



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

OPTIMASI PENAMBAHAN SERAT SABUT PINANG TERHADAP PARAMETER KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERBASIS SEMEN PORTLAND TIPE I

TESIS



**GUSNELLY
06214050**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2008**

Optimasi Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Parameter Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Berdasarkan Semen Portland Tipe I

Oleh: Gusnelly

(Di bawah bimbingan Dr. Dian Fitriyani dan Drs. Alimin Mahyudin, M.Si)

UNIVERSITAS ANDALAS

RINGKASAN

Beton yang merupakan bahan yang sangat penting sebagai bahan konstruksi, ternyata memiliki kuat tarik rendah dan sifat getas (*brittle*). Oleh karena itu berbagai upaya terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja beton, salah satunya dengan menggunakan bahan tambah yang dimasukkan dalam campuran beton. Bahan tambah yang sering digunakan adalah serat sehingga dikenal dengan beton diperkuat serat. Jenis serat yang sangat digalakkan pemanfaatannya adalah serat alami (*natural fibers*). Serat sabut pinang merupakan salah satu serat alami yang diperoleh dari buah pinang. Tanaman pinang merupakan tanaman yang secara geografis dapat tumbuh di daerah manapun. Dalam kehidupan sehari-hari serat sabut pinang sebagai pembungkus biji buah pinang dibuang begitu saja belum dimanfaatkan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap kekuatan beton berbasis semen dengan melakukan pengujian terhadap parameter kuat tekan dan kuat lentur sehingga diperoleh komposisi semen dan serat sabut pinang yang optimum/ optimal sebagai campuran pembuatan beton.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Galian dan Non Logam Baristand Ulu Gadut Padang, sejak Nopember 2007 sampai Maret 2008. Bahan yang digunakan meliputi semen Portland tipe I, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah), air dan serat sabut pinang. Untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton digunakan *unit testing machine*. Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan sampel uji, pembuatan sampel uji serta pengukuran kuat tekan dan kuat lentur sampel uji.

Hasil analisis menunjukkan nilai kuat tekan minimum diperoleh sebesar $16,65 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ pada penambahan 17,5 % serat pada umur 3 hari dan nilai maksimum sebesar $97,84 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ pada penambahan 0 %, 2,5 % dan 5 % serat pada umur 28 hari.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 5 %, sedangkan kuat lentur beton optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 2,5 %. Oleh karena itu serat sabut pinang dapat disarankan sebagai bahan tambahan pada beton.

OPTIMASI PENAMBAHAN SERAT SABUT PINANG TERHADAP PARAMETER KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERBASIS SEMEN PORTLAND TIPE I

ABSTRAK

Salah satu usaha untuk meningkatkan kinerja beton adalah menggunakan bahan tambah yang dimasukkan ke dalam campuran beton. Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap kekuatan beton berbasis semen dengan melakukan pengujian terhadap parameter kuat tekan dan kuat lentur sehingga diperoleh komposisi yang optimal bagi campuran pembuatan beton yaitu semen dan serat sabut pinang.

Disiapkan 8 variasi benda uji yang digunakan berdasarkan persentase penambahan serat sabut pinang yaitu 0 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, 12,5 %, 15 % dan 17,5 %. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kuat tekan beton optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 5 % dengan kuat tekan rata-rata maksimum $86,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ sedangkan kuat lentur optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 2,5 % dengan kuat lentur rata-rata maksimum $42,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$.

Kata kunci: optimasi, serat sabut pinang, kuat tekan, kuat lentur, beton

OPTIMIZE THE ADDITIONAL OF PINANG FIBERS TOWARD THE PARAMETER COMPRESIVE STRENGTH AND CRUSHING STRENGTH OF CONCRETE BASED ON PORTLAND TYPE I CEMENT

ABSTRACT

One of the technique to increase the ability of concrete is to use the additional material that input in to the concrete's mix. The observation have done to know the effect of additional pinang fibers to the level of concrete based on cement with doing testing to crushing strength and compressive strength of concrete until we find the optimally composition for product of mixing of concrete that is cement and pinang fiber.

Eight variation has prepared based on procentage of pinang fiber is 0 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 %, 10 %, 12,5 %, 15 % and 17,5 %. The result of test indicate that compressive strength of concrete optimal for additional pinang fiber about 5 % with level of strength $86,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ while the crushing strength of concrete optimal for additional pinang fiber about 2,5 % with elastic level $42,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$.

Keywords: optimal, pinang fiber, compressive strength, crushing strength, concrete

Ilmu adalah suatu kemuliaan yang tidak ternilai harganya

(Ahli Hikmah)

Tidak pantas bagi orang yang tidak berilmu
berdiri di atas kebodohannya

(Al Hadist)

Rahasia kesuksesan

bagi setiap orang dalam hidup

adalah menempati posisi siap ketika peluang datang

(Benyamin Desraili)

Kupersembahkan karya ini

untuk suami tercinta Neldi, anakku Adit dan Rafky

Ayah Bundaku, adik-adikku

dan seluruh keluarga besar SMA N 1 Salimpaung

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 29 Agustus 1976 di Mandahiling Kecamatan Salimpaung Kabupaten Tanah datar, sebagai anak pertama dari ayah Nasrial dan Ibu Maidarlis. Penulis menamatkan SD pada tahun 1989, MTsN pada tahun 1992 dan SMA pada tahun 1995 di Sungai Tarab Kabupaten Tanah Datar. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Padang tahun 2000.

Penulis telah menikah dan mempunyai dua orang putra yang berumur 6 dan 3 tahun. Sejak tahun 2000 sampai 2002 penulis bekerja sebagai Guru Honorer. Pada tahun 2002 penulis diangkat sebagai Pegawai Negeri Sipil dan ditugaskan sebagai Tenaga Pengajar di SMAN 1 Salimpaung sampai sekarang. Pada tahun 2006 memperoleh kesempatan meneruskan pendidikan pada Program Pasca Sarjana Universitas Andalas Padang.

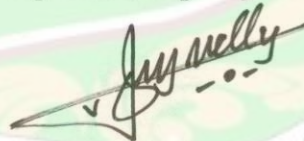
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis ini dengan judul “OPTIMASI PENAMBAHAN SERAT SABUT PINANG TERHADAP PARAMETER KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON BERBASIS SEMEN PORTLAND TIPE I” adalah hasil karya sendiri dan bukan merupakan ciplakan karya orang lain, kecuali beberapa contoh dan kutipan yang sumbernya dicantumkan.

Jika dikemudian hari pernyataan yang saya buat ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, 14 Juli 2008

Yang membuat pernyataan



GUSNELLY
BP. 06 214 050

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan hidayahNYA hingga penulis telah dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini telah ditulis berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “ Optimasi Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Parameter Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Berbasis Semen Portland Tipe I”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih banyak kepada Ibu Dr. Dian Fitriyani sebagai ketua komisi pembimbing serta kepada Bapak Drs. Alimin Mahyudin, M.Si sebagai anggota komisi pembimbing atas saran, bimbingan dan arahan selama penelitian dan penulisan tesis ini. Kepada Bapak dan Ibu penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk kesempurnaan tesis ini. Tidak lupa kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H. Novirman Jamarun, M.Sc, dosen dan seluruh karyawan pascasarjana yang telah memberi bantuan, arahan untuk kemudahan dan kesempurnaan tesis ini.

Kepada Bapak Dindin Syafrudin, S.T yang telah membantu dalam pengujian sampel di Laboratorium Bahan Bangunan Galian dan Non Logam Baristand Ulu Gadut Padang. Terutama kepada suami, anak-anakku dan seluruh keluarga serta teman-teman yang telah memberi dukungan baik moril maupun materil dalam penulisan tesis ini.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil-hasil penelitian yang dituangkan dalam tesis ini akan bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dalam menemukan teknologi beton.

Padang, Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Material Pembentuk Beton	5
2.1.1. Semen	6
2.1.2. Semen Portland.....	7
2.1.3. Agregat	12
2.1.4. Air	15
2.2. Beton Serat	17
2.3. Serat Sabut Pinang	20
2.4. Tegangan dan Regangan	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Waktu dan Tempat	27
3.2. Alat dan Bahan	27
3.3. Prosedur Kerja Penelitian.....	29
3.3.1. Persiapan Sampel Uji.....	29
3.3.2. Pembuatan Sampel Uji	30
3.3.3. Pengukuran Kuat Tekan dan Kuat Lentur Sampel Uji Beton.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN33

4.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	
dengan Penambahan Serat Sabut Pinang	33
4.2. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	
dengan Penambahan Serat Sabut Pinang.....	33
4.3. Pembahasan.....	34
4.3.1. Analisis Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton	
Tanpa Penambahan Serat sabut Pinang.....	34
4.3.2. Analisis Pengaruh Penambahan Serat Sabut Pinang	
Terhadap Kuat Tekan Beton	35
4.3.3. Analisis Pengaruh Penambahan Serat Sabut Pinang	
Terhadap Kuat Lentur Beton	41
4.3.4. Analisis Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan	
Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap	
Umur Beton.....	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....45

5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
2.1. Komposisi kimia semen portland	10
2.2. Sifat-sifat serat penguat	20
2.3. Kekuatan maksimum bahan (gaya/ luas).....	26
3.1. Komposisi sampel uji.....	29
3.2. Jumlah sampel uji.....	30
4.1. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi persentase penambahan serat sabut pinang	33
4.2. Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi persentase penambahan serat sabut pinang	34
4.3. Hasil perhitungan faktor air semen (W/C)	38

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1. Gaya tekan pada benda	23
2.2. Gaya tarik pada benda	24
2.3. Patahan sebagai akibat dari tiga jenis tegangan.....	26
3.1. Alat kuat tekan dan kuat lentur beton (<i>unit testing machine</i>).....	28
4.1. Kuat tekan dan kuat lentur beton tanpa penambahan serat sabut pinang	35
4.2. Pengaruh persentase penambahan serat sabut pinang terhadap kuat tekan beton.....	36
4.3. Kuat tekan beton dengan penambahan 5 % serat sabut pinang.....	37
4.4. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 3 hari.....	39
4.5. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 7 hari.....	39
4.6. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 14 hari.....	40
4.7. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 28 hari.....	40
4.8. Pengaruh persentase penambahan serat sabut pinang terhadap kuat lentur beton	41
4.9. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 3 hari.....	43
4.10. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 7 hari.....	43
4.11. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 14 hari.....	43
4.12. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 28 hari.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
A. Hasil pengujian kuat tekan beton	49
B. Hasil pengujian kuat lentur beton	57
C. Gambar balai riset dan standardisasi industri Ulu Gadut Padang	65
D. Alat <i>unit testing machine</i>	66
E. Cetakan beton	67
F. Sampel uji beton	68
G. Contoh perhitungan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton	72



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan di bidang struktur dan arsitektur serta peningkatan kebutuhan manusia terhadap perumahan akibat perkembangan penduduk yang sangat pesat telah memacu perkembangan bidang ilmu yang berkaitan dengan konstruksi. Salah satu bahan konstruksi yang paling lazim adalah beton.

Beton adalah suatu bahan bangunan yang dominan digunakan disamping baja dan kayu. Beton merupakan bahan yang sangat penting sebagai bahan konstruksi karena memiliki sifat yang memberikan nilai lebih antara lain kuat tekan tinggi, mudah dibentuk, bahan penyusunnya mudah didapat yang terdiri dari campuran semen, agregat dan air, mudah dalam pelaksanaan dan perawatan serta tahan terhadap pengaruh lingkungan (Rawiana, 2003). Disamping itu Kurniawan dan Aryanti (2005) menginformasikan beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu kuat tarik yang rendah serta mempunyai sifat getas (*brittle*).

Dalam perkembangan teknologi beton sekarang ini, berbagai upaya terus dilakukan untuk meningkatkan kinerja beton menjadi lebih efektif dan efisien sehingga diharapkan diperoleh struktur beton yang lebih berkualitas tinggi dan murah (Rommel, 1999). Dalam usaha mendapatkan beton bermutu tinggi telah dilakukan berbagai cara antara lain faktor air semen (*fas*), kualitas agregat halus, kualitas agregat kasar, penggunaan bahan tambah baik *admixture* (kimia) maupun *aditif* (mineral). Fungsi bahan tambah adalah untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton (Mulyono, 2004). Salah satu bahan yang ditambahkan adalah serat sehingga dikenal dengan beton diperkuat serat.

Beton diperkuat serat terdiri dari serat sebagai penguat dan matrik semen sebagai pengikat. Dengan penambahan serat ini diharapkan dapat menaikkan kuat tekan dan kuat lentur beton serta mencegah terjadinya retakan pada beton yang terlalu dini akibat pembebanan maupun hidrasi (Kurniawandy dan Aryanti, 2005). Beton diperkuat serat biasanya digunakan untuk aneka tujuan konstruksi, seperti trotoar, jalan raya, perumahan dan gedung-gedung bertingkat. Untuk bahan yang berbasis semen, serat yang digunakan biasanya serat karbon, serat logam, serat gelas dan serat alamiah (*natural fibers*) (Adianto dan Juwono, 2006).

Salah satu serat alamiah yang sudah diteliti pengaruhnya terhadap kekuatan beton adalah serat sabut kelapa (Ulfa, 2004). Salah satu dari hasil penelitian tersebut dinyatakan bahwa penggunaan atau penambahan serat sabut kelapa dalam campuran beton ternyata tidak menunjukkan peningkatan kuat tekan yang cukup berarti sehingga diperlukan alternatif serat alami yang lain.

Serat sabut pinang diperoleh dari tanaman pinang yang berasal dari bangsa dan suku yang sama dengan sabut kelapa yaitu *arecales* dan *arecaceae* (*palmae*) (Sudarnadi, 1996). Lutony (1992) menambahkan tanaman pinang merupakan tanaman yang tumbuh di mana saja hampir di seluruh Indonesia.

Hingga saat ini bagian yang sering dimanfaatkan dari buah pinang adalah bijinya. Bijinya yang muda sering digunakan untuk makan sirih, sedangkan biji yang tua untuk bahan obat-obatan yang sekarang menjadi komoditi ekspor. Dalam mengambil bijinya kulit buah yang banyak mengandung serat sering dibuang begitu saja tanpa dimanfaatkan.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka pada penelitian ini serat sabut pinang akan digunakan sebagai bahan tambahan pada pembuatan beton. Penambahan serat sabut pinang akan dianalisis pengaruhnya terhadap kekuatan beton sehingga diperoleh komposisi yang optimal. Dengan adanya penelitian ini diharapkan serat yang terbuang bisa dimanfaatkan dan perkebunan pinang bisa digalakkan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, beberapa perumusan masalah yang dapat dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian sifat mekanik beton, terutama parameter kuat tekan dan kuat lentur beton apabila dilakukan penambahan serat sabut pinang.
2. Perlu dilakukan analisis untuk mengetahui komposisi campuran serat yang tepat pada pembuatan beton sehingga diperoleh kekuatan beton yang optimal.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap kekuatan beton berbasis semen dengan melakukan pengujian terhadap parameter kuat tekan dan kuat lentur sehingga diperoleh komposisi yang optimal bagi campuran pembuatan beton yaitu semen dan serat sabut pinang.

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini akan menjadi bahan ramuan teknologi untuk meningkatkan kekuatan beton berbasis semen dengan penambahan serat alamiah (*natural fibers*).
2. Memberi nilai ekonomis pada sabut pinang yang selama ini belum termanfaatkan

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan tambah yang digunakan adalah serat sabut pinang
2. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I produksi PT. Semen Padang
3. Agregat beton yang digunakan adalah agregat normal yang terdiri dari pasir dan batu pecah.
4. Air yang dipakai adalah air bersih yang bebas kandungan minyak, asam alkali, garam-garaman, bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.
5. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Beton dihasilkan dari campuran sejumlah material seperti pasir dan kerikil sebagai penguat dan air serta semen sebagai pengikat. Dengan komposisi material tersebut ternyata memberi dampak sifat kuat pada kondisi tekan dan lemah pada kondisi tarik (Nawy, 2002). Karena itu diperlukan bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton. Salah satu cara yang ditempuh adalah dengan menambahkan serat pada adonan beton yang disebar secara merata. Penambahan serat pada beton akan membuat konstruksi beton terhindar dari keretakan yang terlalu dini (Suparjo, 2003).

Penggunaan serat alami dalam campuran beton telah banyak dilakukan, salah satunya telah diteliti oleh Ulfa (2004). Dalam penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan serat sabut kelapa tidak menunjukkan peningkatan kuat tekan yang cukup berarti.

2.1. Material Pembentuk Beton

Material pembentuk beton secara umum adalah semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan tambah (Sinaga, 2007). Mutu beton akan sangat tergantung pada jenis semen, ukuran dan mutu agregat, cara dan lama penyimpanan, cara dan waktu pemadatan, faktor air dan jenis bahan tambahan lain (Pariatmono, 2006).

2.1.1. Semen

Semen merupakan suatu zat perekat hidrolik (*hidrolic binder*) dimana senyawa-senyawa yang dikandungnya akan mempunyai daya rekat terhadap batuan jika semen tersebut sudah bereaksi dengan air (*cement Research Progress*, 1990). Sifat hidrolik tersebut akan menyebabkan semen dapat mengeras bila dicampur dengan air, dapat mengeras walaupun berada dalam air dan tidak larut dalam air.

Fungsi utama semen adalah merekatkan atau mengikat butir-butir agregat agar membentuk suatu massa padat dan juga mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen hanya sekitar 10% namun karena fungsinya sebagai pengikat maka peranannya sangat penting (Mulyono, 2004).

Macam-macam semen :

1. Semen Portland.
2. *Oil well cement* (*Closs G-HSR*), biasanya digunakan untuk pembuatan sumur minyak. Ada juga yang dibuat tanpa agregat yang disebut *Caloid Cement*.
3. *Mixed Cement* (Semen Portland Campur), digunakan untuk konstruksi ringan.
4. *Mansory Cement tipe M, S dan N*, digunakan untuk plesteran, pemasangan batu dan keramik.

2.1.2. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu/ lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (SNI 15 -2049-2004). Mulyono (2004) menambahkan semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisinya kalsium dan aluminium sulfat, ada beberapa senyawa yang harus terdapat di dalamnya, yaitu :

1. Silikat (SiO_2).
2. Aluminat (Al_2O_3).
3. Kalsium Oksida (CaO).
4. Oksida Besi (Fe_2O_3).

Bahan- bahan tersebut secara umum tersedia di alam pada bahan seperti, batu kapur sebagai sumber Kalsium Oksida, batu Silika sebagai sumber Silikat, tanah merah sebagai sumber Aluminat dan pasir besi sebagai sumber Oksida Besi (Jensen dan Chenowith, 1991)

1. Sifat-sifat semen Portland

a. Hidrasi

Hidrasi semen merupakan reaksi yang terjadi antara komponen senyawa semen dengan air, menghasilkan senyawa hidrat. Kecepatan reaksi ini dipengaruhi oleh kehalusan semen, jumlah air dan suhu.

b. *Setting dan Hardening* (Pengikatan dan Pengerasan)

Setting (pengikatan adonan semen dengan air) adalah gejala terjadinya

kekakuan semen yang dinyatakan dengan waktu pengikatan (*setting-time*) yaitu mulai terjadinya adonan sampai semen mulai kaku.

Hardening (pengerasan) adalah semen mulai mengeras dan memberikan kekuatan. Jadi *setting* dan *hardening* merupakan rangkaian proses terjadinya adonan semen sampai semen tersebut mengeras dan memberikan kekuatan.

2. Sifat Fisik Semen Portland

a. Kehalusan butiran (*fineness*)

Semakin halus butiran semen, maka makin kuat daya ikat semen tersebut.

Kehalusan butiran semen mempengaruhi proses hidrasi, sehingga lamanya waktu pengikatan (*setting time*) menjadi lama jika butir semen lebih kasar.

b. Waktu pengikatan

Mulyono (2004) menyatakan waktu ikat adalah lamanya waktu yang diperlukan semen dari saat mulai bereaksi dengan air menjadi pasta semen sampai dengan pasta semen cukup kaku menahan beban. Waktu pengikatan dibedakan atas dua macam, yaitu pengikatan awal dan pengikatan akhir. Pengikatan awal adalah perkiraan semen mulai mengadakan pengikatan dan pengikatan akhir adalah waktu dimana puncak hidrasi menurun.

c. Kuat tekan

Kuat tekan adalah muatan maksimum yang dapat dipikul persatuan luas. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan adalah proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan pada saat dilaksanakan pengecoran (Mulyono, 2004).

d. Panas hidrasi

Panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/ gram. Jumlah panas yang terbentuk antara lain tergantung dari jenis semen yang dipakai dan kehalusan butiran semen. Panas hidrasi naik sesuai dengan ketinggian temperatur pada saat hidrasi terjadi.

3. Sifat Kimia Semen Portland

Semen Portland terutama terdiri dari Oksida Kapur (CaO), Oksida Silika (SiO_2), Oksida Alumina (Al_2O_3) dan Oksida Besi (Fe_2O_3). Kandungan kombinasi dari keempat oksida ini lebih kurang 90 % dari berat semen, sedangkan sisanya terdiri dari Oksida Magnesium (MgO) (Smith, 1994). Hampir duapertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Zat kapur ini yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya disintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan.

Dalam semen Portland terdapat seperlima silika dan seperduabelas aluminat. Silika dalam keadaan tinggi akan menyebabkan ketahanan terhadap serangan kimia. Bila terjadi sebaliknya aluminat dalam keadaan tinggi dan silika dalam keadaan rendah, maka semen memiliki sifat mengikat yang cepat dan kekuatan yang tinggi. Ketika semen dicampur dengan air akan timbul reaksi kimia antara campuran-campuran pembentuk semen dengan air. Ada 4 macam reaksi kimia yang terjadi pada proses pengikatan semen, yaitu:

a. Tricalcium Aluminat (C_3A)

Senyawa ini menghasilkan hidrasi yang sangat cepat disertai pelepasan

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS

sejumlah panas.

b. Tricalcium Silikat (C_3S)

Senyawa ini akan mengeras dalam beberapa jam dengan pelepasan panas.

c. Dicalcium Silikat (C_2S)

Pembentukan senyawa ini berlangsung perlahan disertai pelepasan panas dengan lambat

d. Tetracalcium Aluminoferrite (C_4AF)

Reaksi ini kurang penting karena tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen lainnya.

Pada Tabel 2.1 diperlihatkan komposisi kimia pembentuk semen Portland

Tabel 2.1. Komposisi kimia semen Portland

Oksida	Kandungan (%)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-6
MgO	0,1-4
Alkalis	0,2-1,3
SO ₃	1-3

(Sumber : *Cement Research Progress*, 1990)

4. Jenis-jenis Semen Portland

Menurut ASTM dalam Vlack (1992) menyatakan semen Portland terbagi atas:

1. Semen Portland Tipe I

Yaitu semen yang biasa dikenal sehari-hari dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan bersifat umum, tidak memerlukan sifat-sifat khusus seperti

ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi dan kekuatan awal.

2. Semen Portland Tipe II

Yaitu semen Portland yang dipakai untuk kebutuhan semua macam konstruksi apabila disyaratkan mempunyai ketahanan sulfat pada tingkat sedang, digiling lebih halus dan mengandung C_3S lebih banyak dibanding semen tipe I. Biasanya dipakai pada keadaan darurat dan musim dingin atau keperluan khusus.

3. Semen Portland Tipe III

Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi setelah melakukan pengecoran. Sifat pentingnya adalah pengembangan kekuatan kecepatan tinggi dan butirannya halus. Digunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi seperti jembatan.

4. Semen Portland Tipe IV

Yaitu semen Portland yang memiliki daya tahan panas hidrasi yang rendah. Semen ini diperlukan untuk kebutuhan pengerasan yang tidak menimbulkan panas dalam pengecoran karena kandungan C_3S rendah. Biasanya dipakai untuk tempat yang kadar sulfatnya tinggi, seperti: konstruksi untuk air buangan dan konstruksi di bawah air.

5. Semen Portland Tipe V

Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Dipakai dalam bangunan seperti tangki kimia, saluran limbah dan pipa bawah tanah.

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen Portland Tipe I karena mempunyai kekuatan paling tinggi dan mengeras sangat cepat (Jensen dan chenowith, 1991). Jenis semen ini juga mempunyai ciri-ciri khusus sebagaimana yang dikatakan produsennya PT. Semen Padang (PT. Semen Padang, 1993 dalam Dailis 2001), yaitu:

1. Sangat cocok untuk pengerjaan pengecoran dan pencetakan karena sifatnya yang *workable*, lebih plastis serta panas hidrasinya lebih rendah sehingga hasilnya lebih baik dan bebas dari keretakan.
2. Sangat cocok untuk pekerjaan pembuatan pondasi konstruksi ringan karena sifatnya yang lebih plastis dan tidak cepat kaku pada waktu pengerasan.
3. Karena sifatnya lebih plastis dan *workable* lebih cocok untuk pemasangan batu bata, tegel dan bahan lainnya.
4. Sangat cocok untuk semen plesteran, misalnya pembuatan dinding dan lain-lain karena sifatnya plastis dan kedap air.
5. Membuat hasil permukaan plester yang lebih licin, halus serta tanpa retak-retak karena sifat pengerutan dan penyusutan sangat kecil.
6. Mempunyai pori-pori permukaan yang sangat kecil sehingga akan menghemat pemakaian bahan cat.

2.1.3. Agregat

Menurut SNI 03-1750-1989 (Sagel et al, 1993) agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh pengikat semen. Agregat mengisi

sebagian besar elemen pembentuk beton, untuk itu mutu dan sifat agregat harus diketahui karena berpengaruh terhadap mutu dan sifat beton (Dailis, 2001). Mualim (2007) menambahkan bahwa kegunaan agregat dalam beton adalah untuk:

- menghasilkan beton yang murah
- menimbulkan volume beton yang stabil
- mencegah abrasi jika beton digunakan pada bangunan laut

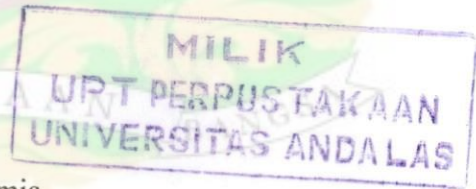
Mulyono (2004) menyatakan agregat beton mengandung berbagai macam bahan yang berpengaruh jelek kepada beton seperti menurunkan mutu beton.

Bahan tersebut adalah :

1. Zat-zat organik
2. Lumpur dan debu-debu halus
3. Garam fluorida dan sulfat
4. Partikel-partikel yang tidak dikenal

Oleh karena itu agregat yang digunakan untuk beton harus memenuhi syarat-syarat :

1. Agregat harus bersih
2. Keras
3. Bebas dari sifat penyerapan secara kimia
4. Tidak bercampur dengan tanah liat
5. Distribusi atau gradasi ukuran agregat memenuhi ukuran-ukuran yang berlaku



Dengan agregat yang baik beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis (Nugraha dan Antoni, 2007).

2.1.3.1. Jenis-jenis Agregat

Agregat beton dapat dibedakan dalam berbagai jenis sesuai dengan aspek yang ditinjau yaitu :

1. Ditinjau dari berat jenis

Dalam konsep peraturan beton (Mulyono, 2004) agregat ditinjau dari berat jenis terbagi atas:

- a. Agregat berat yaitu agregat yang berasal dari batuan magnetik, biji besi dan sejenisnya. Berat jenis lebih besar dari 2800 kg/m^3 .
- b. Agregat normal yaitu pasir dan kerikil yang diambil dari alam atau batu pecah yang didapat dari pemecahan batuan. Berat jenis rata-rata 2,5-2,7 kg/m^3 (PB 1989, dalam Mulyono 2004). Dalam penelitian ini digunakan agregat normal.
- c. Agregat ringan yaitu agregat yang berasal dari alam seperti batu apung dan lava kering.

2. Ditinjau dari besar butir

a. Agregat halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan industri pemecah batu dan mempunyai ukuran kecil dari 5 mm (Gunawan dan Margareth, 1999). Mulyono (2004) menambahkan agregat halus adalah agregat yang semua butirnya

menembus ayakan berlubang 4,8 mm.

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) kegunaan agregat halus adalah:

- mengisi ruang antara butiran agregat kasar
- memberikan kelecakan dalam arti menambah mobilitas sehingga mengurangi friksi antar butir agregat kasar.

Oleh karena itu sebagai pengisi yang baik agregat halus harus bebas dari bahan-bahan organik, lempung partikel atau bahan-bahan lain yang dapat merubah sifat beton (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001 dalam Sabardi 2006).

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batuan pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm sampai 40 mm (Gunawan dan Margareth, 1999). Mulyono (2004) menambahkan agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan berlubang 4,8 mm

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton karena sifatnya yang keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

2.1.4. Air

Dalam pembuatan beton air sangat diperlukan agar terjadi reaksi kimia dengan semen, membasahi agregat dan untuk melumas agregat agar mudah

dikerjakan (Mulyono, 2004). Kusuma (2000) menambahkan didalam campuran beton air berfungsi:

1. untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
2. pelumas campuran kerikil, pasir dan semen agar dapat ditempatkan dalam cetakan.

Campuran antara semen dengan air membentuk pasta semen yang berfungsi untuk merekatkan agregat agar tidak mudah goyah (Nugraha dan Antoni, 2007). Kualitas air sangat penting karena ketidakmurnian air dapat mempengaruhi kekuatan beton dan membuat noda-noda pada beton. Oleh karena itu menurut PBI, 1971 (Gunawan dan Margareth, 1999) air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton atau tulangan.

Mulyono (2004) menambahkan sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang sudah tercemar/ tercampur bahan-bahan kimia bila digunakan akan mengurangi kekuatan beton, dan dapat merubah sifat semen. Selain itu air yang demikian dapat mengurangi afinitas agregat dengan pasta semen

Jumlah air yang digunakan dalam campuran beton akan mempengaruhi pengerjaan beton. Semakin besar jumlah air semakin mudah mengerjakannya, tetapi hal ini akan mempengaruhi kekuatan tekan yang dihasilkan. Untuk menghasilkan kuat tekan tinggi maka air harus dikurangi.

2.2. Beton Serat (*Fiber Reinforced concrete*)

Komposit didefinisikan sebagai paduan/ kombinasi 2 atau lebih komponen material untuk menghasilkan suatu karakteristik dan sifat tertentu yang lebih unggul dibandingkan sebelumnya (Suardia, 1992 dalam Amrizal 2002). Pengembangan komposit terus dilakukan karena beberapa keunggulan yang dimiliki antara lain:

- rasio kekuatan dengan berat yang sangat tinggi
- dapat dibuat untuk ukuran besar dan komplek
- tahan terhadap lingkungan yang korosif
- wujudnya dapat disesuaikan dengan keinginan dengan biaya yang sedikit
- mudah diperbaiki
- merupakan isolator listrik yang baik

Suardia (1992) dalam Amrizal (2002) menyatakan komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan pada kandungan struktur komponen penyusunnya antara lain serat sebagai penguat yang diikat oleh matriks. Smallman dan Bishop (1999) menginformasikan meskipun serat merupakan ciri khas komposit, tapi fungsi matriks harus diperhatikan, antara lain matriks harus mampu:

1. menginfiltrasi serat dan cepat membeku pada temperatur dan tekanan tertentu.
2. membentuk suatu ikatan koheren, umumnya dalam bentuk ikatan kimia antar muka matriks/ serat.
3. menyelubungi serat yang biasanya sangat peka takik dan melindungi serat terhadap lingkungan (serangan zat kimia, kelembaban).
4. mentrasfer tegangan kerja ke serat.

5. memisahkan serat sehingga kegagalan serat individu dibatasi dan tidak merugikan integritas komponen secara keseluruhan.
6. melepas ikatan dari serat individu, dengan cara absorpsi energi regangan apabila kebetulan terjadi perambatan retak dalam matriks yang mengenai serat.
7. tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

Salah satu contoh matriks yang diperkuat serat adalah beton yang dikenal dengan beton diperkuat serat.

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari semen Portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat kasar dan halus, air dan diperkuat dengan serat (Adianto dan Joewono, 2006). Suparjo (2003) mengemukakan beton memiliki karakteristik kuat tekan yang lebih tinggi tetapi kuat tariknya rendah, apabila bahan serat ditambahkan sebagai penguat, kekurangan tersebut dapat diperbaiki sehingga memungkinkan membuat beton yang unggul. Nawy (2002) menambahkan dengan serat kuat tekan sejumlah beton tertentu akan mencapai peningkatan sifat serta kekuatan, baik kuat tekan maupun kuat lentur.

Penggunaan serat untuk memperbaiki kekurangan beton telah lama dikenal, serat untuk campuran beton dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Serat metal, misalnya serat besi dan serat *stainless steel*.
2. Serat *polymeric*, misalnya *polypropylene* dan serat *nylon*.
3. Serat mineral, misalnya *fiberglass*.
4. Serat alami berasal dari alam

Serat alam dapat diperoleh dari tanaman pisang, nenas, rosella, kelapa dan lain-lain. Keunggulan dari serat alam adalah:

1. serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki berat jenis yang rendah.
2. serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, harga relatif murah dan tidak beracun.

(Taurista et al, 2006)

Vlack (1992) menyatakan dalam beton diperkuat serat, tegangan geser timbul antara permukaan serat penguat dan matriks beton di sekitarnya. Tegangan geser antar permukaan penting bila serat tidak kontinyu, bila serat putus tegangan secara otomatis mencapai nol dan beban dialihkan ke matriks dimana transfer berlangsung melalui tegangan geser pada permukaan antara.

Oleh karena itu serat yang panjang dan kontinu sangat baik untuk komposit yang menanggung beban. Serat halus dalam jumlah banyak lebih baik dari pada serat kasar dalam jumlah kecil, karena semakin halus serat semakin luas permukaan antara yang dapat menaggung beban geser dan semakin kecil kemungkinan bahwa serat dapat menyebabkan cacat dalam matriks.

Beberapa sifat penting serat ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Sifat-sifat serat penguat

Serat	Dimeter (mikron)	Berat Jenis (g/cm ³)	Berat Tensil (GPa)	Modulus Elastis (GPa)	Regangan dan Retakan (%)
Baja	5-500	7,84	0,5-2,0	210	0,5-3,5
Gelas	9-15	2,60	2,0-4,0	70-80	2,0-3,5
PP Serabut	2-200	0,9	5,77	5,77	8,0
Sellulosa	-	1,2	10	10	-
Karbon	9	1,90	230	230	1,0
Matrik semen pembanding	-	2,50	10-45	10-45	0,02

(Sumber: Suardia, 1992 dalam Amrizal 2002)

2.3. Serat Sabut Pinang

1. Pinang Sirih (*Areca Cathecu. L*)

Pinang sirih adalah sejenis palem-paleman. Tanaman ini sangat dikenal masyarakat, hal ini disebabkan oleh penyebarannya yang secara alami merambah di berbagai daerah di Indonesia. Tanaman ini termasuk dalam divisi *plantae*, kelas *monocotyl*, ordo *arecalis*, famili *arecaceae*, genus *areca* yang berasal dari Asia tenggara tepatnya Filipina, sekarang sudah menyebar luas dari pantai timur Afrika sampai Kepulauan Fiji (Lutony, 1993).

Ciri-ciri pinang sirih adalah pohonnya tidak bercabang, batang lurus agak licin bercabang dengan tinggi mencapai 25 m, jarak antar ruang sekitar 15 cm. Bentuk buah bulat telur mirip telur ayam dengan ukuran 3,5 cm – 7 cm serta berwarna hijau waktu masih muda dan berubah merah kekuningan sampai merah jingga saat tua atau masak (Sihombing, 2000).

Tumbuhan ini ditanam untuk diambil bijinya dari buah yang masak. Menurut Kartasapoetra (2004) dalam biji pinang terkandung zat-zat alkaloida

sekitar 0,25 %, tanin merah amorf sekitar 15 % dan lemak sekitar 14 %.

2. Serat sabut pinang

Serat sabut pinang berasal dari kulit buah pinang yang sudah masak dengan ketebalan 3-10 mm, terdiri dari jaringan sel serat yang mirip dengan serat sabut kelapa yaitu bersifat keras dan antara jaringan sel-sel terdapat jaringan lunak. Serat sabut pinang mempunyai persentase serat halus lebih banyak dibandingkan serat yang kasar. Serat sabut pinang merupakan serat yang dapat menyerap air dan telah banyak dipergunakan untuk bahan baku kuas gambar dan kuas alis (Lutony, 1993).

Pemisahan serat sabut pinang hampir sama dengan pemisahan serat sabut kelapa yang dilakukan secara tradisional meliputi perendaman dan pemisahan serat. Perendaman dilakukan selama lebih kurang 1-3 bulan. Kemudian sabut yang telah direndam dicuci. Pemisahan serat dilakukan dengan meletakkan sabut pinang pada kayu yang keras dan dipukul-pukul hingga lunak dan seratnya terpisah dari jaringan yang masih tertinggal. Serat yang diperoleh dicuci kembali lalu dijemur atau bisa langsung digunakan (Hendriawan et al, 2002)

2.4. Tegangan dan Regangan

Menurut Hukum Hooke, apabila gaya F dikerjakan pada suatu permukaan seluas A , maka akan terjadi perubahan bentuk (*deformasi*) relatif. Percobaan menunjukkan bahwa pertambahan panjang sebanding dengan gaya yang diberikan pada benda (Giancoli, 2001) dan dapat ditulis dengan persamaan:

$$F = -k\Delta L \quad (2.1)$$

dengan : F = gaya (N)

k = konstanta peming

ΔL = pertambahan panjang (m)

(-) menunjukkan arah gaya selalu berlawanan dengan arah perubahan panjang benda.

Prinsip dasar persamaan di atas berasal dari tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) yang dilakukan dan dialami benda. Tegangan didefinisikan sebagai kekuatan atau tahanan terhadap gaya-gaya luar. Tegangan terjadi apabila suatu gaya F diberikan pada benda dengan luas permukaan A dan dituliskan dengan persamaan :

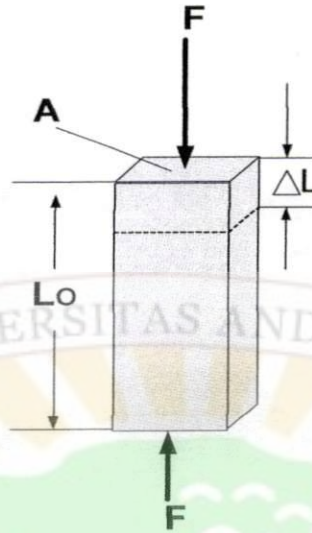
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

dengan : σ = Tegangan (N/m²)

F = gaya (N)

A = luas permukaan benda (m²)

Tegangan tarik terjadi apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, sehingga batang cenderung menegang atau bertambah panjang. Sedangkan tegangan tekan terjadi apabila sepasang gaya aksial menekan suatu benda yang mengakibatkan benda cenderung menjadi pendek atau menekan benda (Giancoli, 2001). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Gaya tekan pada benda

Adapun rumus untuk masing-masing tegangan di atas adalah:

$$\text{Tegangan tarik } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

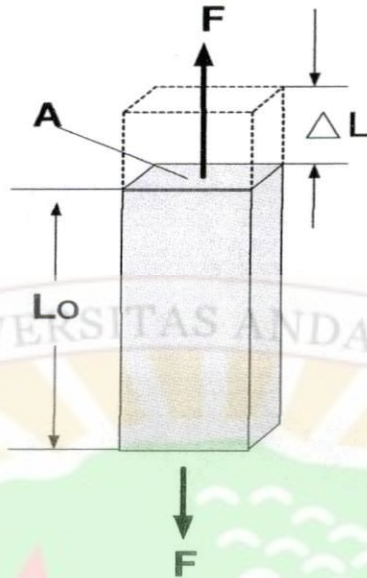
$$\text{Tegangan tekan } \sigma = \frac{-F}{A} \quad (2.4)$$

dengan : σ = Tegangan tarik atau tekan (N/m^2)

F = Gaya yang dialami material (N)

A = Luas permukaan yang mendapatkan gaya (m^2)

Regangan merupakan perubahan relatif dimensi atau benda yang mengalami tegangan. Secara umum regangan digambarkan dalam Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2. Gaya tarik pada benda

Robert Hooke (1635–1703) mendefinisikan bahwa adanya perbandingan terbalik antara perubahan panjang terhadap panjang mula-mula yang disebut regangan (*strain*). Hal ini dapat dituliskan dengan persamaan :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.5)$$

dengan : e = regangan

ΔL = perubahan panjang (m)

L_0 = panjang mula-mula (m)

Besarnya regangan sebanding dengan tegangan, hal ini didefinisikan sebagai suatu ketetapan yang disebut Modulus Elastisitas dengan persamaan :

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \quad (2.6)$$

dengan : F = gaya yang diberikan (N)

A = luas permukaan benda yang menerima gaya (m^2)

ΔL = pertambahan panjang benda (m)

L_o = panjang awal benda (m)

E = modulus elastisitas (N/m^2)

Pada pengukuran kuat tekan, sebuah benda akan menerima gaya dari seluruh sisi yang menyebabkan volumenya berkurang sehingga persamaan regangan menjadi:

$$e = \frac{\Delta P}{V_o} \quad (2.7)$$

Pada peristiwa ini terjadi peningkatan tekanan ΔP sehingga diperoleh hubungan seperti persamaan (2.6) dan tetapan kesebandingan yang disebut Modulus Bulk, yaitu:

$$B = \frac{\Delta P}{\Delta V / V_o} \quad (2.8)$$

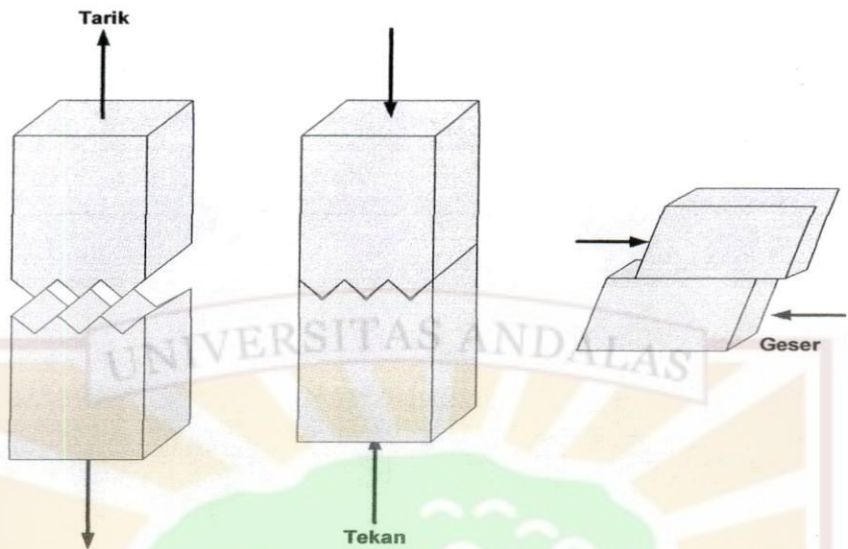
dengan : B = modulus bulk (N/m^2)

ΔP = perubahan tekanan (Pa)

ΔV = perubahan volume (m^3)

V_o = volume awal (m^3)

Jika tegangan pada benda padat terlalu besar, benda tersebut akan patah seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Patahan sebagai akibat dari tiga jenis tegangan

Tabel 2.3 menunjukan daftar kekuatan tarik, kekuatan tekan dan kekuatan geser maksimum untuk berbagai materi. Nilai-nilai pada Tabel menyatakan gaya maksimum persatuan luas yang bisa ditahan benda yang mengalami salah satu dari ketiga jenis tegangan ini.

Tabel 2.3. Kekuatan maksimum bahan (gaya/ luas)

Bahan	Kekuatan Tarik (10^6N/m^2)	Kekuatan Tekan (10^6N/m^2)	Kekuatan Geser (10^6N/m^2)
Besi, gips	170	550	170
Baja	500	500	250
Kuningan	250	250	200
Aluminium	200	200	200
Beton	2	20	2
Batu bata		35	
Marmer		80	
Granit		170	
Kayu (pinus)			
(sejajar dengan urat kayu)	40	35	5
(tegak lurus terhadap urat kayu)		10	
Nilon	500		
Tulang (tungkai)	130	170	

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Nopember 2007 sampai Maret 2008 di Laboratorium Bahan Bangunan Galian dan Non Logam Balai Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Ulu Gadut Padang.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat pemotong serat
2. Cetakan beton berbentuk kubus yang berukuran 7 cm x 7 cm x 7 cm untuk kuat tekan dan balok berukuran 20 cm x 5 cm x 5 cm untuk kuat lentur
3. Alat pengaduk
4. Wadah tempat pengadukan bahan
5. Timbangan
6. Penggaris
7. Alat uji kuat tekan dan kuat lentur *Unit Testing Machine* merk Wekop buatan Jerman dengan kapasitas maksimum 100 ton serta karakteristik beban patah maksimum 300 KN, tekanan 80,52 bar dan suhu 270⁰c seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Alat Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton (*Unit Testing Machine*)

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Semen

Semen yang digunakan adalah Semen Portland Tipe I produksi PT. Semen Padang.

2. Pasir

Butiran agregat halus yang digunakan adalah pasir yang butirannya tak lebih dari 5 mm. Pasir terlebih dahulu dicuci sebelum digunakan untuk menghilangkan bahan organik atau lumpur yang melekat dan dikeringkan selama 24 jam

3. Batu pecah

Butiran agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang diambil dari sungai di daerah Setangkai Kecamatan Lintau Buo Kabupaten Tanah Datar. Ukuran digunakan antara 5 mm-10 mm dan 10 mm-20 mm. Sebelum

digunakan dicuci sampai air bekas cucian menjadi jernih.

4. Air

Air yang dipakai adalah air bersih yang bebas kandungan minyak, asam alkali, garam-garaman, bahan organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.

5. Serat sabut pinang

Serat sabut pinang diambil dengan ukuran panjang serat 3 cm.

3.3. Prosedur Kerja Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah percobaan atau eksperimen. Tahapan- tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.1. Persiapan sampel uji

Pada penelitian ini ada 8 jenis persentase sampel uji, serat sabut pinang yang telah dipersiapkan dipotong dengan panjang 3 cm dan ditimbang dengan proporsi penambahan serat sabut pinang terhadap semen dengan komposisi yang diperlihatkan Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi sampel uji

Proporsi penambahan serat sabut pinang (%)	Serat (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Kerikil (gr)	Air (ml)
0,0	0,0	1500,0	3000,0	4500,0	1000,0
2,5	37,5	1462,5	3000,0	4500,0	1000,0
5,0	75,0	1425,0	3000,0	4500,0	1000,0
7,5	112,5	1387,5	3000,0	4500,0	1000,0
10,0	150,0	1350,0	3000,0	4500,0	1000,0
12,5	187,5	1312,5	3000,0	4500,0	1000,0
15,0	225,0	1275,0	3000,0	4500,0	1000,0
17,5	262,5	1237,5	3000,0	4500,0	1000,0

- ❖ Pengukuran kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari.
- ❖ Pada satu kali pengujian untuk komposisi yang berbeda digunakan 80 buah sampel uji. Keseluruhan sampel dalam penelitian ini berjumlah 320 buah, seperti yang diperlihatkan Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah sampel uji

Persentase Serat (%)	Jenis Sampel Uji	Umur Beton (hari)				Jumlah
		3	7	14	28	
0,0	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
2,5	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
5,0	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
7,5	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
10,0	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
12,5	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
15,0	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
17,5	Kt	5	5	5	5	20
	Kl	5	5	5	5	20
Total		80	80	80	80	320

Keterangan:

Kt = Kuat tekan

Kl = Kuat lentur

3.3.2. Pembuatan sampel uji

Pasir sebanyak 3000 gram dimasukkan ke wadah pengaduk lalu ditambahkan kerikil, semen, dan serat sabut pinang. Kemudian dimasukkan air 1000 ml sedikit demi sedikit sambil diaduk selama 20 menit.

Pencetakan benda uji dimulai paling lambat 2,5 menit selesai pengadukan (SNI 15-2049-2004), adonan dituangkan ke dalam masing-masing cetakan lebih kurang diisi setengah cetakan dan dipadatkan 32 kali dengan pelan-pelan. Adonan dituangkan kembali ke cetakan sampai penuh dan dipadatkan kembali seperti di atas. Setelah selesai pencetakan sampel uji diratakan dengan kayu lurus berukuran 20 cm x 10 cm.

Setelah selesai pencetakan sampel uji diletakkan di tempat yang teduh. Setelah 24 jam sampel uji dikeluarkan dari cetakan. Untuk menyempurnakan proses hidrasi semen, maka sampel uji diusahakan dalam keadaan lembab dengan menyiramnya dengan air (Mulyono, 2004).

3.3.3 Pengukuran kuat tekan dan kuat lentur sampel uji beton

Sampel uji diambil pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Sebelum melakukan pengujian, sampel uji dibersihkan dulu dengan kain basah atau kain bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel disekeliling benda uji, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dengan alat *Unit Testing Machine* dengan tata cara pengujian standar sebagai berikut:

1. Kuat tekan

Beban F yang diberikan (dalam satuan N) akan dipikul oleh penampang sampel uji (A) dan akan memberikan tegangan yang dinyatakan dalam kg/m^2 sebesar:

$$f_c = \frac{Px102}{A} \quad (3.1)$$

dengan : $f_c =$ kuat tekan benda uji beban (kg/m^2)

$P =$ beban patah maksimum (KN)

$A =$ luas penampang benda uji (m^2)

Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tertinggi. Nilai kuat tekan beragam sesuai dengan umurnya.

2. Kuat lentur

Pada pengujian kuat lentur, akan diperoleh tegangan sebesar :

$$f_r = \frac{3PLx102}{2BH^2} \quad (3.2)$$

dengan: $f_r =$ kuat lentur (kg/m^2)

$P =$ beban patah maksimum (KN)

$L =$ jarak tumpuan (m)

$B =$ lebar benda uji (m)

$H =$ tebal benda uji (m)

Nilai 102 dari persamaan 3.1 dan persamaan 3.2 diperoleh dengan mengkonversikan nilai 1 KN pada alat *unit testing machine* ke dalam satuan kg

yaitu:

$$f = m.g$$

$$1\text{KN} = m.9,8\text{m/s}^2$$

$$1000\text{N} = m.9,8\text{m/s}^2$$

$$m = \frac{1000\text{kgm/s}^2}{9,8\text{m/s}^2}$$

$$m = 102,04\text{kg}$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serat Sabut Pinang

Pada pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serat sabut pinang terukur beban patah maksimum pada luas bidang $A = 4,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2$. Kuat tekan dihitung menggunakan persamaan 3.1. Seluruh hasil pengukuran dan perhitungan pada semua sampel uji dapat dilihat pada Lampiran A. Tabel 4.1 memperlihatkan kuat tekan rata-rata pada pengujian 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari untuk setiap variasi persentase penambahan serat sabut pinang.

Tabel 4.1. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi persentase penambahan serat sabut pinang

Persentase sabut Pinang (%)	Kuat tekan rata-rata (10^4 kg/m^2)			
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
0,00	31,22	51,21	70,78	84,10
2,50	33,31	46,21	69,53	85,34
5,00	36,64	54,12	76,19	86,59
7,50	33,31	50,79	73,69	84,93
10,00	26,23	37,89	72,86	83,68
12,50	24,15	50,38	62,03	82,02
15,00	22,90	30,81	44,96	70,36
17,50	18,73	29,98	40,38	62,03

4.2. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Serat Sabut Pinang

Pada pengujian kuat lentur beton dengan penambahan serat sabut pinang terukur beban patah maksimum pada lebar benda uji $B = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$, tebal benda uji $H = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$ dan jarak tumpuan $L = 20 \times 10^{-2} \text{ m}$. Kuat lentur dihitung

menggunakan persamaan 3.2. Seluruh hasil pengukuran dan perhitungan pada semua sampel uji dapat dilihat pada Lampiran B. Tabel 4.2 memperlihatkan kuat lentur rata-rata pada pengujian 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari untuk setiap variasi persentase penambahan serat sabut pinang.

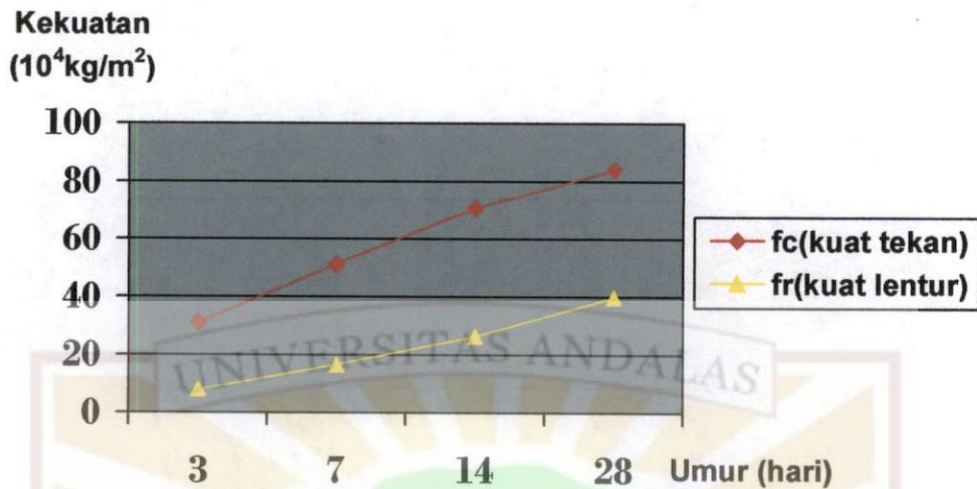
Tabel 4.2. Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi persentase penambahan serat sabut pinang

Persentase sabut Pinang (%)	Kuat lentur rata-rata (10^4 kg/m^2)			
	3 hari	7 hari	14 hari	28 hari
0,00	8,08	16,65	26,54	39,90
2,50	10,53	18,12	28,64	42,59
5,00	9,55	16,40	24,24	41,86
7,50	9,55	16,16	22,77	39,66
10,00	9,30	14,69	20,56	38,92
12,50	8,57	13,22	18,85	37,70
15,00	7,10	11,75	18,36	36,96
17,50	7,59	12,00	13,95	22,52

4.3. Pembahasan

4.3.1. Analisis Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Tanpa Penambahan Serat Sabut Pinang

Beton diperoleh dari pencampuran agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) dengan menambahkan semen sebagai pengikat dan air yang membantu terjadinya reaksi kimia selama proses pengikatan dan pengerasan berlangsung. Beton tanpa penambahan serat memiliki nilai kuat tekan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kuat lenturnya. Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton tanpa penambahan serat dapat dilihat pada Gambar 4.1.

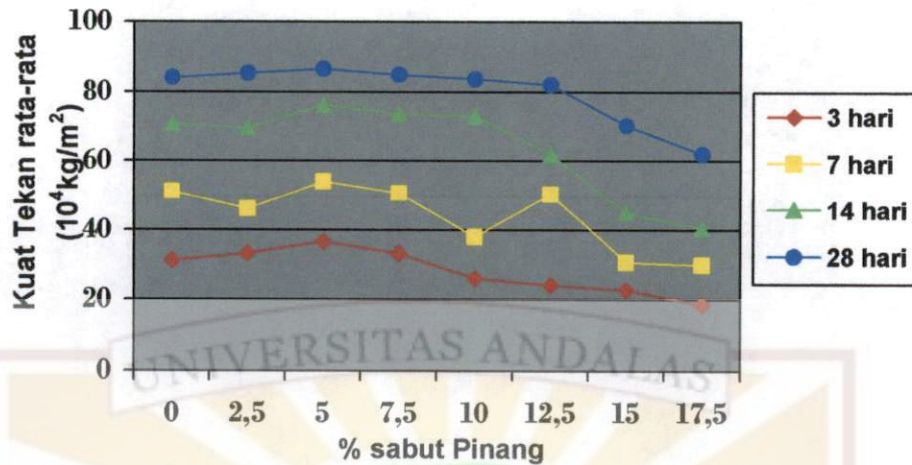


Gambar 4.1. Kuat tekan dan kuat lentur beton tanpa penambahan serat sabut pinang

Pada gambar terlihat bahwa nilai kuat tekan beton lebih tinggi dari kuat lentur beton. Nilai kuat tekan rata-rata maksimum $84,10 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ pada umur 28 hari dan nilai kuat lentur rata-rata maksimum $39,90 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ pada umur 28 hari. Peningkatan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton linier dengan peningkatan umur beton, hal ini menunjukkan fungsi semen sebagai bahan pengikat pada proses hidrasi berjalan sempurna.

4.3.2. Analisis Pengaruh Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Kuat Tekan Beton

Pengaruh penambahan serat sabut pinang dengan persentase yang berbeda terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.2.



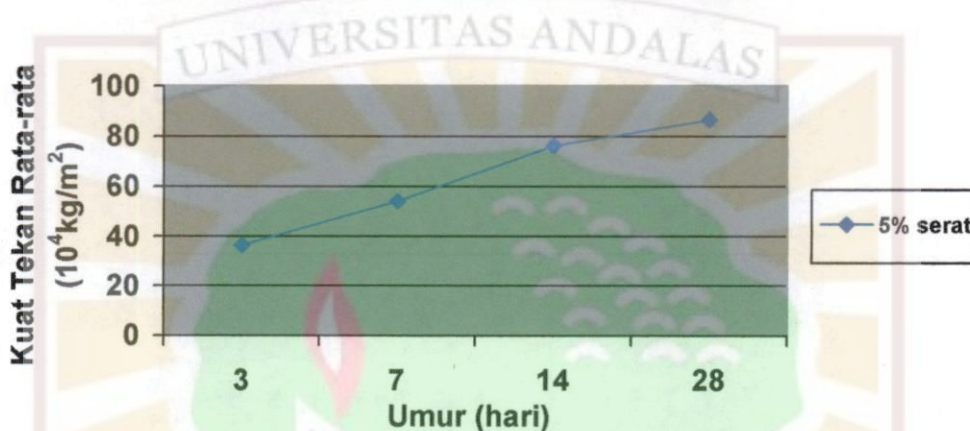
Gambar 4.2. Pengaruh persentase penambahan serat sabut pinang terhadap kuat tekan beton

Dari gambar terlihat bahwa dengan proporsi penambahan serat sabut pinang yang berbeda pada umur-umur awal kuat tekan beton cukup rendah dan mempunyai nilai yang hampir sama. Peningkatan umur beton menghasilkan kuat tekan yang semakin baik karena beton dan serat ditempatkan bersama-sama pada bagian struktur dimana keduanya menahan gaya tekan yang diberikan. Secara mikro pada sampel akan terdistribusi retakan apabila ada gaya luar yang bekerja pada sampel. Adanya serat akan menghambat laju distribusi retakan sehingga menyebabkan nilai kekuatannya meningkat. Dengan penambahan serat pada campuran beton akan memperbaiki sifat beton sehingga memiliki kuat tekan dan kuat lentur yang lebih baik.

Disamping itu diameter serat sabut pinang yang kecil memungkinkan ikatan muka serat dengan matriks akan semakin besar sehingga gaya yang disalurkan matriks akan semakin baik. Ditambah lagi dengan ukuran serat sabut

pinang yang kecil maka cacat yang terdapat dalam padatan bisa semakin berkurang sehingga kekuatannya akan semakin besar.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kuat tekan rata-rata maksimum tertinggi diperoleh pada persentase penambahan serat 5 % yaitu $86,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ untuk umur 28 hari, sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Kuat tekan beton dengan penambahan 5 % serat sabut pinang

Hal ini menunjukkan bahwa untuk penambahan serat sabut pinang sebanyak 5 % pada campuran beton yang berarti tidak terlalu banyak pengurangan semen sehingga pengurangan silika semen yang sedikit menyebabkan semen tidak terlalu kehilangan zat perekatnya.

Pada Gambar 4.2 juga terlihat bahwa penambahan kadar serat tidak selalu meningkatkan kekuatan beton dibandingkan dengan beton tanpa serat, yang nampak pada proporsi penambahan serat di atas 7,5 %, dimana nilai kuat tekan rata-rata maksimum makin lama makin kecil. Penurunan kekuatan disebabkan oleh pengurangan semen, sehingga kemampuan ikatan semen sebagai matriks pengikat berkurang. Jumlah komposisi oksida utama semen *Portland* tipe I yang

akan membentuk senyawa-senyawa (mineral) utama semen seperti C_3A , C_3S , C_2S dan C_4AF juga ikut berkurang jumlah porsinya sehingga kontribusinya pada saat proses hidrasi semen kurang optimal, karena masing-masing senyawa utama memiliki peran yang cukup besar dalam proses pengikatan dan pengerasan semen setelah dicampur dengan air.

Faktor lain adalah pengaruh perbandingan jumlah air dan semen atau yang biasa dikenal *water cement ratio* (W/C) atau faktor air semen. Kandungan air yang tinggi akan menghalangi proses pengikatan dan kandungan air yang rendah menyebabkan reaksinya tidak selesai. Faktor air semen untuk semua sampel uji dapat dilihat pada Tabel 4.3.

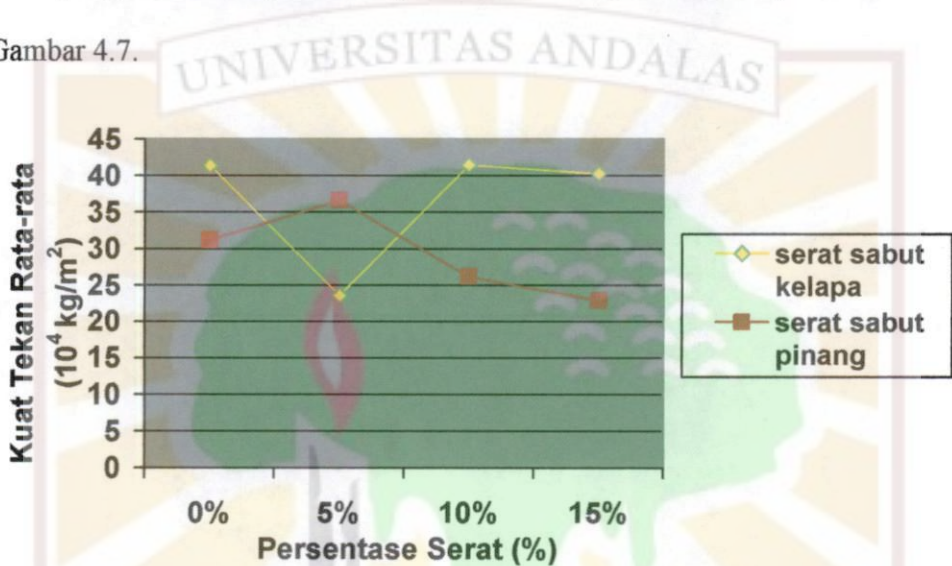
Tabel 4.3. Hasil perhitungan faktor air semen (W/C)

No	Proporsi penambahan serat sabut sinang (%)	Faktor air semen (W/C)
1	0,000	0,667
2	2,500	0,684
3	5,000	0,702
4	7,500	0,721
5	10,000	0,741
6	12,500	0,762
7	15,000	0,784
8	17,500	0,808

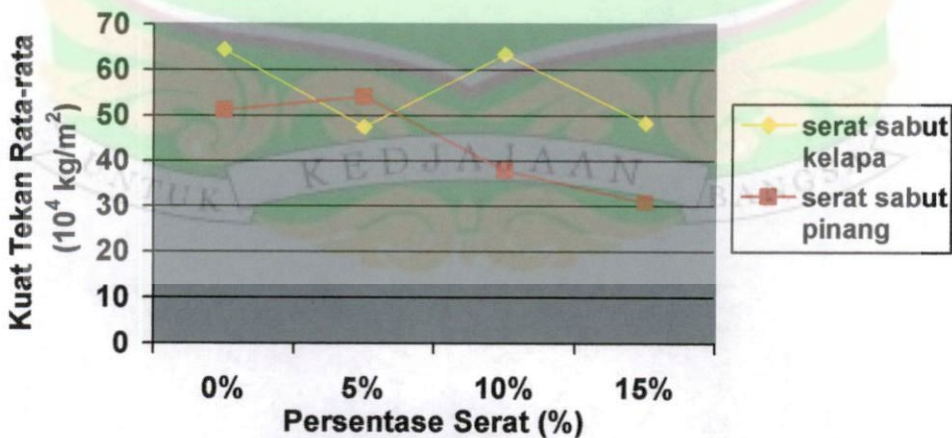
Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa nilai W/C tidak bernilai konstan atau makin lama makin besar karena hanya faktor semen yang berubah sedangkan faktor air konstan. Semakin besar persentase penambahan serat sabut pinang, maka faktor air semen semakin besar yang berpengaruh terhadap kekuatan pasta semen untuk mengikat agregat. Dengan meningkatnya faktor air semen berarti faktor berat air tinggi sehingga terjadi kelebihan air akibatnya air akan merembes keluar membawa sebagian pasta semen, dengan demikian pasta semen tidak cukup

mengikat agregat sehingga terdapat rongga-rongga atau pori-pori pada sampel yang menyebabkan kekuatannya berkurang.

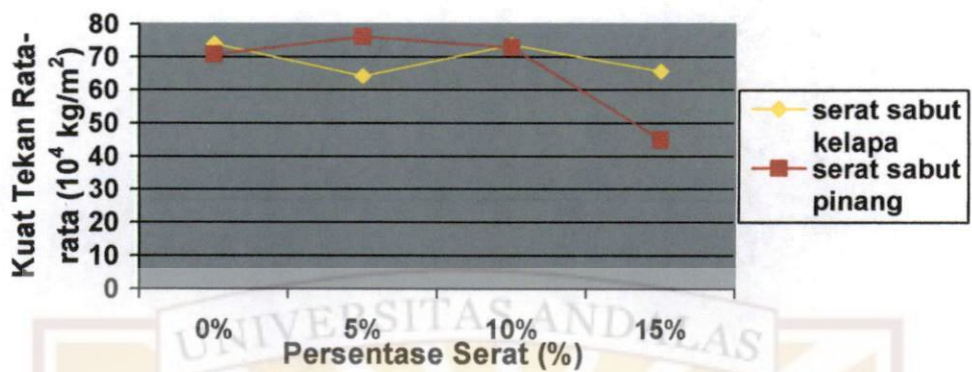
Perbandingan nilai kuat tekan beton dengan penambahan serat sabut pinang dengan serat sabut kelapa (Ulfa, 2004) pada persentase yang sama dan umur yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



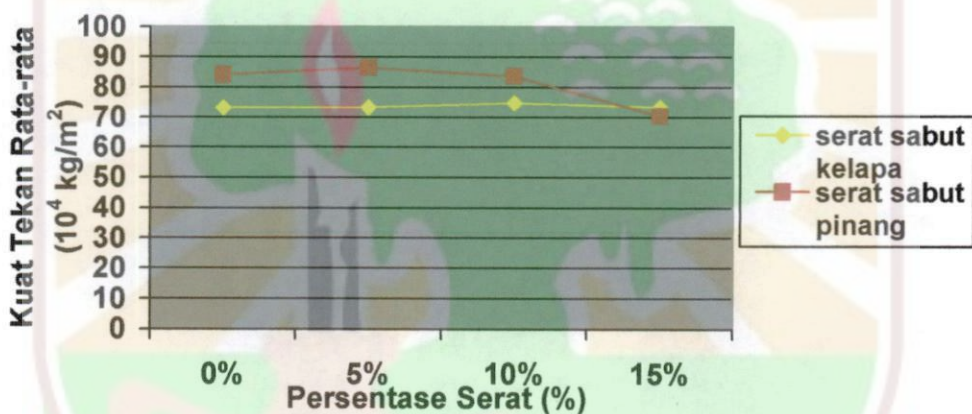
Gambar 4.4. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 3 hari



Gambar 4.5. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 7 hari



Gambar 4.6. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 14 hari



Gambar 4.7. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 28 hari

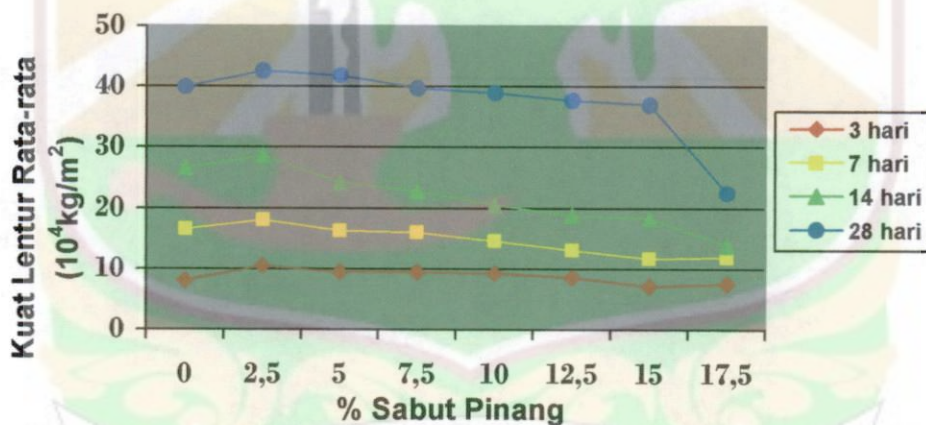
Pada Gambar terlihat bahwa nilai kuat tekan rata-rata beton serat sabut kelapa pada umur 3 sampai 14 hari lebih besar dibandingkan dengan serat sabut pinang tetapi terjadi sebaliknya pada persentase 5 %. Hal ini disebabkan pada manajemen pengerjaan beton yang dikerjakan oleh beberapa orang dan juga diameter serat sabut kelapa yang lebih besar dari serat sabut pinang sehingga pada waktu penimbangan jumlah serat sabut pinang lebih besar dari serat sabut kelapa

dengan persentase yang sama sehingga menyebabkan kesulitan pada waktu pemadatan.

Pada umur 28 hari kuat tekan rata-rata serat sabut pinang lebih besar dari serat sabut kelapa, hal ini disebabkan dengan diameter yang kecil mengakibatkan proses penyaluran gaya oleh matriks akan semakin baik dan juga proses hidrasinya lebih sempurna.

4.3.3. Analisis Pengaruh Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Kuat Lentur Beton

Pengaruh penambahan serat sabut pinang terhadap kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.8. Pengaruh persentase penambahan serat sabut pinang terhadap kuat lentur beton

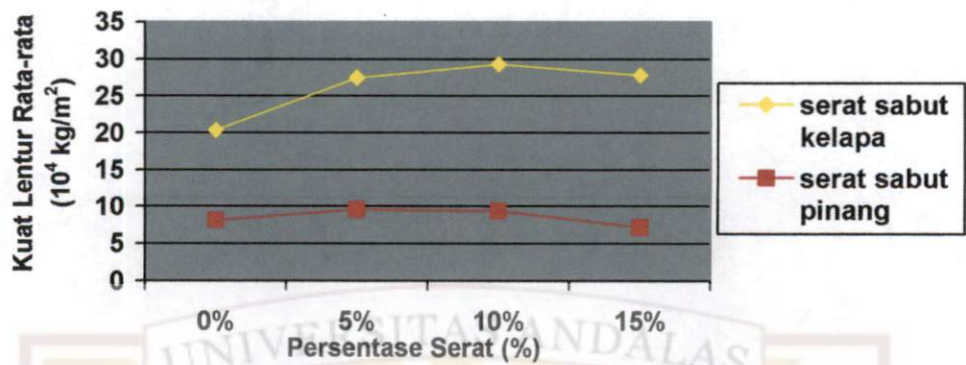
Pada gambar terlihat adanya peningkatan nilai kuat lentur beton dengan penambahan 2,5 % serat sabut pinang. Hal ini dapat terjadi karena penambahan serat sabut pinang ke dalam campuran beton akan menambah elastisitasnya,

sehingga akan mampu menahan beban yang diberikan. Disamping itu fungsi serat sebagai penguat akan membantu semen dalam menahan beban tekan.

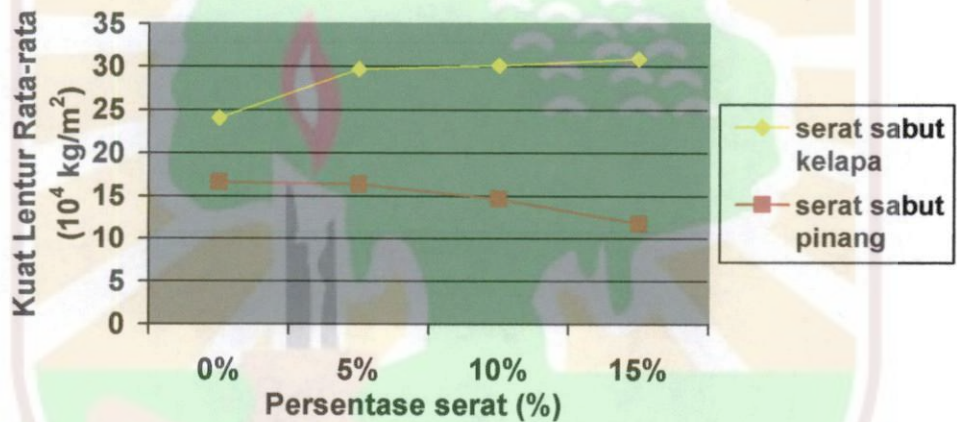
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan sampai bagian atas beton mengalami patahan atau kegagalan struktur hingga nilai maksimum, diperoleh nilai kuat lentur rata-rata maksimum pada penambahan serat sabut pinang sebanyak 2,5 % pada umur 28 hari sebesar $42,59 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$.

Secara umum Gambar 4.4 juga memperlihatkan bahwa penambahan serat di atas 5 % dibandingkan kuat lentur tanpa serat terjadi penurunan nilai kuat lentur. Hal ini disebabkan oleh pengurangan komposisi semen yang cukup besar sehingga proses pengikatan antara pasir, kerikil, semen dan air tidak sempurna sehingga kekuatan semen sebagai pengikat menjadi berkurang. Disamping itu besarnya persentase serat yang diberikan akan mengurangi *workability* campuran sehingga mengakibatkan sulitnya pemadatan, akhirnya akan menimbulkan pori-pori beton akibat udara yang terperangkap. Pori-pori tersebut menjadi titik lemah saat menerima beban.

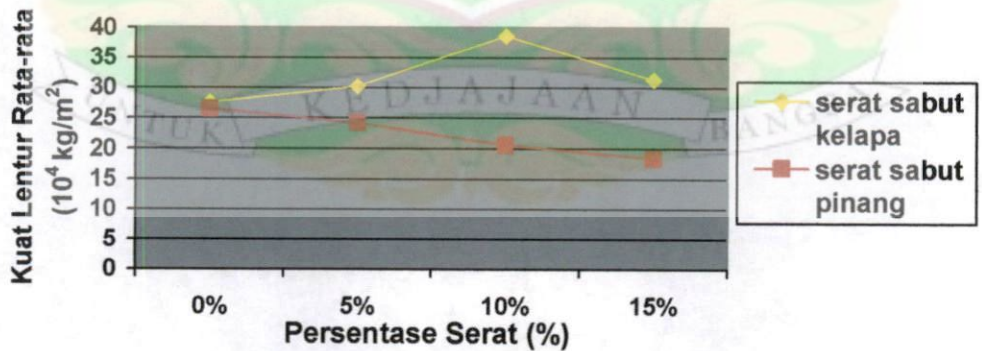
Perbandingan nilai kuat lentur beton dengan penambahan serat sabut pinang dengan serat sabut kelapa (ulfa, 2004) pada persentase yang sama dan umur yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



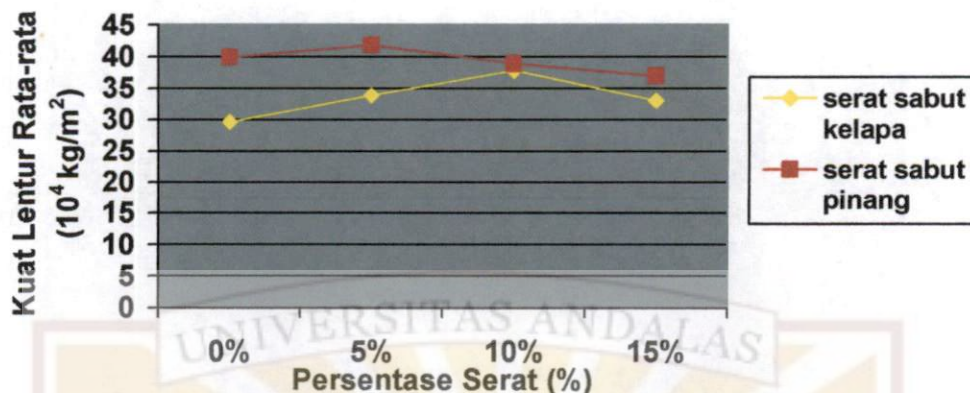
Gambar 4.9. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 3 hari



Gambar 4.10. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 7 hari



Gambar 4.11. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 14 hari



Gambar 4.12. Perbandingan kuat lentur rata-rata beton dengan penambahan serat sabut kelapa dengan serat sabut pinang pada umur 28 hari

Pada Gambar terlihat bahwa kuat lentur beton dengan serat sabut kelapa sampai umur 14 hari lebih besar dibandingkan dengan serat sabut pinang dan terjadi sebaliknya pada umur 28 hari. Hal ini disebabkan pada umur 28 hari proses hidrasi pada campuran serat sabut pinang lebih sempurna dibandingkan serat sabut kelapa.

4.3.4. Analisis Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Serat Sabut Pinang Terhadap Umur Beton

Jika dibandingkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton terhadap umur beton terdapat nilai yang bervariasi untuk persentase yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Hal ini disebabkan oleh manajemen pengerjaan beton yang dikerjakan oleh beberapa orang, pembuatan adukan beton yang bersifat manual sehingga terjadi penumpukan agregat pada satu sampel atau penumpukan serat sabut pinang pada sampel yang lain, dan keadaan lingkungan yang berubah-ubah sehingga proses hidrasinya tidak sempurna

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kuat tekan beton mengalami kenaikan sampai dengan penambahan 5 % serat sabut pinang, tetapi kembali mengalami penurunan untuk persentase lebih besar dari 5 %. Dengan demikian kuat tekan beton optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 5 %. Jika dibandingkan dengan serat sabut kelapa pada umur-umur awal kurang baik tetapi pada umur 28 hari memiliki kuat tekan yang lebih baik
2. Kuat lentur beton mengalami kenaikan sampai penambahan 2,5 % serat sabut pinang, tetapi kembali mengalami penurunan untuk persentase lebih besar dari 2,5 %. Dengan demikian kuat lentur beton optimum pada penambahan serat sabut pinang sebesar 2,5 %. Jika dibandingkan dengan serat sabut kelapa pada umur-umur awal kurang baik tetapi pada umur 28 hari memiliki kuat lentur yang lebih baik

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian tentang beton yang diperkuat dengan serat sabut pinang, maka penulis menyarankan agar dilakukan penelitian dengan menggunakan serat alami yang lain. Komposisi yang digunakan lebih bervariasi

dengan panjang serat yang lebih bervariasi juga agar diperoleh hasil yang lebih maksimal.

Dalam hal ini peneliti juga menyarankan agar melakukan perubahan – perubahan terhadap komponen-komponen lain seperti agregat dan air dan juga perlu memperhitungkan parameter-parameter lain seperti suhu, porositas, densitas, modulus elastis dan lain-lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Cement Research Progress, 1990, The American Ceramic Society.
- Cormac, Mc.Jack., 2004, *Disain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Giancoli, D.C., 2001, *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Gunawan, T dan Margaret, 1999, *Konstruksi Beton 1*, Delta Teknik Group, Jakarta.
- Jensen, A dan Chenoweth, H.H., 1991, *Kekuatan Bahan Terapan*, Erlangga, Jakarta.
- Kartasapoetra, G., 2004, *Budidaya Tanaman Berkhasiat Obat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Lutony, T.L., 1993, *Pinang Sirih*, Kanisius, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri., 2004, *Teknologi Beton*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Nawy, E.G., 2002, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar*, Departemen Sipil dan Rekayasa Lingkungan, Universitas Rutgers New Jersey, Eresco Bandung.
- Nugraha, P dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Sagel, R et al., 1993, *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1994.03*, PT Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
- Shallman, R.E dan Bishop, R., 1999, *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Smith, M.J., 1985, *Bahan Konstruksi dan Struktur Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Tjitroseopomo, 1994, *Taksonomi Tumbuhan Obat-obatan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta .
- Vlack, L.H. Van., 1993, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Adianto, Y.L.D dan Joewono, T.B., 2006, *Penelitian Pendahuluan Hubungan Penambahan Serat Polymeric Terhadap Karakteristik Beton Normal*, Dimensi Teknik Sipil Vol 8, No. 1, Maret 2006: 34-40.

Amrizal, 2002, *Pengaruh Proporsi Penambahan Serat Gelas Terhadap Kekuatan Komposit Berbasis Semen*, FMIPA Unand.

Dailis, 2001, *Pembuatan Beton Berserat*, Universitas Negeri Padang

Kurniawandy, A dan Aryanti, R., 2005, *Kajian Eksperimental Sifat-sifat Mekanik Beton Berserat*, Jurnal Teknik No.23 Vol 1 Thn XII April 2005.

Pariatmono, 2006, *Kajian Kekuatan Tekan dan Tarik Beton*, Jurnal Saint dan Tekonologi BPPT, Pustaka IPTEK

Sabardi, W., 2006, *Pengaruh Panjang Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton*, Skripsi, Universitas Andalas Padang

Suparjo, 2003, *Jurnal Pemanfaatan Serat Bambu untuk Dinding Beton Ringan Tanpa Pasir Pra Cetak Tulangan Bambu Dengan Agregat Batu Apun*, Majalah Iptek

Ulfa, M., 2004, *Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*, Skripsi, Universitas Andalas Padang.

Haeruddin, A., 2002, *Berbagai Khasiat Buah Pinang Muda*, <http://www.pikiranrakyat.com.id>, 18 Juli 2007.

Hendriawan et al., 2002, *Pengolahan Sabut Kelapa*, [www.Indonext.com/report/report377 htm](http://www.Indonext.com/report/report377.htm). Jakarta, 8 mei 2007.

Mualim, 2007, *Teknik Pembuatan Beton (1)*, [http://mualim.wordpress.com/2007/07/23/ teknik pembuatan beton 1](http://mualim.wordpress.com/2007/07/23/teknik-pembuatan-beton-1), 6 Mei 2008.

Rommel, MT.E., 1999, *Pengaruh Penambahan Resin Polimer terhadap Perbaikan karakteristik beton dengan Agregat Batu Apung*, [http://digilib.umm.ac.id/ download.php?](http://digilib.umm.ac.id/download.php?), 10 Agustus 2007.

SNI 15 -2049- 2004, *Semen Portland*, Badan Standardisasi Nasional. ics.91.100.10. [www.bsn.or.id/files/sni/SNI% 15-2049-2004-pdf](http://www.bsn.or.id/files/sni/SNI%2015-2049-2004-pdf), 6 Maret 2008

Sinaga, D., 2007, *Beton Dari Styroform*, <http://id.wikipedia.org/wiki/beton>. 6 Juli 2007.

Taurista et al., 2006, *Komposit Laminat Bambu Serat Woven Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Fiber Glass pada Kulit Kapal*, , 11 Januari 2008. [http://www.kemahasiswaan.its.ac.id/files/PKMI % 2006%20 ITS Antonia](http://www.kemahasiswaan.its.ac.id/files/PKMI%202006%20ITS%20Antonia)

LAMPIRAN A

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Lampiran A1: Tabel Kuat Tekan Beton Tanpa Penambahan Serat Sabut Pinang

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan $A (10^{-4} \text{m}^2)$	Beban Patah max $P (\text{KN})$	Kuat Tekan $f_c (10^4 \text{kg/m}^2)$	f_c Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	16	33.31	31.22
3	49	14	29.14	
3	49	15	31.22	
3	49	16	33.31	
3	49	14	29.14	
7	49	24	49.96	51.21
7	49	20	41.63	
7	49	27	56.20	
7	49	27	56.20	
7	49	25	52.04	
14	49	39	81.18	70.78
14	49	37	77.02	
14	49	22	45.80	
14	49	40	83.27	
14	49	32	66.61	
28	49	43	89.51	84.10
28	49	47	97.84	
28	49	36	74.94	
28	49	36	74.94	
28	49	40	83.27	

Lampiran A2 : Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 2,5%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan $A (10^{-4} \text{m}^2)$	Beban Patah max $P (\text{KN})$	Kuat Tekan $f_c (10^4 \text{kg/m}^2)$	f_c Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	17	35.39	33.31
3	49	14	29.14	
3	49	19	39.55	
3	49	16	33.31	
3	49	14	29.14	
7	49	22	45.80	46.21
7	49	19	39.55	
7	49	21	43.71	
7	49	29	60.37	
7	49	20	41.63	
14	49	32	66.61	69.53
14	49	25	52.04	
14	49	36	74.94	
14	49	36	74.94	
14	49	38	79.10	
28	49	36	74.94	85.34
28	49	44	91.59	
28	49	40	83.27	
28	49	38	79.10	
28	49	47	97.84	



Lampiran A3: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 5%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan A (10^{-4}m^2)	Beban Patah max P (KN)	Kuat Tekan fc (10^4kg/m^2)	fc Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	16	33.31	36.64
3	49	18	37.47	
3	49	20	41.63	
3	49	14	29.14	
3	49	20	41.63	
7	49	22	45.80	54.12
7	49	22	45.80	
7	49	30	62.45	
7	49	34	70.78	
7	49	22	45.80	
14	49	42	87.43	76.19
14	49	34	70.78	
14	49	38	79.10	
14	49	32	66.61	
14	49	37	77.02	
28	49	38	79.10	86.59
28	49	38	79.10	
28	49	40	83.27	
28	49	47	97.84	
28	49	45	93.67	

Lampiran A4: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 7,5%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan A (10^{-4}m^2)	Beban Patah max P (KN)	Kuat Tekan fc (10^4kg/m^2)	fc Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	12	24.98	33.31
3	49	16	33.31	
3	49	18	37.47	
3	49	17	35.39	
3	49	17	35.39	
7	49	29	60.37	50.79
7	49	21	43.71	
7	49	21	43.71	
7	49	22	45.80	
7	49	29	60.37	
14	49	39	81.18	73.69
14	49	35	72.86	
14	49	40	83.27	
14	49	34	70.78	
14	49	29	60.37	
28	49	42	87.43	84.93
28	49	38	79.10	
28	49	39	81.18	
28	49	45	93.67	
28	49	40	83.27	



Lampiran A5: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 10%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan $A (10^{-4}m^2)$	Beban Patah max $P (KN)$	Kuat Tekan $f_c (10^4kg/m^2)$	f_c Rata-rata $(10^4kg/m^2)$
3	49	13	27.06	26.23
3	49	12	24.98	
3	49	13	27.06	
3	49	13	27.06	
3	49	12	24.98	
7	49	16	33.31	37.89
7	49	16	33.31	
7	49	18	37.47	
7	49	21	43.71	
7	49	16	33.31	
14	49	31	64.53	72.86
14	49	28	58.29	
14	49	39	81.18	
14	49	37	77.02	
14	49	40	83.27	
28	49	34	70.78	83.68
28	49	38	79.10	
28	49	41	85.35	
28	49	44	91.59	
28	49	44	91.59	



Lampiran A6: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 12,5%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan A (10^{-4}m^2)	Beban Patah max P (KN)	Kuat Tekan fc (10^4kg/m^2)	fc Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	11	22.90	24.15
3	49	12	24.98	
3	49	12	24.98	
3	49	9	18.73	
3	49	14	29.14	
7	49	19	39.55	50.38
7	49	22	45.80	
7	49	25	52.04	
7	49	28	58.29	
7	49	27	56.20	
14	49	34	70.78	62.03
14	49	36	74.94	
14	49	27	56.20	
14	49	28	58.29	
14	49	24	49.96	
28	49	36	74.94	82.02
28	49	38	79.10	
28	49	40	83.27	
28	49	43	89.51	
28	49	40	83.27	



Lampiran A7: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 15%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan A (10^{-4}m^2)	Beban Patah max P (KN)	Kuat Tekan fc (10^4kg/m^2)	fc Rata-rata (10^4kg/m^2)
3	49	8	16.65	22.90
3	49	13	27.06	
3	49	12	24.98	
3	49	11	22.90	
3	49	11	22.90	
7	49	16	33.31	30.81
7	49	16	33.31	
7	49	16	33.31	
7	49	14	29.14	
7	49	12	24.98	
14	49	21	43.71	44.96
14	49	22	45.80	
14	49	22	45.80	
14	49	19	39.55	
14	49	24	49.96	
28	49	26	54.12	70.36
28	49	35	72.86	
28	49	38	79.10	
28	49	40	83.27	
28	49	30	62.45	

Lampiran A8: Tabel Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 17,5%

Umur (Hari)	Luas Bidang Tekan $A (10^{-4}m^2)$	Beban Patah max $P (KN)$	Kuat Tekan $f_c (10^4kg/m^2)$	f_c Rata-rata $(10^4kg/m^2)$
3	49	10	20.82	18.73
3	49	9	18.73	
3	49	8	16.65	
3	49	10	20.82	
3	49	8	16.65	
7	49	11	22.90	29.98
7	49	14	29.14	
7	49	16	33.31	
7	49	16	33.31	
7	49	15	31.22	
14	49	16	33.31	40.38
14	49	18	37.47	
14	49	19	39.55	
14	49	20	41.63	
14	49	24	49.96	
28	49	25	52.04	62.03
28	49	20	41.63	
28	49	32	66.61	
28	49	35	72.86	
28	49	37	77.02	

LAMPIRAN B

HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON

Lampiran B1: Tabel Kuat Lentur Beton Tanpa Penambahan Serat Sabut Pinang

Umur (hari)	B (10^{-2} m)	H (10^{-2} m)	BH ² (10^{-6} m ³)	L (10^{-2} m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10^4 kg/m ²)	fr Rata-rata (10^4 kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.30	7.34	8.08
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	16.65
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
7	5	5	125	20	0.65	15.91	
7	5	5	125	20	0.65	15.91	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	0.85	20.81	26.54
14	5	5	125	20	1.75	42.84	
14	5	5	125	20	0.92	22.52	
14	5	5	125	20	1.00	24.48	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
28	5	5	125	20	1.25	30.60	39.90
28	5	5	125	20	1.50	36.72	
28	5	5	125	20	1.75	42.84	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	
28	5	5	125	20	2.00	48.96	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan

Lampiran B2: Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 2,5%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.60	14.69	10.53
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
3	5	5	125	20	0.60	14.69	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
7	5	5	125	20	0.80	19.58	18.12
7	5	5	125	20	0.75	18.36	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
7	5	5	125	20	0.65	15.91	
7	5	5	125	20	0.80	19.58	
14	5	5	125	20	1.00	24.48	28.64
14	5	5	125	20	1.80	44.06	
14	5	5	125	20	0.80	19.58	
14	5	5	125	20	1.15	28.15	
14	5	5	125	20	1.10	26.93	
28	5	5	125	20	1.85	45.29	42.59
28	5	5	125	20	0.80	19.58	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	
28	5	5	125	20	2.15	52.63	
28	5	5	125	20	2.10	51.41	

Keterangan:
 B = Lebar benda uji
 H = Tebal benda uji
 L = Jarak tumpuan

Lampiran B3: Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 5%

Umur (hari)	B (10^{-2} m)	H (10^{-2} m)	BH ² (10^{-6} m ³)	L (10^{-2} m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10^4 kg/m ²)	fr Rata-rata (10^4 kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.45	11.02	9.55
3	5	5	125	20	0.25	6.12	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.45	11.02	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	16.40
7	5	5	125	20	0.75	18.36	
7	5	5	125	20	0.75	18.36	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
7	5	5	125	20	0.55	13.46	
14	5	5	125	20	0.95	23.26	24.24
14	5	5	125	20	1.15	28.15	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	1.25	30.60	
28	5	5°	125	20	1.90	46.51	41.86
28	5	5	125	20	0.95	23.26	
28	5	5	125	20	2.10	51.41	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan



Lampiran B4: Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 7,5%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.20	4.90	9.55
3	5	5	125	20	0.50	12.24	
3	5	5	125	20	0.55	13.46	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	16.16
7	5	5	125	20	0.65	15.91	
7	5	5	125	20	0.65	15.91	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
7	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	1.00	24.48	22.77
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
14	5	5	125	20	0.95	23.26	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	39.66
28	5	5	125	20	1.80	44.06	
28	5	5	125	20	2.00	48.96	
28	5	5	125	20	0.85	20.81	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan



Lampiran B5 : Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 10%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.40	9.79	9.30
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.45	11.02	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	14.69
7	5	5	125	20	0.25	6.12	
7	5	5	125	20	0.80	19.58	
7	5	5	125	20	0.75	18.36	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	
14	5	5	125	20	0.80	19.58	20.56
14	5	5	125	20	0.95	23.26	
14	5	5	125	20	0.85	20.81	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	38.92
28	5	5	125	20	1.90	46.51	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	
28	5	5	125	20	0.90	22.03	
28	5	5	125	20	1.70	41.62	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan

Lampiran B6 : Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 12,5%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.40	9.79	8.57
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.25	6.12	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	13.22
7	5	5	125	20	0.60	14.69	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	
7	5	5	125	20	0.45	11.02	
7	5	5	125	20	0.45	11.02	
14	5	5	125	20	0.85	20.81	18.85
14	5	5	125	20	0.75	18.36	
14	5	5	125	20	0.65	15.91	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	0.90	22.03	
28	5	5	125	20	1.70	41.62	37.70
28	5	5	125	20	1.85	45.29	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	
28	5	5	125	20	0.85	20.81	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan

Lampiran B7: Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 15%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.20	4.90	7.10
3	5	5	125	20	0.20	4.90	
3	5	5	125	20	0.30	7.34	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
7	5	5	125	20	0.40	9.79	11.75
7	5	5	125	20	0.35	8.57	
7	5	5	125	20	0.50	12.24	
7	5	5	125	20	0.55	13.46	
7	5	5	125	20	0.60	14.69	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	18.36
14	5	5	125	20	0.75	18.36	
14	5	5	125	20	0.85	20.81	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	
14	5	5	125	20	0.75	18.36	
28	5	5	125	20	0.75	18.36	36.96
28	5	5	125	20	1.60	39.17	
28	5	5	125	20	1.75	42.84	
28	5	5	125	20	1.65	40.39	
28	5	5	125	20	1.80	44.06	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan

Lampiran B8: Tabel Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Serat Sabut Pinang 17,5%

Umur (hari)	B (10 ⁻² m)	H (10 ⁻² m)	BH ² (10 ⁻⁶ m ³)	L (10 ⁻² m)	Beban Patah Max P (KN)	Kuat Lentur fr (10 ⁴ kg/m ²)	fr Rata-rata (10 ⁴ kg/m ²)
3	5	5	125	20	0.30	7.34	7.59
3	5	5	125	20	0.15	3.67	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
3	5	5	125	20	0.40	9.79	
3	5	5	125	20	0.35	8.57	
7	5	5	125	20	0.55	13.46	12.00
7	5	5	125	20	0.55	13.46	
7	5	5	125	20	0.40	9.79	
7	5	5	125	20	0.40	9.79	
7	5	5	125	20	0.55	13.46	
14	5	5	125	20	0.45	11.02	13.95
14	5	5	125	20	0.60	14.69	
14	5	5	125	20	0.50	12.24	
14	5	5	125	20	0.60	14.69	
14	5	5	125	20	0.70	17.14	
28	5	5	125	20	0.70	17.14	22.52
28	5	5	125	20	0.80	19.58	
28	5	5	125	20	1.00	24.48	
28	5	5	125	20	1.15	28.15	
28	5	5	125	20	0.95	23.26	

Keterangan:

B = Lebar benda uji

H = Tebal benda uji

L = Jarak tumpuan

LAMPIRAN C

BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI (BARISTAND)



Gambar C. Balai Riset dan Standardisasi Industri Ulu Gadut Padang



LAMPIRAN D

ALAT UNIT TESTING MACHINE



Gambar D. Alat Unit Testing Machine



LAMPIRAN E
CETAKAN BETON



Gambar E.1 Cetakan Beton untuk Kuat Tekan (7cm x 7cm x 7cm)

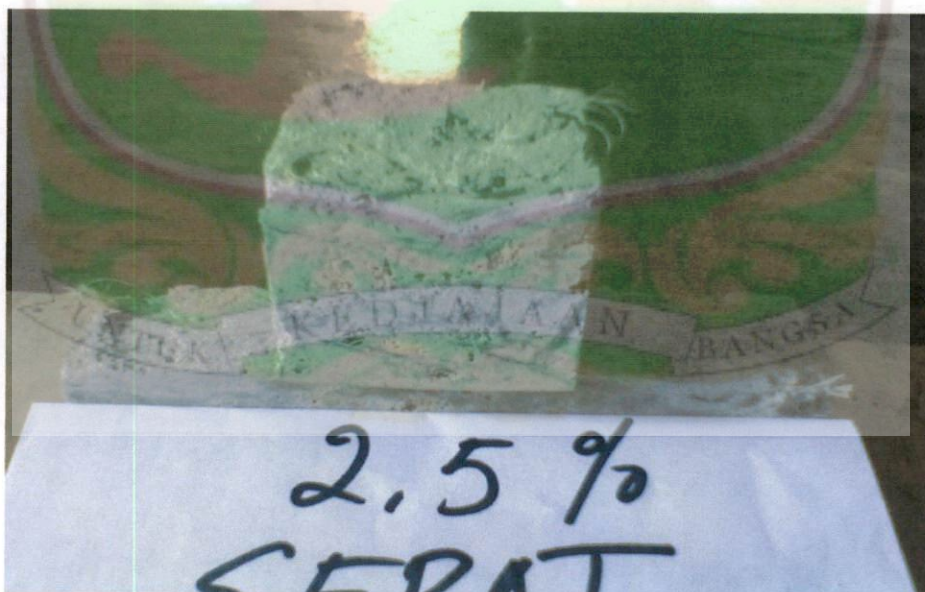


Gambar E.2 Cetakan Beton untuk Kuat Lentur (20cm x 5cm x 5cm)

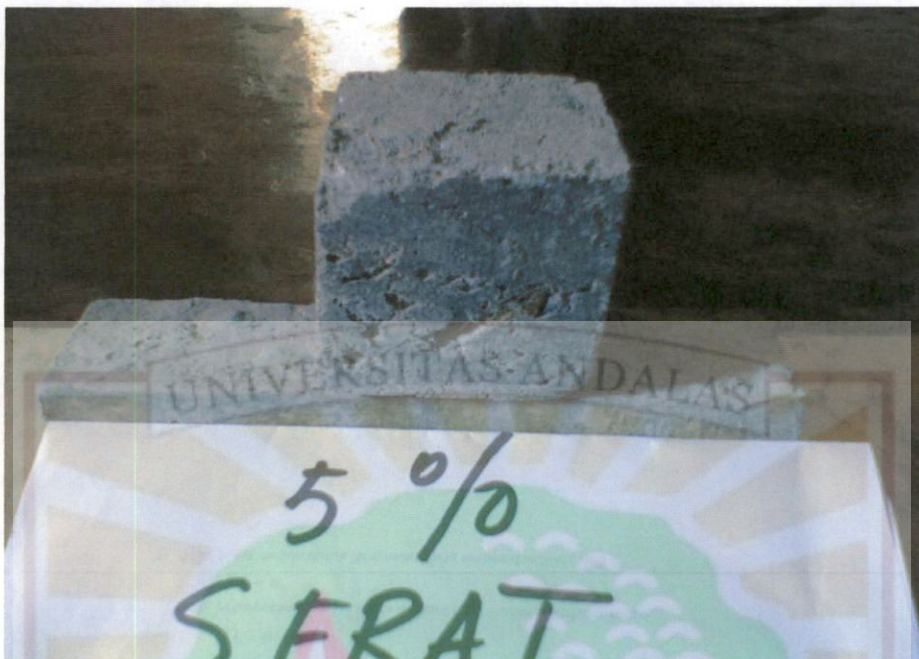
LAMPIRAN F
SAMPEL UJI BETON



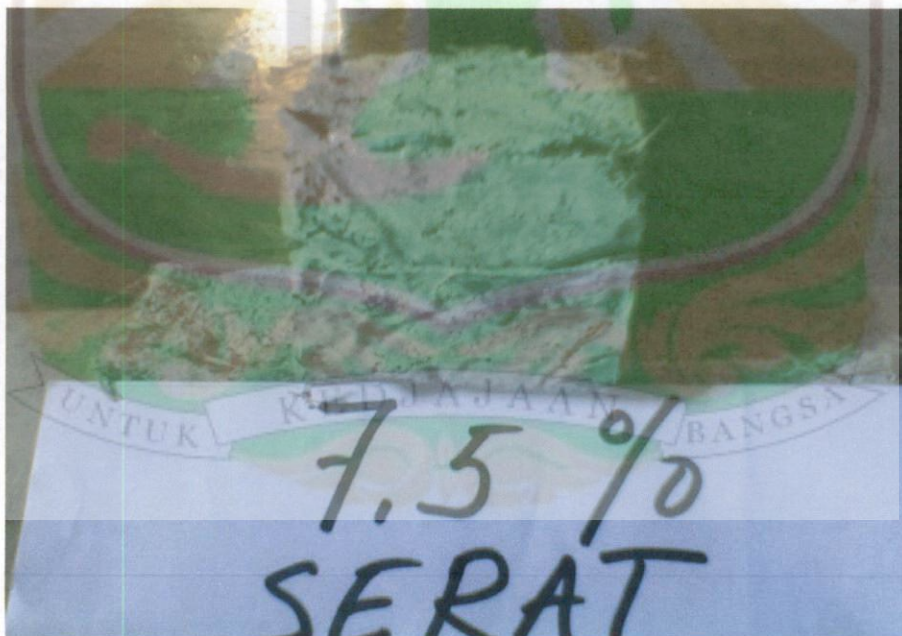
Gambar F.1 Beton Tanpa Penambahan Serat Sabut Pinang



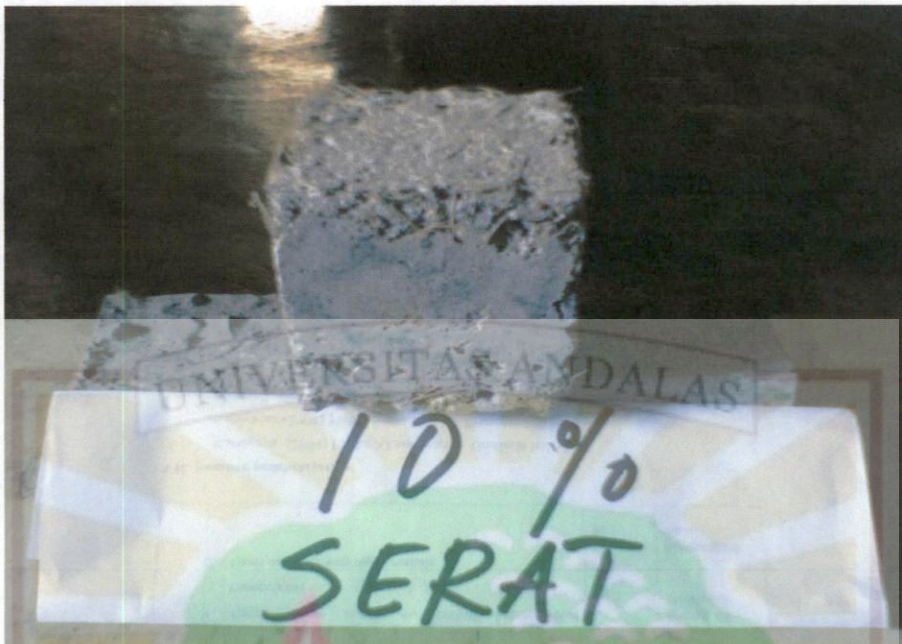
Gambar F.2 Beton dengan Penambahan 2,5 % Serat Sabut Pinang



Gambar F.3 Beton dengan Penambahan 5 % Serat Sabut Pinang



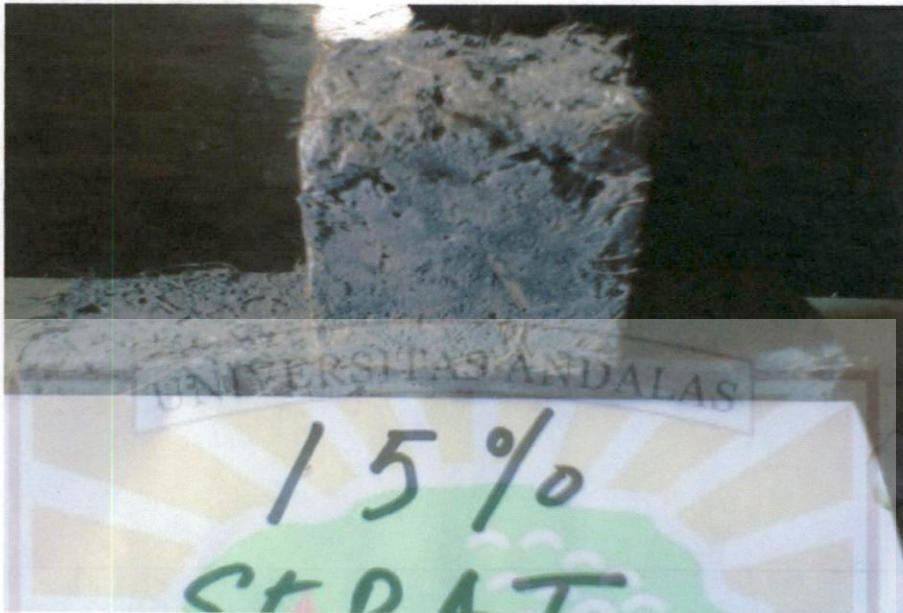
Gambar F.4 Beton dengan Penambahan 7,5 % Serat Sabut Pinang



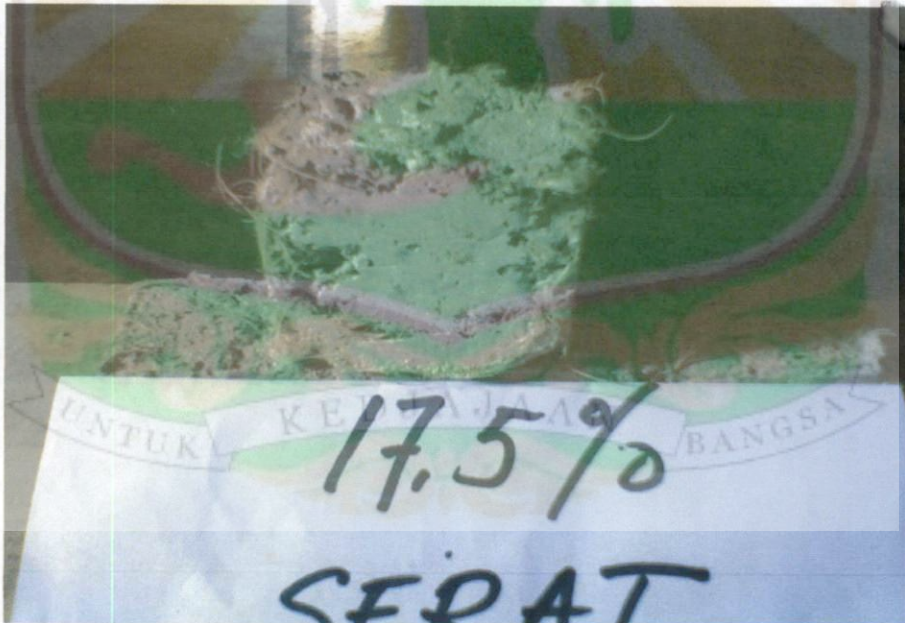
Gambar F.5 Beton dengan Penambahan 10 % Serat Sabut Pinang



Gambar F.6 Beton dengan Penambahan 12,5 % Serat Sabut Pinang



Gambar F.7 Beton dengan Penambahan 15 % Serat Sabut Pinang



Gambar F.8 Beton dengan Penambahan 17,5 % Serat Sabut Pinang

LAMPIRAN G

CONTOH PERHITUNGAN NILAI KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON

1. Diketahui $P = 36 \text{ KN}$

$$A = 49 \text{ cm}^2$$

Ditanya $f_c = \dots\dots\dots?$

Jawab:

$$f_c = \frac{Px102kg}{Am^2}$$

$$f_c = \frac{36KNx102kg}{49x10^{-4}m^2}$$

$$f_c = 74,94x10^4 \text{ kg/m}^2$$

2. Diketahui $P = 1,15 \text{ KN}$

$$L = 20 \text{ cm}$$

$$B = 5 \text{ cm}$$

$$H = 5 \text{ cm}$$

Ditanya $f_r = \dots\dots\dots?$

Jawab :

$$f_r = \frac{3PLx102kg}{2BH^2}$$

$$f_r = \frac{3x1,15KNx20x10^{-2}mx102kg}{2x5x5^2x10^{-6}m^3}$$

$$f_r = 28,15x10^4 \text{ kg/m}^2$$

