Rata-rata (dtq) (meter)	Permeabilitas	
	Sisi Kiri (mm)	Sisi Kanan (mm)	Sisi Atas (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	17,000					
Rata-rata	21,000	18,500	17,500					
	18,500							
1	23,000	19,000	19,000	157,520	60	0,0190	0,000317	0,000528
2	22,000	20,000	18,000					
Rata-rata	22,500	19,500	18,500					
	19,000							
1	24,000	23,000	18,000	159,690	60	0,0205	0,000342	0,000569
2	24,000	24,000	18,000					
Rata-rata	24,000	23,500	18,000					
	20,500							
Permeabilitas Rata-rata							0,000322	0,000537

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



LAMPIRAN 6

HASIL PERHITUNGAN BERAT
VOLUME



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 %

Benda Uji : Silinder

Perhitungan : Berat Volume

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
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
Rata - Rata									2,370



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 ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
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
Rata - Rata									2,368



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 %

Benda Uji : Silinder

Perhitungan : Berat Volume

Kode Sampel	Berat (Kg)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
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
Rata - Rata									2,359



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 ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)	
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	
	Rata - Rata									2,358



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 ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)
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
Rata - Rata									2,355



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 ²)	Luas (m ²)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (ton)	Berat Volume (ton/m ³)	
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	
	Rata - Rata									2,346



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

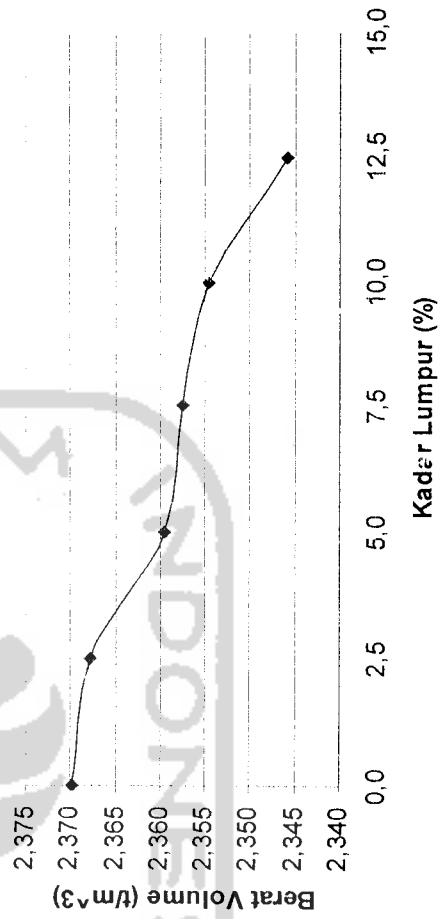
Hasil Perhitungan Berat Volume Beton

Perhitungan : Berat Volume

Benda Uji : Silinder

Kode Sampel	Kadar Lumpur (%)	Berat Volume (ton/m ³)
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





LAMPIRAN 7

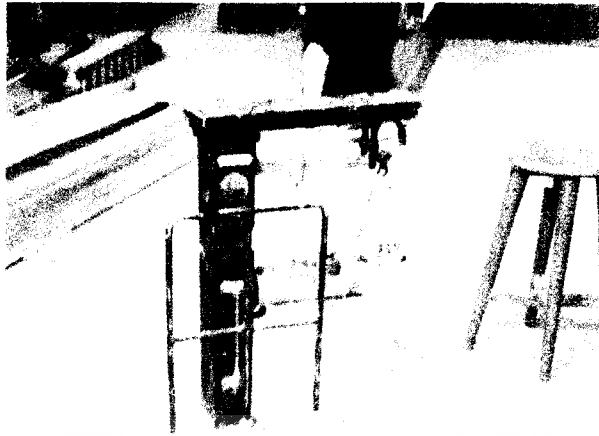
DOKUMENTASI



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)