PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 15 Februari 2007
NO. JUDUL : 002201
NO. INV. : 0120002201001
NO. INTUK :

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KAYU ULIN

(Eusideroxylon Zwageri T.et.B.)

TERHADAP KARAKTERISTIK BETON



Disusun oleh :

Nama : INDA ANDRIAWAN

No Mhs : 99 511 378



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KAYU ULIN *(Eusideroxylon Zwageri T.et.B.)* TERHADAP KARAKTERISTIK BETON

Influence Of Usage Of Ulin Dust Wood To Concrete Characteristic

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Di susun Oleh :

INDA ANDRIAWAN **99 511 378**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr. Ir. Ade Ilham, MT
Dosen Pembimbing

Tanggal : 22/09/06

dedication to



Papah atas segala kekuatan dan pengorbanannya
Mamah beserta do'a, kasih sayang, kesedihan dan tangisnya
Uma yang dengan tulus dan sabar merat anak dan cucunya tanpa membeda-bedakan
Ricky n' de Tika adik-adik ku yang lucu

Dunia kecil yang penuh dengan kenangan, telah dilewati lebih kurang tujuh tahun lamanya. Sebuah perjalanan yang cukup lama dan mungkin tidak sebanding dengan pengorbanan yang selama ini diberikan, sekalipun disertai dengan harga sebuah kelulusan. Terima kasih beserta rasa hormat yang amat besar dipersembahkan, alunan langkah, untaian do'a, tahap demi tahap terselesaikan dan inilah hasil yang sudah dicapai dengan semua pemberian, meskipun segalanya belum berakhir di sini. Restu-mu akan menjadi penerang dalam jalanku.
Keberanian untuk mengambil keputusan atas pilihan adalah lebih baik, sekalipun ternyata itu adalah pilihan yang salah, ketimbang selalu dibayangi oleh kebimbangan dan kesangsian atas pilihan-pilihan, hingga pada akhirnya semua pilihan itu hilang tak berbekas.

Begitu berat beban ini karena yang telah dilakukan selama ini mungkin tidak sesuai dengan yang diharapkan. Mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada Papah dan Mamah karena tidak mampu memberikan hal terbaik. Semoga semua yang telah diberikan; doa, dukungan baik moril maupun materil insya Allah akan mendapat balasannya, meskipun hal tersebut amat berat untuk mengembalikannya.
Terima kasih untuk Papah dan Mamah yang sangat dan amat mendukung hingga detik ini, harga dari jerih payah ini belum cukup membalas segala yang telah kalian berikan, semoga yang Khalik membalas dan memberkati.
Untuk Ricky jangan manja terus dong....sekolah yang rajin jangan ngikutin A inda yang kuliahnya lama, jangan suka berantem sama de tika, sebagai kaka ngalah dong sama adenya. Untuk de Tika (de Ndutc) belajar yang rajin, jangan biar jadi orang yang berguna bagi kedua oran tua. Semoga kita semua dapat berkumpul kembali dalam keadaan yang lebih baik.....

Uma terima kasih atas do'a dan segalanya. Alhamdulillah eama masih sehat wal afiat, semoga selalu demikian, do'akan inda terus biar jadi orang yang shaleh dan bisa berbakti sama ema dan mamah papah.. Keluarga di samarinda, (om eko, bi ende beserta keluarga), keluarga di Bogor mamah yayah, beserta keluarga, kakek di bogor dan keluarga, bi Oti, bi ina, bi yuyun dan keluarga, keluarga besar IRMAN di Sulawesi, keluarga Harwito di pati, keluarga mba Ita di Semin, keluarga bapak Samio (terma kasih atas rumahnya, disini aku memulai dan di rumah ini juga aku selesai kuliah) dan semua kerabat keluarga lainnya yang tidak dapat disebutkan semoga semua tetap sehat selalu.

And.....

Sayangku nunun (mpo Oneng) yang selalu menemani walau dalam jarak dan ruang yang jauh, makasih telah banyak memberikan do'a, motifasi dan dukungannya selama ini, semua perjalanan ini tidak terlewatkan tanpa perhatian dan kasih sayangmu. Makasih banyak ya.....sayangku... Selanjutnya, semoga ke depan semua bisa lebih baik, (jaga kesehatan, hati-hati, jangan telat makannya, jangan suka bergadang). Semoga apa yang kita cita-citakan bersama diridhoi ole-Nya, dan semoga bisa terealisasi cepat ☺..... Amin....Salam u/ Cintaku ☺...

And Then.....

Teman senasib ku dijoja, harwito, SL. Saiki koe wes due bojo doake aku bar cepet nyusul. Maba ita aku nitip wito yooo... ojo ribut wae, singakur-akur.
Temenku yang sedang berlayar "dodo" kapan koe bali..ojo keasikan kerjo mengko lali rabi.
Koplak's comunity (romi, bontot, iyan, zulpander, maman, komar, musli, rasid, ibnu, agus) tempat kebersamaan kita dalam Putih-Hitam semoga kita semua masih terus bersama walau dalam ruang dan jarak yang berbeda.

ARMAN "man", terima kasih atas kerja sama dari awal hingga selesainya proses panjang ini. Akhirnya selesai juga "1 perjalanan kita", ternyata memang susah untuk dapatkan tambahan nama "ST", padahal kalau mau sederhananya, beli di"warung BUKA" juga bisa, cuma."1200e ko"...☺.. Namun alhamdulillah semuanya bisa selesai, walau harus menunggu wisuda periode berikutnya. Sukses aja selalu dalam menjalankan hidup ini.
Teman-teman seperjuangan 99, dayat (gimana di jakarta, enak ga..?),, ari moga cepet dapat kerja, Hendra, (semoga skripsinya cepat kelar), ibnu hajar, ST (gimana kabarmu, masih kapan Rabi?), teman-teman lainnya yang telah berkecimpun dalam dunia kerja serta yang masih bertebaran dikampus tercinta, FTSP. Jaya UII.....

Last...

Semua pihak yang telah banyak membantu, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
"Matur Nuwun".

" Saat kita menemui udara pagi ini cerah, langit hari ini biru indah, mengapa sibuk mencemaskan hujan yang tak kunjung datang? Padahal kalau saja kita nikmati adanya tanpa resah, pastilah kita dapat mengerjakan begitu banyak kegiatan dengan penuh kegembiraan. Maka nikmatilah, jangan malah resah memikirkan hujan yang tak kunjung tumpah. Karena jika kita tak menikmatinya, maka saat tiba masanya hujan menggenangi tanah, kita pun 'kan kembali resah memikirkan kapan hujan berhenti.
Percayalah, semua akan berlalu, maka mengapa harus memikirkan sesuatu yang tak ada, namun suatu saat pasti akan hadir jua? Sedang hal itu hanya akan membuat kita kehilangan keindahan hari ini karena mencemaskan sesuatu yang belum pasti."

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, dan shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KAYU ULIN (*Eusidorexylon Zwageri T. Et. B*) TERHADAP KARAKTERISTIK BETON"** ini dengan baik.

Tugas Akhir ini dilaksanakan bersamaan dengan penelitian sejenis dengan judul **"PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KAYU ULIN (*Eusidorexylon Zwageri T. Et. B*) DAN ALCASIT TERHADAP KARAKTERISTIK BETON"** oleh Arman.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi dan untuk meraih gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penyusun telah banyak mendapat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, atas dukungan dan do'a restunya, juga adik-adik dan keluarga yang selama ini senantiasa memberikan do'a serta dukungannya.
2. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT, selaku dosen Pembimbing yang penuh kesabaran dan ketekunan telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya penelitian ini.
3. Bapak Ir. Ilman Noor, MT dan bapak Ir. Kasam, MT, selaku dosen Penguji.
4. Bapak Dr. Ir. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5. Bapak Ir. Faisol AM, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MS, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (Mas Warno, Mas Ndaru dan mas Aris serta mas Daris) yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian ini.
8. Teman Tugas Akhir, ARMAN yang telah banyak bekerja sama.
9. Teman-teman angkatan 99, selamat berjuang bagi yang masih kuliah dan selamat menempuh hidup baru bagi yang sudah lulus.

Penyusun menyadari, bahwa karya penelitian Tugas Akhir ini masih jauh dibawah sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas-tugas yang akan datang, masih sangat diperlukan.

Akhirnya harapan penyusun, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amin.

Wabillahitaufik walhidayah
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Agustus 2006
Penulis,

(Inda Andriawan)

3.1.4 Umur Beton 14
3.1.5 Jumlah Semen 15
3.2 Kuat Tekan Beton 16
3.3 Modulus Elastisitas 17
3.4 Kuat Tarik Beton 18
3.5 Slump 19
3.6 Kemudahan Pekerjaan (workability) 21
3.7 Semen Portland 22
3.8 Agregat Halus (pasir) 25
3.9 Air 27
3.10 Serbuk Kayu Ulin 28

BAN IV METODE PENELITIAN

4.1 Metodologi Penelitian 30
4.2 Bahan dan Alat yang Digunakan 30
4.2.1 Bahan 30
4.2.2 Alat-alat yang Digunakan 30
4.3 Langkah-langkah Penelitian 32
4.3.1 Tahap Persiapan 32
4.3.2 Pengujian Sifat-sifat Pasir 32
4.3.3 Ukuran dan Jumlah Benda Uji 36
4.3.4 Pembuatan Benda Uji 36
4.3.5 Perawatan Benda Uji 38
4.3.6 Pelaksanaan Pengujian 38
4.4 Bagan Alir Pelaksanaan Pengujian 40

BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujain Material 41
5.1.1 Gradasi Agregat 41
5.1.1 Berat Jenis dan Berat Volume Agregat 41
5.1.1 Kandungan Lumpur 41

5.1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Sebuk Kayu Ulin 42
5.2 Slump 42
5.3 Berat Volume-Beton 43
5.4 Kuat Tekan Beton 44
5.4.1 Tegangan - Regangan Beton 48
5.4.2 Modulus Elastisitas 50
5.5 Kuat Tarik Beton 52

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 54
6.2 Saran 55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen atau struktur (Tjokrodimuljo, 1992) 20

Tabel 3.2 Batas-batas gradasi untuk agregat halus (Tjokrodimuljo, 1996) ... 27

Tabel 3.3 Kandungan ekstraktif kayu ulin 29

Tabel 5.1 Hasil nilai *slump* 42

Tabel 5.2 Berat volume-beton pada tiap variasi penambahan serbuk kayu ulin 43

Tabel 5.3 Kuat tekan rata-rata variasi penambahan serbuk kayu ulin umur 7 hari 45

Tabel 5.4 Kuat tekan rata-rata variasi penambahan serbuk kayu ulin umur 28 hari 45

Tabel 5.5 Hasil pengujian modulus elastisitas (E_c) umur 7 hari 51

Tabel 5.6 Hasil pengujian modulus elastisitas (E_c) umur 28 hari 51

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat tarik beton 52

Tabel 5.8 Persentase kuat tarik rata-rata terhadap kuat tekan rata-rata 53

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 3.1 Hubungan antara f.a.s dengan kuat tekan beton (Nevile & Brooks, 1987, dalam Tjokrodimuljo, 1996) 11

Gambar 3.2 Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan beton (Gambhir, 1986, dalam Tjokrodimuljo, 1996) 12

Gambar 3.3 Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996) 13

Gambar 3.4 Hubungan umur beton dengan kuat tekan beton pada berbagai jenis semen (Tjokrodimuljo, 1996) 14

Gambar 3.5 Pengaruh faktor air-semen terhadap laju kenaikan kuat tekan pada beton (Tjokrodimuljo, 1996) 15

Gambar 3.6 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air-semen sama (Tjokrodimuljo, 1996) 15

Gambar 3.7 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada nilai *slump* 75 – 100 mm (Tjokrodimuljo, 1996) 16

Gambar 3.8 Perilaku beban tekan terhadap benda uji 17

Gambar 3.9 Modulus elastisitas beton 18

Gambar 3.10 Perilaku beban tarik terhadap benda uji 19

Gambar 3.11 Corong konus 20

Gambar 3.12 Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996) 24

Gambar 4.1 Flowchart metode penelitian 40

Gambar 5.1 Grafik hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tekan beton umur 7 hari berdasarkan regresi polynomial 46

Gambar 5.2 Grafik hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tekan beton umur 28 hari berdasarkan regresi polynomial 46

Gambar 5.3 Grafik tegangan-regangan beton umur 7 hari 49

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN MOTTO iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR NOTASI xvi

ABSTRAKSI xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum 5

2.2 Literatur yang Menunjang Penelitian 7

2.3 Penelitian Sejenis 8

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Kekuatan Beton 10

3.1.1 Faktor Air Semen dan Kepadatan 10

3.1.2 Sifat Agregat 12

3.1.3 Jenis Semen 13

Gambar 5.4 Grafik tegangan-regangan beton umur 28 hari 49
Gambar 5.5 Grafik hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tarik beton berdasarkan regresi polynimial 52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

A Data Pengujian Materia

A.1 Data Modulus Halus Butir (MHB) Agregat Halus

A.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Kadar Air Pasir

A.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Kadar Air Kerikil

A.5 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus

A.6 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar

A.7 Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir

A.8 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serbuk Kayu Ulin

B Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

B.1 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton normal dan Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5% umur 7 hari

B.2 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10% dan Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15% umur 7 hari

B.3 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20% umur 7 hari

B.4 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton normal dan Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5% umur 28 hari

B.5 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10% dan Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15% umur 28 hari

B.6 Tabel hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20% umur 28 hari

C Tabel Hubungan Tegangan-Regangan

C.1 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton normal umur 7 hari

C.2 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5% umur 7 hari

C.3 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10% umur 7 hari

C.4 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15% umur 7 hari

C.5 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20% umur 7 hari

C.6 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton normal umur 28 hari

C.7 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5% umur 28 hari

C.8 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10% umur 28 hari

C.9 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15% umur 28 hari

C.10 Tabel hasil pengujian tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20% umur 28 hari

D Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

D.1 Tabel hasil perhitungan modulus elastisitas beton umur 7 hari dan Tabel hasil perhitungan modulus elastisitas beton umur 28 hari

E Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

E.1 Tabel hasil pengujian kuat tarik beton normal dan Tabel hasil pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5%

E.2 Tabel hasil pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10% dan tabel hasil pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15%

E.3 Tabel hasil pengujian kuat tarik beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20%

F Analisis Regresi Polynomial

F.1 Analisis regresi polynomial variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan beton umur 7 hari

F.2 Analisis regresi polynomial variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan beton umur 28 hari

F.3 Analisis regresi polynomial variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tarik beton

G Hitungan Perencanaan Campuran Adukan Beton dengan Metode DOE

H Kartu Peserta Tugas Akhir

I Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

DAFTAR NOTASI

A,B	Konstanta
A	Luas beban tekan
B	Berat pasir mula-mula
Ba	Berat dalam air
Bj	Berat jenis kerikil
BJ	Berat jenuh kering muka
B_{kum}	Berat komulatif agreat
Bp	Berat picnometer berisi air
Bt	Berat picnometer berisi benda uji dan air
Bv	Berat volume
B_1	Berat pasir kering oven
B_2	Berat pasir setelah dicuci
C	Berat semen per meter kubik
C_{mhb}	Modulus halus butir campuran
d	Diameter silinder
Ec	Modulus elastisitas beton
f'_c	Kuat tekan yang disyaratkan
f'_{cr}	Kuat tekan rata-rata
K_{mhb}	modulus halus butir kerikil
l	Tinggi silinder
M	Nilai tambah
mhb	Modulus halus butir
P	Beban maksimum
P_{mhb}	Modulus halus butir pasir
Sd	Standar deviasi
V	Volume tabung
W	Persentase berat pasir terhadap berat kerikil
W_{air}	Jumlah air yang dibutukan
x	Faktor air-semen

σ_{tk}	Kuat tekan beton
σ_{tr}	Kuat tarik beton
σ	Tegangan pada 0,4 nilai tegangan
ε	Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

ABTRAKSI

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang berkarakteristik unik. Oleh karena itu cara pembuatannya perlu diketahui dengan ketersediaan bahan dasar maupun persyaratan pemakaian terhadap kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan semakin mahal harga bahan bangunan, sementara limbah industri rumah tangga belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk menanggulangi pemanfaatan yang belum optimal tersebut digunakan serbuk kayu ulin hasil ketaman sebagai bahan tambah pada beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu ulin hasil ketaman sebagai substitusi pasir terhadap kuat tekan, berat volume-beton dan kuat tarik beton

Benda uji yang digunakan berupa silinder berukuran tinggi 300 mm berdiameter 150 mm berjumlah 63 dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 %. Pelaksanaan pengujian menggunakan metode uji tekan dan uji belah silinder. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji beton umur 7 hari dan 28 hari, sedangkan pengujian kuat tarik beton dilakukan pada benda uji beton umur 28 hari.

Dari hasil pengujian beton umur 7 hari pada variasi penambahan serbuk kayu ulin 0 % diperoleh berat volume=2373 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=22,44 MPa, E_c=8305 MPa, variasi penambahan serbuk 5 % diperoleh berat volume=2316 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=18,38 MPa, E_c=7100 MPa, variasi penambahan serbuk 10 % diperoleh berat volume=2230 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=13,88 MPa, E_c=4596 MPa, variasi penambahan serbuk 15 % diperoleh berat volume=2194 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=12,81 MPa, E_c=4198 MPa, variasi penambahan serbuk 20 % diperoleh berat volume=2171 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=12,62 MPa, E_c=3357 MPa, sedangkan pada beton umur 28 hari pada variasi penambahan serbuk 0 % diperoleh berat volume=2293 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=25,65 MPa, f_{ct}=2,5988 MPa, E_c=10782 MPa, variasi penambahan serbuk 5 % diperoleh berat volume=2278 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=22,57 MPa, f_{ct}=2,4417 MPa, E_c=8622 MPa, variasi penambahan serbuk 10 % diperoleh berat volume=2259 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=21,31 MPa, f_{ct}=2,2772 MPa, E_c=7674 MPa, variasi penambahan serbuk 15 % diperoleh berat volume=2225 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=18,85 MPa, f_{ct}=2,1823 MPa, E_c=5487 MPa, variasi penambahan serbuk 20 % diperoleh berat volume=2203 kg/m^3, $f'c_{rata\text{-}rata}$=15,65 MPa, f_{ct}=2,1178 MPa, E_c=4027 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian beton dan analisis regresi, didapatkan bahwa penggunaan bahan tambah serbuk kayu ulin memberikan pengaruh penurunan terhadap berat volume-beton, nilai kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik beton, seiring dengan peningkatan variasi persentase serbuk kayu ulin dalam campuran beton.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dan pembangunan merupakan dua hal yang tidak terpisahkan, karena pembangunan merupakan bagian dari kebutuhan hidup dalam upaya meningkatkan kesejahteraannya. Kondisi ini telah menyebabkan manusia terus berkompetisi dalam meraih suatu kemajuan guna memenuhi tuntutan hidupnya. Hal ini terlihat pula pada kemajuan pembangunan dibidang perumahan dan fasilitas lainnya yang terus mengalami perubahan baik dilihat dari segi fisik dan kualitasnya. Peningkatan kebutuhan perumahan juga diikuti dengan terus melonjaknya harga rumah sehingga masyarakat berpenghasilan menengah kebawah semakin sulit untuk memiliki rumah. Kebijakan pemerintah untuk memenuhi kebutuhan perumahan bagi masyarakat berpenghasilan rendah adalah dengan pembangunan rumah sederhana (RS) dan rumah sangat sederhana (RSS). Untuk menunjang program tersebut diperlukan produksi dan penyediaan bahan bangunan yang relatif murah yang memenuhi syarat teknis dan kesehatan serta terbuat dari bahan-bahan yang mudah didapat. Oleh karena itu penelitian dan pengembangan bahan bangunan lokal perlu di galakan.

Seiring dengan perkembangan lingkungan strategis nasional dan global maka paradigma dalam penyelenggaraan pembangunan juga harus disesuaikan. Pembangunan yang berwawasan lingkungan merupakan wacana baru yang harus dikembangkan baik dalam penyelenggaraan maupun pengelolaannya. Ini berarti setiap kegiatan pembangunan haruslah diikuti dengan berbagai analisis yang mencakup aspek fungsi, manfaat, dan dampak yang mungkin ditimbulkan. Kita sadari bahwa selain memberikan kemajuan, sedikit banyak pembangunan juga membawa berbagai dampak termasuk dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu penyelenggaraan pembangunan haruslah selaras dan sinergi dengan arah kebijakan pengelolaan lingkungan.

Dewasa ini perkembangan industri makin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perekonomian masyarakat. namun fenomena tersebut tidak selamanya dapat diimbangi dengan penangganan limbah yang timbul akibat kegiatan industri terutama industri rumah tangga. contohnya adalah serbuk kayu hasil ketaman. Limbah yang tidak dimanfaatkan dan langsung dibuang tanpa proses. dapat minimbulkan pencemaran lingkungan. Selama ini pemanfaatan serbuk kayu hasil ketaman belum optimal dan hanya dijadikan bahan bakar saja.

Meningkatnya kebutuhan perumahan harus diimbangi dengan penyediaan bahan bangunan alternatif yang memiliki keunggulan – keunggulan di banding bahan – bahan bangunan konvensional. yaitu lebih kuat. lebih tahan cuaca. lebih ringan dan harga relatif murah. sehingga dapat menghasilkan bangunan – bangunan berkualitas tinggi.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai dalam pembuatan bangunan fisik di Indonesia. Karena sifatnya yang unik maka memerlukan pengetahuaan yang cukup luas. antara lain mengenai sifat bahan dasarnya. cara pembuatannya. cara evaluasinya. dan variasi bahan tambahnya. Oleh karena itu cara pembuatannya perlu diketahui dengan benar agar sesuai dengan ketersediaan bahan dasarnya di lapangan maupun persyaratan pemakaiannya.

Melihat kenyataan di atas. di satu sisi kebutuhan manusia akan perumahan semakin meningkat dan di sisi lain semakin mahalnya harga bahan bangunan. sementara limbah industri rumah tangga belum dimanfaatkan secara optimal maka penulis terdorong untuk meneliti masalah pemanfaatan limbah industri rumah tangga. khususnya serbuk kayu hasil ketaman sebagai tambah pada beton. Sehingga diharapkan didapat satu bahan bangunan yang ekonomis tetapi masih memenuhi syarat-syarat teknis dan kesehatan.

1.2 Perumusan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dan melebar dari masalah yang dihadapi. maka diambil rumusan masalah. yaitu :

"Seberapa besar pengaruh penambahan serbuk kayu ulin hasil ketaman terhadap karakteristik beton dan pengaruh pengurangan pasir akibat penambahan serbuk kayu ulin hasil ketaman terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton ".

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut :

1. pengaruh penambahan serbuk kayu ulin hasil ketaman sebagai substitusi pasir terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton.
2. pengaruh penambahan serbuk kayu ulin hasil ketaman sebagai substitusi pasir terhadap berat volume-beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah :

1. menunjang pengadaan bahan bangunan yang lebih ekonomis.
2. mengurangi dampak negatif limbah rumah tangga terhadap lingkungan, terutama limbah serbuk kayu.
3. menunjang program pengadaan rumah sederhana.
4. membuka peluang usaha baru yang dapat menyerap tenaga kerja dan akhirnya juga dapat mengurangi pengangguran.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah dengan tujuan untuk membatasi ruang lingkup permasalahan. Adapun pembatas tersebut adalah sebagai berikut :

1. agregat halus menggunakan pasir dari Kaliurang dengan diameter maksimum 4.8 mm.
2. agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari Clereng, Kulon Progo dengan diameter maksimum 20 mm.
3. bahan ikat yang digunakan adalah semen jenis I merk Gresik.
4. air yang digunakan berasal dari Laboratorium BKT Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

5. serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu ulin sisa ketaman industri rumah tangga di Samarinda, dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.
6. perhitungan komposisi campuran beton menggunakan metode DOE (*Departement Of Environment*).
7. benda uji berupa silinder berukuran tinggi 300 mm dengan diameter 150 mm.
8. jumlah benda uji yang digunakan 3 buah untuk setiap variasi pada pengujian kuat tekan umur 7 hari dan 5 buah untuk setiap variasi pengujian kuat tekan dan kuat tarik umur 28 hari.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang rekatkan oleh bahan-ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Singkatnya pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain. Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus. Penerapan ini memberikan bayangan bahwa harus ada perbandingan optimal antara agregat campuran yang bentuknya berbeda-beda agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material.(R. Sagel, P. Kole & Gideon kusuma, 1993)

Pengertian beton menurut PUBI 1982 adalah bahan yang diperoleh dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen Portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu.

Menurut Edward G. Nawy (1986) beton merupakan bahan yang tidak homogen, maka perlu adanya modifikasi pendekatan dari prinsip-prinsip dasar perancangan struktural. Hal ini dimungkinkan karena beton dapat dengan mudah dibentuk dengan cara menempatkan campuran yang masih basah ke dalam cetakan beton sampai terjadi pengerasan beton. Jika berbagai unsur pembentuk beton tersebut dirancang dengan baik, maka hasilnya adalah bahan yang kuat dan tahan lama.

Tjokrodimuljo (1996) menyatakan bahwa secara umum bahan penyusun beton dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Bahan yang bersifat pasif adalah agregat yang meliputi agregat kasar dan agregat halus yang merupakan bahan pengisi, sedangkan bahan aktif meliputi air dan semen yang merupakan bahan pengikat.

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Pada umumnya, beton

mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75% (Mulyono, 2004).

Dalam perkembangan beton diinginnkan memiliki sifat-sifat khusus sesuai dengan tujuan pemakaian, beton-beton ini menurut Tjokrodimuljo (1996) misalnya beton ringan, beton massa, beton serat (*fibre concrete*), beton siklop dan sebagainya. Beton ringan merupakan beton yang memiliki berat kurang dari 1800 kg/m^3, yang diperoleh dengan cara membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan semen, dengan menggunakan agregat ringan ataupun dengan cara membuat beton tanpa menggunakan agregat halus (beton non pasir). Beton massa adalah beton yang dituangkan dalam volume yang besar atau perbandingan antara volume dan luas permukaan yang besar. Beton ini biasanya dibut untuk fondasi besar, pilar, bendungan dan sebagainya. Beton serat (*fibre concrete*) merupakan beton yang diperoleh denganc ara menambahkan serat pada bahan dasar beton normal. Bahan serat yang digunakan berupa serat asbeton, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*) ataupun potongan kawat baja. Beton siklop merupakan beton yang dibuat dengan menggunakan agregat yang relative besar. Ukuran agregat kasar dapat sampai 20 cm, namun proporsi agregat yang berukuran besar tidak lebih dari 20 % agregat seluruhnya. Beton ini digunakan pada pembuatan pangkal jembatan, bendungan dan sebagainya.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah : (Mulyono, 2004)

1. kualitas semen.
2. proporsi semen terhadap campuran.
3. kekuatan dan kebersihan agregat.
4. interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat.
5. pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
6. penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton.
7. perawatan beton.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 1996)

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton dikerjakan tetapi mengurangi kekuatan tekannya.
2. penambahan semen kedalam campuran juga memudahkan cara pengerjaannya. karena pasti diikuti dengan bertambahnya air untuk memperoleh nilai factor air semen (fas) tetap.
3. gradasi campuran pasir dan kerikil mewngikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan. sehingga adukan beton mudah dikerjakan.
4. pemakaian butir-butir yang bulat mempengaruhi cara pengerjaan dan kekuatan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan.
6. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila dilakukan dengan alat penggetar. maka diperlukan tingkat keenceran yang berbeda. sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit dari pada juka dipadatkan dengan tangan.

2.2 Literatur yang Menunjang Penelitian

Beton terbuat dari bahan semen Portland. air. agregat (agregat kasar dan halus). dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambahan pembentuk massa padat (SK SNI T-15-03. 1990).

Tjokrodimuljo (1992) semakin sedikit pori-pori beton maka kuat tekannnya makin tinggi.

Wahyudi dan Syahril (1997). mengemukakan bahwa kekuatan beton juga dipengaruhi oleh kualitas agregat. proporsi campuran. serta kebersihan air dan agregatnya. Oleh karena itu. selain harus memiliki kekuatan dan daya tahan baik. butir agregat disyaratkan harus bersih dari lumpur atau material organik lainnya yang dapat mengurangi kekuatan beton.

Tjokrodimuljo (1992) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sifat agregat yaitu kekasaran dan ukuran maksimum agregat tersebut. pada pemakaian ukuran butiran maksimum lebih

besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti semakin sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi.

Mulyono (2004) menyatakan bahwa ada tiga kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton, yaitu : 1) memenuhi kriteria konstruksi yaitu dapat dengan mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomis, 2) kekuatan tekan, dan 3) durabilitas atau keawetan.

Wang dan Salmon (1993), menyatakan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh pengaturan dan perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton.

2.3 Penelitian Sejenis

Penelitian ini juga mengacu pada penelitian sejenis yang telah dilaksanakan sebagai tinjauan pustaka, dengan objek penelitian yang berbeda, yaitu :

1. Penelitian Ismeddyanto (1998)

   Penelitian ini mempuyai judul " Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*) untuk Bata Beton". Hasil pengujian menunjukan bahwa isian serbuk gergaji sebagai substitusi pasir akan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan berat satuan bata beton, akan tetapi nilai daya serap airnya akan meningkat. Bata beton 1 : 5 (dengan konsentrasi serbuk gergaji lebih besar 50%), 1 : 6 (dengan konsentrasi serbuk gergaji lebih besar 40%) dan 1 : 7 (dengan konsentrasi serbuk gergaji lebih besar 40%) memiliki berat satuan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan batu bata.

2. Penelitian Muhammad Al Faqurahman Isa (2002)

   Penelitian ini mempunyai judul "Pemanfaatan Serutan Kayu Jati untuk Bahan Mortal". Penelitian ini menggunakan komposisi campuran semen-agregat (pasir dan serutan kayu) dalam perbandingan volume

adalah 1 : 7, dengan volume satuan kayu sebagai substitusi pasir di dalam adukan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukan bahwa penggunahan bahan isian serutan kayu sebagai substitusi pasir secara umum akan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan dan berat satuan mortal dengan daya serap yang meningkat.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Kekuatan Beton

Sifat paling penting dari beton pada umumnya adalah kekuatannya. Kekuatan bahan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu perbandingan air dan semen (Fas), kepadatan, sifat agregat, umur beton, jenis semen serta jumlah semen (Tjokrodimuljo, 1996).

3.1.1 Faktor Air Semen dan Kepadatan

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai pada waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 persen dari berat semennya. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih porous (berpori) (Tjokrodimuljo, 1996).

Beton yang mempunyai faktor air-semen minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik (Murdock dan Brook, 1986).

Faktor air semen (fas) dapat dituliskan :

$$Fas = \frac{w}{c} \qquad (3.1)$$

dimana : w = berat air bebas dalam campuran

c = berat semen dalam campuran

Hubungan antara faktor air seman dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 sebagai berikut :

$$f'c = \frac{A}{B^{1.5x}} \qquad (3.2)$$

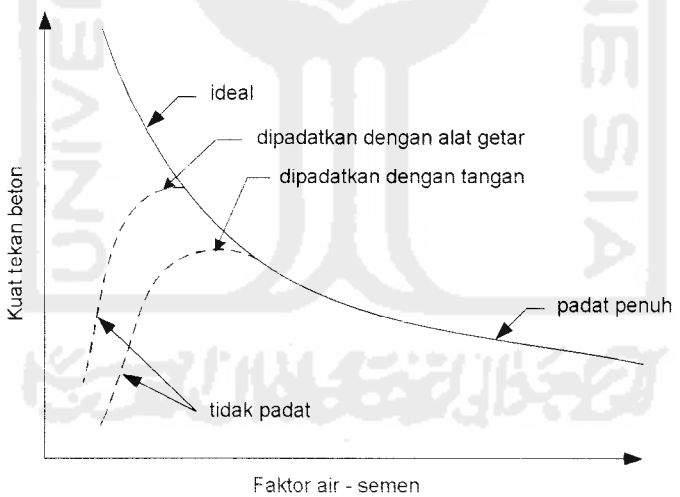
dimana : f'c = kuat tekan

x = faktor air semen

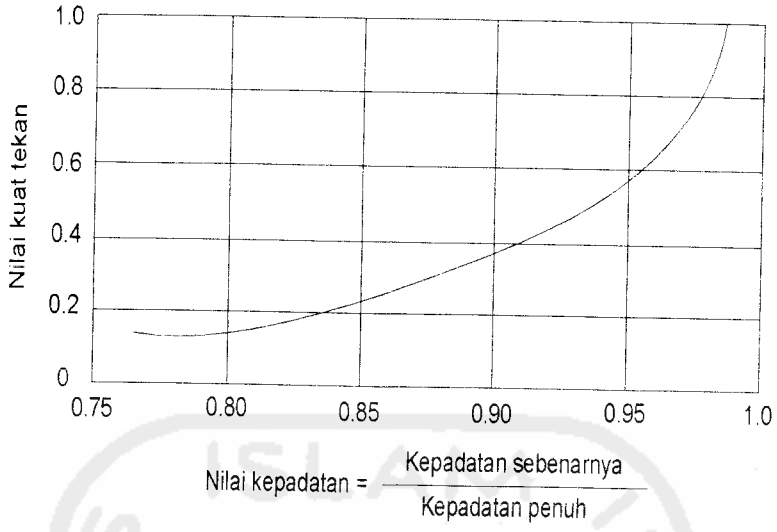
A,B = Konstanta

Rumus diatas menunjukan bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen, kuat tekan beton semakin rendah pula seperti yang ditunjukan Gambar 3.1, hal ini karena jika faktor air semen terlalu rendah, adukan beton sulit dipadatkan.

Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan betonnya setelah mengeras. Adanya pori-pori udara yang terjebak ini akan mengurangi kuat tekan beton seperti yang ditujukan pada Gambar 3.2. Adanya pori udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat tekan sampai 35%, dan pori udara sebanyak 10% dapat mengurangi kuat tekan betonya sampai 60% (Tjokrodimuljo, 1996).



Gambar 3.1. Hubungan antara f.a.s. dengan kuat tekan beton
(Neville & Brooks, 1987, dalam Tjokrodimuljo, 1996)



Gambar 3.2. Hubungan antara kepadatan dengan kuat tekan beton (Gambhir, 1986, dalam Tjokrodimuljo, 1996)

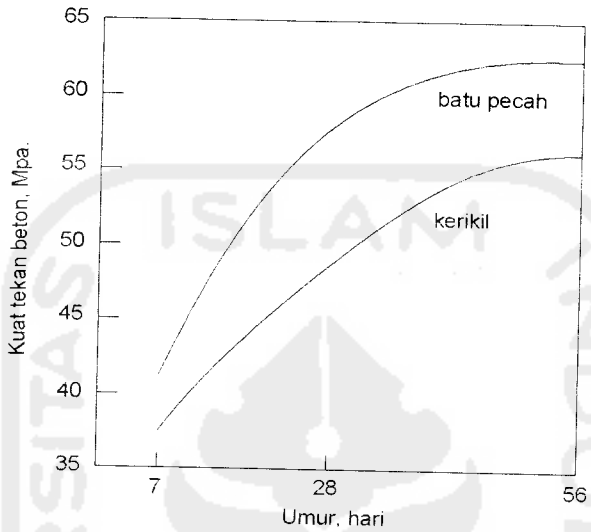
3.1.2 Sifat Agregat

Kekuatan beton tidak lebih tinggi daripada kekuatan agregatnya. Oleh karena itu sepanjang kuat tekan agregat lebih tinggi daripada beton yang dibuat dari agregat tersebut maka agregat tersebut masih dianggap cukup kuat. Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah permukaan dan bentuk agregat, gradasi serta ukuran butir maksimum. Suatu agregat dengan permukaan berpori dan kasar lebih disuka dari pada agregat dengan permukaan yang halus (Tjokrodimuljo, 1996).

Butir-butir agregat yang mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume porinya akan besar. Sebaliknya jika ukuran-ukuran butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar. Sehingga pori-porinya menjadi sedikit, kemampatannya tinggi dan kuat tekannya akan lebih tinggi pula (Tjokrodimuljo, 1996).

Ukuran butir agregat juga akan mempengaruhi kekuatan beton. Ukuran butir agregat yang lebih besar memerlukan pasta yang lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirnya karena pori-pori beton berada pada pasta maka

semakin sedikit pula pori-pori betonnya sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan dan pastanya kurang kuat (Tjokrodimuljo, 1996).



Gambar 3.3. Pengaruh jenis agregat terhadap kuat tekan beton (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996)

Dari grafik terlihat bahwa permukaan halus pada kerikil dan kasar pada batu pecah akan sangat berpengaruh pada bentuk kurva tegangan-regangan beton terhadap kekuatan betonnya (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996).

3.1.3 Jenis Semen

Semen pada dasarnya terdiri dari empat unsur pokok, yaitu trikalsium silikat, dikalsium silikat, trikalsium aluminat dan tetrakalsium aluminoferit. Variasi persentasi dari unsur-unsur di atas dapat digunakan untuk membuat semen dengan jenis yang berbeda-beda dan memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap beton yang dihasilkan.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portlan di Indonesia (SII 0013-81) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

Jenis I Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus yang disyaratakan pada jenis-jenis lain.

Jenis II Semen Portland yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidri sedang.

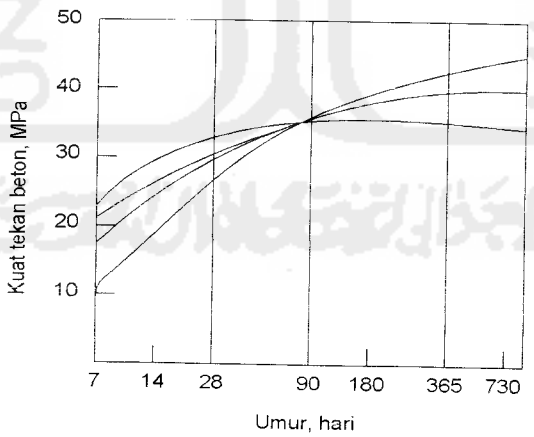
Jenis III Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

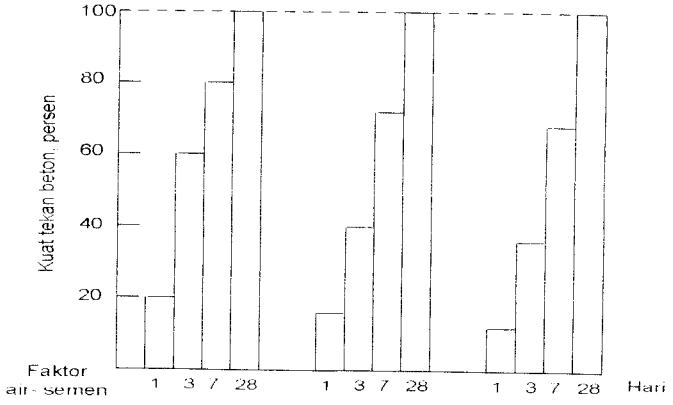
Jenis V Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.1.4 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton, yang ditunjukan pada Gambar 3.4. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton ini dipengaruhi juga oleh faktor air semen (*fas*). Semakin tinggi nilai faktor air semen kenaikan kuat tekan beton akan semakin lambat dan sebaliknya semakin rendah nilai faktor air semen kenaikan kuat tekan betonnya akan semakin cepat seperti terlihat pada Gambar 3.5.



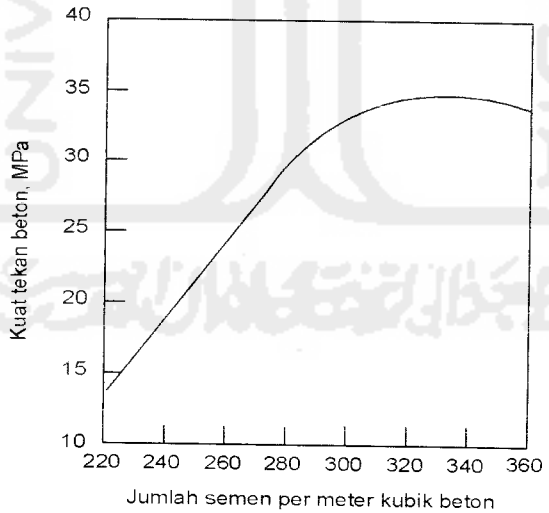
Gambar 3.4. Hubungan umur beton dengan kuat tekan beton pada berbagai jenis semen (Tjokrodimuljo, 1996)



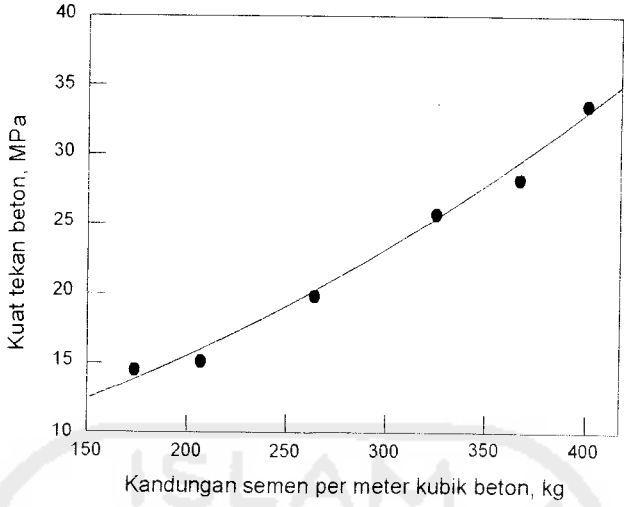
Gambar 3.5. Pengaruh faktor air – semen terhadap laju kenaikan kuat tekan pada beton (Tjokrodimuljo, 1996)

3.1.5 Jumlah Semen

Pengaruh jumlah semen pada kuat tekan beton didasarkan pada dua hal, yaitu faktor air semen dan nilai slump. Jika faktor air semen sama, nilai slump berubah beton dengan kecenderungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tinggi. Jika nilai slump sama, nilai fakor air semen berubah beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi sebagaimana pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton Pada faktor air-semen sama (Tjokrodimuljo, 1996)



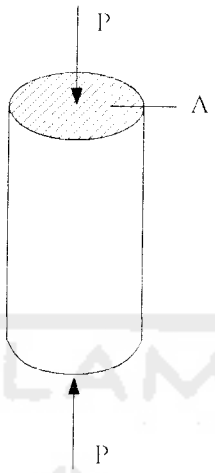
Gambar 3.7. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada nilai slamp 75 – 100 mm (Tjokrodimuljo, 1996)

3.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton terutama dipengaruhi oleh besar kecilnya perbandingan air semen (fas). Disamping itu kuat tekan beton juga dipengaruhi antara lain oleh mutu bahan yang digunakan, cara pelaksanaan, dan cara pemeliharaan. Menurut Dipohusodo (1994) kuat tekan beton dinotasikan dengan f'c yaitu tegangan tekan maksimum yang didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton hingga hancur, seperti pada Gambar 3.8.

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji sempel atau benda uji. Nilai uji yang diperoleh dari setiap benda uji akan berbeda, karena beton merupakan material heterogen yang kekuatannya dipengaruhi oleh proporsi campuran, bentuk dan ukuran, kecepatan pembebanan, dan oleh kondisi lingkungan pada saat pengujian. Oleh karena itu, metode statistik diperlukan untuk menentukan kekuatan karakteristik beton (fc'), yang didefinisikan sebagai kekuatan tekan beton yang dilampaui oleh paling sedikit 95% dari benda uji. Nilai fc' adalah kekuatan tekan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan panjang 300 mm, pengujian standarnya didasarkan atas kekuatan beton umur 28 hari,

sebagaimana ditetapkan dalam SNI T-15-1991 (L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim. 1997).



Gambar 3.8 Perilaku beban tekan terhadap benda uji

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} \tag{3.3}$$

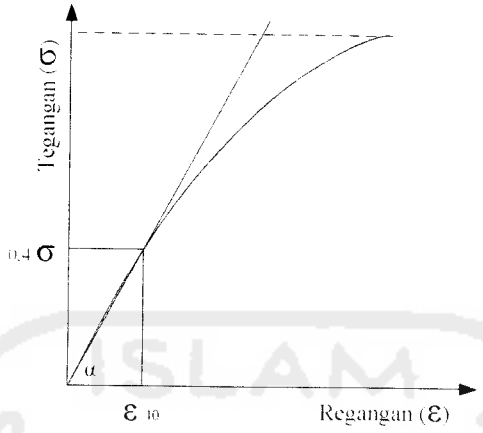
dengan σ_{tk} = kuat tekan beton (kg/cm^2)
P = beban maksimum (kg)
A = luas beban tekan (cm^2)

3.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar $0,4.f'c$), modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis, seperti pada Gambar 3.9.

Menurut Murdock dan Brook (1986), tolok ukur yang umum dari sifat suatu bahan adalah modulus elastis, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan tersebut. Beton merupakan bahan yang bukan benar-benar

elastis. Kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga modulus elastis yang lebih tinggi juga.



Gambar 3.9 Modulus elastisitas beton (E_c)

Modulus elastisitas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

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

dengan E_c = Modulus elastisitas

σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

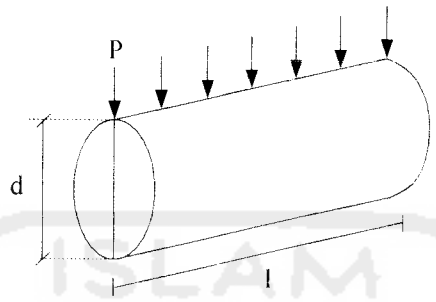
SK SNI 03-XXX-2002 menetapkan nilai modulus Ec, ini sebagai nilai variabel yang tergantung dari mutu beton, dan dirumuskan sebagai :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad \text{(MPa)} \qquad (3.5)$$

3.4 Kuat Tarik Beton

Kekuatan tarik beton jauh lebih rendah dari kekuatan tekannya. Kuat tarik beton berkisar seperdelapan belas kuat desak pada waktu umurnya masih muda dan berkisar seperduapuluh sesudahnya. Kuat tarik merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu (Murdock dan Brook, 1986).

Wahyudi dan Syahril (1997), menyatakan bahwa kekuatan tarik beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya, sehingga dalam analisis atau desain kekuatan tarik beton diabaikan dan beton dianggap hanya dapat menahan gaya tekan.



Gambar 3.10 Perilaku beban tarik terhadap benda uji

Kuat tarik beton dihitung berdasarkan formula *Medhot for Determation of Tensile Splitting* (*British Standard Institution*, 1983) dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{tr} = \frac{2P}{\pi l d} \qquad (3.6)$$

dimana σ_{tr} = kuat tarik beton (kg/cm^2)
P = beban maksimum (kg)
l = tinggi silinder (cm)
d = diameter silinder (cm)

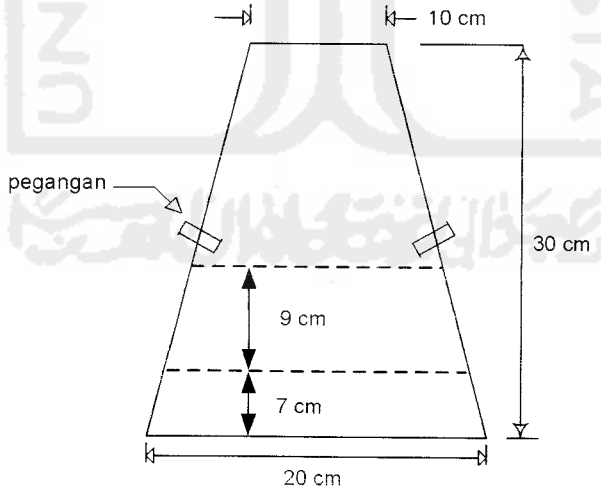
3.5 *Slump*

Slump adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu campuran 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 (Tjokrodimuljo, 1992). Nilai *slump* untuk berbagai macam struktur dapat di lihat pada **Tabel 3.1** sebagai berikut.

Tabel 3.1 Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen atau struktur (Kardiyono, 1992)

Pemakain jenis elemen atau struktur	Maks. (cm)	Min. (cm)
• Dinding, plat pondasi dam pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
• Pondasi telapak tidak bertulang dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
• Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
• Perkerasan jalan	7,5	5,0
• Pembetonan masal	7,5	2,5

Pengujian *slump* dirancang di Amerika dan dipakai secara luas sebagai alat pemerikasa konsistensi beton di lapangan. Pengujian *slump* menggunakan alat berupa corong dengan tinggi 300 mm, diameter dasar 200 mm dan diameter atas 100 mm seperti pada Gambar 3.11. Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga fareasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Bila nilai *slump* sama akan tetapi nilai fas berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Tjokrodimuljo, 1996)



Gambar 3.11 Corong Konus

3.6 Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan. Perbandingan bahan maupun sifat bahan secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan (keenceran) adukan beton, makin cair adukan makin mudah pengerjaannya.

Adukan dengan tingkat kelecakan yang tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *bleeding*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air.

Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992)

1. air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan *mix design*.
2. pasir yang dipakai memiliki bentuk yang seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang digunakan.

Defenisi workabilitas meliputi tiga sifat secara terpisah yaitu kompatibilitas, mobilitas dan stabilitas (Murdock, 1986 dalam Ismeddiyanto, 1998). Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan antara lain (Tjokrodimuljo, 1996) :

1. jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Makin banyak air dipakai makin mudah beton segar itu dikerjakan.
2. penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai f.a.s 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 batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.

5. pemakaian butir maksimum keikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
6. cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit dari pada jika dipadatkan dengan tangan.

3.7 Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen Portland adalah 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 dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesive maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsiu karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengadung alumina) dengan perbandingan tertentu. Bahan–bahan tersebut dibakar dengan suhu 1550 ^{o}C dan menjadi klinker. Kemudian didinginkan dan dihaluskan menjadi bubuk. Pada campuran ini umumnya ditambahkan lagi gibs atau kalsium sulfat ($CaSO_4$) kira-kira 2 – 4 % sebagai bahan pengontrol waktu ikat. Bahan-bahan lain juga ditambahkan untuk membuat semen dengan sifat-sifat khusus (Tjokrodimuljo, 1996)

Sifat-sifat semen tergantung dari bahan kimia penyusunnya. Bila ditinjau dari susunan oksida semen Portland, maka bahan dasar semen terdiri dari kapur(CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan besi (Fe_2O_3). Karena umumnya bahan dasar semen diambil dari alam (batu kapur dan tanah liat), maka oksida lain yang tidak penting harus dibatasi (Tjokrodimuljo, 1996)

Menurut Tjokrodimuljo, 1992, Pada dasarnya unsur-unsur tersebut dapat dibagi menjadi empat unsur yang penting, yaitu:

1) Trikalsium silikat, $3CaO.SiO_2$ atau (C_3S)

2) Dikalsium silikat, $2CaO.SiO_2$ atau (C_2S)

3) Trikalsium aluminat, $3CaO.Al_2O_3$ atau (C_3A) dan

4) Tetrakalsium aluminoferit, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ atau (C_4AF)

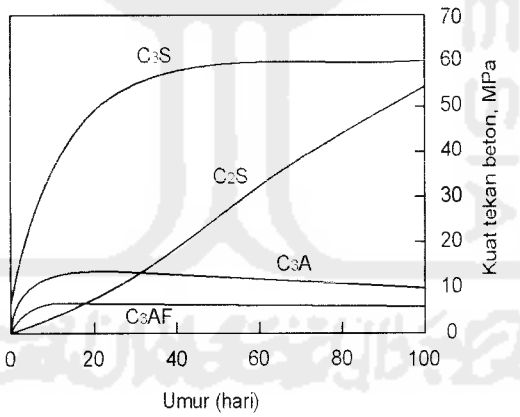
Dua unsur pertama (1 dan 2) biasanya merupakan 70 sampai 80 persen dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah umur 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia (chemical attack) dan juga mengurangi besar susutan pengeringan. Kedua unsur pertama ini membutuhkan air berturut-turut sekitar 24 dan 21 persen beratnya untuk terjadinya reaksi kimia, namun C_3S membebaskan kalsium hidroksida saat hidrasi sebanyak hampir 3 kali dari yang dibebaskan oleh C_2S. Maka dari itu, jika C_3S mempunyai persentase yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang cepat pada pembentukan kekuatan awalnya disertai suatu panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya, persentase C_2S yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang sedikit, dan ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik.

Unsur C_3A (unsur ketiga) berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C_3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 persen dari beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C_3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10 persen akan kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C_2A terlalu banyak (maksimum 5% saja). Semen yang terkena asam sulfat (SO_4) didalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C_3A yang bereaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada betonnya.

Unsur yang keempat yaitu C_4Af kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton. Kontribusi senyawa-senyawa utama semen ini terhadap kekuatan ditunjukan pada Gambar 3.12 (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996).

Hidrasi semen adalah proses bereaksinya silikat dan aluminat pada semen dengan air media perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras.

Bila semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung dalam arah kedalam dan keluar butiran (inti) semen. Hasil hidrasi mengendap dibagian luar, sedangkan inti semen yang belum terhidrasi dibagian luar secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Hasil utama dari proses hidrasi adalah $C_3S_2H_3$ yang biasa disebut *tobermotite* yang berbentuk gel. Panas juga keluar selama proses hidrasi (panas hidrasi). Proses hidrasi butir-butir semen berlangsung sangat lambat. Bila masih dimungkinkan penambahan air masih diperlukan oleh bagian dalam dari butir-butir semen (terutama yang berbutir besar), untuk menyempurnakan proses hidrasi (Tjokrodimuljo, 1996).



Gambar 3.12 Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Mindess, 1981, dalam Tjokrodimuljo, 1996)

Dari gerafik terlihat bahwa :

1. C_3S pengaruhnya sangat besar terhadap pengerasan terutama pada umur kurang dari 14 hari

2. C_2S pengaruhnya kontinyu (naik secara konstan)
3. C_3A berpengaruh pada umur kurang dari 20 hari
4. C_3AF pengaruhnya relatif kecil di bandingkan dengan senyawa lainnya

Faktor – faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikat semen adalah (Tjokrodimuljo, 1992)

1. kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya
2. jumlah air, pengikatan semen akan semakin cepat bila jumlah air berkurang
3. temperatur, waktu pengikatan akan semakin cepat bila suhu udara di sekeliling tinggi
4. penambahan zat kimia tertentu

3.8 Agregat Halus (pasir)

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengsi dalam campuran mortar atau beton. Agregat kira-kira menempati sekitar 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat motar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,60 mm 0,30 mm dan 0,15 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Secara umum agregar halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh secara langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu (Tjokrodimuljo, 1996).

Pasir beton adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm.

Selain ditentukan oleh bahan penyusunnya kekuatan mortar atau beton juga ditentukan oleh gradasi agregat. Gradasi agregat didefinisikan sebagai distribusi ukuran butir agregat yang biasanya dianalisa dengan suatu susunan

ayakan. Besar persentase suatu fraksi agregat tertentu menyatakan besar volume butir fraksi tersebut. Oleh karena itu nilai persentase sebaiknya dalam volume padat, terutama jika berat jenis butir-butir agregat tidak sama. Bila berat jenis butir-butirnya tidak berbeda jauh maka nilai persentase fraksi tersebut dapat dinyatakan dalam berat, akan tetapi karena umumnya berat jenis agregat sama dan persentase dengan berat mudah dilaksanakan maka digunakan persentase berat. Agregat mempunyai gradasi yang baik jika distribusi butirnya beragam, sehingga memiliki volume pori yang kecil. Hal ini terjadi karena pori-pori diantara butiran yang sama besar diisi oleh butiran yang lebih kecil. Sebaliknya apabila butiran agregat memiliki butiran yang seragam maka volume porinya akan besar, sehingga akan memiliki kekuatan yang rendah.

Selain gradasi, pada agregat juga dikenal suatu indeks yang dipakai untuk menggambarkan ukuran kehalusan atau kekasaran butiran agregat. Indeks tersebut dikenal sebagai modulus halus butir (mhb), yang didefinisikan sebagai jumlah komulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Makin besar nilai modulus butir suatu agregat, menunjukan semakin besar atau kasar ukuran butiran-butiran agregatnya, sebaliknya jika modulus halus butirnya kecil, menjukan semakin kecil atau halus butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir memiliki modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8.

Menurut peraturan di Inggris (British Standart) yang juga dipakai di Indonesia saat ini (dalam SK-SNI-T-15-1990-03) kekerasan pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak kasar, dan kasar, sebagaimana tampak pada **Tabel 3.2.**

Tabel 3.2 Batas-batas gradasi untuk agregat halus

(Tjokrodimuljo, 1996)

Lubang ayakan (mm)	Presentase berat butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	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 – 10

Keterangan : Daerah I = pasir kasar

Daerah II = pasir agak kasar

Daerah III = pasir agak halus

Daerah IV = pasir halus

3.9 Air

Air merupakan komponen bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi. Yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1986).

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 20 – 30 % berat semen. Tetapi dengan faktor air semen yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun (Tjokrodimuljo, 1992).

Dalam pemakain air sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992).

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.

2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. tidak mengandung clorida (Cl_2) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton (Mulyono, 2004).

3.10 Serbuk Kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri T.et.B*)

Kayu ulin memiliki nama botani *Eusideroxylon Zwageri T.et.B*, dan merupakan famili *Lauraceae*. Nama lain dari kayu ulin adalah kayu besi, tetapi berbeda dari kayu besi yang ada di Sumatra. Kayu ulin apabila direndam air kekuatannya akan semakin kuat, terutama pada air asin/air laut. Kayu ulin juga merupakan salah satu jenis kayu terbaik di dunia

Ciri-ciri umum dari kayu ulin adalah sebagai berikut (Martawijaya, Kartasujana dan Mardang, 1989) :

1. warna , kayu teras berwarna coklat-kuning, lambat laun menjadi coklat-hitam. Kayu gubal berwarna coklat-kuning muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, tebal 1 – 5 cm, umumnya 3 cm.
2. tekstur, agak keras sampai kasar dan merata.
3. arah serat, lurus atau kadang-kadang berpadu.
4. kesan raba, permukaan kayu licin atau agak licin.
5. kilap, permukaan kayu mengkilap sampai mengkilap.
6. gambar, pada bidang radial tampak semar-semar berselang seling jalur-jalur warna gelap dan agak terang.
7. bau, kayu yang masih segar berbau asam yang lambat laun menghilang atau agak asam menyerupai bau kayu cedar.

Kekuatan kayu ulin sangat dipengaruhi oleh karakteristik atau sifat kayunya. Ada beberapa sifat pembentuk karakteristik kekuatan kayu ulin seperti sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Sifat fisis kayu ulin dapat dilihat dari

berat jenis dan kelas kuatnya, yaitu 1.04 (0.88 – 1.19) : I dan penyusutannya yang mencapai kering tanur 4.2 % (R) dan 8.3 % (T) (Martawijaya, Kartasujana dan Mardang, 1989).

Sifat kimia kayu yang harus diperhatikan adalah kandungan ekstraktifnya. Istilah ekstraktif kayu meliputi sejumlah besar senyawa yang berbeda yang dapat diekstraksi dari kayu dengan menggunakan pelarut poler dan non-poler. Dalam arti yang sempit ekstraktif merupakan senyawa-senyawa yang larut dalam pelarut organik. Kandungan ekstraktif kayu ulin dapat di lihat pada **Tabel 3.3.** Ekstraktif merupakan bahan dasar yang berharga untuk pembuatan bahan-bahan kimia organik dan memainkan peranan penting dalam proses pembuatan pilp dan kertas. Pengerasan semen akan terhambat apabila bahan baku kayu yang berupa serutan kayu mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi. Agar proses pengerasan semen tidak terhambat maksimum kandungan ekstraktif pada kayu adalah 1 % gula, 2 % tanin atau 3 % minyak (Kamil, 1970 dalam ismeddiyanto, 1998). Usaha untuk mengurangi kadar ekstraktif kayu adalah dengan merendam serutan kayu ke dalam air panas ataupun dingin.

Tabel 3.3 Kandungan ekstraktif kayu ulin

Kadar	%	Kelarutan	%
Selulosa	58.1	Alkohol benzena	5.2
Lignin	28.9	Air dingin	2.9
Pentosan	12.7	Air panas	6.8
Silika	1.0	NaOH 1 %	18.2

Pada penelitian ini, serbuk kayu ulin yang digunakan adalah hasil ketaman yang menggunakan ketam listrik. Pertimbangan dari penggunaan serbuk kayu ulin hasil ketaman sebagai bahan tambah dalam campuran beton adalah pemanfaatan limbah serbuk ini belum dikelolah secara maksimal dan untuk mengurangi dampak negatif dari limbah serbuk ini terhadap lingkungan.

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Metodologi Penelian

Metodologi penelitian adalah suatu urutan atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir.

4.2 Bahan dan Alat yang Digunakan

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian beserta penjelasannya akan diuraikan dibawah ini.

1. Semen Portland

   Semen sebagai bahan pengikat adukan beton digunakan semen Portland tipe I merk Gresik dalam kemasan 40 kg.

2. Pasir

   Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang berasal dari Kali Boyong, Sleman, Jogjakarta yang berdiameter lolos saringan 4,80 mm.

3. Air

   Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Serbuk kayu ulin

   Serbuk kayu ulin yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari industri rumah tangga di Samarinda.

4.2.2 Alat-alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian dan penjelasan singkat tentang kegunaannya akan diuraikan dibawah ini.

1. Ayakan

   Alat ini digunakan untuk menyaring agregat

2. Timbangan

   Timbangan dipakai untuk mengukur berat bahan penyusun beton.

3. Mistar dan kaliper

   Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur benda uji dan mistar digunakan juga untuk mengukur penurunan nilai *slump* yang terjadi.

4. Gelas ukur

   Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen.

5. Kerucut Abrams

   Kerucut ini digunakan untuk pengujian *slump*.

6. Cetok, talam baja dan ember

   Cetok digunakan sebagai alat untuk memasukan benda uji kedalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Talam digunakan sebagai alas pengujian *slam* dan menampung adukan beton. Ember digunakan sebagai wadah pengambil dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.

7. Cetakan benda uji

   Cetakan benda uji terbuat dari pelat baja. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinngi 300 mm. Cetakan benda uji ini mempunyai baut pada sisi luarnya, sehingga memudahkan pelepasannya.

8. Molen atau pengaduk beton

   Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga menjadi adukan beton yang homogen. Mesin ini digerakan dengan generator listrik.

9. Oven

   Oven digunakan untuk memanaskan/mengeringkan agregat dan serutan kayu ulin.

10. Mesin uji desak beton

Mesin ini digunakan untuk pengujian kuat desak beton.

4.3 Langkah – langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Adapun tahap-tahap pelaksanaan penelitian meliputi tahap persiapan, tahap perhitungan kebutuhan bahan susun adukan beton, tahap pembuatan benda uji, tahap perawatan dan pelaksanaan pengujian.

4.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan dan alat yang akan digunakan, kemudian dilakukan beberapa pemeriksaan bahan. Persiapan dan pemeriksaan bahan yang meliputi :

1. pemeriksaan terhadap serutan kayu ulin, yang dimulai dengan membersihkan serutan kayu ulin dari potongan-potongan kayu, dedaunan dan kotoran-kotoran lainnya, kemudian direndam kedalam air dingin selama 24 jam. Serutan kayu ulin kemudian ditiriskan dan diangin-anginkan sampai kondisi jenuh air. Setelah jenuh air serutan kayu ulin dimasukan ke dalam karung supaya tetap dalam keadaan baik dan kadar airnya tetap konstan
2. persiapan bahan pasir yang akan digunakan yaitu dengan mengayak pasir uji melalui lubang ayakan 5 mm, selanjutnya pasir dikondisikan dalam keadaan SSD (Saturated Surface Dry)/jenuh kering muka. Pasir SSD tersebut selanjutnya disimpan untuk digunakan pada tahap pengujian berikutnya.

4.3.2 Pegujian Sifat-sifat Pasir

Sifat-sifat pasir yang diuji antara lain adalah gradasi, kandungan lumpur, dan berat jenis. Langkah-langkah pengujian sifat-sifat pasir ini secara garis besar adalah seperti yang diuraikan sebagai berikut:

1. Pemeriksaan gradasi pasir

   Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran pasir (gradasi pasir) untuk kemudian pasir tersebut dikelompokan menurut jenisnya (pasir kasar, agak halus, halus). Pelaksanaan ini adalah sebagai berikut:

   1. pasir yang akan diuji dikeringkan dalam oven dengan suhu 110° C sampai mencapai berat yang konstan (± 1 hari)
   2. ayakan disusun menurut urutan ukurannya, dengan ukuran terbesar diletakkan berada paling atas, yaitu 4.8 mm; 0.6 mm; 0.3 mm; 0.15 mm.
   3. pasir uji diletakkan di dalam ayakan teratas, kemudian digetarkan selama 15 menit dengan mesin pengayak/penggetar.
   4. pasir yang tertinggal di atas tiap-tiap ayakan ditimbang beratnya.
   5. dihitung prosentase jumlah butir yang tertinggal atau yang lewat pada masing-masing ayakan sehingga dapat digambar grafik distribusi ukuran agregat.

2. Pemeriksaan kandungan lumpur

   Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan ayakan nomor 200 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

   1. pasir dalam keadaan kering oven ditimbang hingga didapat berat pasir 500 gram.
   2. pasir tersebut selanjutnya dicuci dengan air bersih dalam saringan no.200
   3. pasir yang tertunggal dalam saringan dipindahkan ke atas piring, kemudian dimasukan ke dalam oven.
   4. setelah 24 jam, pasir dikeluarkan dari oven kemudian ditimbang beratnya.
   5. kandungan lumpur pasir dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \qquad (4.1)$$

dimana: B_1 = berat pasir kering oven (gram)

B_2 = berat pasir setelah dicuci (gram)

3. Pemeriksaan berat satuan pasir

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan dan dilaksanakan dalam keadaan tidak padat, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. berat bejana ditimbang.
2. pasir uji dalam kondisi SSD dimasukan dalam bejana sampai penuh.
3. permukaan atas pasir diratakan hingga rata dengan permukaan bejana dengan menggunakan mistar perata.
4. bejana berisi pasir tersebut selanjutnya ditimbang.
5. berat satuan pasir dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Berat satuan} = \frac{B_2 - B_1}{V_B} \ (\text{gr/cm}^3) \qquad (4.2)$$

dimana : B_1 = berat bejana kosong (gr)

B_2 = berat bejana berisi pasir (gr)

V_B = Volume bejana (cm^3)

4. Pemeriksaan berat jenis

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis adalah sebagai berikut:

1. pasir dikeringkan di dalam oven dengan suhu 110° C selama 24 jam
2. pasir direndam dalam air ±24 jam
3. air perendam dibuang dengan hati-hati agar butirn pasir tidak ikut terbuang. Pasir dibiarkan di atas tempatnya dan diangin-anginkan hingga kondisi SSD

4. pasir tersebut sselanjutnya dimasukan ke dalam piknometer sebanyak 500 gr, kemudian dimasukkan air ke dalam piknometer. Piknometer dikocok-kocok untuk mengeluarkan gelembung udara.
5. air ditambahkan, hingga piknometer penuh kemudian setelah gelembung udara keluar/habis, piknometer beisi pasir dan air tersebut ditimbang.
6. pasir dikeluarkan, kemudian piknometer berisi air ditimbang, sedangkan pasir yang dikeluarkan dimasukan di dalam oven.
7. setelah ± 24 jam, pasir dikeluarkan dari dalam oven dan setelah dingin ditimbang.
8. berat jenis pasir dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{B_2}{B_3 + B_0 - B_1} \ (\text{gr/cm}^3) \qquad (4.3)$$

dimana : B_0 = berat pasir SSD (gr)

B_1 = berat piknometer berisi pasir dan air (gr)

B_2 = berat pasir kering tunggku (gr)

B_3 = berat piknometer berisi air (gr)

5. Pemeriksaan kadar air pasir

Langkah-langkah pemeriksaan kadar air pasir adalah sebagai berikut :

1. diambil pasir jenuh kering muka/SSD sebanyak 500 gram.
2. selanjutnya pasir tersebut dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya konstan (selama ±24 jam).
3. setelah dikeluarkan dari oven dan didinginkan, selanjutnya pasir tersebut ditimbang.
4. kadar air pasir dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Kadar pasir} = \frac{B_1 - B_2}{B_2} \times 100\% \qquad (4.4)$$

Dimana : B_1 = berat pasir mula-mula/SSD (gr)

B_2 = berat pasir kering (gr)

4.3.3 Ukuran dan Jumlah Benda Uji

Benda uji kuat tekan berupa silinder beton dengan ukuran 150 mm x 300 mm. Masing-masing variasi campuran dibuat 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan umur 7 hari dan 5 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik umur 28 hari sehingga jumlah benda uji keseluruhanya adalah 65 buah.

4.3.4 Pembuatan Benda Uji

1. Penyiapan bahan-bahan susun beton

   Penyiapan bahan-bahan susun beton meliputi penimbangan pasir, semen, serutan kayu ulin dan air sesuai dengan kebutuhan yang telah direncanakan. Pasir yang akan ditimbang harus dalam keadaan kondisi jenuh kering muka, tujuannnya adalah agar pasir tidak lagi menyerap air atau menambah air dalam adukan. Untuk mengetahui kondisi pasir trersebut SSD atau tidak, maka dilakukan pengujian yang menggunakan kecurut Abrams, dilakukan dengan cara memasukan pasir dalam kerucu, kemudian dipadatkan dengan 25 pukulan jatuh bebas, selanjutnya kerucut Abrams diangkat. Bila pasir runtuh dan membentuk kerucut lancip, berarti pasir tersebut sudah dalam kondisi SSD.

2. Pengadukan bahan-bahan susun

   Pasir, semen, serutan kayu ulin setelah ditimbang selanjutnya dimasukan ke dalam mesin pengaduk. Bahan-bahan susun tersebut dimasukan dengan kondisi mesin berputar, kemudian biarkan dahulu bahan-bahan tersebut tercampur hingga rata. Bila adukan telah homogen, selanjutnya ditambahkan air sebanyak ± 75% dari jumlah air yang diperlukan, kemudian adukan diratakan dan sisa air yang diperlukan ditambahkan sedikit-demi sedikit dengan kondisi mesin terus berputar sampai adukan menjadi rata atau homogen.

3. Pengujian Slump

   Sebelum adukan dimasukan ke dalam cetakan, terlebih dahulu dilakukan pengujian slump. Corong Abrams diisi beton segar dalam 3

lapis. tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah pada tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama penusukan bagian tepi tongkat dimiringkan dengan kemiringan cetakan. Segera setelah selesai penusukan. ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan. kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Setelah pengujian mulai dari pengisian. sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2.5 menit. Pengukuran slump harus segera dilaksanakan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama.

4. Pencetakan silinder beton

   Adukan yang telah rata/homogen dan telah diuji nilai slumpnya. selanjutnya dituangkan dalam cetakan silinder disertai dengan pemadatan menggunakan kayu penumbuk secara merata diseluruh permukaan adukan agar diperoleh hasil yang padat dan rapat. kemudian jika adukan dalam cetakan sudah penuh. permukaan atasnya diratakan dengan sendok semen. Adukan beton akan dikeluarkan dari cetakan setelah 1 hari (± 24 jam).

   Proses pencetakan benda uji ini dilakukan secara berurutan dan bertahap selama tiga hari. pada hari pertama dilakukan pencetakan benda uji beton dengan persentase serutan kayu 0 % dan 5 % dengan menggunakan 10 unit cetakan silinder beton. masing-masing prosentase serutan kayu memakai 5 unit cetakan silinder beton. Benda uji yang dihasilkan/dikeluarkan dari cetakan selanjutnya diberi kode. untuk beton dengan serutan 0 % diberi kode BN-1 sampai BN-5. demikian selanjutnya untuk beton dengan serutan 5 % diberi BSK 5 - 1 sampai BSK 5 - 5. Pada hari ke tiga dilakukan pencetakan benda uji

beton dengan prosentase serutan kayu ulin sebesar 15 % dan 20 % setelah dikeluarkan dari cetakan benda uji ini diberi kode BSK 10 – 1 sampai BSK 10 – 5 dan BSK 20 – 1 sampai BSK 20 – 5. Pemberian kode pada setiap benda uji ini bertujuan untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam mengidentifikasi benda uji atau tertukar antara satu variasi benda uji dengan variasi yang lain pada saat akan dilakukan proses pengujian.

4.3.5 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak yang terisi air agar mendapatkan pengerasan beton yang optimal. Fungsi dari perawatan adalah menghindarkan kehilangan zat cair dan penguapan ketika pengerasan beton pada jam-jam awal. Perawatan dengan cara merendam sangat efektif, sebab permukaan agregat menjadi dingin akibat penguapan yang sangat cepat dalam penyerapan air yang diakibatkan oleh batu-batuan yang porous dapat dikurangi. Bila hal ini tidak dilakukan, nantinya akan didapatkan beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak.

4.3.6 Pelaksanaan Pengujian

1. Pengujian kuat tekan

   Uji kuat tekan dilakukan pada umur benda uji 7 dan 28 hari dan dilaksanakan pada keseluruhan benda uji silinder beton yang dibuat. Sebelum proses pengujian ini, tiap-tiap benda uji diukur sisinya dengan menggunakan jangka sorong dan ditentukan permukaan yang akan menjadi bidang tekannya. Benda uji juga ditimbang lebih dahulu untuk mengetahui berat jenisnya.

   Proses pengujian dilakukan dengan alat uji kuat tekan beton. Pengujian dihentikan setelah benda uji tidak mampu lagi menahan beban tekan yang ditujukan dengan turunnya jarum penunjuk beban. Kuat tekan maksimum diperoleh dengan membagi gaya tekan maksimum yang dibaca/diperoleh dari mesin uji kuat tekan dengan luas bidang tekan

silinder beton yang telah diukur sebelumnya. Nilai kuat tekan dihitung dengan persamaan 3.3.

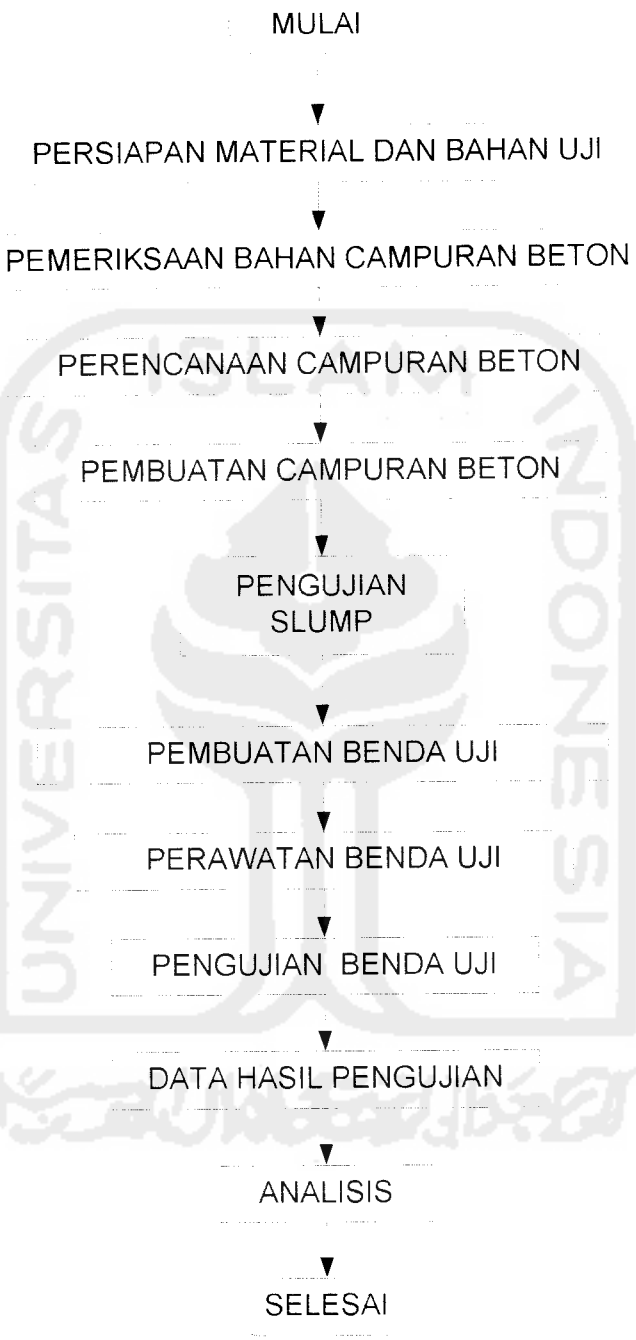
2. Pengujian kuat tarik

   Untuk pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan uji belah silinder *(tensile splitting cylinder test)*. Benda uji silinder diletakan pada alat uji dalam posisi rebah.

   Beban vertikal di berikan sepanjang selimut silinder. secara berangsur-angsur dinaikkan pembebanannya. hingga dicapai nilai maksimum dan silinder terbelah karena beban tarik horizontal.

   Kuat tarik dihitung berdasarkan vormula *Method for Determation of Tensile Splitting* (*British Standard Institution*. 1983) sebagaimana tersaji pada persamaan 3.6

4.4 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 4.1 Flowchart metode penelitian

BAB V
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Material

5.1.1 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran agregat. Dari hasil pemeriksaan gradasi pasir, diperoleh bahwa pasir Kaliurang termasuk dalam gradasi zona II sehingga pasir tersebut termasuk jenis pasir agak kasar dengan modulus halus butir (MHB) sebesar 2,5. Hasil lengkap dari pengujian modulus halus butir dapat dilihat pada Lampiran A.1 – A.2.

5.1.2 Berat Jenis dan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan berat jenis agregat pada penelitian ini dilakukan dengan 2 sampel. Dari pemeriksaan kedua sampel tersebut diperoleh bahwa berat jenis agregat halus (pasir) dalam kondisi SSD sebesar 2,58 dan untuk berat jenis agregat kasar (kerikil) sebesar 2,66. Sedangkan untuk hasil penelitian berat volume didapat berat volume agregat halus 1,68 gram/cm^3 dan berat volume agregat kasar 1,49 gram/cm^3. Untuk data lengkap hasil pemeriksaan ini dapat dilihat pada Lampiran A.3 – A.6.

5.1.3 Kandungan Lumpur

Menurut PBBI (1971) bab 3 pasal 3.3 ayat 3 disebutkan bahwa agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan bahwa lumpur adalah bagian pasir yang dapat melalui ayakan 0,063. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus di cuci. Dari hasil uji Laboratorium diperoleh bahwa pasir Kaliurang mempunyai kandungan lumpur sebesar 1,8 %, sehingga pasir Kaliurang dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton. Hasil lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A.7.

5.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan Serbuk Kayu Ulin

Pengujian dilakukan untuk mencari berat jenis serbuk kayu ulin, serta prosentase banyaknya penyerapan air. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium didapat berat jenis serbuk kayu ulin sebesar 1,05 dengan penyerapan air sebesar 83,5 % (Lampiran A.8). Dilihat dari hasil uji penyerapan air, menunjukan bahwa serbuk kayu ulin memiliki daya serap air besar.

5.2 Slump

Slump merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kelacakan suatu adukan beton, berkaitan erat dengan tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan. Semakin besar nilai slump berarti kelacakan adukan beton semakin tinggi, sehingga makin mudah dikerjakan Hasil pengujian slump dengan menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm dapat dilihat pada **Tabel 5.1.**

Tabel 5.1 Hasil nilai slump

No	Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Slump (mm)
1	0	114
2	5	83
3	10	40
4	15	10
5	20	6

Dari **Tabel 5.1** terlihat bahwa semakin tinggi persentase penambahan serbuk kayu ulin terhadap volume beton akan semakin menurunkan niali slump dalam adukan beton tersebut. Penurunan nilai slump ini dikarenakan dengan penambahan serbuk kayu ulin ke dalam campuran beton akan menyebabkan volume campuran semakin bertambah sehingga menyebabkan kebutuhan semen untuk menyelimuti bahan campuran beton semakin bertambah tetapi tidak diiringi dengan penambahan semen sehingga menyebabkan lekatan antar bahan

campuran berkurang. Nilai slump yang rendah akan mempengaruhi tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton, karena dengan rendahnya nilai slump berarti kelacakan beton berkurang sehingga semakin sulit untuk dikerjakan.

5.3 Berat Volume-Beton

Dari hasil pemeriksaan terhadap silinder beton yaitu dengan cara mengukur diameter, tinggi dan berat benda uji, diperoleh berat volume dengan cara membagi berat silinder dengan volume silinder beton. Data rata-rata berat volume-beton untuk masing-masing variasi penambahan serbuk kayu ulin dapat dilihat pada **Tabel 5.2** lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 5.2 Berat volume-beton pada tiap variasi penambahan serbuk kayu ulin

Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Berat volume-beton umur 7 hari (Kg/m^3)	Berat volume-beton umur 28 hari (Kg/m^3)
0	2373	2293
5	2316	2278
10	2230	2259
15	2194	2225
20	2171	2203

Dari **Tabel 5.2** dapat dilihat bahwa berat volume-beton pada umur 7 hari dan 28 hari cenderung semakin menurun dengan bertambahnya volume kandungan serbuk kayu ulin dalam campuran beton. Berat volume tertinggi terjadi pada variasi penambahan serbuk kayu ulin 0 %, kemudian berat volume akan semakin menurun secara linier sampai pada penambahan serbuk kayu ulin 20 %.

Pemakaian serbuk kayu ulin sebagai isian pada campuran beton dapat mempengaruhi terhadap penurunan berat volume-beton yang dihasilkan. Dari hasil penelitian laboratorium, serbuk kayu ulin yang digunakan pada penelitian ini memiliki berat jenis 1,05. Apabila di bandingkan dengan agregat halus, serbuk

kayu ulin memiliki berat jenis 3 kali lebih kecil dari pada berat jenis agregat halus, sehingga mengakibatkan berat volume-beton akan semakin ringan.

Menurut Ismeddiyanto (1998), campuran dengan volume serbuk kayu yang lebih besar menyebabkan berat volume-beton menurun. Selanjutnya Ismeddiyanto (1998) juga menyebutkan bahwa adanya sifat serbuk yang mengalami penyusutan setelah kandungan air yang ada dalam ruang antar sel dan dinding sel menguap, dapat mengakibatkan adanya rongga-rongga udara pada permukaan butiran serbuk kayu. Tjokrodimuljo (1996) menyebutkan bahwa beton dengan rongga udara menunjukan tingkat kepadatan yang kurang, sehingga berat volume-beton menjadi berkurang.

5.4 Kuat Tekan Beton

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

Analisis korelasi antara serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan regresi linier. Dari hasil regresi linier akan diperoleh persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi. Niali koefisien korelasi (r) berkisar antara $0 < r < 1$ dengan tingkat hubungan yang dapat dikelompokan sebagai berikut :

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

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin disajikan pada **Tabel 5.3** dan **Tabel 5.4**, lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.

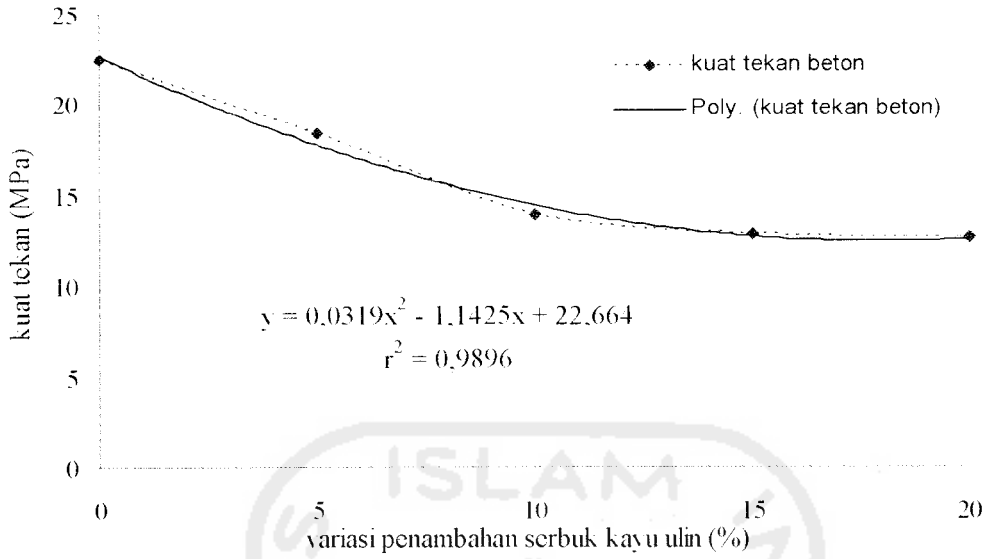
Tabel 5.3 Kuat tekan rata-rata variasi penambahan serbuk kayu ulin umur 7 hari

Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Kuat tekan rata- rata (MPa)	Prosentase penurunan kuat tekan terhadap beton normal (%)
0	22,44	0
5	18,38	18,09
10	13,88	38,15
15	12,81	42,91
20	12,62	43,76

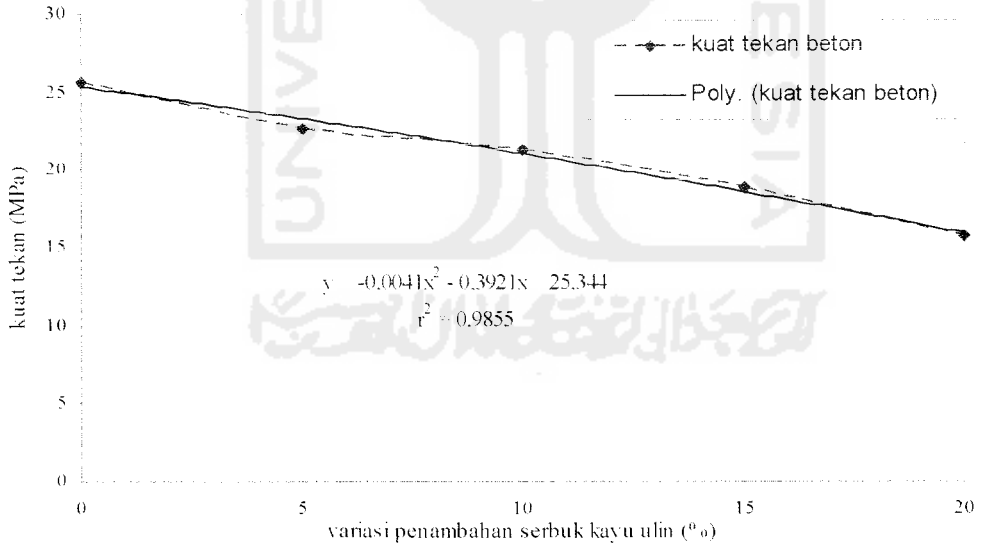
Tabel 5.4 Kuat tekan rata-rata variasi penambahan serbuk kayu ulin umur 28 hari

Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Kuat tekan rata- rata (MPa)	Prosentase penurunan kuat tekan terhadap beton normal (%)
0	25,65	0
5	22,57	12,01
10	21,31	16,92
15	18,85	26,51
20	15,65	38,99





Gambar 5.1 Grafik hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tekan beton umur 7 hari berdasarkan kurva regresi polynomial



Gambar 5.2 Grafik hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tekan beton umur 28 hari berdasarkan regresi polynomial

Dari **Tabel 5.3** dan **Tabel 5.4** dapat dilihat bahwa pada benda uji berumur 7 hari, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata tertinggi pada variasi 0% (tanpa penambahan serbuk kayu ulin) sebesar 22,44 MPa dan kuat tekan terendah pada variasi 20% sebesar 12,62 MPa dengan penurunan sebesar 43,76 %. Untuk benda uji umur 28 hari kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi 0% dengan nilai kuat tekan sebesar 25,65 MPa dan terendah pada variasi 20% sebesar 15,65 MPa dengan penurunan sebesar 38,99 %.

Pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 terlihat bahwa kuat tekan rata-rata beton semakin banyak penggunaan serbuk kayu ulin maka kuat tekan beton semakin kecil hal ini menunjukan bahwa semakin besar penggunaan pasir maka semakin besar nilai kuat tekannya. Dari hasil analisa regresi (Lampiran F.1 – Lampiran F.2) pada beton umur 7 dan 28 hari diperoleh nilai r > 0,66 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan beton memiliki tingkat hubungan yang kuat.

Turunnya nilai kuat tekan beton dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin dikarenakan serbuk kayu ulin cenderung menggangu lekatan pasta semen pada agregat bahkan membentuk gumpalan yang tidak dapat tercampur dengan pasta semen sehingga ikatan antara pasta semen dengan agregat menjadi terhalang. Dengan menambahkan serbuk ulin ke dalam campuran beton akan menyebabkan volume serbuk kayu ulin pada campuran beton semakin bertambah sehingga menyebabkan kebutuhan semen untuk menyelimuti bahan campuran beton semakin bertambah pula tetapi dalam penelitian ini tidak ada penambahan semen sehingga lekatan antar bahan berkurang dan menyebabkan kekuatan beton berkurang. Hal lain yang menyebabkan rendahnya kekuatan beton adalah serbuk kayu ulin di dalam campuran beton menjadi bagian yang lemah karena serbuk kayu ulin dalam menahan beban rendah dibandingkan dengan bahan lainnya.

Selain itu semakin banyak serbuk kayu ulin yang dicampurkan ke dalam campuran beton dapat menurunkan sifat mudah dikerjakan (*workability*), sehingga beton lebih sulit dipadatkan, dengan demikian tingkat kepadatannya lebih rendah. Hal ini dapat diketahui dari berat volumenya yang semakin kecil sehingga menyebabkan kuat tekan rendah. Menurut Murdock dan Brook (1986) berat

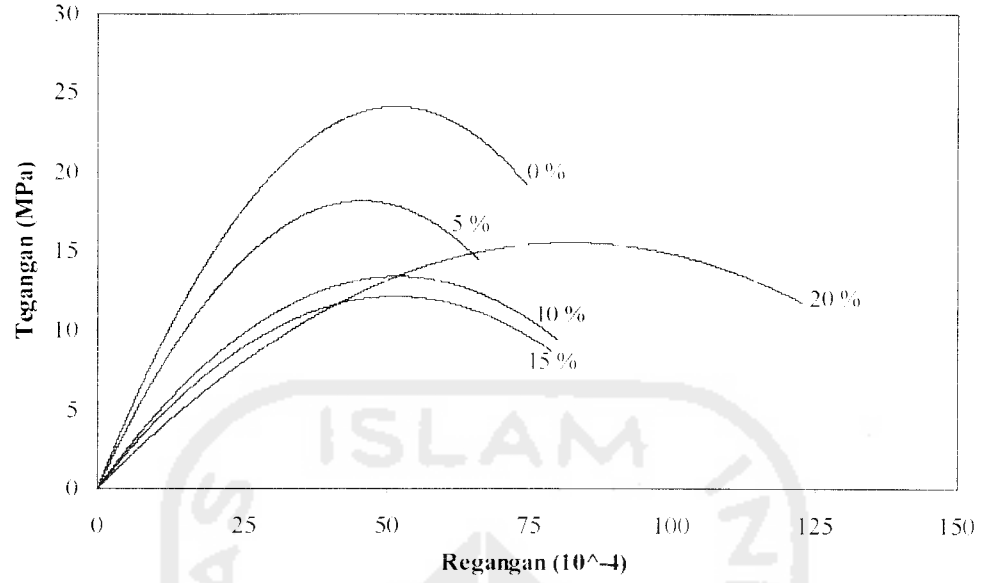
volume beton yang lebih ringan akan mengasilkan kekuatan beton yang lebih rendah.

Faktor lain yang mempengaruhi penurunan kekuatan beton adalah sifat kimia kayu yaitu kandungan ekstraktif pada serbuk kayu ulin. Pengerasan semen akan terhambat apabila bahan baku kayu yang berupa serbuk mempunyai kandungan ekstraktif yang tinggi. Agar proses pengerasan semen tidak terhambat menurut Kurdi (1987), dalam Ismeddiyanto (1998) maksimum kandungan ekstraktif pada kayu adalah 1%, gula 2%, tanin atau minyak 3%. Kandungan zat ekstraktif pada serbuk kayu juga akan melapisi permukaan butiran agregat yang berhubungan langsung dengan bahan-bahan lainnnya yaitu antar sesama agregat dengan pasta semen. Zat ekstraktif akan memperlemah lekatan yang terjadi antara agregat dengan pasta semen.

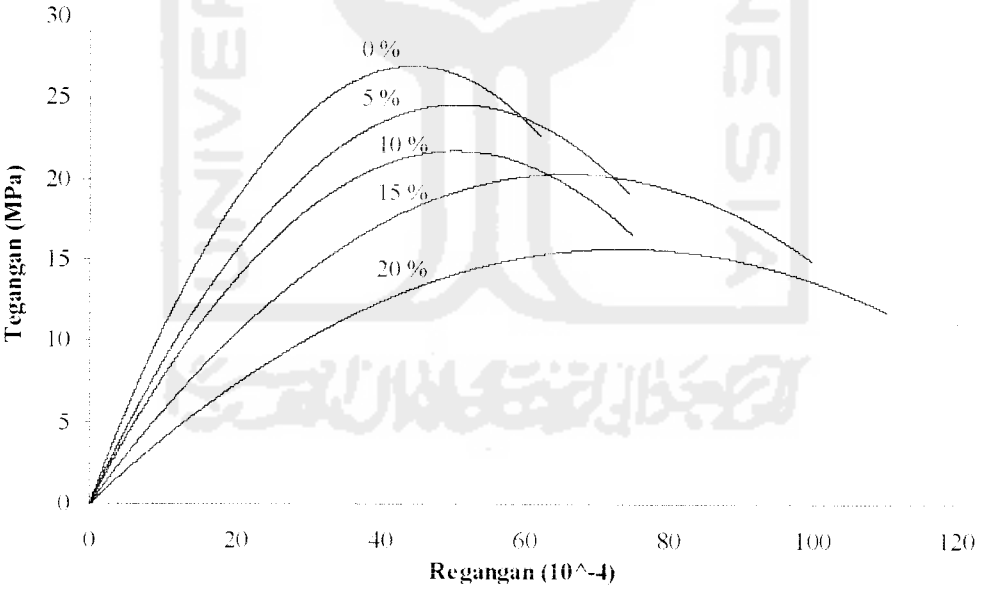
Zat selulosa yang terkandung dalam serbuk kayu ulin juga akan sangat berpengaruh terhadap campuran beton. Berarti semakin banyak persentase serbuk kayu ulin dalam adukan semakin besar pula zat selulosa yang tercampur dalam adukan, dengan demikian gula yang terkandung dalam zat selulosa ini akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Menurut Tjokrodimuljo (1996) kandungan gula dalam jumlah yang lebih banyak dapat mengakibatkan lambatnya ikatan awal pada beton dan juga dapat menurunkan kekuatan beton.

5.4.1 Tegangan-Regangan Beton

Untuk mengetahui peningkatan daktilitas beton dilakukan pengujian tegangan-regangan. Pada penelitian ini, pengujian tegangan-regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji tapi hanya diambil 2 sampel benda uji untuk masing-masing variasi. Dari kedua sampel tersebut diambil salah satu sampel yang mempunyai data pengujian yang relatif lebih baik. Adapun hasil pengujiannya terlihat pada grafik tegangan-regangan pada Gambar 5.3 dan 5.4 lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.



Gambar 5.3 Grafik Tegangan-regangan beton umur 7 hari



Gambar 5.4 Grafik Tegangan-regangan beton umur 28 hari

Dengan memperhatikan grafik tegangan-regangan pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 terlihat bahwa regangan beton menurun seiring dengan penambahan volume serbuk kayu ulin. Nilai tegangan-regangan yang optimum terjadi pada beton normal yang mencapai 24.07 MPa untuk beton umur 7 hari dan 26.95 MPa pada beton umur 28 hari. Sedangkan tegangan terendah terjadi pada variasi 15% pada beton umur 7 hari dengan nilai sebesar 12.16 MPa dan untuk beton umur 28 hari tegangan terendah terjadi pada variasi 20% dengan nilai 15.67 MPa.

Dengan penambahan volume serbuk kayu ulin nilai regangan yang dihasilkan pada masing-masing variasi terlihat semakin rendah. Hal ini menunjukan bahwa makin rendah kekuatan beton (dengan persentase kayu ulin tertinggi) maka beton tersebut semakin daktail dan sebaliknya, semakin tinggi kuat tekan beton (prosentase kayu ulin rendah), beton semakin getas.

5.4.2 Modulus Elastisitas (E_c)

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Menurut Nawy (1983) modulus elastisitas adalah kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga tegangan (sekitar 0.4 f'c) modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastis. Dari modulus elastisitas maka dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton.

Perhitungan Modulus Elastisitas adalah sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

dimana : σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

Untuk hasil perhitungan modulus elastisitas kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin dapat dilihat pada **Tabel 5.5** dan **Tabel 5.6.**

Tabel 5.5 Hasil pengujian modulus elastisitas (E_c) beton umur 7 hari

Variasi Serbuk	σ maks (MPa)	0.4 σ maks (MPa)	ε (10^{-4})	Modulus Elastisitas (MPa)
0%	24.07	9.6275	11.5921	8305
5%	18.1911	7.2764	10.2479	7100
10%	13.4113	5.3645	11.6731	4596
15%	12.1646	4.8658	11.5905	4198
20%	15.5635	6.2254	18.5426	3357

Tabel 5.6 Hasil pengujian modulus elastisitas (E_c) beton umur 28 hari

Variasi Serat	σ maks (MPa)	0.4 σ maks (MPa)	ε (10^{-4})	Modulus Elastisitas (MPa)
0%	26.9473	10.7789	9.9967	10782
5%	24.5886	9.8354	11.4074	8622
10%	21.7408	8.6963	11.3329	7674
15%	20.3410	8.1364	14.8292	5487
20%	15.6744	6.2698	15.5704	4027

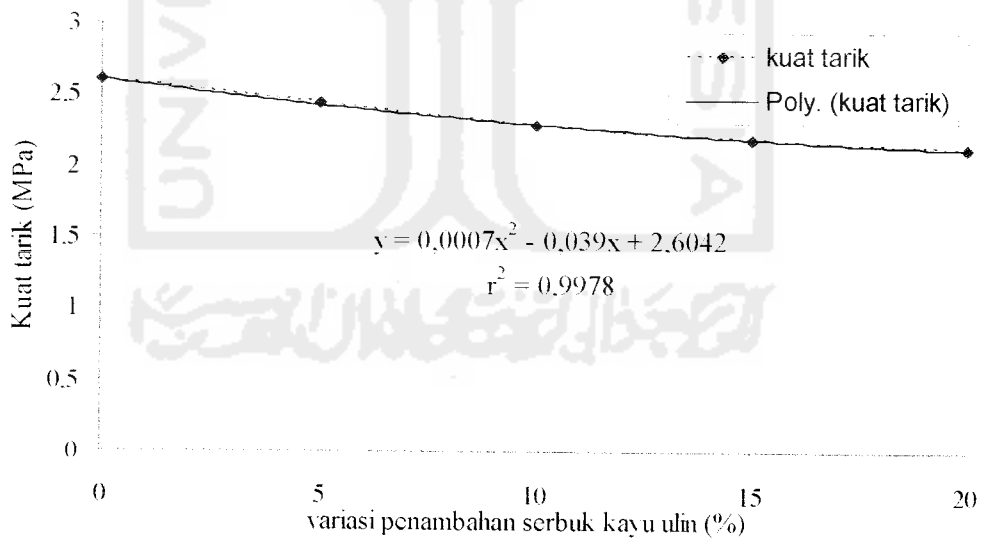
Hasil yang diperoleh pada pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini menunjukkan bahwa akibat penambahan serbuk kayu ulin ke dalam adukan beton dapat menurunkan nilai modulus elastisitas. Sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 5.5** dan **Tabel 5.5** modulus elastisitas terbesar terjadi pada penambahan serbuk kayu ulin 0% yaitu sebesar 8305 MPa untuk pengujian beton umur 7 hari dan 10782 MPa untuk pengujian beton umur 28 hari. Sedangkan untuk modulus elastisitas terendah pada beton umur 7 hari terjadi pada penambahan serbuk kayu ulin 20% yaitu sebesar 3357 MPa dan untuk modulus elastisitas terendah pada beton umur 28 hari terjadi pada penambahan serbuk kayu ulin 20% sebesar 4027 MPa. Modulus elastisitas berbanding terbalik dengan tingkat daktalitasnya. Semakin daktail maka modulus elastisitasnya semakin rendah.

5.5 Kuat Tarik Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat tarik benda uji dilaksanakan setelah beton berumur 28 hari dengan metode pecah belah silinder (*Split Cylinder*), dengan ukuran benda uji 150 mm untuk diameternya dan 300 mm untuk tinggi benda uji tersebut. Benda uji dibuat sebanyak 5 buah untuk tiap variasi penambahan serbuk kayu ulin. Hasil pengujian kuat tarik beton ini dapat dilihat dalam **Tabel 5.7** dan Gambar 5.5.

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat tarik beton

Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Kuat tarik rata-rata (MPa)	Presentasi penurunan kuat tarik terhadap beton normal (%)
0	2.5988	0
5	2.4417	6.05
10	2.2772	12.37
15	2.1823	16.03
20	2.1178	18.51



Gambar 5.5 Grafik Hubungan persentase penambahan serbuk kayu ulin dengan kuat tarik beton berdasarkan regresi polynomial

Dari **Tabel 5.7** dan Gambar 5.5 terlihat bahwa beton dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin mengalami penurunan kuat tarik dibandingkan dengan beton normal. Kuat tarik rata-rata beton dengan penambahan serbuk kayu 0% sebesar 2,5988 MPa. Untuk kuat tarik terendah terjadi pada variasi penambahan serbuk kayu ulin 20% sebesar 2,1178 MPa dengan penurunan sebesar 18,51 %. Dari hasil analisa regresi (Lampiran F.3) diperoleh nilai r > 0,66 sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara serbuk kayu ulin terhadap kuat tarik beton memiliki tingkat hubungan yang kuat.

Terjadinya penurunan kuat tarik ini disebabkan karena dengan ditambahkannya serbuk kayu ulin ke dalam campuran beton dapat membuat ikatan antara pasta semen dengan agregat menjadi terhalang sehingga berpengaruh tehadap daya lekat pasta semen.

Tabel 5.8 Persentase Kuat tarik rata-rata terhadap kuat tekan rata-rata

Variasi penambahan serbuk kayu ulin (%)	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Kuat tarik rata-rata (MPa)	Persentase terhadap kuat tekan rata-rata (%)
0	25,65	2,5988	10,13
5	22,57	2,4417	10,82
10	21,31	2,2772	10,66
15	18,85	2,1823	11,57
20	15,65	2,1178	13,53

Kuat tarik beton hanya berkisar 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994). Dari **Tabel 5.8** persentase kuat tarik dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin 0% terhadap kuat tekan rata-rata sebesar 10,13 %, dan persentase terendah sebesar 13,53 %. Ini berarti persentase kuat tarik dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan rata-rata pada penelitian ini masih berada dikisaran 9%-15%.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian dengan penggunaan bahan tambah serbuk kayu ulin terhadap karakteristik beton adalah sebagai berikut :

1. Penurunan kuat tekan terkecil pada beton umur 7 hari terjadi pada variasi penambahan serbuk kayu ulin 5 % sebesar 18 % dan penurunan terbesar terjadi pada variasi 20 % dengan penurunan sebesar 43 %.
2. Penurunan kuat tekan terkecil pada beton umur 28 hari terjadi pada variasi penambahan serbuk kayu ulin 5 % sebesar 12 % dan penurunan terbesar terjadi pada variasi 20 % dengan penurunan sebesar 38 %.
3. Kuat tarik mengalami penurunan seiring dengan penambahan serbuk kayu ulin, penurunan terbesar terjadi pada variasi 20 % dengan penurunan sebesar 18 %.
4. Berdasarkan hasil analisis regresi yaitu r > 0,66 maka hubungan serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton memiliki tingkat hubungan yang kuat.
5. Berat volume-beton semakin rendah, seiring dengan peningkatan variasi penambahan serbuk kayu.
6. Dengan penambahan volume serbuk kayu ulin nilai regangan yang dihasilkan pada masing-masing variasi terlihat semakin rendah. Hal ini menunjukan bahwa makin rendah kekuatan beton (dengan persentase kayu ulin tertinggi) maka beton tersebut semakin daktail dan sebaliknya, semakin tinggi kuat tekan beton (prosentase kayu ulin rendah), beton semakin getas.
7. Modulus elastisitas berbanding terbalik dengan tingkat daktalitasnya. Semakin daktail maka modulus elastisitasnya semakin rendah.

6.2 Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik dalam melakukan penelitian beton lebih lanjut terutama beton dengan variasi penambahan serbuk kayu ulin, dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Sebelum pelaksanaan penelitian hendaknya alat uji yang digunakan dicek terlebih dahulu kebersihannya, sehingga nantinya didapatkan hasil yang maksimal.
2. Perlu diperhatikan dalam pencampuran serbuk kayu ulin dalam adukan beton untuk tidak mencampur serbuk kayu ulin sekaligus tetapi secara bertahap agar serbuk kayu ulin tersebut tidak menggumpal.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan penggunaan bahan tambah serbuk kayu ulin, dengan menggunakan bentuk serbuk kayu ulin yang lebih halus.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA (PBBI),** Direkorat Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung

Anonim, 1982, **PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI),** Direkorat Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.

Anonim, SK SNI T-15-1990-03, 1991, **TATA CARA RENCANA PEMBUATAN CAMPURAN BETON NORMAL,** Yayasan Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.

Astanto, 2001, **KONSTRUKSI BETON BERTULANG,** Kanisius, Yogyakarta.

Istiawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG,** PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Ismeddiyanto, 1998, **TUGAS AKHIR PEMANFAATAN SERBUK GERGAJI (*Tectona Grandis L.F*) UNTUK BATA BETON,** Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Martawijaya, Kartasujana, Mardang, Y.I., Prawira, A.S. dan Kadir, K., 1989, **ATLAS KAYU INDONESIA,** Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.

Muhammad Al Faqurahman, I., 2002, **TUGAS AKHIR PEMANFAATAN SERUTAN KAYU JATI UNTUK BAHAN MORTAL,** Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yoyakarta.

Mulyono, 2004, **TEKNOLOGI BETON,** Penerbit Andi, Yogyakarta.

Murdock dan Brook, 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON,** Erlangga, Jakarta.

Nawy, Edwar G., 1990, **BETON BERULANG SUATU PENDEKATAN DASAR,** Terjemahan Bambang Suryoatmono, PT. Eresco, Bandung.

Nawy, Edwar G., 1998, **BETON BERULANG SUATU PENDEKATAN DASAR,** Terjemahan Bambang Suryoatmono, PT. Refika Aditama, Bandung.

Ratna, D. S. dan Neni, N., 2005, **TUGAS AKHIR PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP BETON KINERJA TINGGI,** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo K., 1992, **TEKNOLOGI BETON,** Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo K., 1996, **TEKNOLOGI BETON,** Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Wahyudi, L. Dan Syahril, A.R., 1997, **SRUKTUR BETON BERTULANG STANDAR BARU SNI T-15-1991-03,** PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Wang, C.K. dan Salmon, C.G., 1993, **DESAIN BETON BERTULANG,** Jilid 1, Edisi Keempa, Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN A

(Data Pengujian Material)

H

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB)

AGREGAT HALUS

Pasir Asal : Kaliurang Peneliti : Inda Andriawan

Keperluan : Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal Komulatif (%)	Persen lolos komulatif (%)
10.00	100	100	100	100
4.80	14	0.70	0.70	99.30
2.40	130	3.48	7.18	92.82
1.20	302	12.06	22.24	77.76
0.60	581	28.98	51.22	48.78
0.30	525	26.18	77.40	22.60
0.15	292	14.57	91.97	8.03
Sisa	169	8.03	-	0.00
Jumlah	2005	100	250.71	-

Modulus halus butir $= \frac{250.71}{100} = 2.5$

GRADASI PASIR

Lubang ayakan (mm)	Persen butir agregat yang lewat ayakan			
	Daerahh 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 – 75	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 IV : Pasir halus

Yogyakarta. Maret 2006

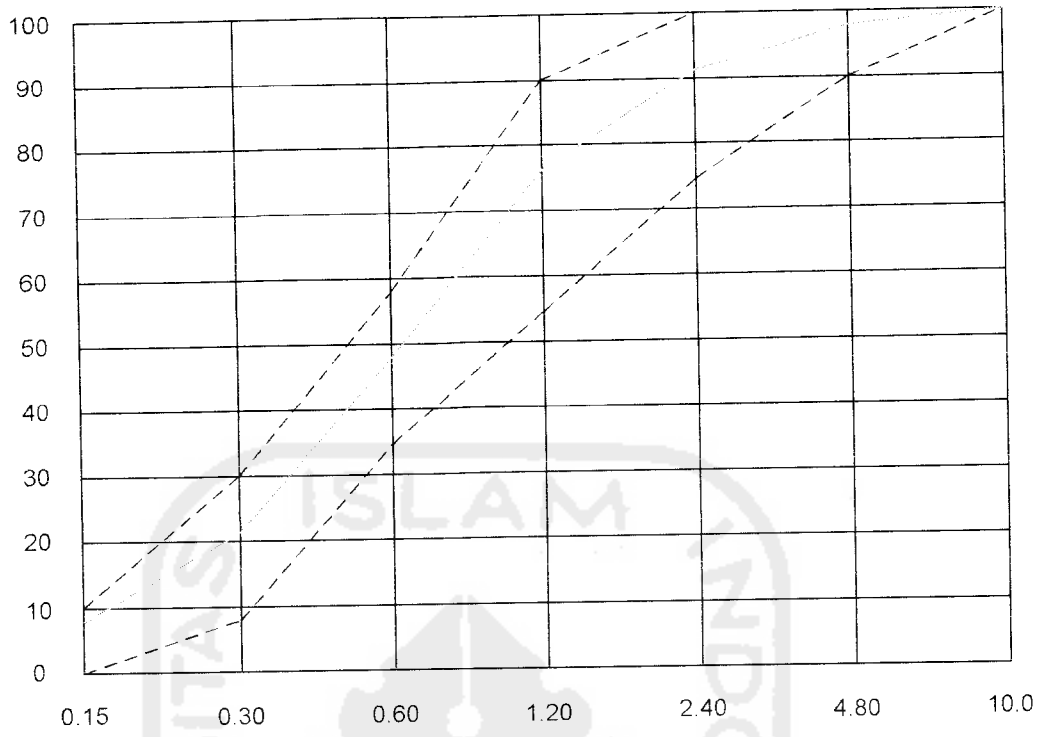
Disyahkan

Dikerjakan oleh :

(.....)

(Inda Andriawan)

Hasil analisa ayakan masuk Daerah II dengan Jenis pasir : pasir agak kasar



LABORATORIUM
MATERIAL KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR PASIR

Penguji : Inda Andriawan
Pasir Asal : Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutllak, gram (Bk)	480	485	482,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	978	977,5	977,75
Berat piknometer berisi air, gram (B)	671	673	672
Berat jenis curah, gram/cm^3.....(1) Bk / (B + 500 – Bt)	2,49	2,48	2,48
Berat jenis junuh kering muka, gr/cm^3.....(2) 500 / (B + 500 – Bt)	2,59	2,56	2,58
Berat jenis semu.....(3) Bk / (B + k – Bt)			
Penyerapan air .....(4) (500 – Bk) / Bk x 100 %	4,17	3,1	3,6

Keterangan :
500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram
Kesimpulan : Berat jenis jenuh kering muka pasir tersebut = 2,58

Yogyakarta, Maret 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh :

(Inda Andriawan)

(.....)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN KADAR AIR KERIKIL

Penguji : Inda Andriawan
Kerikil Asal : Clereng, Kulon Progo
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutllak, gram (Bk)	4892	-	4892
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gram (Bj)	500	500	500
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3121	-	3121
Berat piknometer berisi air, gram (B)	-	-	-
Berat jenis curah, gram/cm^3.....(1) Bk / (Bj – Ba)	2,6	-	2,6
Berat jenis junuh kering muka, gr/cm^3.....(2) Bj / (Bj – Ba)	2,66	-	2,66
Berat jenis semu.....(3) Bk / (Bk – Ba)	2,76	-	2,76
Penyerapan air .....(4) (Bj – Bk) / Bk x 100 %	2,21	-	2,21

Keterangan :
500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram
Kesimpulan : Berat jenis jenuh kering muka agregat kasar tersebut = 2,66

Yogyakarta, Maret 2006.

Disyahkan

Dikerjakan oleh :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)

(Inda Andriawan)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

Penguji : Inda Andriawan
Pasir Asal : Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1).	gram	12600	-	12600
Berat tabung + agregat kering tungku (W2)	gram	21500	-	21500
Berat agregat bersih (W3)	gram	8900	-	8900
Volume tabung (V).	m^3	5298.75	-	5298.75
Berat isi padat = (W^3 / V).	$gram/cm^3$	1.68	-	1.68

Keterangan :
500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh. dalam gram
Kesimpulan : .....
.....

Yogyakarta, Maret 2006

Disyahkan

Dikerjakan oleh :

( ) (Inda Andriawan)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR

Penguji : Inda Andriawan
Kerikil Asal : Clereng. Kulon Progo
Keperluan : Tugas Akhir

Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1).	gram	12600	-	12600
Berat tabung + agregat kering tungku (W2)	gram	20500	-	20500
Berat agregat bersih (W3)	gram	7900	-	7900
Volume tabung (V).	m^3	5298.75	-	5298.75
Berat isi padat = (W^3 / V).	$gram/cm^3$	1.49	-	1.49

Keterangan :
500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh. dalam gram
Kesimpulan : .....
.....

Yogyakarta. Maret 2006

Disyahkan

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK FAKULTAS TEKNIK UII

(.....)

Dikerjakan oleh :

(Inda Andriawan)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

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

Penguji : Inda Andriawan
Pasir Asal : Kaliurang
Keperluan : Tugas Akhir

Ukuran butir maksimum	Berat minimum	Keterangan
Sampai 4.80 mm	500 gram	Pasir
9.60 mm	1000 gram	Kerikil
19.20 mm	1500 gram	Kerikil
38.00 mm	2500 gram	Kerikil

		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agergat kering oven (W_1).	gram	500	500	500
Berat kering oven setelah dicuci (W_2).	gram	494	488	491
Berat yang lewat ayakan no.200 $\{ (W_1 - W_2) / W_1 \} \times 100\ \%$	%	1.2	2.4	1.8

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982) berat bagian yang lewat ayakan no.200 (0.075 mm) :

a. Untuk pasir maksimum 5 % (lima persen)
b. Untuk kerikil maksimum 1 % (satu persen)

Yogyakarta, Maret 2006

Disyahkan
(.....)

Dikerjakan oleh :

(Inda Andriawan)

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 fax. : (0274) 895330
Yogyakarta

HASIL PEMERIKSAAN BERAT JENIS SERBUK KAYU ULIN

Serbuk Kayu Asal : Samarinda, Kalimantan Timur

Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutllak, gram (Bk)	109		109
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	200		200
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	846		846
Berat piknometer berisi air, gram (B)	833		833
Berat jenis curah, gram/cm^3.....(1) Bk / (B + 500 – Bt)	0,6		0,6
Berat jenis junuh kering muka, gr/cm^2.....(2) 500 / (B + 500 – Bt)	1,05		1,05
Berat jenis semu.....(3) Bk / (B + k – Bt)			
Penyerapan air .....(4) (500 – Bk) / Bk x 100 %	83,5		83,5

Keterangan :

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

Yogyakarta,

Dikerjakan oleh :

(Inda Andriawan)

Disyahkan

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII
( )

LAMPIRAN B

(Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton)

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BN - 1	15,00	31,00	176,63	5475	12,80	2338	404,20	41203	233,28	23,33
BN - 2	14,90	30,50	174,28	5315	12,79	2406	397,30	40499	232,38	23,24
BN - 3	15,00	30,50	176,63	5387	12,79	2374	359,80	36677	207,65	20,77
Rata - rata						**2373**				**22,44**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 5% Umur 7 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 5 - 1	15,00	30,20	176,63	5334	12,50	2343	321,30	32752	185,43	18,54
BSK 5 - 2	15,00	30,00	176,63	5299	12,30	2321	305,00	31091	176,03	17,60
BSK 5 - 3	15,00	30,50	176,63	5387	12,30	2283	329,10	33547	189,94	18,99
Rata - rata						**2316**				**18,38**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 10% Umur 7 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 10 - 1	15,00	30,10	176,63	5316	11,90	2238	201,50	20540	116,29	11,63
BSK 10 - 2	15,00	30,20	176,63	5334	11,92	2235	262,30	26738	151,38	15,14
BSK 10 - 3	15,10	30,50	178,99	5459	12,10	2216	261,10	26616	148,70	14,87
Rata - rata						**2230**				**13,88**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 15% Umur 7 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 15 - 1	15,00	30,10	176,63	5316	11,70	2201	265,20	27034	153,06	15,31
BSK 15 - 2	15,00	31,00	176,63	5475	11,80	2155	193,40	19715	111,62	11,16
BSK 15 - 3	15,05	30,05	177,80	5343	11,90	2227	208,80	21284	119,71	11,97
Rata - rata						**2194**				**12,81**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 20% Umur 7 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 20 - 1	15,05	30,20	177,80	5370	11,58	2157	224,40	22875	128,65	12,87
BSK 20 - 2	15,00	30,00	176,63	5299	11,61	2191	244,70	24944	141,23	14,12
BSK 20 - 3	15,00	30,20	176,63	5334	11,55	2165	188,20	19185	108,62	10,86
Rata - rata						**2171**				**12,62**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BN - 1	15,60	30,50	191,04	5827	12,85	2205	540,60	55107	288,46	28,85
BN - 2	15,15	30,10	180,18	5423	12,71	2344	471,90	48104	266,98	26,70
BN - 3	15,10	30,00	178,99	5370	12,50	2328	525,40	53558	299,22	29,92
BN - 4	15,10	31,00	178,99	5549	12,60	2271	300,40	30622	171,08	17,11
BN - 5	15,20	30,00	181,37	5441	12,60	2316	456,60	46544	256,63	25,66
Rata - rata						**2293**				**25,65**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 5% Umur 28 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 5 - 1	15,01	30,10	176,86	5324	12,10	2273	402,40	41019	231,93	23,19
BSK 5 - 2	15,00	30,20	176,63	5334	12,30	2306	401,40	40917	231,66	23,17
BSK 5 - 3	15,05	30,05	177,80	5343	12,18	2280	388,50	39602	222,73	22,27
BSK 5 - 4	15,10	30,00	178,99	5370	12,10	2253	408,80	41672	232,82	23,28
BSK 5 - 5	15,00	30,20	176,63	5334	12,15	2278	362,60	36962	209,27	20,93
Rata - rata						**2278**				**22,57**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 10% Umur 28 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 10 - 1	15,00	30,00	176,63	5299	12,08	2280	356,70	36361	205,86	20,59
BSK 10 - 2	15,08	30,08	178,51	5370	12,09	2252	359,20	36616	205,11	20,51
BSK 10 - 3	15,10	30,00	178,99	5370	12,40	2309	343,30	34995	195,52	19,55
BSK 10 - 4	15,00	30,10	176,63	5316	12,10	2276	365,60	37268	211,00	21,10
BSK 10 - 5	15,00	31,00	176,63	5475	11,92	2177	429,60	43792	247,94	24,79
Rata - rata						**2259**				**21,31**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 15% Umur 28 Hari

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 15 - 1	15,00	30,30	176,63	5352	11,81	2207	324,20	33048	187,11	18,71
BSK 15 - 2	15,00	30,05	176,63	5308	11,80	2223	310,50	31651	179,20	17,92
BSK 15 - 3	15,10	30,00	178,99	5370	11,86	2209	308,20	31417	175,53	17,55
BSK 15 - 4	15,00	30,00	176,63	5299	11,98	2261	349,40	35617	201,65	20,17
BSK 15 - 5	15,00	30,05	176,63	5308	11,80	2223	345,20	35189	199,23	19,92
Rata - rata						**2225**				**18,85**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton + Serbuk Kayu Ulin 20% Umur 28 Hari

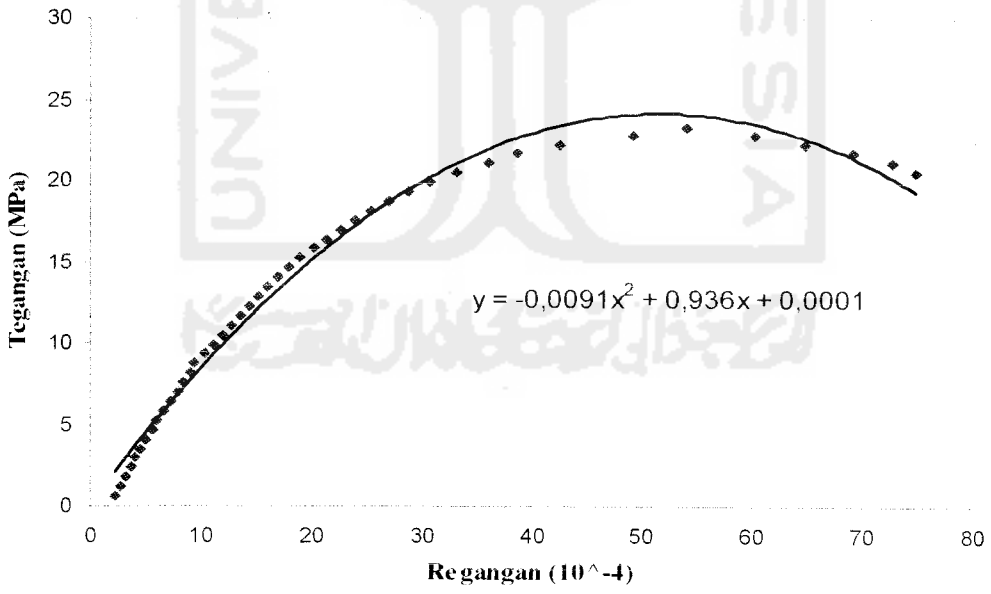
Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 20 - 1	15,00	30,20	176,63	5334	11,79	2210	222,40	22671	128,36	12,84
BSK 20 - 2	15,00	30,08	176,63	5313	11,78	2217	300,90	30673	173,66	17,37
BSK 20 - 3	15,00	30,00	176,63	5299	11,62	2193	286,80	29235	165,52	16,55
BSK 20 - 4	15,00	30,20	176,63	5334	11,78	2208	251,00	25586	144,86	14,49
BSK 20 - 5	15,00	30,00	176,63	5299	11,58	2185	295,10	30082	170,31	17,03
Rata - rata						**2203**				**15,65**

Sampel : BN-0
Diameter : 14,9 cm
Luas (A_0) : 174,2785 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 12,79 kg

Tabel Pengujian Tegangan - Regangan Beton Normal Umur 7 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangn Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	5	0,3333	0,5849	2,3173
20	2038,736	12	0,8000	1,1698	2,7840
30	3058,104	19	1,2667	1,7547	3,2506
40	4077,472	25	1,6667	2,3396	3,6506
50	5096,84	31	2,0667	2,9245	4,0506
60	6116,208	37	2,4667	3,5095	4,4506
70	7135,576	45	3,0000	4,0944	4,9840
80	8154,944	54	3,6000	4,6793	5,5840
90	9174,312	61	4,0667	5,2642	6,0506
100	10193,68	70	4,6667	5,8491	6,6506
110	11213,048	79	5,2667	6,4340	7,2506
120	12232,416	88	5,8667	7,0189	7,8506
130	13251,784	97	6,4667	7,6038	8,4506
140	14271,152	106	7,0667	8,1887	9,0506
150	15290,52	112	7,4667	8,7736	9,4506
160	16309,888	126	8,4000	9,3586	10,3840
170	17329,256	138	9,2000	9,9435	11,1840
180	18348,624	149	9,9333	10,5284	11,9173
190	19367,992	161	10,7333	11,1133	12,7173
200	20387,36	173	11,5333	11,6982	13,5173
210	21406,728	185	12,3333	12,2831	14,3173
220	22426,096	198	13,2000	12,8680	15,1840
230	23445,464	211	14,0667	13,4529	16,0506
240	24464,832	225	15,0000	14,0378	16,9840
250	25484,2	240	16,0000	14,6227	17,9840
260	26503,568	255	17,0000	15,2077	18,9840
270	27522,936	274	18,2667	15,7926	20,2506

280	28542,304	290	19,3333	16,3775	21,3173
290	29561,672	310	20,6667	16,9624	22,6506
300	30581,04	330	22,0000	17,5473	23,9840
310	31600,408	350	23,3333	18,1322	25,3173
320	32619,776	374	24,9333	18,7171	26,9173
330	33639,144	401	26,7333	19,3020	28,7173
340	34658,512	432	28,8000	19,8869	30,7840
350	35677,88	468	31,2000	20,4718	33,1840
360	36697,248	510	34,0000	21,0567	35,9840
370	37716,616	550	36,6667	21,6417	38,6506
380	38735,984	609	40,6000	22,2266	42,5840
390	39755,352	708	47,2000	22,8115	49,1840
397,3	**40499,49064**	**781**	**52,0667**	**23,2385**	**54,0506**
390	39755,352	871	58,0667	22,8115	60,0506
380	38735,984	940	62,6667	22,2266	64,6506
370	37716,616	1005	67,0000	21,6417	68,9840
360	36697,248	1059	70,6000	21,0567	72,5840
350	35677,88	1090	72,6667	20,4718	74,6506



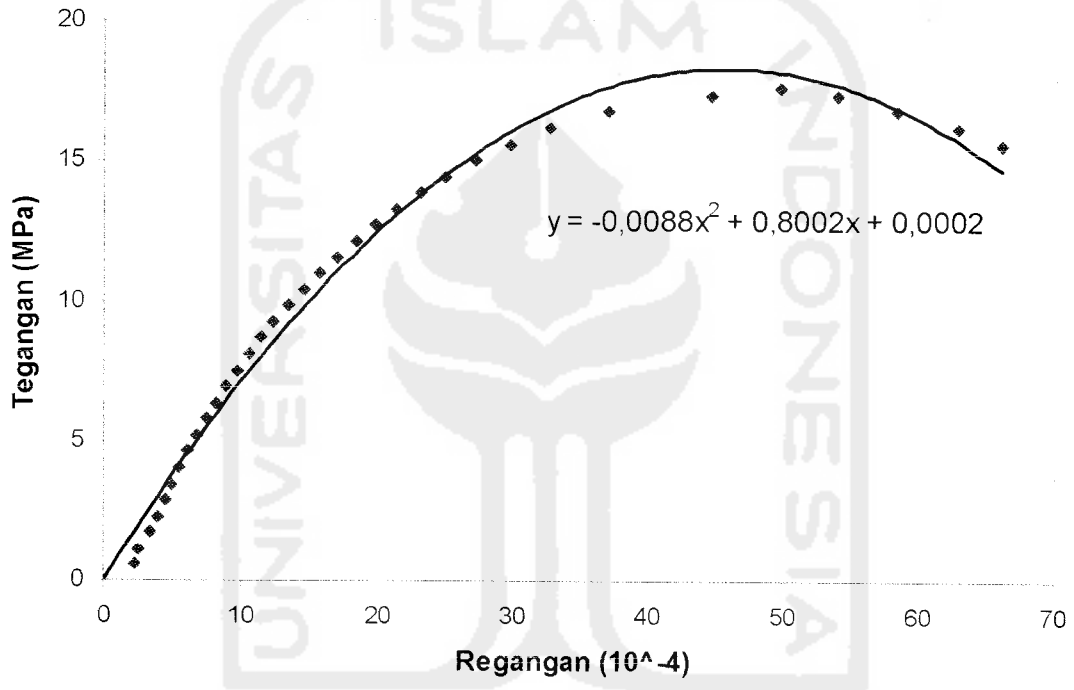
Grafik tegangan regangan beton normal umur 7 hari

Sampel : BSK - 5
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 12,3 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 5% Umur 7 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	9	0,6000	0,5771	2,2538
20	2038,736	13	0,8667	1,1543	2,5205
30	3058,104	26	1,7333	1,7314	3,3872
40	4077,472	34	2,2667	2,3085	3,9205
50	5096,84	42	2,8000	2,8857	4,4538
60	6116,208	49	3,2667	3,4628	4,9205
70	7135,576	57	3,8000	4,0400	5,4538
80	8154,944	67	4,4667	4,6171	6,1205
90	9174,312	77	5,1333	5,1942	6,7872
100	10193,68	88	5,8667	5,7714	7,5205
110	11213,048	98	6,5333	6,3485	8,1872
120	12232,416	109	7,2667	6,9256	8,9205
130	13251,784	121	8,0667	7,5028	9,7205
140	14271,152	134	8,9333	8,0799	10,5872
150	15290,52	147	9,8000	8,6571	11,4538
160	16309,888	160	10,6667	9,2342	12,3205
170	17329,256	175	11,6667	9,8113	13,3205
180	18348,624	193	12,8667	10,3885	14,5205
190	19367,992	210	14,0000	10,9656	15,6538
200	20387,36	228	15,2000	11,5427	16,8538
210	21406,728	249	16,6000	12,1199	18,2538
220	22426,096	271	18,0667	12,6970	19,7205
230	23445,464	295	19,6667	13,2741	21,3205
240	24464,832	322	21,4667	13,8513	23,1205
250	25484,2	350	23,3333	14,4284	24,9872
260	26503,568	383	25,5333	15,0056	27,1872
270	27522,936	420	28,0000	15,5827	29,6538

280	28542,304	465	31,0000	16,1598	32,6538
290	29561,672	530	35,3333	16,7370	36,9872
300	30581,04	645	43,0000	17,3141	44,6538
305	**31090,724**	**720**	**48,0000**	**17,6027**	**49,6538**
300	30581,04	785	52,3333	17,3141	53,9872
290	29561,672	850	56,6667	16,7370	58,3205
280	28542,304	918	61,2000	16,1598	62,8538
270	27522,936	965	64,3333	15,5827	65,9872

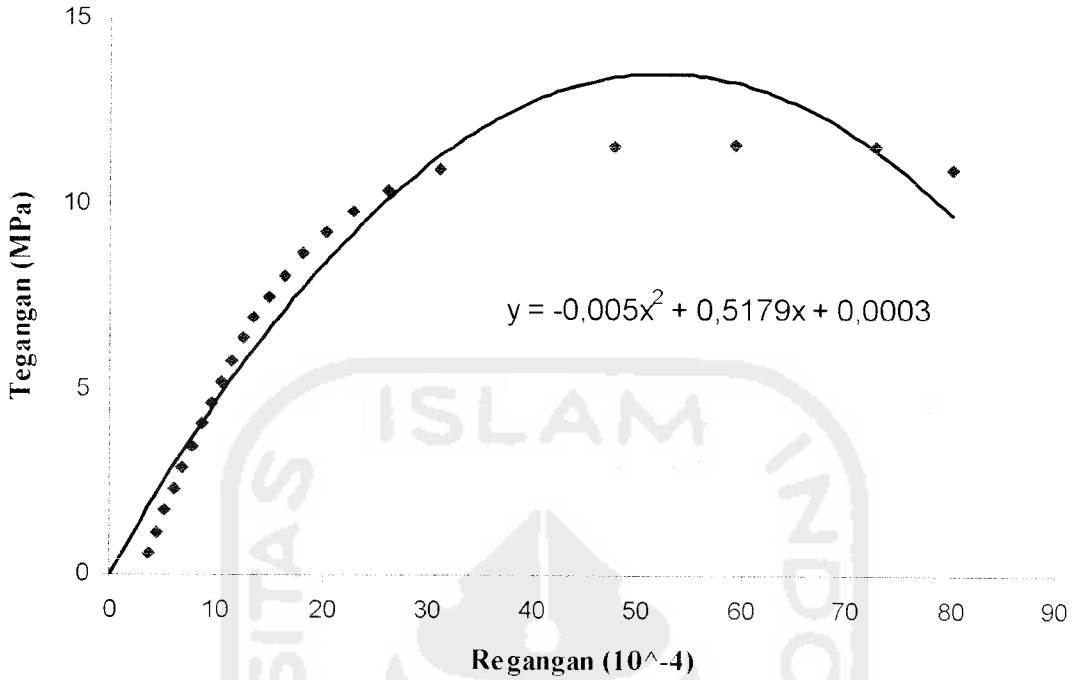


Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5 % umur 7 hari

Sampel : BSK - 10
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 11,9 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 10% Umur 7 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	13	0,8667	0,5771	3,5985
20	2038,736	25	1,6667	1,1543	4,3985
30	3058,104	36	2,4000	1,7314	5,1318
40	4077,472	50	3,3333	2,3085	6,0652
50	5096,84	61	4,0667	2,8857	6,7985
60	6116,208	75	5,0000	3,4628	7,7318
70	7135,576	89	5,9333	4,0400	8,6652
80	8154,944	102	6,8000	4,6171	9,5318
90	9174,312	115	7,6667	5,1942	10,3985
100	10193,68	130	8,6667	5,7714	11,3985
110	11213,048	145	9,6667	6,3485	12,3985
120	12232,416	160	10,6667	6,9256	13,3985
130	13251,784	183	12,2000	7,5028	14,9318
140	14271,152	205	13,6667	8,0799	16,3985
150	15290,52	230	15,3333	8,6571	18,0652
160	16309,888	261	17,4000	9,2342	20,1318
170	17329,256	300	20,0000	9,8113	22,7318
180	18348,624	350	23,3333	10,3885	26,0652
190	19367,992	425	28,3333	10,9656	31,0652
200	20387,36	675	45,0000	11,5427	47,7318
201,5	**20540,265**	**850**	**56,6667**	**11,6293**	**59,3985**
200	20387,36	1050	70,0000	11,5427	72,7318
190	19367,992	1160	77,3333	10,9656	80,0652



Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10 % umur 7 hari

Sampel : BSK - 15
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 11,8 kg

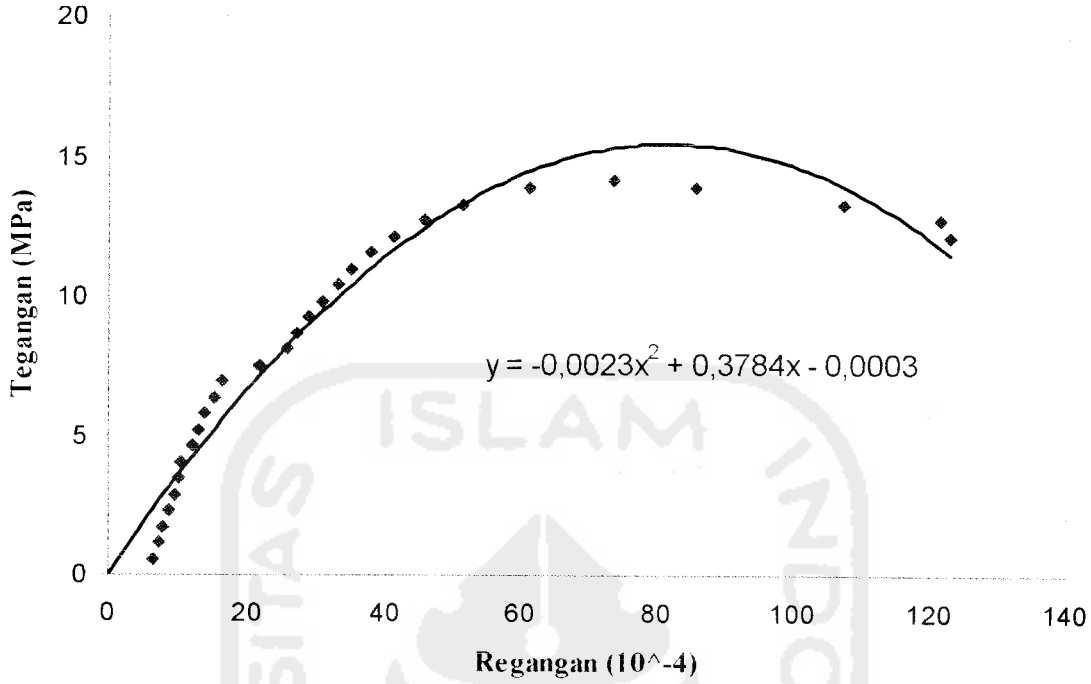
Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 15% Umur 7 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	9	0,6000	0,5771	5,4264
20	2038,736	16	1,0667	1,1543	5,8930
30	3058,104	26	1,7333	1,7314	6,5597
40	4077,472	35	2,3333	2,3085	7,1597
50	5096,84	44	2,9333	2,8857	7,7597
60	6116,208	54	3,6000	3,4628	8,4264
70	7135,576	64	4,2667	4,0400	9,0930
80	8154,944	75	5,0000	4,6171	9,8264
90	9174,312	86	5,7333	5,1942	10,5597
100	10193,68	100	6,6667	5,7714	11,4930
110	11213,048	115	7,6667	6,3485	12,4930
120	12232,416	134	8,9333	6,9256	13,7597
130	13251,784	156	10,4000	7,5028	15,2264
140	14271,152	187	12,4667	8,0799	17,2930
150	15290,52	230	15,3333	8,6571	20,1597
160	16309,888	286	19,0667	9,2342	23,8930
170	17329,256	377	25,1333	9,8113	29,9597
180	18348,624	507	33,8000	10,3885	38,6264
190	19367,992	620	41,3333	10,9656	46,1597
193,4	**19714,5771**	**735**	**49,0000**	**11,1618**	**53,8264**
190	19367,992	867	57,8000	10,9656	62,6264
180	18348,624	1007	67,1333	10,3885	71,9597
170	17329,256	1112	74,1333	9,8113	78,9597

Sampel : BSK - 20
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 11,61 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 20% Umur 7 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	10	0,6667	0,5771	6,5312
20	2038,736	20	1,3333	1,1543	7,1978
30	3058,104	30	2,0000	1,7314	7,8645
40	4077,472	41	2,7333	2,3085	8,5978
50	5096,84	55	3,6667	2,8857	9,5312
60	6116,208	65	4,3333	3,4628	10,1978
70	7135,576	69	4,6000	4,0400	10,4645
80	8154,944	92	6,1333	4,6171	11,9978
90	9174,312	107	7,1333	5,1942	12,9978
100	10193,68	120	8,0000	5,7714	13,8645
110	11213,048	139	9,2667	6,3485	15,1312
120	12232,416	155	10,3333	6,9256	16,1978
130	13251,784	236	15,7333	7,5028	21,5978
140	14271,152	296	19,7333	8,0799	25,5978
150	15290,52	317	21,1333	8,6571	26,9978
160	16309,888	344	22,9333	9,2342	28,7978
170	17329,256	373	24,8667	9,8113	30,7312
180	18348,624	406	27,0667	10,3885	32,9312
190	19367,992	438	29,2000	10,9656	35,0645
200	20387,36	480	32,0000	11,5427	37,8645
210	21406,728	531	35,4000	12,1199	41,2645
220	22426,096	595	39,6667	12,6970	45,5312
230	23445,464	680	45,3333	13,2741	51,1978
240	24464,832	830	55,3333	13,8513	61,1978
244,7	**24943,935**	**1016**	**67,7333**	**14,1225**	**73,5978**
240	24464,832	1195	79,6667	13,8513	85,5312
230	23445,464	1520	101,3333	13,2741	107,1978
220	22426,096	1732	115,4667	12,6970	121,3312
210	21406,728	1755	117,0000	12,1199	122,8645



Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20 % umur 7 hari

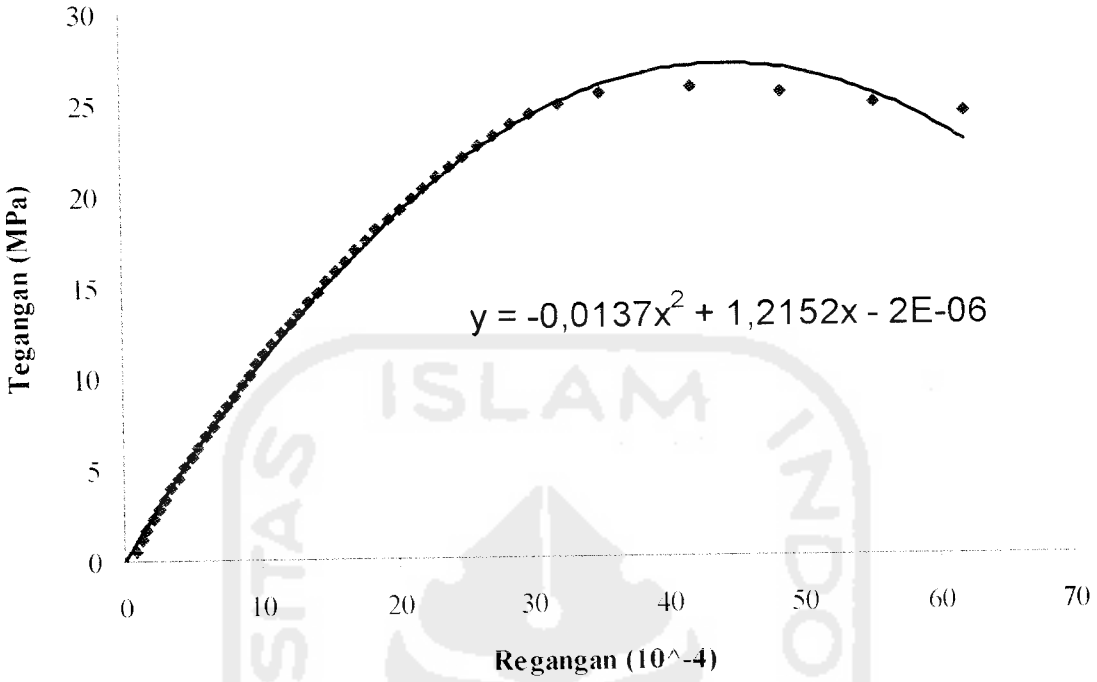
Sampel : BN-0
Diameter : 15,2 cm
Luas (A_0) : 181,3664 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 12,6 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton Normal Umur 28 Hari

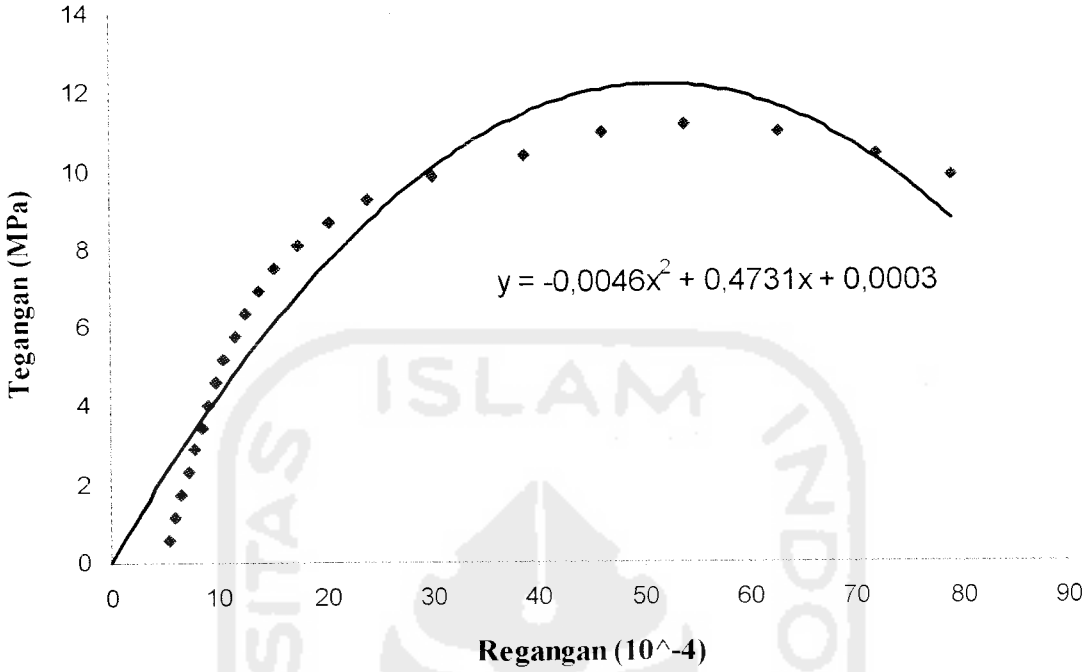
Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	5	0,3333	0,5620	0,8592
20	2038,736	11	0,7333	1,1241	1,2592
30	3058,104	16	1,0667	1,6861	1,5926
40	4077,472	23	1,5333	2,2482	2,0592
50	5096,84	30	2,0000	2,8102	2,5259
60	6116,208	37	2,4667	3,3723	2,9926
70	7135,576	44	2,9333	3,9343	3,4592
80	8154,944	52	3,4667	4,4964	3,9926
90	9174,312	59	3,9333	5,0584	4,4592
100	10193,68	66	4,4000	5,6205	4,9259
110	11213,048	74	4,9333	6,1825	5,4592
120	12232,416	82	5,4667	6,7446	5,9926
130	13251,784	90	6,0000	7,3066	6,5259
140	14271,152	97	6,4667	7,8687	6,9926
150	15290,52	105	7,0000	8,4307	7,5259
160	16309,888	114	7,6000	8,9928	8,1259
170	17329,256	123	8,2000	9,5548	8,7259
180	18348,624	130	8,6667	10,1169	9,1926
190	19367,992	137	9,1333	10,6789	9,6592
200	20387,36	146	9,7333	11,2410	10,2592
210	21406,728	155	10,3333	11,8030	10,8592
220	22426,096	165	11,0000	12,3651	11,5259
230	23445,464	175	11,6667	12,9271	12,1926
240	24464,832	184	12,2667	13,4892	12,7926
250	25484,2	194	12,9333	14,0512	13,4592
260	26503,568	205	13,6667	14,6133	14,1926
270	27522,936	214	14,2667	15,1753	14,7926

Tegangan (MPa)

280	28542,304	224	14,9333	15,7374	15,4592
290	29561,672	235	15,6667	16,2994	16,1926
300	30581,04	246	16,4000	16,8615	16,9259
310	31600,408	259	17,2667	17,4235	17,7926
320	32619,776	270	18,0000	17,9856	18,5259
330	33639,144	284	18,9333	18,5476	19,4592
340	34658,512	296	19,7333	19,1097	20,2592
350	35677,88	310	20,6667	19,6717	21,1926
360	36697,248	323	21,5333	20,2338	22,0592
370	37716,616	338	22,5333	20,7958	23,0592
380	38735,984	352	23,4667	21,3579	23,9926
390	39755,352	368	24,5333	21,9199	25,0592
400	40774,72	385	25,6667	22,4820	26,1926
410	41794,088	401	26,7333	23,0440	27,2592
420	42813,456	421	28,0667	23,6061	28,5926
430	43832,824	442	29,4667	24,1681	29,9926
440	44852,192	473	31,5333	24,7302	32,0592
450	45871,56	520	34,6667	25,2922	35,1926
456,6	**46544,3429**	**620**	**41,3333**	**25,6632**	**41,8592**
450	45871,56	721	48,0667	25,2922	48,5926
440	44852,192	822	54,8000	24,7302	55,3259
430	43832,824	922	61,4667	24,1681	61,9926



Grafik tegangan-regangan beton normal umur 28 hari



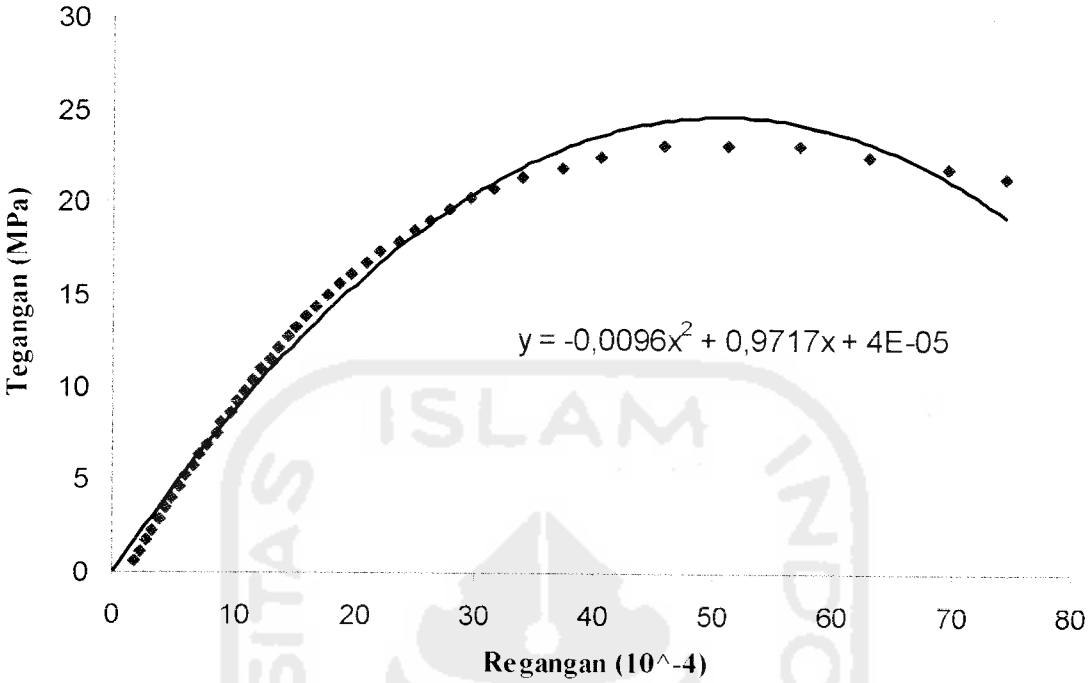
Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15 % umur 7 hari

Sampel : BSK 5
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 12,3 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 5% Umur 28 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	5	0,3333	0,5771	1,8025
20	2038,736	12	0,8000	1,1543	2,2691
30	3058,104	20	1,3333	1,7314	2,8025
40	4077,472	26	1,7333	2,3085	3,2025
50	5096,84	35	2,3333	2,8857	3,8025
60	6116,208	43	2,8667	3,4628	4,3358
70	7135,576	51	3,4000	4,0400	4,8691
80	8154,944	60	4,0000	4,6171	5,4691
90	9174,312	68	4,5333	5,1942	6,0025
100	10193,68	76	5,0667	5,7714	6,5358
110	11213,048	85	5,6667	6,3485	7,1358
120	12232,416	94	6,2667	6,9256	7,7358
130	13251,784	105	7,0000	7,5028	8,4691
140	14271,152	112	7,4667	8,0799	8,9358
150	15290,52	122	8,1333	8,6571	9,6025
160	16309,888	131	8,7333	9,2342	10,2025
170	17329,256	140	9,3333	9,8113	10,8025
180	18348,624	150	10,0000	10,3885	11,4691
190	19367,992	160	10,6667	10,9656	12,1358
200	20387,36	171	11,4000	11,5427	12,8691
210	21406,728	181	12,0667	12,1199	13,5358
220	22426,096	193	12,8667	12,6970	14,3358
230	23445,464	203	13,5333	13,2741	15,0025
240	24464,832	215	14,3333	13,8513	15,8025
250	25484,2	227	15,1333	14,4284	16,6025

260	26503,568	241	16,0667	15,0056	17,5358
270	27522,936	255	17,0000	15,5827	18,4691
280	28542,304	271	18,0667	16,1598	19,5358
290	29561,672	290	19,3333	16,7370	20,8025
300	30581,04	308	20,5333	17,3141	22,0025
310	31600,408	330	22,0000	17,8912	23,4691
320	32619,776	351	23,4000	18,4684	24,8691
330	33639,144	371	24,7333	19,0455	26,2025
340	34658,512	393	26,2000	19,6227	27,6691
350	35677,88	420	28,0000	20,1998	29,4691
360	36697,248	450	30,0000	20,7769	31,4691
370	37716,616	485	32,3333	21,3541	33,8025
380	38735,984	536	35,7333	21,9312	37,2025
390	39755,352	585	39,0000	22,5083	40,4691
400	40774,72	665	44,3333	23,0855	45,8025
401,4	**40917,4315**	**745**	**49,6667**	**23,1663**	**51,1358**
400	40774,72	834	55,6000	23,0855	57,0691
390	39755,352	922	61,4667	22,5083	62,9358
380	38735,984	1020	68,0000	21,9312	69,4691
370	37716,616	1094	72,9333	21,3541	74,4025



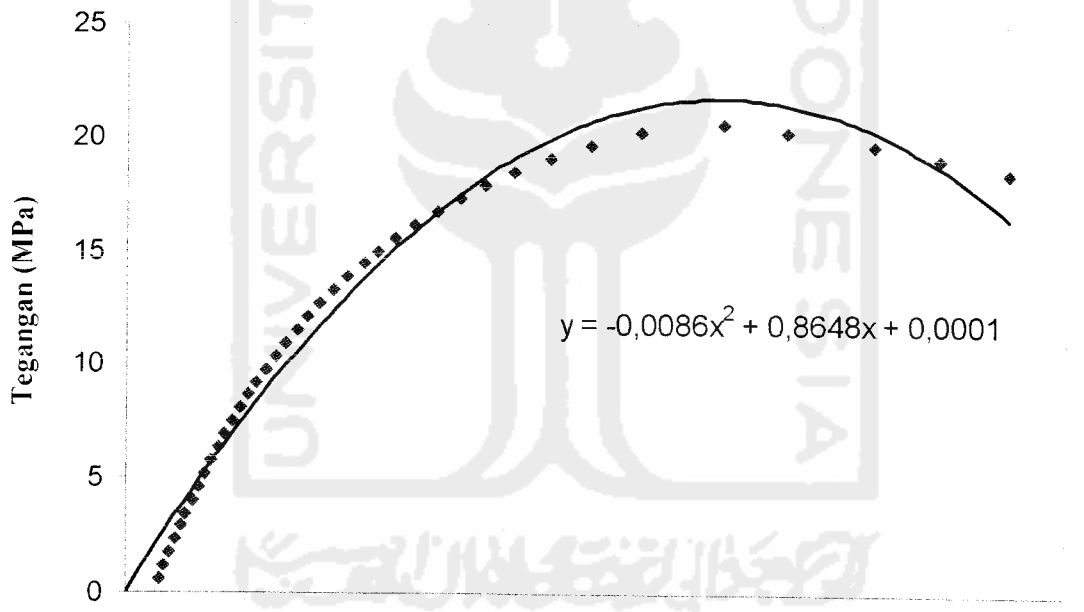
Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 5 % umur 28 hari

Sampel : BSK 10
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 12,08 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 10% Umur 28 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	6	0,4000	0,5771	2,7388
20	2038,736	12	0,8000	1,1543	3,1388
30	3058,104	18	1,2000	1,7314	3,5388
40	4077,472	26	1,7333	2,3085	4,0721
50	5096,840	33	2,2000	2,8857	4,5388
60	6116,208	40	2,6667	3,4628	5,0054
70	7135,576	48	3,2000	4,0400	5,5388
80	8154,944	56	3,7333	4,6171	6,0721
90	9174,312	64	4,2667	5,1942	6,6054
100	10193,680	72	4,8000	5,7714	7,1388
110	11213,048	81	5,4000	6,3485	7,7388
120	12232,416	89	5,9333	6,9256	8,2721
130	13251,784	98	6,5333	7,5028	8,8721
140	14271,152	108	7,2000	8,0799	9,5388
150	15290,520	118	7,8667	8,6571	10,2054
160	16309,888	128	8,5333	9,2342	10,8721
170	17329,256	139	9,2667	9,8113	11,6054
180	18348,624	151	10,0667	10,3885	12,4054
190	19367,992	165	11,0000	10,9656	13,3388
200	20387,360	179	11,9333	11,5427	14,2721
210	21406,728	192	12,8000	12,1199	15,1388
220	22426,096	206	13,7333	12,6970	16,0721
230	23445,464	223	14,8667	13,2741	17,2054
240	24464,832	241	16,0667	13,8513	18,4054
250	25484,200	262	17,4667	14,4284	19,8054
260	26503,568	281	18,7333	15,0056	21,0721

270	27522,936	302	20,1333	15,5827	22,4721
280	28542,304	328	21,8667	16,1598	24,2054
290	29561,672	356	23,7333	16,7370	26,0721
300	30581,040	387	25,8000	17,3141	28,1388
310	31600,408	418	27,8667	17,8912	30,2054
320	32619,776	456	30,4000	18,4684	32,7388
330	33639,144	501	33,4000	19,0455	35,7388
340	34658,512	554	36,9333	19,6227	39,2721
350	35677,880	619	41,2667	20,1998	43,6054
356,7	**36360,857**	**725**	**48,3333**	**20,5865**	**50,6721**
350	35677,880	805	53,6667	20,1998	56,0054
340	34658,512	916	61,0667	19,6227	63,4054
330	33639,144	1000	66,6667	19,0455	69,0054
320	32619,776	1089	72,6000	18,4684	74,9388



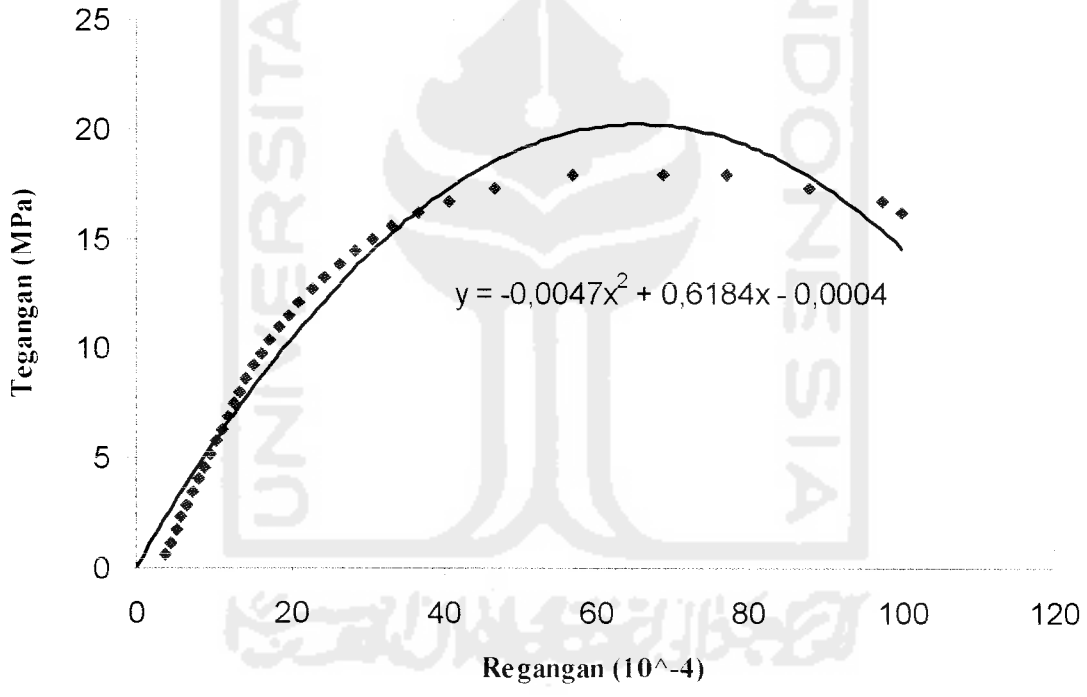
Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 10 % umur 28 hari

Sampel : BSK 15
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 11,8 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 15% Umur 28 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	9	0,6000	0,5771	3,8458
20	2038,736	19	1,2667	1,1543	4,5125
30	3058,104	30	2,0000	1,7314	5,2458
40	4077,472	39	2,6000	2,3085	5,8458
50	5096,84	50	3,3333	2,8857	6,5792
60	6116,208	60	4,0000	3,4628	7,2458
70	7135,576	71	4,7333	4,0400	7,9792
80	8154,944	82	5,4667	4,6171	8,7125
90	9174,312	93	6,2000	5,1942	9,4458
100	10193,68	105	7,0000	5,7714	10,2458
110	11213,048	116	7,7333	6,3485	10,9792
120	12232,416	127	8,4667	6,9256	11,7125
130	13251,784	139	9,2667	7,5028	12,5125
140	14271,152	150	10,0000	8,0799	13,2458
150	15290,52	164	10,9333	8,6571	14,1792
160	16309,888	178	11,8667	9,2342	15,1125
170	17329,256	193	12,8667	9,8113	16,1125
180	18348,624	209	13,9333	10,3885	17,1792
190	19367,992	227	15,1333	10,9656	18,3792
200	20387,36	246	16,4000	11,5427	19,6458
210	21406,728	266	17,7333	12,1199	20,9792
220	22426,096	290	19,3333	12,6970	22,5792
230	23445,464	315	21,0000	13,2741	24,2458
240	24464,832	343	22,8667	13,8513	26,1125
250	25484,2	374	24,9333	14,4284	28,1792
260	26503,568	407	27,1333	15,0056	30,3792

270	27522,936	446	29,7333	15,5827	32,9792
280	28542,304	500	33,3333	16,1598	36,5792
290	29561,672	560	37,3333	16,7370	40,5792
300	30581,04	650	43,3333	17,3141	46,5792
310	31600,408	804	53,6000	17,8912	56,8458
310,5	**31651,3764**	**981**	**65,4000**	**17,9201**	**68,6458**
310	31600,408	1107	73,8000	17,8912	77,0458
300	30581,04	1268	84,5333	17,3141	87,7792
290	29561,672	1410	94,0000	16,7370	97,2458
280	28542,304	1450	96,6667	16,1598	99,9125



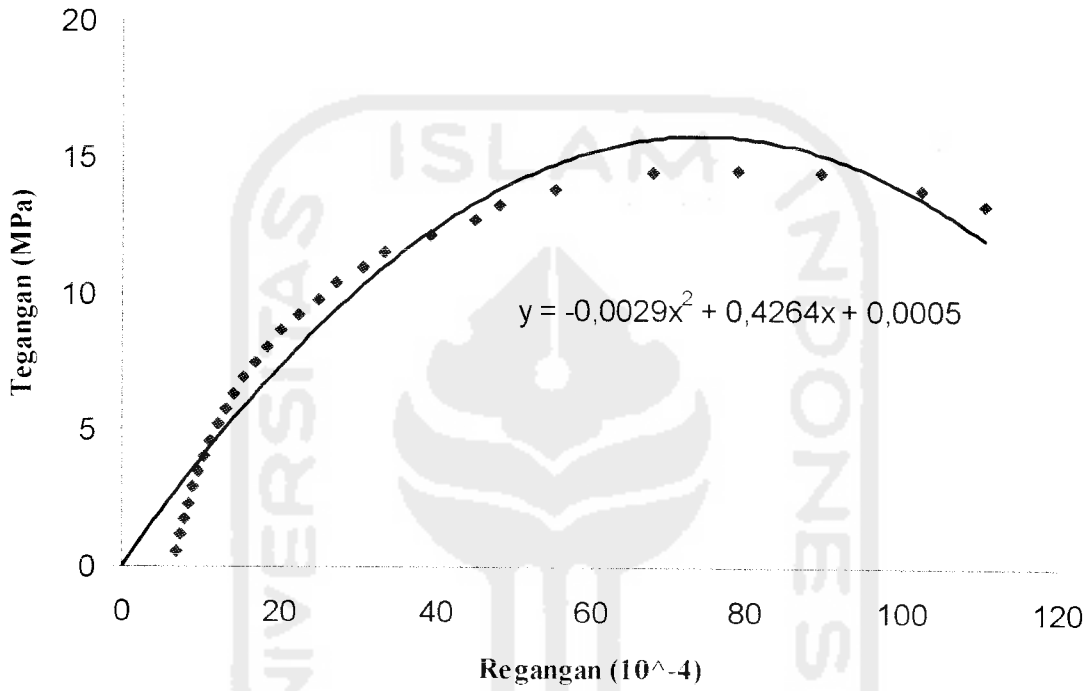
Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 15 % umur 28 hari

Sampel : BSK 20
Diameter : 15 cm
Luas (A_0) : 176,625 cm^2
Tinggi (L_0) : 150 mm
Berat : 11,78 kg

Tabel Hasil Pengujian Tegangan - Regangan Beton + Serbuk Kayu Ulin 20% Umur 28 Hari

Beban (KN)	Beban (Kg)	ΔL (10^-3) mm	Regangan (10^-4)	Tegangan (MPa)	Regangan Terkoreksi (10^-4)
0	0	0	0	0	0
10	1019,368	8	0,5333	0,5771	6,9197
20	2038,736	14	0,9333	1,1543	7,3197
30	3058,104	22	1,4667	1,7314	7,8530
40	4077,472	29	1,9333	2,3085	8,3197
50	5096,84	37	2,4667	2,8857	8,8530
60	6116,208	48	3,2000	3,4628	9,5864
70	7135,576	59	3,9333	4,0400	10,3197
80	8154,944	71	4,7333	4,6171	11,1197
90	9174,312	86	5,7333	5,1942	12,1197
100	10193,68	101	6,7333	5,7714	13,1197
110	11213,048	117	7,8000	6,3485	14,1864
120	12232,416	135	9,0000	6,9256	15,3864
130	13251,784	155	10,3333	7,5028	16,7197
140	14271,152	179	11,9333	8,0799	18,3197
150	15290,52	206	13,7333	8,6571	20,1197
160	16309,888	238	15,8667	9,2342	22,2530
170	17329,256	275	18,3333	9,8113	24,7197
180	18348,624	310	20,6667	10,3885	27,0530
190	19367,992	360	24,0000	10,9656	30,3864
200	20387,36	402	26,8000	11,5427	33,1864
210	21406,728	491	32,7333	12,1199	39,1197
220	22426,096	576	38,4000	12,6970	44,7864
230	23445,464	626	41,7333	13,2741	48,1197
240	24464,832	730	48,6667	13,8513	55,0530
250	25484,2	920	61,3333	14,4284	67,7197
251	**25586,1368**	**1084**	**72,2667**	**14,4861**	**78,6530**

250	25484,2	1245	83,0000	14,4284	89,3864
240	24464,832	1438	95,8667	13,8513	102,2530
230	23445,464	1558	103,8667	13,2741	110,2530



Grafik tegangan-regangan beton dengan penambahan serbuk kayu ulin 20 % umur 28 hari

LAMPIRAN D

(Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas)

LAMPIRAN E

(Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton)

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton Normal

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BN - 1	15,10	31,00	178,99	5549	12,75	2298	196,90	20071	27,3111	2,7311
BN - 2	15,00	30,00	176,63	5299	12,70	2397	167,90	17115	24,2253	2,4225
BN - 3	15,30	30,50	183,76	5605	12,60	2248	181,60	18512	25,2671	2,5267
BN - 4	14,95	30,50	175,45	5351	12,50	2336	194,90	19867	27,7525	2,7753
BN - 5	14,93	30,00	174,98	5249	12,20	2324	175,10	17849	25,3826	2,5383
Rata - rata						**2321**				**2,5988**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton + Serbuk Kayu Ulin 5%

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 5 - 1	15,00	30,00	176,63	5299	12,31	2323	155,80	15882	22,4795	2,2479
BSK 5 - 2	15,00	30,10	176,63	5316	12,31	2315	165,10	16830	23,7422	2,3742
BSK 5 - 3	15,00	30,20	176,63	5334	12,60	2362	169,10	17238	24,2369	2,4237
BSK 5 - 4	15,00	30,20	176,63	5334	12,60	2362	165,10	16830	23,6636	2,3664
BSK 5 - 5	14,95	30,10	175,45	5281	12,20	2310	193,80	19755	27,9626	2,7963
Rata - rata						**2335**				**2,4417**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton + Serbuk Kayu Ulin 10%

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 10 - 1	15,05	30,40	177,80	5405	11,78	2179	149,40	15229	21,2018	2,1202
BSK 10 - 2	15,02	30,10	177,10	5331	12,10	2270	164,90	16809	23,6818	2,3682
BSK 10 - 3	14,95	30,10	175,45	5281	11,90	2253	154,20	15719	22,2489	2,2249
BSK 10 - 4	15,20	29,50	181,37	5350	11,88	2220	165,60	16881	23,9787	2,3979
BSK 10 - 5	15,05	30,15	177,80	5361	11,92	2224	159,00	16208	22,7512	2,2751
Rata - rata						**2229**				**2,2772**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton + Serbuk Kayu Ulin 15%

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 15 - 1	14,81	29,06	172,18	5004	11,80	2358	143,10	14587	21,5884	2,1588
BSK 15 - 2	14,90	30,05	174,28	5237	11,85	2263	152,70	15566	22,1432	2,2143
BSK 15 - 3	14,90	30,10	174,28	5246	11,78	2246	143,00	14577	20,7021	2,0702
BSK 15 - 4	14,90	30,00	174,28	5228	11,98	2291	162,30	16544	23,5745	2,3574
BSK 15 - 5	14,92	31,05	174,75	5426	11,99	2210	150,60	15352	21,1070	2,1107
Rata - rata						**2274**				**2,1823**

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton + Serbuk Kayu Ulin 20%

Kode Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Alas (cm^2)	Volume (cm^3)	Berat (Kg)	Berat Volume (Kg/m^3)	Beban Maksimum (P)		Kuat Tekan	
							KN	Kg	Kg/cm^2	MPa
BSK 20 - 1	14,99	30,10	176,39	5309	11,79	2221	130,80	13333	18,8222	1,8822
BSK 20 - 2	14,88	30,10	173,81	5232	11,79	2254	166,40	16962	24,1221	2,4122
BSK 20 - 3	14,95	30,00	175,45	5263	11,80	2242	146,90	14975	21,2662	2,1266
BSK 20 - 4	14,90	30,10	174,28	5246	11,80	2249	139,60	14230	20,2099	2,0210
BSK 20 - 5	15,00	30,00	176,63	5299	11,90	2246	148,80	15168	21,4695	2,1469
Rata - rata						**2242**				**2,1178**

Tabel hasil perhitungan modulus elastisitas beton umur 7 hari

Variasi Serbuk	σ maks (MPa)	0.4 σ maks (MPa)	ε (10^{-4})	Modulus Elastisitas (MPa)
0%	24.0687	9.6275	11.5921	8305
5%	18.1911	7.2764	10.2479	7100
10%	13.4113	5.3645	11.6731	4596
15%	12.1646	4.8658	11.5905	4198
20%	15.5635	6.2254	18.5426	3357

Tabel hasil perhitungan modulus elastisitas beton umur 28 hari

Variasi Serat	σ maks (MPa)	0.4 σ maks (MPa)	ε (10^{-4})	Modulus Elastisitas (MPa)
0%	26.9473	10.7789	9.9967	10782
5%	24.5886	9.8354	11.4074	8622
10%	21.7408	8.6963	11.3329	7674
15%	20.3410	8.1364	14.8292	5487
20%	15.6744	6.2698	15.5704	4027

LAMPIRAN F

(Analisis Regresi Polynomial)

No	X	Y	X^2	X^3	X^4	Y.X	YX^2	$(Y-\bar{Y})$	$(Y-\bar{Y})^2$	$(Y - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2$
1	0	22,44	0	0	0	0	0	6,41	41,14	0,0500
2	5	18,38	25	125	625	91,9	459,5	2,35	5,54	0,3980
3	10	13,88	100	1000	10000	138,8	1388	-2,15	4,61	0,3028
4	15	12,81	225	3375	50625	192,2	2882,25	-3,22	10,34	0.0106
5	20	12,62	400	8000	160000	252,4	5048	-3,41	11,60	0,0016
Σ	**50**	**80,13**	**750**	**12500**	**221250**	**675,25**	**9778**	**0,0**	**73,2295**	**0,7630**

$\bar{X}$ = 10,00
$\bar{Y}$ = 16,03

Bentuk matriksnya adalah

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} a0 \\ a1 \\ a2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 80,13 \\ 675,25 \\ 9778 \end{Bmatrix}$$

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 80,13 \\ 50 & 750 & 12500 & 675,25 \\ 750 & 12500 & 221250 & 9778 \end{pmatrix}$$

E2 : 0 250,0 5000 -126,05
E3 : 0 5000 108750 -2241,75

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 80,13 \\ 0 & 250 & 5000 & -126,05 \\ 0 & 5000 & 108750 & -2241,75 \end{pmatrix}$$

E3 : 0 0 8750,00 279,25

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 80,13 \\ 0 & 250 & 5000 & -126,05 \\ 0 & 0 & 8750,00 & 279,25 \end{pmatrix}$$

E1 = $5_{X1} + 50_{X2} + 750_{X3} = 80,13$

E2 = $250_{X2} + 5000_{X3} = -126,05$

E3 = $8750_{X3} = 279,25$

X_3 = 0,0319

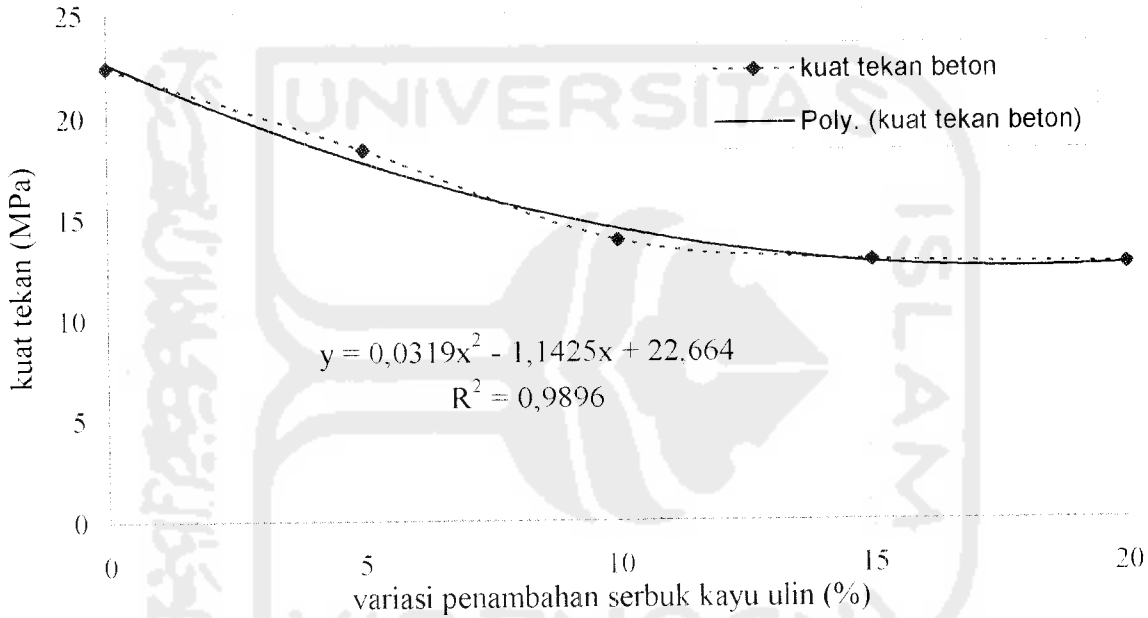
X_2 = -1,1425

X_1 = 22,664

$S_{y/x}$ 0,50

r^2 0,9896

r 0,9948



Analisis regresi polynomial variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tekan beton umur 28 hari

No	X	Y	X^2	X^3	X^4	Y.X	YX^2	$(Y-\bar{Y})$	$(Y-\bar{Y})^2$	$(Y - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2$
1	0	25,65	0	0	0	0	0	4,84	23,46	0,0935
2	5	22,57	25	125	625	112,9	564,25	1,76	3,11	0,5053
3	10	21,31	100	1000	10000	213,1	2131	0,50	0,25	0,0890
4	15	18,85	225	3375	50625	282,8	4241,25	-1,96	3,83	0,0981
5	20	15,65	400	8000	160000	313,0	6260	-5,16	26,58	0,0426
Σ	**50**	**104,03**	**750**	**12500**	**221250**	**921,70**	**13197**	**0,0**	**57,2403**	**0,8284**

$\bar{X}$ = 10,00
$\bar{Y}$ = 20,81

Bentuk matriksnya adalah

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} a0 \\ a1 \\ a2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 104,03 \\ 921,70 \\ 13197 \end{Bmatrix}$$

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 104,03 \\ 50 & 750 & 12500 & 921,70 \\ 750 & 12500 & 221250 & 13197 \end{pmatrix}$$

E2 : 0 250,0 5000 -118,60
E3 : 0 5000 108750 -2408

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 104,03 \\ 0 & 250 & 5000 & -118,60 \\ 0 & 5000 & 108750 & -2408 \end{pmatrix}$$

E3 : 0 0 8750,00 -36,00

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 104{,}03 \\ 0 & 250 & 5000 & -118{,}60 \\ 0 & 0 & 8750{,}00 & -36{,}00 \end{pmatrix}$$

E1 = $5X_1 + 50_{X2} + 750_{X3} = 104{,}03$

E2 = $250_{X2} + 5000_{X3} = -118{,}6$

E3 = $8750_{X3} = -36$

X_3 = -0,0041

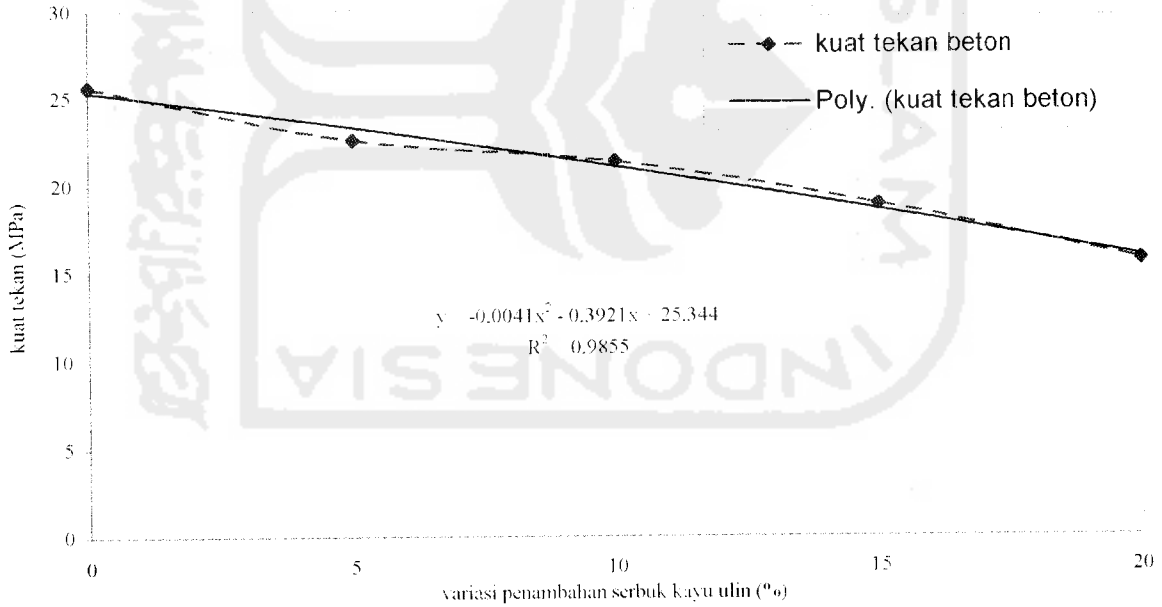
X_2 = -0,3921

X_1 = 25,344

$S_{y/x}$ 0,53

r^2 0,9855

r 0,9927



Analisis regresi polynomial variasi penambahan serbuk kayu ulin terhadap kuat tarik beton

No	X	Y	X^2	X^3	X^4	Y.X	YX^2	$(Y-\bar{Y})$	$(Y-\bar{Y})^2$	$(Y - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2$
1	0	2,5988	0	0	0	0	0	0,28	0,08	0,0000
2	5	2,4417	25	125	625	12,2	61,0425	0,12	0,01	0,0002
3	10	2,2772	100	1000	10000	22,8	227,72	-0,05	0,00	0,0001
4	15	2,1823	225	3375	50625	32,7	491,0175	-0,14	0,02	0,0000
5	20	2,1178	400	8000	160000	42,4	847,12	-0,21	0,04	0,0000
Σ	**50**	**11,6178**	**750**	**12500**	**221250**	**110,07**	**1627**	**0,0**	**0,1542**	**0,0003**

$\bar{X}$ = 10,00
$\bar{Y}$ = 2,32

Bentuk matriksnya adalah

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 \\ 50 & 750 & 12500 \\ 750 & 12500 & 221250 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} a0 \\ a1 \\ a2 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} 11,62 \\ 110,07 \\ 1627 \end{Bmatrix}$$

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 11,62 \\ 50 & 750 & 12500 & 110,07 \\ 750 & 12500 & 221250 & 1627 \end{pmatrix}$$

E2 : 0 250,0 5000 -6,11
E3 : 0 5000 108750 -115,77

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 11,62 \\ 0 & 250 & 5000 & -6,11 \\ 0 & 5000 & 108750 & -115,77 \end{pmatrix}$$

E3 : 0 0 8750,00 6,37

Perbesaran matriksnya menjadi :

$$\begin{pmatrix} 5 & 50 & 750 & 11{,}62 \\ 0 & 250 & 5000 & -6{,}11 \\ 0 & 0 & 8750{,}00 & 6{,}37 \end{pmatrix}$$

E1 = $5_{X1} + 50_{X2} + 750_{X3} = 11{,}62$

E2 = $250_{X2} + 5000_{X3} = -6{,}11$

E3 = $8750_{X3} = 6{,}37$

X_3 = 0,0007

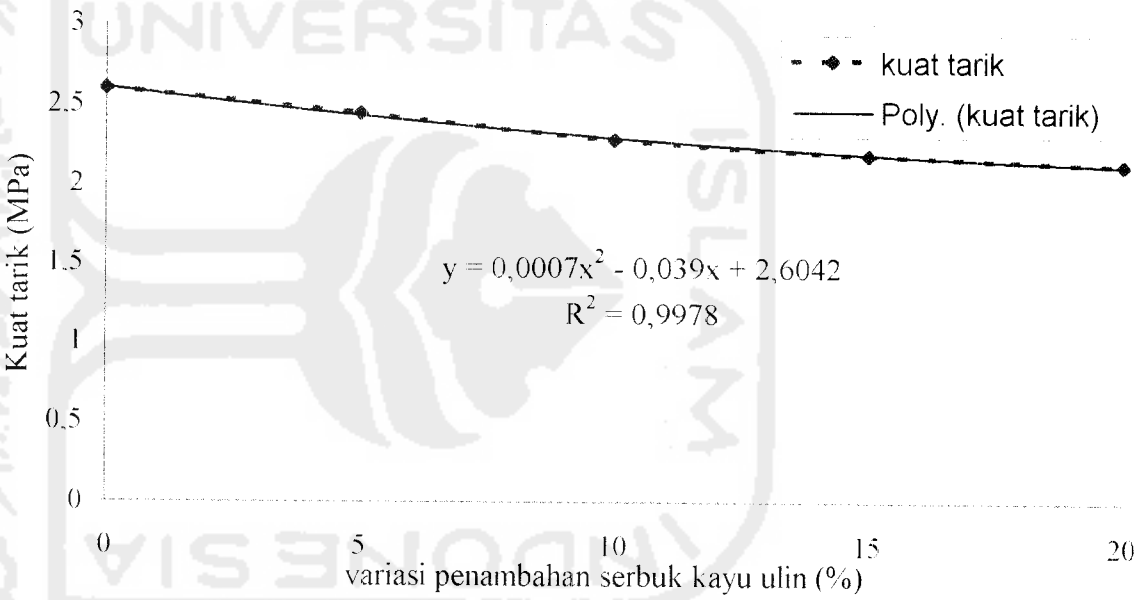
X_2 = -0,0390

X_1 = 2,604

$S_{y/x}$ 0,01

r^2 0,9978

r 0,9989



LAMPIRAN G

(Perencanaan Campuran Adukan Beton Metode DOE)

PERENCANAAN CAMPURAN ADUKAN BETON

Jenis Semen	:	Semen Portland
Jenis Pasir	:	agak kasar (daerah gradasi II)
Jenis Kerikil	:	Batu Pecah
Ukuran maksimum kerikil	:	20 mm
Berat Jenis Pasir	:	2.58 gr/cm^3
Berat Jenis Kerikil	:	2.66 gr/cm^3

Langkah – langkah perencanaan :

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ($f'c$) = 20 MPa
2. Penetapan nilai deviasi standar (sd) = 4.2 MPa (diambil dari tabel Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan).
3. Menghitung nilai tambah (M) = K . Sd
   = 1.64 . 4.2 . 1.0
   = 6.89

   Keterangan : K = 1.64
   1.0 = faktor pengali (didapat dari faktor pengali deviasi standar).

Tabel 1. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	sd (MPa)
memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	**4.2**
Cukup	5.6
Jelek	7
Tanpa kendali	8.4

4. Menetapkan Kuat Tekan Rata-rata yang direncanakan :

$$f'_{cr} = f'_c + M$$
$$= 20 + 6.89 = 26.89 \text{ MPa}$$

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

f'_c = kuat tekan yang disiyaratkan

M = nilai tambah. Nilai tambah diambil 12 Mpa. jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman sebelumnya (Triono. B).

5. Menetapkan jenis semen.

   Digunakan semen portland merek Gresik 40 Kg.

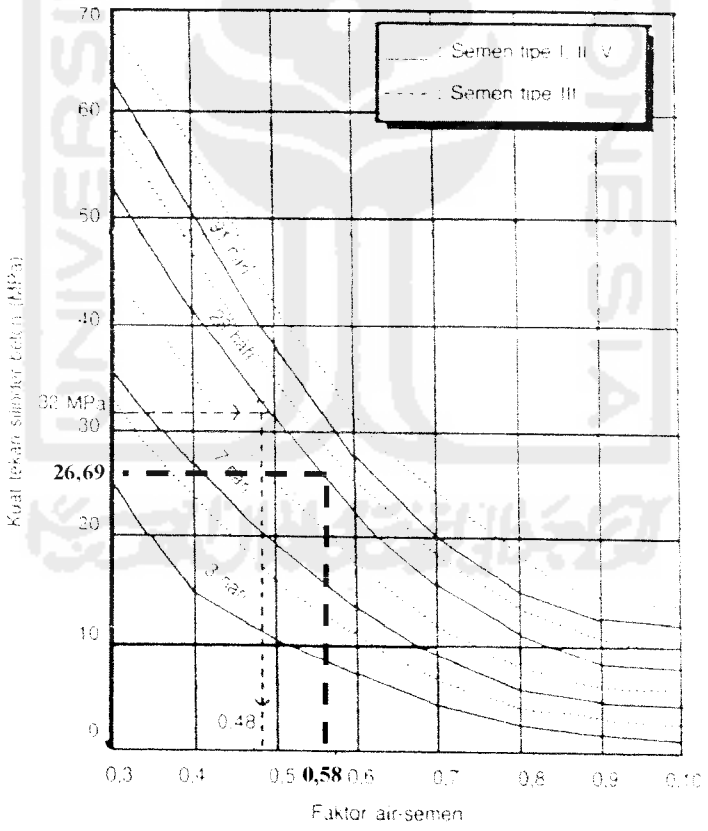
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil).

   Digunakan jenis pasir agak halus (termasuk daerah II).

   Digunakan jenis kerikil batu pecah ukuran maksimum 20 mm.

7. Menetapkan faktor air semen.

   Cara I : 0,58 (didapat dari grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton).

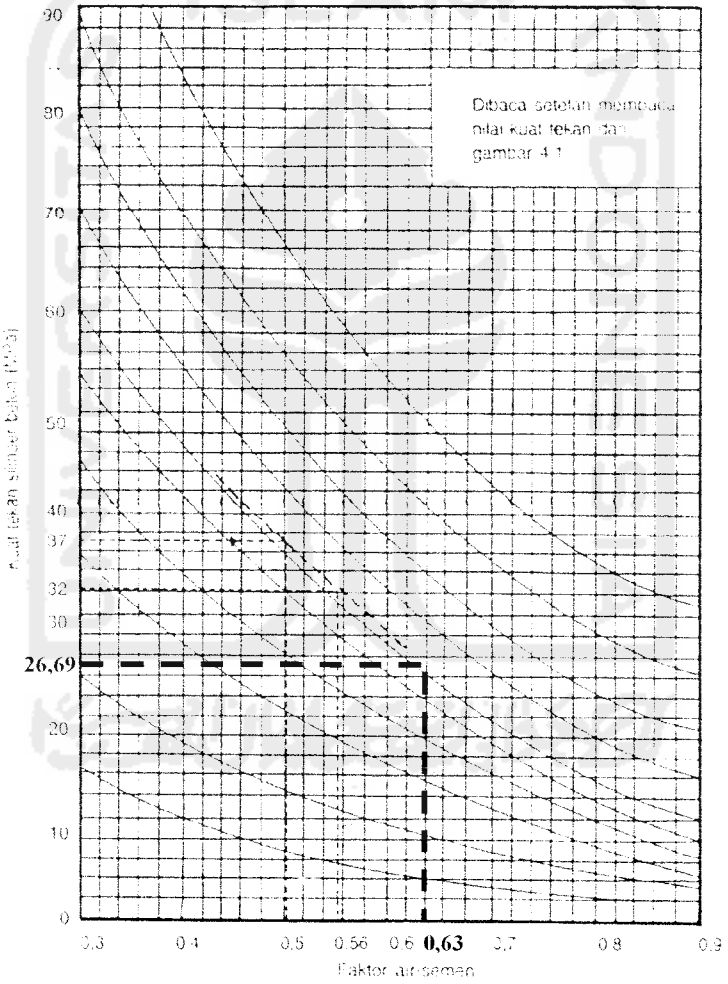


Grafik 1. faktor air semen

Cara II : 0,62 (didapat dari grafik mencari faktor air semen, dengan tabel kuat tekan beton berdasarkan jenis semen dan jenis agregat umur beton 28 hari).

Tabel 2. 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



Grafik 2. Mencari faktor air semen

Cara III : 0,6 (didapat dari nilai terendah tabel persyaratan fas untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus).

Dari ketiga cara di atas diambil nilai fas terkecil, yaitu = 0,58.

8. Menetapkan nilai *slump*

Berdasarkan tabel penetapan nilai *slump* untuk struktur plat, balok, kolom dan dinding, nilai *slump* adalah antara 7,5 – 15,0.

Tabel 3. 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
• Pembetonan masal	7,5	2,5

9. Menetapkan ukuran butir agregat maksimum (Kerikil).

Ukuran butir agregat batu pecah maksimum (pengayakan) = 20 mm.

10. Menetapkan kebutuhan air (A).

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

Berdasarkan tabel kebutuhan air berdasarkan agregat maka :

A_h = 225 (jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus)

A_k = 225 (jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar).

Sehingga : $A = (0,67 \times 225) + (0,33 \times 225)$

$= 225$ liter/m^3.

Nilai-nilai A_h dan A_k didapat dari tabel perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter).

Tabel 4. Kebutuhan air per meter kubik beton (liter)

Besar ukuran 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

11. Menetapkan kebutuhan semen

$$= \frac{\text{air}}{\text{faktor air semen}} = \frac{225}{0.58} = 387.931 \text{ kg} \approx 388 \text{ kg}.$$

12. Menentukan golongan pasir

Berdasarkan tabel gradasi pasir, maka digunakan pasir golongan II

13. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil

Berdasarkan grafik persentase agregat halus terhadap keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm, didapat :

Presentasi pasir = 42 %

Persentasi kerikil = 58 %

(Grafik hubungan fas, *slump* dan ukuran butir maksimum).

14. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

$$\text{Bj campuran} = \frac{43}{100} x\ 2.58 + \frac{58}{100} x\ 2.66 = 2.626 \approx 2.63.$$

15. Menentukan berat beton

Berat beton = 2335 kg/m^3

(Grafik hubungan kandungan air dan berat jenis campuran dan berat beton).

16. Menentukan Kebutuhan Pasir dan Kerikil

Berat pasir + kerikil = berat beton – keb. Air – keb. Semen

= 2335 - 225 - 388

= 1722 kg.

17. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = keb. Pasir dan kerikil x presentasi berat pasir

= 1722 x 42 %

= 723,24 kg ≈ 723,3 kg.

18. menentukan kebutuhan kerikil

kebutuhan kerikil = keb pasir dan kerikil – keb pasir

= 1722,069 - 723,3 = 998,769 ≈ 998,8 kg.

Kesimpulan :

Untuk 1 m^3 beton dibutuhkan :

a. Air = 225 liter c. Pasir = 723,3 kg

b. Semen = 388 kg d. Kerikil = 998,8 kg

Untuk 1 Silinder beton dibutuhkan :

Volume Silinder = 5298,75 cm^3 = 0,00529875 m^3

a. Air = 0,00529875 x 225 = 1,192 x 1,15 = 1,371 liter.

b. Semen = 0,00529875 x 388 = 2,056 x 1,15 = 2,364 kg.

c. Pasir = 0,00529875 x 723,3 = 3,832 x 1,15 = 4,407 kg

d. Kerikil = 0,00529875 x 998,8 = 5,292 x 1,15 = 6,086 kg.

Untuk 5 Silinder beton dibutuhkan :

Volume Silinder = 5298,75 cm^3 = 0,00529875 x 5 = 0,026494 m^3

a. Air = 0,026494 x 225 x 1,15 = 6,855 liter.

b. Semen = 0,026494 x 388 x 1,15 = 11,822 kg.

c. Pasir = 0,026494 x 723,3 x 1,15 = 22,038 kg

d. Kerikil = 0,026494 x 998,8 x 1,15 = 30,431 kg.

Serbuk kayu ulin yang digunakan untuk mengganti berat pasir dalam campuran beton.

1. **Untuk 5 % Serbuk Kayu pada 5 Silinder Beton :**

   5 % x 22,038 = 1,102 kg

   Kebutuhan pasir = 22,038 – 1,102

   = 20,9 kg

   Kebutuhan serbuk kayu = 1,102 kg

2. **Untuk 10 % Serbuk Kayu pada 5 Silinder Beton :**

   10 % x 22,038 = 2,2038

   Kebutuhan pasir = 22,038 – 2,2038

   = 19,8 kg

   Kebutuhan serbuk kayu = 2,2038 kg

3. **Untuk 15 % Serbuk Kayu pada 5 Silinder Beton :**

   15 % x 22,038 = 3,3057

   Kebutuhan pasir = 22,038 – 3,3057

   = 18,7 kg

   Kebutuhan serbuk kayu = 3,3057 kg

4. **Untuk 20 % Serbuk Kayu pada 5 Silinder Beton :**

   20 % x 22,038 = 4,4076

   Kebutuhan pasir = 22,038 – 4,4076

   = 17,6 kg

   Kebutuhan serbuk kayu = 4,4076 kg

Kebutuhan Serbuk Kayu Ulin untuk 1 Campuran adukan (5 Silinder)

Serbuk %	Kebutuhan Material (kg)				
	Semen	Pasir	Kerikil	Air	Serbuk
0	11,822	22,038	30,431	6,855	0
5	11,822	20,9	30,431	6,855	1,102
10	11,822	19,8	30,431	6,855	2,204
15	11,822	18,7	30,431	6,855	3,306
20	11,822	17,6	30,431	6,855	4,408

LAMPIRAN H

(Kartu Peserta Tugas Akhir)

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

FM-UII-AA-FPU-09

UNTUK MAHASISWA

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Inda Andriawan	99 511 378	Teknik Sipil
JUDUL TUGAS AKHIR			
Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Ulin (Eusidiroxylon Zwageri T.Et. B) terhadap Kuat Tekan Beton			

PERIODE KE	: III (Mar 06 - Agst 06)
TAHUN	: 2005 - 2006
Sampai Akhir Agustus 2006	

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Ade Ilham,Dr,Ir,MT

Dosen Pembimbing II :



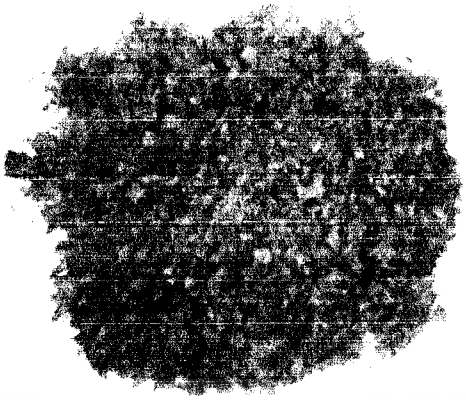
Jogjakarta , 3-Mar-06
a.n. Dekan

Ir.H.Munadhir, MS

Catatan	
Seminar	:
Sidang	:
Pendadaran	:

LAMPIRAN I

(Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian)



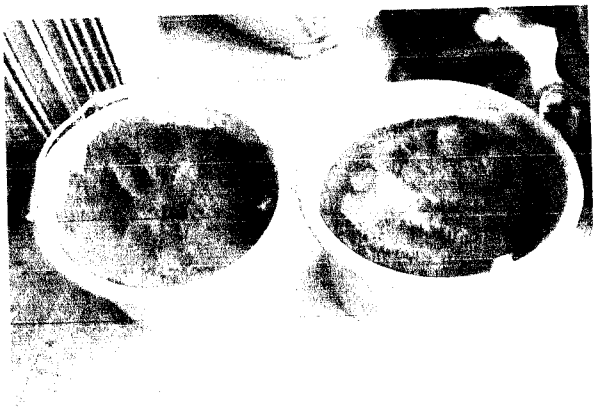
Serbuk kayu ulin



Agregat kasar (kerikil)



Semen



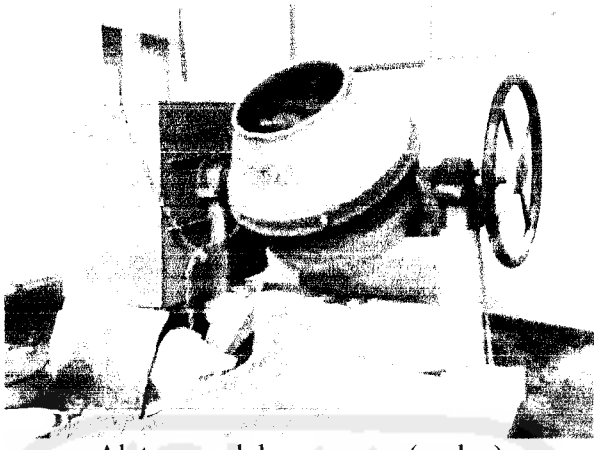
Agregat halus (pasir)



Air



Pengujian berat jenis serbuk



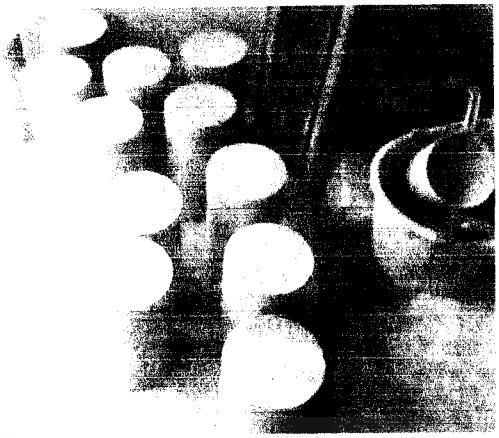
Alat pengaduk campuran (molen)



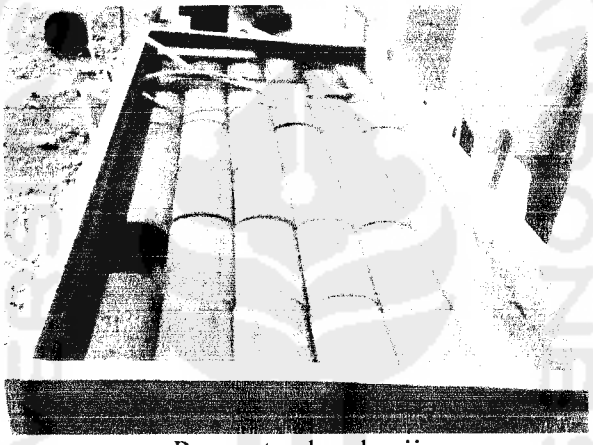
Pengujian *slump*



Benda uji beton dalam cetakan



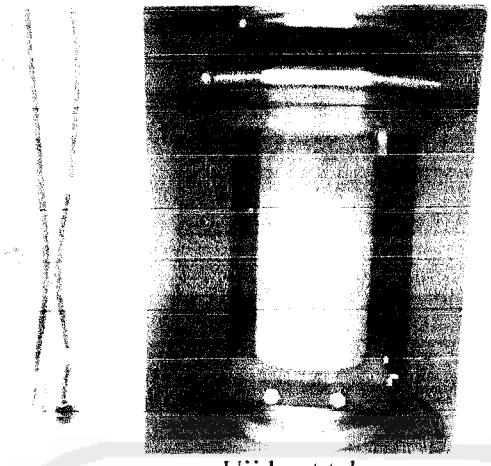
Pemberian kode benda uji



Perawatan benda uji



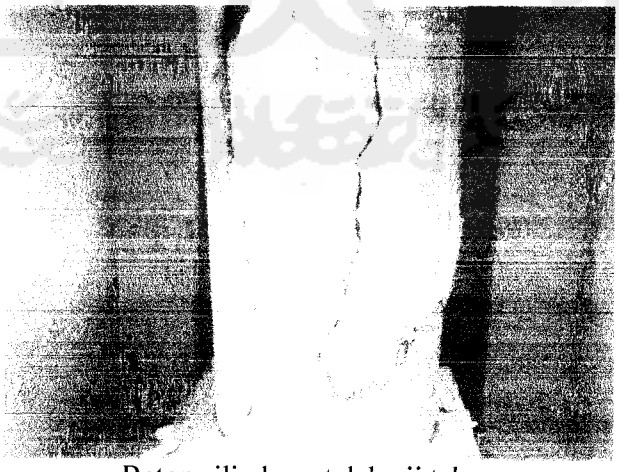
Uji tegangan-regangan



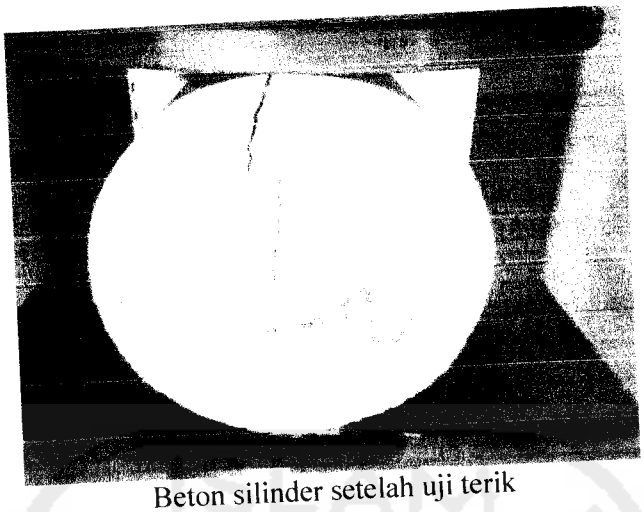
Uji kuat tekan



Uji kuat tarik



Beton silinder setelah uji tekan



Beton silinder setelah uji terik