

69

**PENGARUH PANJANG SABUT, KATALISATOR
DAN KADAR SEMEN TERHADAP SIFAT PAPAN SEMEN
SABUT KELAPA (*Cocos nucifera* L.)**

SJAIFUL MASRI

E.28.0469



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1998

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**PENGARUH PANJANG SABUT, KATALISATOR
DAN KADAR SEMEN TERHADAP SIFAT PAPAN SEMEN
SABUT KELAPA (*Cocos nucifera* L.)**

SJAIFUL MASRI

E.28.0469



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1998

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

*Betapa mulianya si tukang kebun
dengan lehang tanah dan terik-hujan
dia dekat dengan tuhan nya.*

*Begitupun Tuhan
Menciptakan hal-hal kecil untuk si tukang kebun
Nanti (kelak) ada perjumpaan
Persetubuhan Tuhan, si tukang kebun,
dan hal-hal kecil itu sendiri.
(Sir Rabindranath Tagore- The gardener)*



RINGKASAN

SJAIFUL MASRI (E. 28. 0469): Pengaruh Panjang Sabut, Katalisator dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.), di bawah bimbingan Prof Dr Ir Yusuf Sudo Hadi, MAgri dan Dr Ir Paribotro Sutigno, MS.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan sabut kelapa dengan panjang sabut optimum, kadar semen, dan jenis katalisator secara ekonomis. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan dan Pengerjaan Kayu Fakultas Kehutanan IPB dan Laboratorium Produk Majemuk, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.

Faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah panjang sabut, jenis katalisator dan kadar semen. Perlakuan awal terhadap sabut kelapa yaitu perendaman pada suhu kamar selama 3 hari. Sifat fisis papan semen yang diukur yaitu kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, sedangkan sifat mekanis yang diukur adalah keteguhan patah dan pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm².

Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial 3 x 2 x 4 dan uji beda tulus Tukey, dan korelasi regresi linier. Faktor panjang serat yaitu 24 cm, 12 cm, dan 6 cm, jenis katalisator yaitu Ca(OH)₂ dan CaCl₂, kadar semen 140%, 160%, 180%, dan 200% terhadap berat sabut.

Dari penelitian dan pengujian diperoleh nilai rata-rata kelarutan sabut dalam air dingin 10,30%, kelarutan dalam air panas 11,83%, tebal rata-rata papan 1,09 cm. Kisaran nilai kerapatan 0,56 - 1,07 g/cm³, kadar air 12,54% - 24,45%, daya serap air 14,01% - 33,22%, pengembangan tebal 0% - 6,21%, keteguhan patah 17,1 - 67,6 kg/cm², dan pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm² sebesar 0%-4,01%

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata kerapatan yaitu 0,79 g/cm³, kadar air 18,55%, daya serap air 24,37%, pengembangan tebal 1,00%, keteguhan patah 38,02 kg/cm², serta pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm³ sebesar 1,12%. Dengan hasil demikian papan semen pada penelitian ini memenuhi standar DIN 1101 untuk kerapatan (0,46 g/cm³), keteguhan patah (10 kg/cm²), dan pengurangan tebal (15%).



**PENGARUH PANJANG SABUT, KATALISATOR
DAN KADAR SEMEN TERHADAP SIFAT PAPAN SEMEN
SABUT KELAPA (*Cocos nucifera* L.)**

Karya Ilmiah
Sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Kehutanan
Pada Fakultas Kehutanan
Institut Pertanian Bogor

SJAIFUL MASRI
E.28.0469

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1998

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Pengaruh Panjang Sabut, Katalisator dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

Nama Mahasiswa : Sjaiful Masri

Nomor Pokok : E.28.0468

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Disetujui oleh:

Ketua Komisi Pembimbing

Prof Dr Ir Yusuf Sudo Hadi, MAgr.

Tanggal: 3 / 2 / 1999

Anggota Komisi Pembimbing

Dr Ir Paribotro Sutigno, MS.

Tanggal: 1 / 2 / 1999

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Hutan

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor



Pradito Syafii, MAgr.

Tanggal:

Tanggal Lulus: 16 Januari 1999



Judul Skripsi : Pengaruh Panjang Sabut, Katalisator dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)

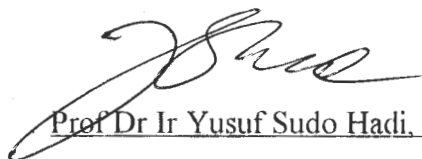
Nama Mahasiswa : Sjaiful Masri

Nomor Pokok : E.28.0468

@Hak cipta milik IPB University

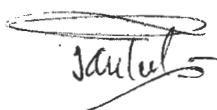
Disetujui oleh:

Ketua Komisi Pembimbing


Prof Dr Ir Yusuf Sudo Hadi, MAgr.

Tanggal: 3 / 2 / 1999

Anggota Komisi Pembimbing



Dr Ir Paribotro Sutigno, MS.

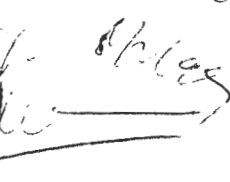
Tanggal: 1 / 2 / 1999

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Hutan

Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor




Dr Ir Paribotro Sutigno, MAgr.

Tanggal:

Tanggal Lulus: 16 Januari 1999



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Balai Karimun, Riau pada tanggal 1 Oktober 1971 sebagai anak kedelapan dari sepuluh bersaudara. Putra dari Ibu Hayati dan Bapak M Husain.

Pendidikan dilalui pertama kali di TK. Yayasan Bhakti Tugas di tempat kelahirannya. Kemudian menyelesaikan pendidikannya di Sekolah Dasar Negeri Irian, Ujung Pandang pada tahun 1984, Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Bogor pada tahun 1987, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bogor pada tahun 1990.

Pada tahun 1991, penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui jalur UMPTN. Terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Kehutanan di tahun berikutnya, dengan Program Studi Pengolahan, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Sebagai syarat kelulusan pada Fakultas Kehutanan IPB, penulis melaksanakan Praktek Khusus dengan judul "Pengaruh Panjang Sabut, Katalisator, dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)" di bawah bimbingan Prof Dr Ir Yusuf Sudo Hadi, MAgr dan Dr Ir Paribotro Sutigno, MS.

Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Tuhan dengan segala karunia-Nya hingga penulisan skripsi dengan judul "Pengaruh Panjang Serat, Jenis Katalisator dan Kadar Semen terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.)" ini dapat selesai. Sebagai salah satu syarat kelulusan pada Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof Dr Ir Yusuf Sudo Hadi, MAgr. selaku Dosen Pembimbing I dan atas segala bimbingannya.
2. Dr Ir Paribotro Sutigno, MS sebagai Dosen Pembimbing II dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Bogor.
3. Bapak Ir M. I. Iskandar (P3HH) yang telah membantu pada proses pengujian sifat mekanis.
4. Seluruh keluarga yang tak pernah berhenti membantu dan memberikan dorongan.
5. Terima kasih yang teramat besar saya sampaikan kepada Chusnato yang telah membantu siang dan malam dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Terima kasih saya haturkan juga kepada rekan-rekan yang banyak memberi sumbangan tenaga dan pikirannya. Terutama kepada Rizal, Bida Sari, Mbak Niken, Wim-Taufik, Rani, Hendro, Eris (SAP), Mas Eko (Afco), Iim, Bambang, Yogi, Andi, Bagja, dan Igun.
7. Terima kasih saya kepada teman-teman dari komunitas sastra 'Salju Bogor'.
8. Serta seluruh rekan-rekan dan beberapa staf di lingkungan Fakultas Kehutanan IPB dan Litbang Kehutanan yang tak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Dengan kesadaran penuh akan kekurangan dalam skripsi ini penulis hanya dapat berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya dan berguna bagi khasanah ilmu pengetahuan nantinya.



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan	2
C. Hipotesis.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Papan Semen.....	3
B. Sifat-sifat Papan Semen	3
C. Bahan Baku	4
D. Sabut Kelapa.....	5
E. Bahan Pengikat	7
F. Katalisator	8
III. BAHAN DAN METODE	
A. Waktu dan Tempat.....	10
B. Bahan dan Alat	10
C. Metode Penelitian	10
D. Rancangan Percobaan	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kualitas Bahan.....	16
1. Kelarutan dalam Air Dingin	16
2. Kelarutan dalam Air Panas.....	16
B. Kualitas Papan Semen.....	17
1. Sifat Fisis.....	17
a. Kerapatan.....	17
b. Kadar Air	20
c. Daya Serap air.....	23
d. Pengembangan Tebal	26
2. Sifat Mekanis.....	28
a. Keteguhan Patah.....	28
b. Pengurangan Tebal.....	31
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	33
B. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN	37



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Komposisi Kimia Serat Bersih Sabut Kelapa	6
2. Kelarutan Rata-rata Sabut Kelapa	7
3. Persentase Kelarutan dalam Air Dingin	16
4. Persentase Kelarutan dalam Air Panas	16
5. Nilai Rata-rata Kerapatan Papan Semen Sabut Kelapa	17
6. Sidik Ragam Kerapatan Papan Semen Sabut Kelapa	18
7. Sidik Regresi Kerapatan Papan Semen Sabut Kelapa	19
8. Nilai Rata-rata Kadar Air Papan Semen Sabut Kelapa	21
9. Sidik Ragam Kadar Air Kesetimbangan Papan Semen Sabut Kelapa	21
10. Sidik Regresi Kadar Air Kesetimbangan Papan Semen Sabut Kelapa	22
11. Nilai Rata-rata Daya Serap Air Papan Semen Sabut Kelapa	23
12. Sidik Ragam Daya Serap Air Papan Semen Sabut Kelapa	24
13. Sidik Regresi Daya Serap Air Papan Semen Sabut Kelapa	24
14. Nilai Rata-rata Pengembangan Tebal Papan Semen Sabut Kelapa	26
15. Sidik Ragam Pengembangan Tebal Papan Semen Sabut Kelapa	27
16. Nilai Rata-rata Keteguhan Patah Papan Semen Sabut Kelapa	28
17. Sidik Ragam Keteguhan Patah Papan Semen Sabut Kelapa	28
18. Sidik Regresi Keteguhan Patah Papan Semen Sabut Kelapa	29
19. Nilai Rata-rata Pengurangan Tebal Akibat Tekanan 3 kg/cm ³ Papan Semen Sabut Kelapa	31
20. Sidik Ragam Pengurangan Tebal Akibat Tekanan 3 kg/cm ²	31

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Bagian Buah Kelapa	6
2. Cara Memotong Panel untuk Contoh Uji	11
3. Grafik Regresi antara Kadar Semen dengan Kerapatan	19
4. Grafik Regresi antara Panjang Sabut dengan Kadar Air Papan Semen	22
5. Grafik Regresi antara Kadar Semen dengan Daya Serap Air	25
6. Grafik Regresi antara Kadar Semen dengan Keteguhan Patah	29

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data Tebal Papan Semen (cm)	37
2. Data Kerapatan (g/cm^3).....	38
3. Data Kadar Air (%).....	39
4. Data Daya Serap Air (%)	40
5. Data Pengembangan Tebal (%).....	41
6. Data Keteguhan Patah (Kg/cm^2).....	42
7. Data Pengurangan Tebal (%).....	43
8. Perhitungan Anova Kerapatan Papan Semen.....	44
9. Perhitungan Anova Kadar Air Papan Semen.....	45
10. Perhitungan Anova Daya Scrap Air.....	46
11. Perhitungan Anova Pengembangan Tebal	47
12. Perhitungan Anova Keteguhan Patah	48
13. Perhitungan Anova Pengurangan Tebal.....	49
14. Uji Beda Tulus Tukey Kerapatan Papan Semen.....	50
15. Uji Beda Tulus Tukey Kadar Air Papan Semen	52
16. Uji Beda Tulus Tukey Daya Serap Air	53
17. Uji Beda Tulus Tukey Pengembangan Tebal	54
18. Uji Beda Tulus Tukey Keteguhan Patah.....	55
19. Uji Beda Tulus Tukey Pengurangan Tebal	57
20. Anova Regresi untuk Faktor Pembentukan Persamaan Regresi.....	58



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelapa telah lama dikenal orang karena berbagai kegunaannya. Mulai dari daun, batang, buah, tempurung, sabut maupun air kelapa dapat dimanfaatkan. Akan tetapi pemanfaatan tanaman ini masih seputar buah kelapa. Sementara pemanfaatan hasil lainnya terutama sabut kelapa masih dirasa kurang.

Luas areal tanaman kelapa di Indonesia adalah 3,14 juta ha pada tahun 1986 dan meningkat menjadi 3.221.600 ha pada tahun 1989. Dengan produksi kopra 1,75 juta ton pada tahun 1986 meningkat menjadi 2.267.600 ton pada tahun 1989 (Biro Pusat Statistik, 1990). Bersama dengan kopra turut dihasilkan sabut kelapa. Untuk setiap ton kopra yang diproduksi, rata-rata dihasilkan 1,8 ton sabut kelapa (Joedodibroto, 1990). Dengan demikian ikut dihasilkan 4.081.600 ton sabut kelapa pada tahun 1989. Pemanfaatan sabut kurang dari 1 juta ton/tahun. Jadi cukup banyak limbah sabut kelapa yang dihasilkan.

Melihat banyaknya potensi bahan baku menjadi limbah berupa sabut kelapa di atas, maka perlu dimanfaatkan. Salah satunya dengan pemanfaatan sabut menjadi bahan baku papan semen, yaitu suatu produk berupa papan tiruan yang dapat memanfaatkan limbah bahan baku yang mengandung lignoselulosa, dengan penambahan semen dan katalisator.

Penelitian papan semen ini melanjutkan penelitian yang pernah dilakukan Memed, Sutigno dan Sulastiningsih (1984) dan Purnomo (1988). Penelitian mereka menggunakan bahan baku dari sabut kelapa.

Papan semen ini memiliki sifat tertentu yang lebih baik karena tahan terhadap serangan jamur, serangga dan api. Disamping itu papan semen mempunyai sifat baik sebagai papan isolator dengan keawetan yang cukup. Peranan papan semen dalam bangunan cukup besar, umumnya baik sekali digunakan untuk komponen rumah seperti digunakan sebagai dinding bangunan, pintu, lantai, atap serta panel rumah prefabrik.

Dengan demikian papan semen dapat dijadikan alternatif panel guna memenuhi kebutuhan rumah. Usaha untuk mempermudah dan mempercepat pembangunan rumah sangat penting. Menurut Batubara (1981), dengan jumlah penduduk Indonesia sekitar 140 juta jiwa (diperkirakan 210 juta jiwa pada tahun 2000), maka menjelang tahun 2000 kebutuhan perumahan di Indonesia sekitar 1,555 juta rumah/tahun. Sehingga pendirian

pabrik papan semen sangat menunjang usaha penyediaan bahan rumah prafabrik secara murah. Lebih lanjut pemanfaatan limbah menjadi penting, perlu dicari jalan keluar pemanfaatannya sehingga diperoleh produk yang memiliki manfaat lebih tinggi dan dapat diproduksi dengan biaya relatif rendah dan bernilai ekonomis tinggi.

B. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran panjang serat sabut kelapa, kadar semen dan katalisator terhadap sifat fisik-mekanis papan semen dari sabut kelapa. Dengan demikian hasil penelitian ini dapat memberikan penjelasan pengaruh ukuran serat, katalisator dan kadar semen untuk menghasilkan papan semen yang paling baik.

C. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Semakin banyak kadar semen maka semakin meningkat sifat fisis dan mekanis papan semen yang dibentuk.
2. Semakin halus ukuran serat maka semakin baik sifat fisis dan mekanis papan semen yang dibentuk.





II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Papan Semen

Papan semen merupakan papan tiruan yang dibuat dari campuran potongan kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan semen sebagai perekatnya. Apabila potongan kayu tersebut berbentuk wol, maka papan semen yang dihasilkan disebut papan semen wol kayu, sedangkan yang dibuat dari potongan kayu kecil seperti serpih, tatal, dan serbuk gergaji disebut papan semen partikel (Sutigno, Kliwon, Karnasudirdja, 1977).

Seman dan Rahim (1989) menyatakan bahwa papan semen adalah panel terbuat dari serat kayu sebagai agregat dan semen portland sebagai perekat. Lebih lanjut Kliwon (1990) menyatakan bahwa papan semen adalah sejenis papan yang terdiri dari partikel kayu yang direkat dengan perekat semen, dikempa dingin dengan penambahan katalisator.

Umumnya papan wol kayu mempunyai kerapatan antara $0,42-0,51 \text{ g/cm}^3$. Untuk negara berkembang produksi papan wol kayu mempunyai prospek yang baik karena dapat dibuat secara sederhana dengan menggunakan perekat mineral produk lokal (Haygreen dan Bowyer, 1982).

Papan semen baik dipergunakan untuk bahan bangunan: plafon, dinding rumah, lantai, penahan panas dan dingin serta peredam suara (Kliwon, 1990). Papan semen ini juga baik sebagai isolator dengan keawetan yang cukup dan tahan terhadap kebakaran (Joesoef dan Kasmudjo, 1979). Haygreen dan Bowyer (1982) mengemukakan bahwa papan semen, selain tahan terhadap api juga tahan terhadap pembusukan oleh jamur dan serangan serangga.

B. Sifat Papan Semen

Sutigno *et al.* (1977) mengatakan pembuatan papan semen partikel sama halnya dengan pembuatan papan semen wol kayu, tetapi papan semen wol kayu mempunyai sifat keteguhan tekan lebih tinggi. Ditambah lagi dengan ukuran yang luas (panjang dan lebar), tahan api serta tahan serangan mikro organisme, menjadikan papan wol sebagai bahan bangunan yang praktis. Sifat-sifat papan semen wol kayu yang diuji adalah ketebalan, kerapatan, kadar air, keteguhan lentur dan penurunan tebal akibat tekanan 3 kg/cm^2 (Kliwon, 1990). Joesoef dan Kasmudjo (1979) menyatakan bahwa dalam pembuatan papan

wol kayu banyak faktor yang dapat mempengaruhi mutu, antara lain: jenis kayu, berat jenis, macam katalisator, kerapatan papan semen wol, kadar semen dan ukuran wol yang digunakan.

Sifat yang penting dari papan wol dikemukakan sebagai berikut (Kamil, 1974).

1. *Berat Jenis*. Tergantung kepada penggunaannya, berat jenis papan wol kayu antara 0,35-0,65. Menurut Standar Jerman (DIN 1101), papan wol dengan tebal 2,5 cm berat jenisnya disarankan 0,6.
2. *Tebal*. Tebal papan wol kayu tergantung pada tujuan penggunaannya. Tebal panel dapat dibuat 2,5-10 cm, tetapi untuk keperluan tertentu dapat pula dibuat panel dengan tebal 1,5 cm atau 25 cm
3. *Panjang dan Lebar*. Dengan ukurannya yang luas, papan wol ini mudah dan cepat dalam pemasangannya. Di Eropa ukurannya adalah 200 cm x 50 cm, sedangkan di Jepang 200 cm x 100 cm.
4. *Keteguhan Lentur Statik dan Keteguhan Tekan*. Untuk berat jenis 0,46 keteguhan lenturnya tidak boleh kurang dari 10 kg/cm². Dengan tekanan 3 kg/cm², pengurangan tebal tidak boleh lebih dari 15%.
5. *Isolasi*. Papan wol dengan tebal 2,5 cm mempunyai daya isolasi yang sama dengan papan kayu tebal 4,5 cm, beton setebal 33 cm, batu bata tebal 35 cm, dan batu tebal 53,4 cm
6. *Ketahanan*. Papan wol tidak diserang serangga dan tahan api.
7. *Pengerjaan*. Papan wol mudah digergaji, dipaku dan dapat diiplester dengan baik. Dapat direkat dengan semen satu sama lainnya serta dapat dijadikan plat menjadi 2 atau 3 kali tebal semula.

C. Bahan Baku

Bahan baku untuk pembuatan papan semen dapat diperoleh dari beberapa bentuk sisa. Seperti dari dolok kecil beserta kayu yang tidak terpakai, kayu penjarangan, sisa bubutan venir, sisa gergajian. Serta dari berbagai bahan serat dari pertanian seperti serat tanaman atau bahan berlignoselulosa lain.

Bahan baku dengan kadar gula, tanin, polisakarida dan senyawa aldehida lainnya dalam jumlah yang besar tidak dapat dipergunakan sebagai bahan baku papan semen. Kadar gula di dalam kayu maksimum 1%, tanin 2% dan senyawa minyak/lemak maksimum 3%.

Serat kayu harus lurus dan plastis, berat jenis 0,40-0,48 (Kliwon, 1990). Untuk memperoleh bahan baku dengan kadar gula, tanin dan lemak yang rendah Sutigno *et al.* (1979) menyarankan sebaiknya bahan baku sebelum digunakan direndam dalam larutan netral seperti air dingin, air panas atau larutan HCl.

Lebih lanjut Purnomo (1988) menyatakan bahwa untuk membuat papan semen sabut kelapa sebaiknya menggunakan sabut yang telah direndam. Karena semakin lama sabut direndam, akan semakin banyak zat-zat ekstraktif yang dapat dilarutkan, sehingga pengerasan semen yang terjadi akan semakin baik. Dengan semakin baiknya pengerasan semen maka kerapatan papan semen sabut kelapa yang dihasilkan akan semakin baik.

Monroy dalam Ranjak (1977) mengemukakan bahwa persyaratan bahan baku untuk papan semen antara lain kayu sedapat mungkin harus ringan, berserat lurus dan panjang. Di samping itu sifat halus dan dimensi wol yang digunakan sebagai bahan baku perlu diperhatikan karena mempengaruhi sifat kerataan dari papan wol. Dimensi wol yang dianjurkan adalah panjang 300 mm, lebar 3 mm dan tebal 0,3 milimeter (Sutigno, 1976).

Menurut Hadi (1977) partikel yang cukup besar akan menghasilkan papan semen dengan kekuatan dan stabilitas dimensi yang baik, tetapi akan sukar ditekan dan papan yang dihasilkan memiliki permukaan yang kasar. Adapun kerusakan serat akan terjadi bila ketebalan partikel sekitar 0,1 mm, karena hanya dua atau tiga sel serat pada arah tebal, oleh karena itu partikel tidak boleh terlalu tipis.

D. Sabut Kelapa

Pohon kelapa (*Cocos micifera* L.) merupakan jenis tanaman yang tumbuh di daerah tropis dengan ketinggian di bawah 700 meter di atas permukaan laut, tetapi umumnya jauh lebih rendah dari ketinggian ini (Steenis, 1978). Kelapa berbuah sejak berumur 5 sampai 10 tahun, tetapi produksi yang optimum dicapai pada umur 10 tahun. Buah kelapa berbentuk bulat panjang dengan ukuran berat antara 1-2 kg (Woodroof, 1979).

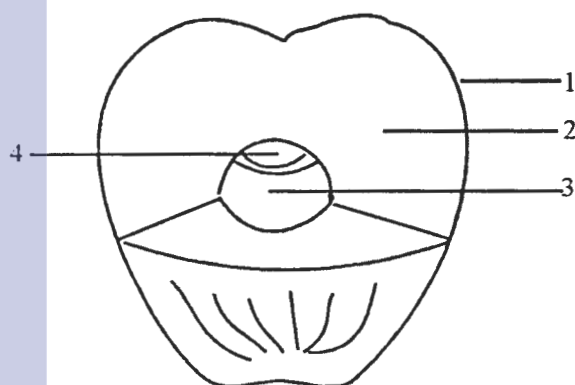
Menurut Thampan (1982) komposisi buah kelapa terdiri dari 4 bagian, yaitu 35% sabut (mesocarp), 12% tempurung, 28% daging buah dan 25% air kelapa dari berat total buah kelapa masak. Sabut kelapa ini dapat digunakan sebagai bahan baku papan semen dengan rendemen 10% per butir kelapa (Memed *et al.*, 1984). Sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku karena mempunyai suhu hidratisasi di atas 41°C (Purnomo, 1988).

Adapun menurut standar Puslitbang Hasil Hutan suhu hidrasi yang lebih dari 41°C termasuk baik, 36-41°C sedang dan kurang dari 36°C tidak baik.

Tabel 1. Komposisi Kimia Serat Bersih Sabut Kelapa (% berat kering)

Serat dan asal	kelarutan dalam air dingin	Pektin dan zat terlarut lainnya	Hemiselulosa	Lignin	Selulosa
Kelapa tua	5,2	3,0	0,25	45,8	43,4
Kelapa muda	6,0	2,7	0,15	40,5	32,9
Kelapa sangat muda	15,5	4,0	0,25	41,0	36,1

Sumber :Thampan (1982)



Keterangan:

1. Eksocarp (kulit luar)
2. Mesocarp (sabut)
3. Endocarp (tempurung)
4. Flesh (daging)

Gambar 1. Bagian buah kelapa

Menurut Grimwood (1975) tiga macam serat yang dapat diperoleh dari sabut kelapa:

1. Mat/yarn fibre, yaitu serat yang panjang dan halus serta cocok digunakan untuk bahan tikar dan tali.
2. Bristle fibre, yaitu serat yang mempunyai serat kasar dan sering digunakan untuk pembuatan sapu dan sikat.
3. Mattres, yaitu tipe serat yang pendek dan digunakan untuk bahan pengisi kasur.

Kelarutan sabut rata-rata dalam air dingin sebesar 6,70% dan kelarutan dalam air panas sebesar 10,31%. Dengan demikian lama perendaman 1-3 jam seperti pada Tabel 2 memberi pengaruh yang nyata terhadap sifat fisis dan mekanis papan semen sabut kelapa (Purnomo, 1988).

Tabel 2. Kelarutan Rata-rata dan Suhu Hidratasi Sabut Kelapa

Lama perendaman (jam)	Kelarutan dalam air dingin (%)	Kelarutan dalam air panas (%)	Suhu hidratasi (°C)
0	8,58	11,94	42,23
1	6,44	10,68	44,63
2	6,03	9,82	45,71
3	5,75	8,80	45,96
Rata-rata	6,70	10,31	44,71

Sumber : Purnomo (1988)

Thampan (1982), menyatakan bahwa sabut kelapa ini termasuk ke dalam golongan selulosa alam dan mengandung beberapa bagian lain dari selulosa, lignin dan unsur-unsur lain pembentuk struktur sel.

E. Bahan Pengikat

Pada bidang teknik arti semen adalah sejenis bahan perekat yang dapat merekatkan batu-batuan, bata dan lainnya untuk membuat konstruksi bangunan, dan pada umumnya digunakan untuk bangunan adalah semen portland.

Penggolongan semen portland oleh SII (Anonim, 1972):

1. Jenis I, yaitu semen portland yang mempunyai sifat mengeras serta perkembangan kekuatannya cepat. Semen portland jenis ini digunakan untuk tujuan dimana dikehendaki pekerjaan dilaksanakan dengan cepat.
2. Jenis II, yaitu semen portland yang mempunyai sifat mengeras serta pengembangan kekuatannya tidak begitu cepat dibanding dengan jenis I. Semen portland jenis ini dipergunakan untuk semua tujuan dimana tidak terdapat syarat-syarat istimewa dalam pekerjaan.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang mempunyai sifat mengeras serta pengembangan kekuatannya lambat (lebih lambat dari jenis II). Semen portland jenis III ini dipergunakan untuk tujuan-tujuan tertentu dimana syarat-syarat kekuatan konstruksi yang dibuat tidak begitu berat.

Semen sebagai pengikat partikel memiliki ketahanan yang istimewa terhadap perusakan dan pembusukan, serangga dan api sehingga papan partikel yang menggunakan perekat semen cocok untuk permukaan dinding eksterior dan interior. Lebih lanjut Haygreen dan Bowyer (1982) mengemukakan bahwa dalam pembuatan papan wol kayu

komposisi kayu kira-kira 1/4-1/3 dari berat, sedangkan sisanya adalah semen yang berfungsi sebagai perekat.

Purnomo (1988), dalam pembuatan papan wol kayu perbandingan berat semen dan kayu pada umumnya (1-2):1. Sampai batas tertentu, semakin tinggi persentase semen terhadap berat wol kayu akan menjadikan papan wol mempunyai sifat yang lebih baik. Sifat itu antara lain mempunyai kerapatan yang lebih tinggi, keteguhan lentur yang lebih baik dan pengurangan tebal yang semakin rendah akibat tekanan 3 kg/cm².

Sajad (1984), mengemukakan bahwa peningkatan kadar semen dalam pembuatan papan semen berpengaruh nyata terhadap keteguhan lentur, daya serap air, pengembangan tebal dan pengurangan tebal, tapi tidak berpengaruh terhadap kadar air. Persentase berat semen terhadap wol kayu sebesar 150-200% memberikan nilai sifat fisik yang memenuhi standar DIN 1101, yaitu nilai kerapatan sebesar 0,42-0,51 g/cm³. Sifat mekanik yang memenuhi standar DIN dengan nilai keteguhan lentur 12,92-49,77 kg/cm², pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm² sebesar 3,03-9,81% dengan persentase berat semen terhadap wol kayu sebesar 150-300% (Tampubolon, 1985).

F. Katalisator

Dickson (1979), menyatakan bahwa katalisator adalah suatu bahan yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia tanpa berubah strukturnya. Pada bagian lain, Ucko (1982), mengemukakan bahwa yang disebut katalisator adalah bahan kimia yang menyebabkan suatu reaksi kimia bereaksi lebih cepat dan dapat ditemukan kembali serta tidak berubah diakhir reaksi tersebut.

Sebagai katalisator dalam pembuatan papan semen dapat digunakan kalsium klorida (CaCl₂), magnesium klorida (MgCl₂) atau dapat juga digunakan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂). Penelitian Purnomo (1988) menunjukkan bahwa penggunaan katalisator Ca(OH)₂ lebih baik daripada penggunaan CaCl₂. Adapun untuk katalisator jenis MgCl₂ sulit diperoleh di Indonesia.

Kalsium Klorida.

Kalsium klorida berwarna putih dan merupakan suatu massa yang bersifat porous serta digunakan sebagai bahan pengisi (FAO, 1976). Hicks (1981), menyebutkan bahwa penggunaan kalsium klorida ini adalah sebagai bahan pengering.

Kalsium Hidroksida.

Nama umum dari kalsium hidroksida adalah kapur padam atau kapur tohor dengan warna putih dan berbentuk bubuk. Penggunaannya adalah sebagai bahan pengeras, bahan penetral dan bahan penyangga (buffer) dalam suatu reaksi kimia (FAO, 1976)

Menurut Ucko (1982) kalsium hidroksida dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan plaster berupa perekat hidrolis. Campuran tersebut terdiri dari pasir, kalsium hidroksida dan air, sehingga terbentuk bahan semacam pasta. Pada akhirnya sebagian air menguap dan kalsium hidroksida yang tersisa dengan sedikit air yang ada akan mengeras, membentuk ikatan kimia dengan pasir.

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



III. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Tempat

Percobaan ini dilaksanakan Maret 1998 sampai Mei 1998 di Laboratorium Pengolahan dan Pengerjaan Kayu Fakultas Kehutanan-IPB dan Laboratorium Produk Majemuk Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.

B. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam percobaan ini:

1. *Sabut Kelapa*. Sebagai bahan baku adalah serat dari sabut kelapa (*Cocos micifera* L.) yang diperoleh dengan cara memisahkan menjadi serat. Sabut kelapa dari PTP. Nusantara Cikasungka, Bogor. Sebanyak 30 kg serat kering udara.
2. *Semen Portland*. Semen yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I SII sebanyak 50 kg.
3. *Katalisator*. Katalisator yang dipakai Kalsium Klorida (CaCl_2), Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2) masing-masing sebanyak 500 g.
4. *Alat sebelum pembuatan panel*. Alat yang dipergunakan yaitu alat pengujian pendahuluan yaitu: cawan berpori, eksikator, gelas piala, oven, penangas air, pengaduk, termometer, timbangan, alat pemisah sabut, kantong plastik.
5. *Alat saat pembuatan panel*. Alat kempa, cetakan papan semen, ember plastik dan sarung tangan karet.
6. *Alat sesudah pembuatan panel*. Alat yang digunakan yaitu alat uji fisis-mekanis, gergaji, kaliper, timbangan dan oven.

C. Metode Penelitian

1. Pemisahan Serat Sabut Kelapa

Sabut kelapa yang dipergunakan sebagai bahan baku, dilakukan pemisahan serat dengan cara manual. Sabut direndam dengan air dingin selama 24 jam kemudian dipukul dengan palu berulang-ulang. Setelah sabut agak lunak kemudian dilakukan pemisahan serat dengan menggunakan sisir yang agak kasar dengan diameter 0,5-1,0 mm. Kemudian dilakukan penyisiran kembali dengan sisir yang lebih halus, sampai serat benar-benar terpisah dari gabus pengikatnya.

Ukuran panjang serat sabut kelapa sebagai berikut:

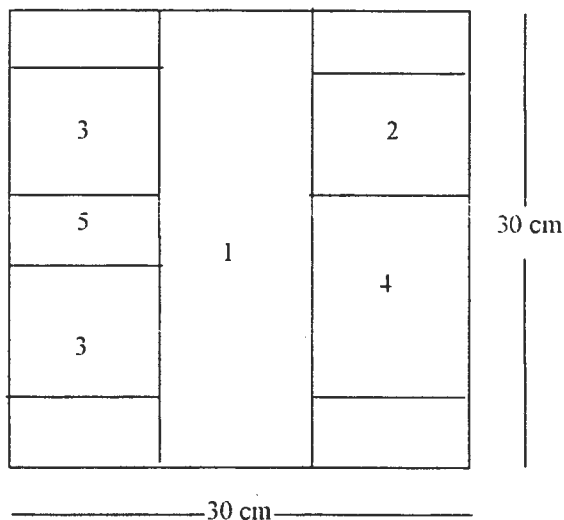
- 1). Ukuran serat utuh (± 24 cm)
- 2). $1/2$ panjang serat awal (± 12 cm)
- 3). $1/4$ panjang serat awal (± 6 cm)

2. Pembuatan Contoh Uji

Pembuatan contoh uji sebagai berikut:

315 g sabut kelapa direndam dalam air dingin selama 3 hari sebagai perlakuan awal. Kemudian dijemur sampai kadar air $\pm 17\%$. Lalu diberi katalisator sesuai dengan perlakuan. Setiap contoh uji diberikan katalisator sebanyak 12 g yang dilarutkan dalam 600 g air (2%). Kemudian ditaburkan semen sesuai dengan perlakuan yaitu 140%, 160%, 180%, dan 200%, dari berat sabut, lalu diaduk sampai rata.

Adonan dicetak dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 1 cm pada tekanan 24 kg/cm^2 selama 10 menit, kemudian diapit 24 jam. Setelah 24 jam contoh uji dikeringkan (± 15 hari) pada ruangan yang bersirkulasi udara baik. Kemudian dipotong seperti pada gambar.



Gambar 2. Cara pemotongan panel untuk contoh uji

Keterangan Gambar:

1. Contoh uji keteguhan patah 30 cm x 10 cm x 1 cm
2. Contoh uji pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm^2 , ukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm.
3. Contoh uji penyerapan air dan pengembangan tebal setelah direndam 24 jam, berukuran 10 cm x 10 cm x 1 cm.
4. Contoh uji kerapatan dengan ukuran 15 cm x 10 cm x 1 cm.
5. Contoh uji kadar air keseimbangan, 10 cm x 5 cm x 1 cm.

3. Pengujian Pendahuluan

a. Kelarutan Kayu dalam Air Dingin

Pengujian menurut prosedur TAPPI (Meulenhoff, Sofyan dan Achmadi, 1977), yaitu 2 g serbuk 40 mesh direndam dalam 30 cc air dingin selama 48 jam lalu disaring dan dicuci. Cawan berisi serbuk dimasukkan ke dalam oven suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai bobot tetap. Kadar kelarutan ditentukan berdasarkan rumus:

$$KL = \frac{Ba - Bb}{Ba} \times (100 - KA)\%$$

Keterangan : KL = Kadar kelarutan dalam air dingin (%)
 Ba = Berat kering udara (g)
 Bb = Berat kering oven (g)
 KA = Kadar air serbuk (%)

b. Kelarutan Kayu dalam Air Panas

Sebanyak 12 g serbuk direndam dalam 100 cc air suling yang dipanaskan selama 3 jam. Serbuk disaring dalam cawan lalu dimasukkan ke dalam oven suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Persamaan yang digunakan sama dengan uji kelarutan air dingin.

4. Pengujian Sifat Fisis

a. Kerapatan

Contoh uji ditimbang dan diukur lebar, panjang dan tebal. Besar kerapatan:

$$K = \frac{B}{p \times l \times t}$$

Keterangan : K = Kerapatan papan semen (g/cm^3)
 B = Bobot papan semen (g)
 p = panjang (cm)
 l = lebar (cm)
 t = tebal (cm)

b. Kadar Air

Berat contoh uji ditimbang, lalu dimasukkan ke dalam oven suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Besarnya kadar air adalah:

$$KA = \frac{Ba - Bb}{Ba} \times 100\%$$

Keterangan : KA = Kadar Air (%)
Ba = Berat awal (g)
Bb = Berat kering oven (g)

c. Daya Serap Air

Berat contoh ditimbang, lalu direndam selama 24 jam kemudian ditimbang kembali.

Besarnya daya serap air dicari dengan persamaan:

$$DS = \frac{Bb - Ba}{Ba} \times 100\%$$

Keterangan : DS = Daya serap air (%)
Ba = Berat awal (g)
Bb = Berat akhir (g)

d. Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal mengukur tebal contoh uji rata-rata di delapan tempat yang berbeda sisinya kemudian direndam dalam air dingin selama 24 jam lalu diukur tebalnya kembali. Besar pengembangan yaitu:

$$PT = \frac{Ta - Tb}{Tb} \times 100\%$$

Keterangan : PT = Pengembangan Tebal (%)
Ta = Tebal akhir (cm)
Tb = Tebal awal (cm)

5. Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis keteguhan lentur menurut metode ASTM D 1037, sedangkan pengurangan akibat tekanan 3 kg/cm² dilakukan berdasarkan metode DIN 1101.

a. Keteguhan Lentur (Modulus Patah)

Pengujian dilakukan dengan meletakkan contoh uji pada alat berjarak sangga 24 cm kemudian tekanan diberikan tepat ditengah contoh uji sampai patah. Keteguhan lentur diperoleh sebesar:

$$M = \frac{3 \times P \times L}{2 \times l \times t^2}$$

Keterangan : MOR = Keteguhan lentur/Modulus patah (kg/cm^2)
 P = Beban sampai dengan batas patah (kg)
 L = Jarak sangga (cm)
 l = Lebar contoh uji (cm)
 t = Tebal contoh uji (cm)

b. Pengurangan Tebal Akibat Tekanan 3 kg/cm^2

Pengujian dilakukan dengan mengukur tebal di delapan tempat dan diambil rata-ratanya, lalu contoh uji ditekan dibidang trasversal dengan beban 3 kg/cm^2 selama 1 menit, setelah ditekan diukur kembali tebalnya. Besarnya pengurangan tebal adalah:

$$P = \frac{T_a - T_b}{T_a} \times 100\%$$

Keterangan : P = Pengurangan tebal (%)
 Ta = Tebal awal (cm)
 Tb = Tebal akhir (cm)

D. Rancangan Percobaan

Untuk mengetahui pengaruh panjang serat/sabut jenis katalisator dan kadar semen terhadap sejumlah respon yaitu: nilai pengembangan tebal dan daya serap air setelah direndam selama 24 jam dalam air, kerapatan papan semen, kadar air, keteguhan lentur serta pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm^2 , digunakan rancangan acak lengkap faktorial $3 \times 2 \times 4$ dengan model:

$$Y_{ijkl} = U + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + El(ijk)$$

Keterangan:

Y_{ijkl} = Nilai pengamatan pada panjang serat ke-i, jenis katalis ke-j, kadar semen ke-k, serta ulangan ke-l
 U = Nilai rata-rata umum
 A_i = Pengaruh panjang serat ke-i
 B_j = Pengaruh jenis katalisator ke-j
 C_k = Pengaruh kadar semen ke-k
 AB_{ij} = Pengaruh interaksi antara panjang serat ke-i dengan katalisator ke-j
 AC_{ik} = Pengaruh interaksi antara panjang serat ke-i dengan kadar semen ke-k
 BC_{jk} = Pengaruh interaksi antara jenis katalisator ke-j dengan kadar semen ke-k
 ABC_{ijk} = Pengaruh interaksi antara panjang serat ke-i, jenis katalisator ke-j dengan kadar semen ke-k
 $El(ijk)$ = Pengaruh ulangan ke-l dalam kombinasi perlakuan (ijk)

Sedangkan untuk A, B dan C adalah :

A = Faktor panjang serat sebanyak $i=3$

a_1 = ukuran serat utuh (± 24 cm)

a_2 = $1/2$ ukuran serat utuh (± 12 cm)

a_3 = $1/4$ ukuran serat utuh (± 6 cm)

B = Faktor jenis katalisator sebanyak $j=2$

b_1 = kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

b_2 = kalsium klorida (CaCl_2)

C = Faktor persentase semen terhadap berat sabut kelapa, sebanyak $k=4$

c_1 = 140%

c_2 = 160%

c_3 = 180%

c_4 = 200%

Jumlah ulangan sebanyak $l=3$; n_1 = ulangan pertama, n_2 = ulangan kedua, n_3 = ulangan ketiga. Untuk membuktikan keragaman ini, dilakukan sidik ragam. Perbedaan antara perlakuan dilakukan uji beda nyata tulus menurut prosedur Tukey, sedangkan untuk mengetahui hubungan antara panjang serat dan kadar semen dengan sifat fisis dan mekanis papan semen yang dihasilkan dilakukan sidik regresi (Steel dan Torrie, 1991).





IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kualitas Bahan

1. Kelarutan dalam Air Dingin

Pengujian kelarutan dilakukan dengan menggunakan sabut kelapa ukuran 40 mesh. Kadar air sabut kelapa yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 11,47%. Kelarutan rata-rata sabut kelapa dalam air dingin setelah oven sebesar 10,30%.

Tabel 3. Persentase kelarutan dalam air dingin (%)

Ulangan	Kelarutan dalam air dingin (%)
1	9,38
2	11,91
3	9,01
rata-rata	10,30

2. Kelarutan dalam Air Panas

Pengujian kelarutan sabut kelapa dalam air panas menggunakan serbuk sabut berukuran sama seperti dalam pengujian kelarutan sabut dalam air dingin. Kelarutan sabut kelapa rata-rata dalam air panas setelah direndam selama tiga jam adalah 11,83%.

Tabel 4. Persentase kelarutan dalam air panas (%)

Ulangan	Kelarutan dalam air panas (%)
1	13,60
2	13,76
3	8,14
rata-rata	11,83

Perendaman sabut kelapa selama tiga hari sebagai perlakuan awal dalam pembentukan papan semen berfungsi baik. Perlakuan ini dimaksudkan untuk melarutkan zat yang terkandung dalam sabut kelapa. Hal ini disebabkan adanya zat ekstraktif dalam sabut kelapa yang dapat menghambat perekatan antara semen dan sabut kelapa (Memet, *et al.* 1984).

Dari hasil kelarutan sabut kelapa diperoleh persentase kelarutan air dingin sebesar 10,30% dan kelarutan dalam air panas sebesar 11,83%. Dari hasil ini terlihat bahwa kelarutan sabut dalam air dingin maupun dalam air panas tidak jauh berbeda. Dengan

demikian melarutkan gula, lemak maupun tanin dengan cara perendaman dalam air panas dapat digantikan dengan perendaman dalam air dingin.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Purnomo (1988) maka pengujian kelarutan pada penelitian ini memiliki nilai yang lebih tinggi. Pada penelitian yang dilakukan Purnomo besarnya kelarutan rata-rata masing-masing dalam air dingin 6,70% dan kelarutan dalam air panas 10,31%, kelarutan dalam air dingin sebesar 8,58% dan dalam air panas sebesar 11,94% bila tidak dilakukan perendaman (Purnomo, 1988). Hal ini menunjukkan bahwa perendaman sabut selama 3 hari efektif dalam melarutkan zat ekstraktif yang terkandung dalam sabut kelapa.

B. Kualitas Papan Semen

1. Sifat Fisis

a. Kerapatan

Tebal papan semen berkisar antara 0,92 - 1,32 cm dengan rata-rata sebesar 1,09 cm. Target tebal papan semen yang diinginkan pada penelitian ini adalah 1 cm.

Kerapatan papan semen berkisar 0,56 - 1,07 g/cm³. Kerapatan rata-rata papan semen adalah 0,79 g/cm³. Hasil rata-rata pengujian kerapatan papan semen terdapat pada Tabel 5 dan data lengkapnya disajikan pada Lampiran 2.

Tabel 5. Nilai rata-rata kerapatan papan semen sabut kelapa (kg/cm³)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator Ca(OH) ₂					
Sabut utuh (24 cm)	0,72	0,74	0,87	0,85	0,80
1/2 sabut utuh (12 cm)	0,65	0,76	0,89	0,82	0,78
1/4 sabut utuh (6 cm)	0,70	0,75	0,73	0,84	0,76
Rata-rata	0,69	0,75	0,83	0,83	
Katalisator CaCl ₂					
Sabut utuh (24 cm)	0,65	0,76	0,79	1,01	0,80
1/2 sabut utuh (12 cm)	0,72	0,76	0,82	0,93	0,81
1/4 sabut utuh (6 cm)	0,66	0,76	0,85	0,92	0,80
Rata-rata	0,68	0,76	0,82	0,95	

Hasil uji sidik ragam kerapatan menunjukkan bahwa kerapatan papan semen sabut kelapa dipengaruhi oleh jenis katalisator (b) dan kadar semen (c). Terdapat interaksi antara

jenis katalisator dan kadar semen terhadap kerapatan papan semen sabut kelapa (Tabel 6).

Perhitungan lengkapnya tercantum pada Lampiran 8.

Tabel 6. Sidik ragam kerapatan papan semen sabut kelapa (g/cm^3)

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
A	2	0,0044	0,0022	0,54	3,19	5,08
B	1	0,0168	0,0168	4,06*	4,04	7,19
AB	2	0,0052	0,0026	0,63	3,19	5,08
C	3	0,4245	0,1415	34,20**	2,80	4,22
AC	6	0,0170	0,0028	0,68	2,29	3,20
BC	3	0,0494	0,0165	3,98*	2,80	4,22
ABC	6	0,0514	0,0086	2,07	2,29	3,20
Galat	48	0,1986	0,0041			
Jumlah	71	0,7672				

Keterangan : * Berpengaruh nyata pada taraf 95%

** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Uji beda nyata tulus Tukey dilakukan untuk menguji perbedaan antara perlakuan.

Hasil pengujian faktor-faktor sebagai berikut.

$$\text{BNT}(0.05) = 0.0961$$

0,96	0,84	0,83	0,82	0,76	0,75	0,69	0,69
b2c4	b1c4	b1c3	b2c3	b2c2	b1c2	b1c1	b2c1

Hasil perhitungan uji beda nyata menunjukkan adanya interaksi antara faktor jenis katalisator (b) dengan kadar semen (c). Interaksi keduanya berpengaruh nyata pada taraf kepercayaan 95%, dan berpengaruh nyata terhadap penentuan nilai kerapatan papan semen sabut kelapa. Hubungan antara kadar semen 200% (c4) dengan kedua jenis katalisator (b1 dan b2) berbeda nyata dengan kadar semen 140% (c1). Namun tidak berbeda nyata pada kadar semen 160% (c2) dan kadar semen 180% (c3). Sedangkan faktor kadar semen 140% (c1) dengan kedua jenis katalisaor berbeda nyata terhadap faktor kadar semen c3 dan c4.

Untuk mengetahui hubungan antara faktor dengan nilai kerapatan yang dihasilkan dilakukan sidik regresi. Perhitungan lengkapnya tercantum pada Lampiran 20. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 7.

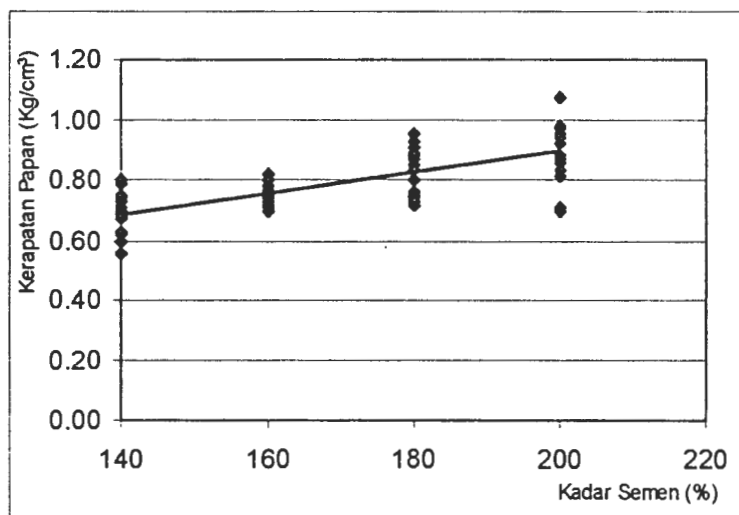
Tabel 7. Sidik regresi kerapatan papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Regresi	1	0,4244	0,4244	86,64**	3,98	7,01
Sisa	70	0,3428	0,0049			
Jumlah	71	0,7672				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Persamaan regresi : $Y = 0,620 + 0,069 X$

$r = 0,74$



Gambar 3. Grafik regresi antara kadar semen (X) dengan kerapatan (Y)

Dari hasil penelitian, seperti terlihat pada Tabel 5 diketahui bahwa semakin besar kadar semen yang digunakan semakin meningkat kerapatan papan. Hal ini berlaku pada kedua jenis katalisator yang digunakan. Akan tetapi kerapatan papan semen yang menggunakan katalisator CaCl_2 memiliki kerapatan rata-rata lebih tinggi dibandingkan kerapatan rata-rata papan semen yang menggunakan katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Papan semen sabut kelapa yang dihasilkan memiliki kisaran $0,56 - 1,07 \text{ g/cm}^3$. Jika dibandingkan dengan kerapatan tinggi papan semen komersial yakni $1,1 - 1,25 \text{ g/cm}^3$ (Idris, 1979), papan semen sabut kelapa yang dihasilkan masih lebih rendah. Demikian pula bila dibandingkan dengan mutu papan semen milik perusahaan Bison yaitu $1,25 \text{ g/cm}^3$. Dengan ketebalan rata-rata sebesar 1,09 cm maka papan semen sabut kelapa ini, jika dibandingkan dengan papan semen mutu Standar Industri Indonesia (SII) termasuk tinggi. SII menetapkan ketebalan sebesar 6,3 - 9,0 mm untuk papan dengan kerapatan 1 g/cm^3 .

Namun memiliki nilai sifat fisis dan mekanis yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan papan semen yang pernah dihasilkan pada penelitian Purnomo (1988). Kerapatan papan jauh lebih tinggi sebesar $0,56 - 1,07 \text{ g/cm}^3$ sedangkan papan semen yang dihasilkan Purnomo berkisar antara $0,47 - 0,51 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan papan semen yang dihasilkan oleh Memed, *et al.*, yakni $0,43 \text{ g/cm}^3$ untuk katalisator CaCl_2 dan $0,53 \text{ g/cm}^3$ untuk Ca(OH)_2 . Adapun standar DIN 1101 menetapkan kerapatan sebesar $0,42 - 0,57 \text{ g/cm}^3$. Sedangkan papan semen partikel $0,45 - 1,20 \text{ g/cm}^3$.

Pada tabel sidik ragam (Tabel 6) dapat dilihat bahwa jenis katalisator memiliki pengaruh nyata pada taraf 95% dan kadar semen berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 99% pada pembentukan kerapatan papan. Dari uji beda nyata tulus Tukey di atas terlihat bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada taraf 0,05 untuk kedua jenis katalisator (b1: Ca(OH)_2 dan b2 : CaCl_2), dan untuk semua kadar semen (c1 : 140%, c2 : 160%, c3 : 180%, dan c4 : 200%).

Sedangkan untuk interaksi antara keduanya terlihat berbeda nyata antara jenis katalisator b1 dan b2 pada kadar semen c4. Namun tidak berbeda nyata pada kadar semen c1, c2, dan c3. Sementara pada perlakuan kadar semen berbeda nyata antara kadar semen c1, c3, dan c4 untuk masing-masing jenis katalisator, dan tidak berbeda nyata untuk kadar semen c1 pada kedua jenis katalisator, pada c2 dan c3, maupun antara c1 dan c2, serta c3 dengan c4 pada jenis katalisator b1.

Jika dibandingkan antara jenis katalisator Ca(OH)_2 (b1) dengan CaCl_2 (b2) maka dapat dikatakan bahwa katalisator b2 dapat menghasilkan sifat papan yang lebih baik pada pembentukan kerapatan.

Berdasarkan sidik regresi (Tabel 7) terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen maka semakin tinggi pula kerapatan papan semen sabut kelapa. Sejalan dengan hasil pada laporan Joesoef dan Kasmudjo (1979) bahwa kenaikan kadar semen memberi nilai kerapatan yang lebih besar.

b. Kadar Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air kesetimbangan papan semen yang diperoleh antara 12,54% - 24,45% dengan hasil rata-rata 18,55%. Nilai rata-rata kadar air tercantum pada Tabel 8, sedangkan data keseluruhan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 8. Nilai rata-rata kadar air papan semen sabut kelapa (%)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator Ca(OH) ₂					
Sabut utuh (24 cm)	14,63	13,84	15,55	16,48	15,13
1/2 sabut utuh (12 cm)	18,80	18,10	19,17	18,43	18,63
1/4 sabut utuh (6 cm)	18,17	18,76	18,90	18,40	18,56
Rata-rata	17,20	16,90	17,87	17,77	
Katalisator CaCl ₂					
Sabut utuh (24 cm)	15,47	18,59	18,63	19,26	17,99
1/2 sabut utuh (12 cm)	21,32	22,77	22,81	20,58	21,87
1/4 sabut utuh (6 cm)	19,72	18,94	18,24	19,83	19,18
Rata-rata	18,84	20,04	19,89	19,89	

Hasil uji sidik ragam pada kadar air papan semen memberi gambaran bahwa panjang serat (a) dan jenis katalisator (b) berpengaruh sangat nyata pada taraf 99% terhadap kadar air (Tabel 9). Perhitungan sidik ragam selengkapnya disajikan pada Lampiran 9.

Tabel 9. Sidik ragam kadar air kesetimbangan papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tebel	
					0,05	0,01
A	2	166,78	83,39	15,67**	3,19	5,08
B	1	90,27	90,27	16,96**	4,04	7,19
AB	2	24,24	12,12	2,28	3,19	5,08
C	3	8,71	2,90	0,55	2,80	4,22
AC	6	25,59	4,27	0,80	2,29	3,20
BC	3	6,19	2,06	0,39	2,80	4,22
ABC	6	16,09	2,68	0,50	2,29	3,20
Galat	48	255,44	5,32			
Jumlah	71	593,29				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dilakukan uji beda nyata tulus Tukey.

Perbedaan perlakuan antara faktor panjang serat (a) sebagai berikut:

$$\text{BNT } (0,05) = 1,61060$$

$$20,25 \quad 18,86 \quad 16,56$$

$$a2 \quad a3 \quad a1$$

Antara panjang sabut kelapa a2 (panjang sabut 12 cm) dengan a3 (panjang sabut 6 cm) tidak berbeda nyata. Akan tetapi keduanya berbeda nyata terhadap sabut utuh (a1). Jenis katalisator berbeda nyata pada taraf nyata 0,05%.

Untuk mengetahui hubungan antara faktor panjang sabut kelapa dengan nilai kadar air papan semen dilakukan uji regresi (disajikan pada Tabel 10). Perhitungan lengkapnya pada Lampiran 20.

Tabel 10. Sidik regresi kadar air kesetimbangan papan semen sabut kelapa

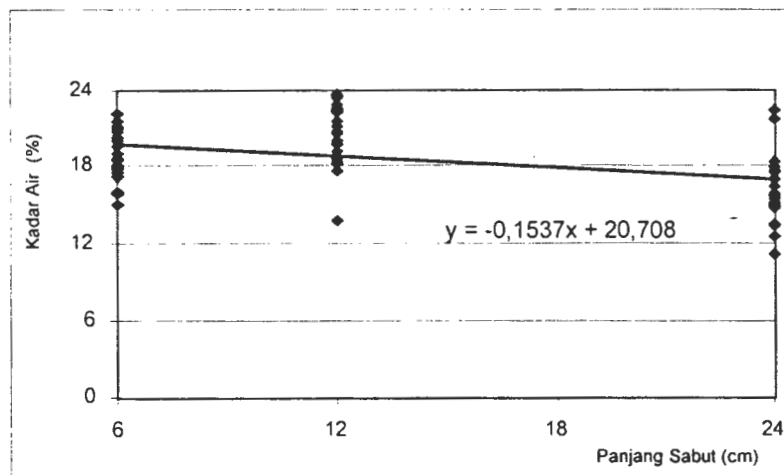
Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Regresi	1	63,76	63,76	8,43**	3,98	7,01
Sisa	70	529,54	7,56			
Jumlah	71	593,29				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Persamaan regresi : $Y = -0,154 + 20,708 X$

($r = 0,4$)

Hubungan korelasi panjang sabut dengan kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik regresi antara panjang sabut (X) dengan kadar air papan semen (Y)

Kadar air papan semen pada penelitian ini memiliki kisaran 12,54% - 24,45% dan nilai rata-rata 18,55%. Kadar air ini lebih tinggi dari kadar air papan komersial yaitu sebesar $9 \pm 3\%$ (Idris, 1979). Lebih tinggi dibandingkan dengan papan yang dihasilkan oleh Purnomo (1988), sebesar 12,64%. Maupun yang pernah dilaporkan oleh Memed, *et al.* (1984) sebesar 11,40%-13,80%. Hal ini diduga adanya pengaruh kelembaban udara tempat

penelitian pada saat penelitian dilakukan. Faktor lainnya yang diduga dapat mempengaruhi ialah kadar air sabut yang digunakan, serta belum tercapainya kadar air kesetimbangan.

Dari Tabel 8, terlihat bahwa semakin kecil ukuran sabut maka kadar air papan memiliki kecenderungan semakin meningkat. Hal ini berlaku pada penggunaan kedua jenis katalisator.

Dari perhitungan sidik ragam kadar air terlihat panjang sabut dan jenis katalisator berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%. Sedangkan berdasarkan sidik regresi (Tabel 10) terlihat semakin panjang sabut kelapa yang dipakai, semakin rendah kadar air papan semen yang dihasilkan. Hasil yang sama dilaporkan Joesoef dan Kasmudjo (1979), panjang sabut menyebabkan penurunan kadar air dari 18,94% menjadi 16,40%

Pengaruh panjang serat pada kadar air papan semen dikarenakan semakin kecil potongan sabut maka semakin banyak permukaan sabut yang dapat menangkap uap air.

c. Daya Serap Air

Pengujian daya serap air papan semen sabut kelapa pada penelitian ini disajikan pada Tabel 11. Hasil lengkap pengujian daya serap air terdapat pada Lampiran 4.

Tabel 11. Nilai rata-rata daya serap air papan semen sabut kelapa (%)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$					
Sabut utuh (24 cm)	32,55	26,82	22,97	21,56	25,97
1/2 sabut utuh (12 cm)	27,66	26,97	23,77	22,09	25,12
1/4 sabut utuh (6 cm)	35,15	26,22	24,45	23,94	27,44
Rata-rata	31,79	26,67	23,73	22,53	
Katalisator CaCl_2					
Sabut utuh (24 cm)	28,80	24,39	19,12	18,50	22,70
1/2 sabut utuh (12 cm)	27,75	27,74	19,63	20,63	23,94
1/4 sabut utuh (6 cm)	26,08	25,30	20,67	19,53	22,90
Rata-rata	27,54	25,81	19,81	19,55	

Hasil uji sidik ragam daya serap air memperlihatkan faktor katalisator dan kadar semen berpengaruh sangat nyata terhadap daya serap air papan semen (Tabel 12). Perhitungan lengkapnya tercantum pada Lampiran 10.

Tabel 12. Sidik ragam daya serap air papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
A	2	1,02	0,51	0,08	3,19	5,08
B	1	102,48	102,48	15,46**	4,04	7,19
AB	2	13,96	6,98	1,05	3,19	5,08
C	3	682,19	227,39	34,30**	2,80	4,22
AC	6	73,76	12,29	1,85	2,29	3,20
BC	3	24,31	8,10	1,22	2,80	4,22
ABC	6	11,43	1,90	0,29	2,29	3,20
Galat	48	318,26	6,63			
Jumlah	71	1227,40				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Dari hasil perhitungan sidik ragam terlihat bahwa terdapat pengaruh antara faktor jenis katalisator (b) dan kadar semen (c) terhadap daya serap air papan semen sabut kelapa. Kedua faktor yakni jenis katalisator dan kadar semen berpegaruh sangat nyata pada taraf 99%. Namun tidak terdapat interaksi di antara faktor-faktor tersebut.

Lebih lanjut untuk mengetahui hubungan faktor kadar semen dengan pembentukan nilai daya serap air papan semen dilakukan perhitungan sidik regresi. Hubungan antara faktor kadar semen dengan daya serap air terlihat pada Tabel 13. Perhitungan lengkapnya tercantum pada Lampiran 20.

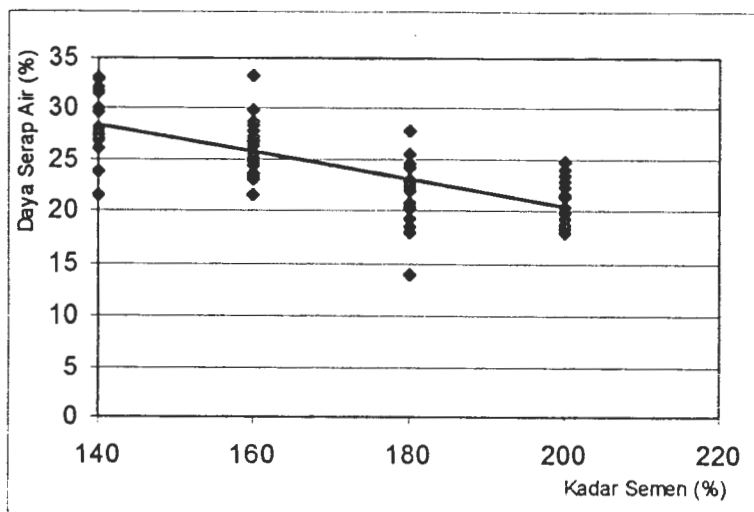
Tabel 13. Sidik regresi daya serap air papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Regresi	1	639,84	639,84	76,23**	3,98	7,01
Sisa	70	587,56	8,39			
Jumlah	71	1227,40				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Persamaan regresi : $Y = 31,038 - 2,663 X$

$r = 0,72$



Gambar 5. Grafik regresi kadar semen (X) dengan daya serap air (Y)

Hasil pengujian daya serap air yang berkisar antara 17,88% - 33,22%, dan nilai rata-rata sebesar 24,37% memenuhi mutu papan semen SII yang menetapkan daya serap papan terhadap air maksimum sampai 50%. Papan semen ini juga lebih baik dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh Purnomo (1988) dengan nilai rata-rata daya serap air sebesar 48,96%. Bahkan papan semen sabut kelapa hasil penelitian ini memiliki daya serap air jauh lebih kecil dari papan partikel maupun papan gips (35,93%).

Dari hasil pengujian di atas diketahui bahwa semakin tinggi kadar semen maka daya serap papan terhadap air semakin kecil. Sedangkan daya serap air rata-rata terbesar terdapat pada papan semen yang menggunakan kadar semen paling kecil (140%) dan menggunakan ukuran sabut paling pendek (6 cm) untuk jenis katalisator CaCl_2 . Sebaliknya daya serap terbesar justru pada kadar semen terendah dan ukuran sabut paling panjang untuk jenis katalisator Ca(OH)_2 . Kecenderungan peningkatan daya serap air juga terlihat pada katalisator Ca(OH)_2 dimana semakin pendek ukuran panjang sabut maka semakin meningkat daya serap papan terhadap air.

Jika dibandingkan antara jenis katalisator Ca(OH)_2 (b1) dengan CaCl_2 (b2) maka dapat dikatakan bahwa katalisator b2 dapat menghasilkan sifat papan yang lebih baik pada daya serap air. Hal ini dimungkinkan karena katalisator CaCl_2 bersifat porous dan sebagai bahan pengering. Sifat katalisator jenis ini cenderung melepaskan dan menguapkan air (Hick 1981).

Berdasarkan sidik regresi di atas terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen maka daya serap air papan semen sabut kelapa yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini lebih jelas terlihat pada Gambar 5, dimana grafik antara kadar semen dan daya serap air menunjukkan interaksi negatif. Hal ini dapat dijelaskan bahwa sifat semen yang memberikan daya rekat yang semakin baik antara bahan lignoselulosa dan semen itu sendiri. Dengan demikian menjadi bahan penolak terhadap penyerapan air. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Sajad (1984).

d. Pengembangan Tebal

Hasil rata-rata pengujian pengembangan tebal papan semen sabut kelapa disajikan pada Tabel 14. Sedangkan hasil lengkapnya disajikan pada Lampiran 5.

Tabel 14. Rata-rata pengembangan tebal papan semen sabut kelapa (cm)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator Ca(OH)_2					
Sabut utuh (24 cm)	2,37	0,65	0,20	0,39	0,90
1/2 sabut utuh (12 cm)	1,66	0,60	1,59	1,22	1,27
1/4 sabut utuh (6 cm)	0,91	1,13	0,11	0,52	0,67
Rata-rata	1,65	0,79	0,63	0,71	
Katalisator CaCl_2					
Sabut utuh (24 cm)	1,27	1,12	1,82	0,07	1,07
1/2 sabut utuh (12 cm)	1,38	0,76	1,43	1,06	1,16
1/4 sabut utuh (6 cm)	1,54	0,42	1,84	0,99	1,20
Rata-rata	1,40	0,77	1,70	0,71	

Data pengujian menunjukkan kisaran pengembangan tebal 0% - 6,21%. Hasil pengembangan tebal rata-rata papan semen penelitian ini adalah 1,00%. Untuk melihat pengaruh faktor terhadap pengembangan tebal papan semen dilakukan uji sidik ragam. Hasil uji sidik ragam menunjukkan tidak satupun faktor dan interaksi antara faktor tersebut berpengaruh nyata pada taraf 99% terhadap pengembangan tebal papan semen.

Perhitungan lengkap sidik ragam pengembangan tebal papan semen sabut kelapa tercantum pada Lampiran 11.

Tabel 15. Sidik ragam pengembangan tebal papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-Tabel	
					0,05	0,01
A	2	1,6492	0,8246	0,60	3,19	5,08
B	1	0,2317	0,2317	0,17	4,04	7,19
AB	2	1,5690	0,7845	0,57	3,19	5,08
C	3	7,3013	2,4338	1,78	2,80	4,22
AC	6	5,0569	0,8428	0,62	2,29	3,20
BC	3	2,4450	0,8150	0,60	2,80	4,22
ABC	6	4,9986	0,8331	0,61	2,29	3,20
Galat	48	65,6543	1,3678			
Jumlah	71	88,9060				

Berdasarkan pengujian (Tabel 14) dapat dilihat hasil rata-rata pengembangan tebal paling besar terdapat pada papan yang menggunakan panjang sabut utuh (24 cm). Dengan kadar semen 140% pada jenis katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sedangkan tebal papan rata-rata paling kecil terdapat pada papan semen yang menggunakan katalisator CaCl_2 , kadar semen 200% dan ukuran sabut utuh (24 cm). Kecenderungan peningkatan pengembangan tebal terlihat pada papan semen yang menggunakan katalisator CaCl_2 . Semakin pendek sabut yang digunakan maka semakin besar pengembangan tebal papan semen tersebut.

Papan semen sabut kelapa pada penelitian ini memiliki kisaran pengembangan tebal sebesar 0% - 6,21%. Lebih besar dari pengembangan tebal papan semen milik perusahaan Bison (1,2% - 2,0%). Tetapi pengembangan tebal rata-rata keseluruhan papan semen pada penelitian ini lebih kecil dari mutu papan milik perusahaan Bison.

Papan semen ini lebih baik dibandingkan papan semen yang pernah dihasilkan oleh Purnomo (1988). Pengembangan tebal rata-rata pada penelitian ini sebesar 1,00% sedangkan papan semen yang dihasilkan oleh Purnomo memiliki nilai rata-rata pengembangan tebal 23%.

Katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memperbaiki sifat papan semen pada pengembangan tebal. Diduga fungsi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai bahan pengeras, berperan dalam mengurangi perubahan dimensi papan termasuk pengembangan tebalnya.



2. Sifat Mekanis

a. Keteguhan Patah (Modulus Patah)

Hasil pengujian keteguhan patah papan semen ini diperoleh kisaran 17,1 - 67,6 kg/cm². Nilai rata-rata keteguhan patah secara keseluruhan adalah 38,02 kg/cm². Hasil keteguhan patah lengkap pada Lampiran 6, nilai rata-ratanya dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai rata-rata keteguhan patah papan semen sabut kelapa (kg/cm²)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator Ca(OH) ₂					
Sabut utuh (24 cm)	22,8	27,2	29,5	36,7	29,1
1/2 sabut utuh (12 cm)	32,1	31,1	46,7	33,0	35,7
1/4 sabut utuh (6 cm)	33,2	32,9	41,2	38,8	36,5
Rata-rata	29,4	30,4	39,1	36,2	
Katalisator CaCl ₂					
Sabut utuh (24 cm)	32,0	45,2	54,1	53,6	46,2
1/2 sabut utuh (12 cm)	35,6	47,1	38,9	34,8	39,1
1/4 sabut utuh (6 cm)	27,9	49,8	42,5	45,1	41,3
Rata-rata	31,8	47,4	45,2	44,5	

Untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan terhadap keteguhan patah papan semen dilakukan uji sidik ragam (Tabel 17). Perhitungan lengkap disajikan pada Lampiran 12.

Tabel 17. Sidik ragam keteguhan patah papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-Tabel	
					0,05	0,01
A	2	30,19	15,10	0,20	3,19	5,08
B	1	1303,90	1303,90	17,46**	4,04	7,19
AB	2	712,10	356,05	4,77*	3,19	5,08
C	3	1373,65	457,88	6,13**	2,80	4,22
AC	6	567,55	94,59	1,27	2,29	3,20
BC	3	501,98	167,33	2,24	2,80	4,22
ABC	6	485,99	80,99	1,08	2,29	3,20
Galat	48	3584,52	74,68			
Jumlah	71	8559,88				

Keterangan : * Berpengaruh nyata pada taraf 95%

** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Untuk menguji perbedaan antara perlakuan terhadap keteguhan patah papan dilakukan uji beda nyata tulus Tukey.

BNT (0,05) = 10,471

46,42 41,32 39,08 36,51 35,73 29,05
a1b2 a3b2 a2b2 a3b1 a2b1 a1b1

Berdasarkan uji di atas terdapat pengaruh berbeda nyata pada taraf 0,05 jenis katalisator b1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan b2 (CaCl_2). Pada faktor kadar semen tidak beda nyata. Sedangkan untuk interaksi antara panjang sabut (a) dan katalisator (b) terdapat pengaruh interaksi berbeda nyata pada taraf 99% antara a1 (panjang serat 24 cm), a2 (12 cm), dan a3 (6 cm) pada papan semen dengan katalisator b2 (CaCl_2) dan katalisator b1 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Untuk mengetahui hubungan antara faktor kadar semen dengan keteguhan patah dilakukan sidik regresi (Tabel 18) Perhitungan lengkap disajikan di Lampiran 20.

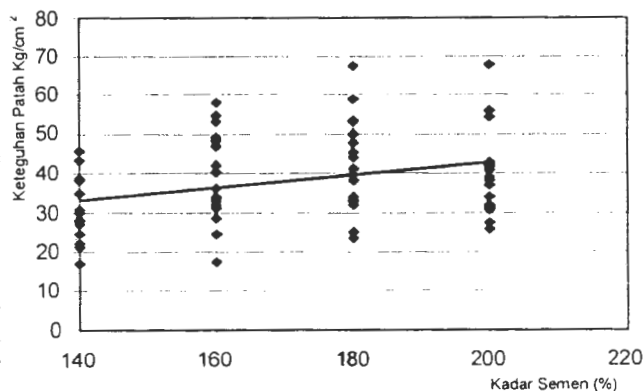
Tabel 18. Sidik regresi keteguhan patah papan semen sabut kelapa

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Regresi	1	921,60	921,60	8,45**	3,98	7,01
Sisa	70	7638,28	109,12			
Jumlah	71	8559,88				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata pada taraf 99%

Persamaan regresi : $Y = 30,017 + 3,20 X$, $r = 0,33$

Berdasarkan hasil uji regresi antara kadar semen dengan keteguhan patah papan semen (Gambar 6) terlihat semakin besar kadar semen yang digunakan maka semakin meningkat nilai keteguhan patah papan semen.



Gambar 6. Grafik regresi antara kadar semen (X) dengan keteguhan patah (Y)

Dari hasil pengujian seperti tertera pada Tabel 16, terlihat bahwa keteguhan patah papan semen yang menggunakan jenis katalisator Ca(OH)_2 memiliki nilai terbesar ($46,7 \text{ kg/cm}^2$) pada kadar semen 180%, 1/2 ukuran utuh sabut (12 cm). Sedangkan pada jenis katalisator CaCl_2 keteguhan patah terbesar diperoleh pada kadar semen 180% dan ukuran sabut utuh (24 cm) sebesar $54,1 \text{ kg/cm}^2$.

Kecenderungan peningkatan terlihat pada kadar semen dan ukuran panjang sabut. Pada mulanya keteguhan patah papan meningkat pada kadar semen 140% sampai 180% kemudian menurun pada kadar semen 200%. Kecenderungan meningkatnya keteguhan patah semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran panjang sabut pada katalisator Ca(OH)_2 . Kecenderungan ini tidak tampak pada jenis katalisator CaCl_2 .

Pada sifat mekanis, papan semen yang dihasilkan jika dibandingkan dengan papan semen komersial masih memiliki tingkat keteguhan patah yang jauh lebih kecil. Keteguhan patah papan semen sabut sebesar $17,1 - 67,6 \text{ kg/cm}^2$. Papan semen komersial mensyaratkan kisaran keteguhan patah antara 100 kg/cm^2 hingga 150 kg/cm^2 .

Jika dibandingkan dengan papan semen yang pernah dihasilkan oleh Purnomo (1988), keteguhan patah papan semen pada penelitian ini lebih tinggi. Dengan nilai keteguhan patah $38,02 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan papan semen yang dihasilkan oleh Purnomo memiliki nilai rata-rata, keteguhan patah $12,49 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan papan semen sabut kelapa yang dihasilkan oleh Memed *et al.* sebesar $11,84 \text{ kg/cm}^2$ untuk katalisator Ca(OH)_2 dan $6,25 \text{ kg/cm}^2$ untuk jenis katalisator CaCl_2 . Adapun standar DIN 1101 sebesar 10 kg/cm^2 . Untuk standar papan wol kayu $7 - 17 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan papan semen partikel $8 - 130 \text{ kg/cm}^2$ (Sutigno *et al.*, 1977).

Berdasarkan sidik regresi diperoleh kecenderungan dan korelasi bahwa sifat papan semen akan lebih baik dengan peningkatan penggunaan kadar semen. Hal ini disebabkan sifat dari semen yang dapat menghambat penyerapan air dan memiliki bobot, serta mempunyai daya rekat yang baik bila bahan berlignoselulosa tersebut telah diproses pelarutan kandungan gula, lemak dan tanin. Semen mampu mengurangi daya serap bahan lignoselulosa terhadap air. Jika dibandingkan antara jenis katalisator Ca(OH)_2 (b1) dengan CaCl_2 (b2) maka dapat dikatakan bahwa katalisator b2 dapat menghasilkan sifat papan yang lebih baik pada keteguhan patah.

Papan semen dengan nilai ekonomis diperoleh dengan perhitungan nilai ekstrapolasi.

Tabel 19. Ekstrapolasi nilai kerapatan dan keteguhan patah menurut DIN 1101

Kerapatan (kg/cm^3)	Keteguhan Patah (kg/cm^2)	Δ Kerapatan (kg/cm^3)
0,39	5	0,03
0,42	7	0,04
0,46	10	0,04
0,57	17	0,09
0,60	19*	0,03
0,69	26*	0,09

* Nilai ekstrapolasi

Dari hasil ekstrapolasi kerapatan dan nilai keteguhan patah menurut standar DIN 1101 terlihat bahwa peningkatan nilai keteguhan patah sebesar 2 kg/cm^2 untuk kenaikan nilai kerapatan papan semen sebesar $0,03 \text{ kg/cm}^2$. Untuk hasil penelitian papan semen ini pada penggunaan semen dengan kadar 140% dengan kerapatan $0,69 \text{ kg/cm}^3$ dan keteguhan patah sebesar $29,4 \text{ kg/cm}^2$ memenuhi syarat. Dengan demikian untuk membuat papan semen sabut kelapa yang ekonomis dapat menggunakan kadar semen 140%.

b. Pengurangan Tebal Akibat Tekanan 3 kg/cm^2

Pada pengujian pengurangan tebal diperoleh nilai rata-rata sebesar 1,12% dengan kisaran pengurang tebal antara 0% - 4,01%. Hasil lengkap dapat dilihat pada Lampiran 7 dan nilai rata-ratanya disajikan pada Tabel 19.

Tabel 20. Nilai rata-rata pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm^2 papan semen sabut kelapa (%)

Panjang sabut	Kadar semen				Rata-rata
	140%	160%	180%	200%	
Katalisator Ca(OH)_2					
Sabut utuh (24 cm)	1,02	0,70	0,93	1,09	0,94
1/2 sabut utuh (12 cm)	0,81	0,95	0,70	1,18	0,91
1/4 sabut utuh (6 cm)	0,40	1,10	1,38	1,37	1,06
Rata-rata	0,74	0,92	1,00	1,22	
Katalisator CaCl_2					
Sabut utuh (24 cm)	2,10	1,66	0,88	0,93	1,39
1/2 sabut utuh (12 cm)	0,70	1,58	1,78	0,84	1,23
1/4 sabut utuh (6 cm)	2,29	1,51	0,66	0,66	1,28
Rata-rata	1,70	1,59	1,11	0,81	

Pengujian sidik ragam pengurangan tebal papan akibat tekanan 3 kg/cm² (Tabel 20), menunjukkan bahwa tidak ada satupun faktor maupun interaksi diantara faktor tersebut yang berpengaruh nyata. Perhitungan lengkapnya disajikan pada Lampiran 13.

Tabel 21. Sidik ragam pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm²

Sumber	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
A	2	0,1703	0,0852	0,13	3,19	5,08
B	1	1,2173	1,2173	1,92	4,04	7,19
AB	2	0,0491	0,0246	0,04	3,19	5,08
C	3	0,4487	0,1496	0,24	2,80	4,22
AC	6	2,7895	0,4649	0,73	2,29	3,20
BC	3	4,5295	1,5098	2,38	2,80	4,22
ABC	6	6,0571	1,0095	1,59	2,29	3,20
Galat	48	30,4516	0,6344			
Jumlah	71	45,7131				

Dari Tabel 19 terlihat pengurangan tebal rata-rata papan semen akibat tekanan 3 kg/cm² memiliki nilai paling besar pada papan yang menggunakan katalisator CaCl₂, kadar semen 140%, dengan ukuran 1/4 panjang sabut utuh (6 cm). Hasil pengujian penelitian ini hampir tidak memiliki kecenderungan peningkatan maupun penurunan pengurangan tebal pada katalisator Ca(OH)₂. Baik pada kadar semen maupun menurut ukuran panjang sabut. Sedangkan pada papan semen yang menggunakan katalisator CaCl₂, terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen yang digunakan maka semakin kecil rata-rata pengurangan tebal papan.

Pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm² papan semen penelitian ini berkisar 0% - 4,01%. Dengan nilai rata-rata sebesar 1,12%. Dari hasil perbandingan tersebut maka papan semen sabut kelapa pada penelitian ini masih belum dapat memenuhi mutu standar produksi papan semen, baik mutu papan semen perusahaan Bison, maupun mutu papan semen komersial dan Standar Industri Indonesia.

Papan semen pada penelitian ini memiliki nilai lebih baik dibandingkan dengan papan semen yang dihasilkan oleh Purnomo (1988). Papan semen yang dihasilkan oleh Purnomo memiliki nilai rata-rata pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm² sebesar 10,27%, maupun papan semen yang dihasilkan oleh Memed (14,24%-15,28%). Sedangkan standar DIN 1101 sebesar 15%. Standar papan semen partikel untuk kerapatan 0,5 g/cm³ seperti kayu kapuk hutan adalah 4,62%.



KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku bagi papan semen. Perendaman diperlukan untuk melarutkan zat ekstraktif yang dapat menghambat perekatan antara semen dan sabut.
2. Tebal rata-rata papan semen sebesar 1,09 cm, kisaran kerapatan 0,56 - 1,07 g/cm³. Kerapatan rata-rata 0,79 g/cm³. Semakin besar kadar semen yang digunakan semakin tinggi kerapatan papan semen. Penggunaan CaCl₂ menghasilkan kerapatan lebih tinggi.
3. Kadar air rata-rata papan semen pada penelitian ini 18,55%, dengan kisaran 12,54% - 24,45%. Semakin pendek sabut semakin besar kadar air papan semen yang dihasilkan. Penggunaan CaCl₂ menghasilkan papan semen dengan kadar air (13,84%-19,17%) lebih rendah dibandingkan penggunaan katalisator Ca(OH)₂ (15,47%-22,81%).
4. Daya serap air rata-rata papan semen pada penelitian ini 24,37%, Standar SII (50%). Semakin tinggi kadar semen yang digunakan maka daya serap papan terhadap air semakin kecil dengan penggunaan katalisator CaCl₂.
5. Pengembangan tebal papan semen berkisar 0% - 6,21%. Nilai rata-rata pengembangan tebal papan 1,00%. Standar untuk komersial (1,2%-2%). Semakin pendek sabut, semakin besar nilai pengembangan tebal papan semen yang dihasilkan.
6. Keteguhan patah rata-rata 38,02 kg/cm² dengan kisaran 17,1 - 67,6 kg/cm². Semakin tinggi kadar semen yang digunakan semakin besar nilai keteguhan patah papan yang dihasilkan. Penggunaan CaCl₂ menghasilkan nilai keteguhan patah yang lebih tinggi. Penggunaan semen 200% menghasilkan nilai keteguhan patah paling tinggi. Untuk menghasilkan papan semen yang lebih ekonomis memakai kadar semen 140% (kerapatan 0,69 kg/cm³, keteguhan patah 29,4 kg/cm²) sesuai dengan hasil ekstrapolasi DIN 1101.
7. Pengurangan tebal akibat tekanan 3 kg/cm² rata-rata papan semen yang dihasilkan sebesar 1,12%, dengan kisaran 0% - 4,01%, adapun standar DIN 1101 hingga 15%. Semakin tinggi kadar semen yang digunakan semakin kecil pengurangan tebal papan. Penggunaan Ca(OH)₂ lebih baik dibandingkan dengan penggunaan CaCl₂.
8. Kombinasi yang paling baik dengan menggunakan panjang sabut utuh (24 cm), katalisator CaCl₂ dan kadar semen 200%.



B. Saran

1. Untuk memperoleh papan semen dengan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dianjurkan menyempurnakan mengolah antara semen, sabut kelapa dan katalisator, agar diperoleh kualitas adonan yang lebih baik.
2. Dari hasil penelitian ini disarankan menggunakan panjang sabut kelapa ukuran maksimal (24 cm), kadar semen 200%, dan katalisator CaCl_2 untuk menghasilkan kualitas papan semen paling baik. Sedangkan penggunaan kadar semen 140% dapat dipakai untuk menghasilkan papan semen yang lebih ekonomis, tetapi cukup kuat.



DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1972. SII. Standar Cara-cara Pengujian dan Syarat Mutu Barang untuk Semen Portland. Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri, Departemen Perindustrian, Jakarta.

-----, 1976. Specifications for Identity and Purity of Some Food Additive. WHO, FAO of UN, Rome. pp 24-39.

Batubara, C. 1981. Pidato Pengarahan Menteri Muda Urusan Perumahan Rakyat pada Seminar Distribusi Kayu di dalam Negeri. Prosiding Seminar Pola Distribusi Kayu dalam Negeri (23-24 Maret 1981). Direktorat Tertib Pengusahaan Hutan, Jakarta.

Biro Pusat Statistik. 1990. Statistik Indonesia, Jakarta.

Dickson, T. R. 1979. Introduction to Chemistry., 3th edition. John Willey and Sons, New York. pp 202-203.

Grimwood, B. E. 1975. Coconut Palm Product. FAO of UN, Rome. pp 124-127. *

Hadi, Y. S. 1977. Beberapa Sifat Papan Partikel dari Jenis Kayu *Agathis lorantifolia* Salisb., *Albizia falcataria* (L.) Fosberg dan *Hevea brasiliensis* Muell Arg. Skripsi. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

Haygreen, J. G. and J. L. Bowyer. 1982. Forest Products and Wood Science. The Iowa University Press, Amess. pp 45-48.

Hick, J. 1981. Comprehensive Chemistry, Revised Second Edition. The Macmillan Press Ltd, London. pp 215-217.

Idris, A. 1979. Cement Bonded Particle Board Sebagai Bahan Bangunan. Panel Penunjang Diskusi Perkayuan (tanggal 14-15 Maret 1979), Jakarta. Hal 283-290.

Joedodibroto, R. 1990. Beberapa prospek dan masalah dalam pemanfaatan sabut kelapa untuk pulp dan kertas. Berita Selulosa 26 (1):3-8.

Joesoef, M. dan Kasmudjo. 1979. Pembuatan Papan Wol Kayu dari Limbah Finir Kayu Jati. Duta Rimba 5 (30):14-23

Kamil, R. N. 1974. Sifat-sifat dan Kegunaan Papan Wol Kayu (Wood Woolboard). Kehutanan Indonesia 1: 199-203.

Kliwon, S. 1990. Perkembangan Penelitian Industri Papan Partikel dan Papan Kayu Semen di Indonesia. Kongres Kehutanan II (22-25 Oktober 1990). Makalah Sukarela No.704, Jakarta.

Memed, R., P. Sutigno., dan I. M. Sulastiningsih. 1984. Sifat Papan Semen Sabut Kelapa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 1(4):24-26.

Muelenhoff, L. W. M., K. Sofyan dan S. Achmadi. 1977. *Penuntun Praktikum Kimia Kayu. Fahutan-IPB, Bogor.*

Purnomo, E. 1988. Pengaruh Perlakuan Awal, Katalisator dan Kadar Semen Terhadap Sifat Papan Semen Sabut Kelapa. Skripsi. Fakultas Kehutanan-IPB, Bogor.

Ranjak, B. T. 1977. Pengaruh Campuran Tras pada Papan Wol Kayu. Skripsi Fahutan-IPB, Bogor.

Sajad, M. S. 1984. Percobaan Pembuatan Papan Semen dengan Bahan Baku Serutan (Shavings) dan Pulp Kayu Meranti Merah Ringan (*Shorea* sp.). Skripsi. Fahutan-IPB, Bogor.

Seman, A. dan R. Sudin. 1989. Finishing Properties of Coated Cement-Bonded Particleboard. *Journal of Tropical Forest Science* 2(2); 122-128.

Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1991. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Steenis, C. G. G. J. V. 1978. Flora. Pradnya Paramitha, Jakarta. pp 137-138.

Sutigno, P. 1976. Sifat Papan Wol Kayu Tiga Jenis Kayu Sukabumi. Laporan no. 65. Lembaga Penelitian Hasil Hutan, Bogor.

Sutigno, P., S. Kliwon dan S. Karnasudirdja. 1977. Sifat-sifat Papan Semen Lima Jenis Kayu. Laporan No. 96. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

Sutigno, P., R. A. Pasaribu., dan O. Rahman. 1979. Beberapa Kemungkinan Pemanfaatan Limbah Industri Perkayuan. Paper Penunjang Diskusi Industri Perkayuan (14-15 Maret 1979), Jakarta.

Tampubolon, Z. 1985. Pengaruh Persentase Semen Terhadap Sifat Fisik Papan Wol Kayu. Skripsi Fakultas Kehutanan-IPB, Bogor.

Thampan, P. K. 1982. Handbook on Coconut Palm. Oxford and IBH Publishing Co. New York, Bombay, Calcuta. pp 260-274.

Ucko, D. A. 1982. Basic for Chemistry. Academy Press, New York. pp 200-202.

Woodroof, J. G. 1979. Coconut: Production, Processing, Product. Second Edition. AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut. pp 175-182.

Lampiran 1. Data Tebal Papan Semen (cm)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator Ca(OH)_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	1,131	0,969	0,984	1,097
	1,009	1,003	1,033	0,923
	1,011	1,003	0,951	0,997
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	1,138	1,118	1,119	1,106
	1,083	1,024	1,062	1,175
	1,176	1,134	1,121	1,117
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	1,324	1,182	1,173	1,104
	1,261	1,253	1,207	1,118
	1,183	1,171	1,241	1,103
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	1,073	1,010	1,126	0,930
	1,009	1,106	1,124	1,071
	1,304	1,089	1,049	1,081
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	1,053	1,076	0,973	1,156
	1,119	1,198	1,148	1,058
	1,133	1,133	1,092	1,119
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	1,118	1,079	1,163	1,061
	1,036	1,027	1,162	1,064
	1,019	1,020	1,029	1,037

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 2. Data Kerapatan (g/cm^3)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	400%	160%	180%	200%
Katalisator Ca(OH)_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	0,79	0,72	0,89	0,70
	0,70	0,73	0,76	0,98
	0,67	0,78	0,95	0,86
½ Panjang sabut utuh (12 cm)	0,56	0,74	0,87	0,92
	0,70	0,82	0,93	0,83
	0,69	0,71	0,88	0,71
¼ Panjang sabut utuh (6 cm)	0,67	0,82	0,72	0,88
	0,68	0,72	0,75	0,81
	0,75	0,70	0,73	0,83
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	0,63	0,82	0,85	1,07
	0,71	0,77	0,80	0,97
	0,62	0,70	0,73	0,98
½ Panjang sabut utuh (12 cm)	0,74	0,75	0,91	0,92
	0,73	0,76	0,80	0,92
	0,70	0,77	0,74	0,94
¼ Panjang sabut utuh (6 cm)	0,80	0,80	0,83	0,95
	0,58	0,74	0,83	0,94
	0,60	0,73	0,89	0,87

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 3. Data Kadar Air (%)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator Ca(OH)_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	13,36	15,76	17,00	17,02
	15,03	11,02	12,54	15,9
	15,51	14,74	17,11	16,53
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	19,80	19,97	20,76	18,55
	18,36	20,63	19,17	18,13
	18,23	13,71	17,58	18,62
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	18,55	17,77	19,05	17,88
	17,40	18,45	16,03	17,71
	18,56	20,05	21,60	19,62
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	15,22	16,45	18,38	17,43
	17,64	24,45	21,67	17,96
	13,55	14,88	15,85	22,38
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	20,00	22,49	21,20	21,54
	21,09	22,26	23,47	22,51
	22,88	23,56	23,75	17,68
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	21,30	19,65	21,07	21,10
	20,74	22,11	17,73	18,08
	17,12	15,07	15,93	20,30

Lampiran 4. Data Daya Serap Air (%)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	33,04	28,37	24,18	22,88
	32,98	26,92	21,86	20,40
	31,62	25,16	22,87	21,39
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	26,04	23,24	20,75	19,88
	26,87	27,86	22,72	22,86
	30,07	29,82	27,85	23,53
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	21,59	23,15	24,67	24,80
	32,07	26,76	23,10	24,06
	29,71	28,74	25,57	22,95
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	31,77	24,35	14,01	18,39
	27,84	21,62	22,91	18,43
	26,80	27,19	20,43	18,67
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	28,11	33,22	22,32	17,88
	28,02	23,72	18,61	21,65
	27,13	26,29	17,95	22,37
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	23,81	24,84	22,55	20,47
	27,07	25,57	20,19	18,82
	27,35	25,49	19,28	19,31

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 5. Data Pengembangan Tebal (%)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator $\text{Ca}(\text{OH})_2$				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	6,213	0,768	0,211	0,648
	0,418	0,698	0,398	0,424
	0,486	0,491	0,000	0,097
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	1,897	0,866	0,686	0,550
	2,355	0,495	1,105	0,490
	0,721	0,434	2,969	2,627
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	0,250	1,248	0,000	0,503
	1,944	0,700	0,087	0,505
	0,530	1,438	0,246	0,543
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	2,461	1,852	1,035	0,219
	1,112	0,260	0,369	0,000
	0,248	1,243	1,055	0,000
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	1,559	0,622	0,503	2,805
	1,916	1,396	2,972	0,000
	0,679	0,261	1,919	0,376
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	0,087	0,725	4,995	0,734
	2,113	0,092	0,522	0,280
	2,407	0,445	0,000	1,963

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 6. Data Keteguhan Patah (Kg/cm^2)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator Ca(OH)_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	17,1 21,3 29,9	32,8 31,3 17,5	23,2 33,4 32,0	27,4 40,8 41,9
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	27,2 38,2 30,9	24,7 36,4 32,2	34,1 67,6 38,4	42,4 30,9 25,7
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	34,9 30,0 34,8	36,1 33,9 28,7	45,6 25,0 53,0	43,4 32,2 43,9
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	27,0 43,3 27,9	47,0 48,2 40,5	58,9 53,3 50,2	37,0 55,9 67,8
$\frac{1}{2}$ Panjang sabut utuh (12 cm)	46,0 22,1 38,7	57,9 34,1 49,2	44,3 32,9 39,5	38,3 31,7 34,3
$\frac{1}{4}$ Panjang sabut utuh (6 cm)	24,5 28,3 30,9	53,0 41,9 54,6	38,2 47,8 41,4	54,1 39,3 41,8

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 7. Data Pengurangan Tebal (%)

Faktor Perlakuan	Kadar Semen			
	140%	160%	180%	200%
Katalisator Ca(OH)_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	1,06	1,36	0,10	1,85
	1,99	0,50	0,20	1,13
	0,00	0,25	2,48	0,30
½ Panjang sabut utuh (12 cm)	1,60	1,31	0,99	1,00
	0,37	0,90	0,19	1,58
	0,46	0,65	0,92	0,97
¼ Panjang sabut utuh (6 cm)	0,24	1,31	0,99	0,70
	0,52	0,81	0,90	1,72
	0,43	1,19	2,55	1,69
Katalisator CaCl_2				
Ukuran panjang sabut (24 cm)	1,20	1,93	1,87	1,34
	2,95	0,90	0,77	0,75
	2,15	0,35	0,00	0,69
½ Panjang sabut utuh (12 cm)	0,79	1,11	1,95	0,99
	0,09	0,25	1,24	0,93
	1,21	3,39	2,14	0,60
¼ Panjang sabut utuh (6 cm)	1,61	0,48	0,62	0,86
	1,15	1,50	0,76	0,36
	4,10	2,56	0,59	0,76

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Lampiran 8. Perhitungan Anova Kerapatan Papan Semen

General Linear Models Procedure
Class Level Information
Number of observations in data set = 72

Class	Levels	Values
A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X1: KERAPATAN PAPAN (gr/cm3)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	0.56860000	0.02472174	5.98	0.0001
Error	48	0.19860000	0.00413750		
Corrected Total	71	0.76720000			
	R-Square	C.V.	Root MSE	X5 Mean	
	0.741137	8.125061	0.064323	0.79166667	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	0.00443333	0.00221667	0.54	0.5887
B	1	0.01680556	0.01680556	4.06	0.0495
A*B	2	0.00521111	0.00260556	0.63	0.5371
C	3	0.42446667	0.14148889	34.20	0.0001
A*C	6	0.01696667	0.00282778	0.68	0.6637
B*C	3	0.04935000	0.01645000	3.98	0.0131
A*B*C	6	0.05136667	0.00856111	2.07	0.0744

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	0.00403333	0.00403333	0.97	0.3284
A Kuadratik	1	0.00040000	0.00040000	0.10	0.7572
C Linier	1	0.16537778	0.16537778	39.97	0.0001
C Kuadratik	1	0.00005926	0.00005926	0.01	0.9052

Lampiran 9. Perhitungan Anova Kadar Air

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Number of observations in data set = 72

Class	Levels	Values
A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X2: KADAR AIR KESETIMBANGAN (%)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	337.8559500	14.6893891	2.76	0.0015
Error	48	255.4376000	5.3216167		
Corrected Total	71	593.2935500			
		R-Square	C.V.	Root MSE	X6 Mean
		0.569458	12.43201	2.306863	18.5558333

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	166.7788000	83.3894000	15.67	0.0001
B	1	90.2720056	90.2720056	16.96	0.0001
A*B	2	24.2351444	12.1175722	2.28	0.1136
C	3	8.7047167	2.9015722	0.55	0.6537
A*C	6	25.5922000	4.2653667	0.80	0.5736
B*C	3	6.1858722	2.0619574	0.39	0.7625
A*B*C	6	16.0872111	2.6812019	0.50	0.8024

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	63.7563000	63.7563000	11.98	0.0011
A Kuadratik	1	103.0225000	103.0225000	19.36	0.0001
C Linier	1	6.8644000	6.8644000	1.29	0.2617
C Kuadratik	1	0.0363000	0.0363000	0.01	0.9345

Lampiran 10. Perhitungan Anova Daya Serap Air

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Number of observations in data set = 72

Class	Levels	Values
A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X3: DAYA SERAP AIR (%)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	909.1431333	39.5279623	5.96	0.0001
Error	48	318.2598667	6.6304139		
Corrected Total	71	1227.4030000			
R-Square					
	0.740705				
C.V.		10.56538			
Root MSE			2.574959		
X4 Mean					24.3716667

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	1.0188000	0.5094000	0.08	0.9262
B	1	102.4834722	102.4834722	15.46	0.0003
A*B	2	13.9587111	6.9793556	1.05	0.3569
C	3	682.1857667	227.3952556	34.30	0.0001
A*C	6	73.7624667	12.2937444	1.85	0.1084
B*C	3	24.3076944	8.1025648	1.22	0.3119
A*B*C	6	11.4262222	1.9043704	0.29	0.9402

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	0.0972000	0.0972000	0.01	0.9041
A Kuadratik	1	0.9216000	0.9216000	0.14	0.7109
C Linier	1	400.4668028	400.4668028	60.40	0.0001
C Kuadratik	1	15.4965565	15.4965565	2.34	0.1329

Lampiran 11. Perhitungan Anova Pengembangan Tebal

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Number of observations in data set = 72

Class	Levels	Values
A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X4: PENGEMBANGAN TEBAL (%)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	23.25170328	1.01094362	0.74	0.7819
Error	48	65.65428400	1.36779758		
Corrected Total	71	88.90598728			
	R-Square	C.V.	Root MSE	X3 Mean	
	0.261531	116.6839	1.169529	1.00230556	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	1.64922119	0.82461060	0.60	0.5513
B	1	0.23165356	0.23165356	0.17	0.6825
A*B	2	1.56903536	0.78451768	0.57	0.5673
C	3	7.30130906	2.43376969	1.78	0.1637
A*C	6	5.05687536	0.84281256	0.62	0.7162
B*C	3	2.44496378	0.81498793	0.60	0.6208
A*B*C	6	4.99864497	0.83310750	0.61	0.7218

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	0.05678752	0.05678752	0.04	0.8394
A Kuadratik	1	1.59243367	1.59243367	1.16	0.2860
C Linier	1	2.46699378	2.46699378	1.80	0.1856
C Kuadratik	1	2.77120370	2.77120370	2.03	0.1611

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 12. Perhitungan Anova Keteguhan Patah

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Number of observations in data set = 72

Class Levels Values

A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X5: MOR (Kg/cm2)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	4975.360000	216.320000	2.90	0.0009
Error	48	3584.520000	74.677500		
Corrected Total	71	8559.880000			
R-Square		C.V.	Root MSE	X1 Mean	
0.581242		22.73112	8.641614	38.0166667	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	30.190833	15.095417	0.20	0.8177
B	1	1303.902222	1303.902222	17.46	0.0001
A*B	2	712.095278	356.047639	4.77	0.0129
C	3	1373.646667	457.882222	6.13	0.0013
A*C	6	567.552500	94.592083	1.27	0.2904
B*C	3	501.977778	167.325926	2.24	0.0955
A*B*C	6	485.994722	80.999120	1.08	0.3850

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	16.685208	16.685208	0.22	0.6386
A Kuadratik	1	13.505625	13.505625	0.18	0.6725
C Linier	1	1176.490000	1176.490000	15.75	0.0002
C Kuadratik	1	72.030000	72.030000	0.96	0.3310

Lampiran 13. Perhitungan Anova Pengurangan Tebal

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Number of observations in data set = 72

Class	Levels	Values
A	3	A1 A2 A3
B	2	B1 B2
C	4	C1 C2 C3 C4

Dependent Variable X6: PENGURANGAN TEBAL (%)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	23	15.26148378	0.66354277	1.05	0.4337
Error	48	30.45162333	0.63440882		
Corrected Total	71	45.71310711			
		R-Square	C.V.	Root MSE	X2 Mean
		0.333854	71.21833	0.796498	1.11838889

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A	2	0.17029678	0.08514839	0.13	0.8747
B	1	1.21732006	1.21732006	1.92	0.1724
A*B	2	0.04911544	0.02455772	0.04	0.9621
C	3	0.44870611	0.14956870	0.24	0.8710
A*C	6	2.78950489	0.46491748	0.73	0.6256
B*C	3	4.52945894	1.50981965	2.38	0.0812
A*B*C	6	6.05708156	1.00951359	1.59	0.1702

CARA UNTUK MENENTUKAN FAKTOR DALAM PEMBENTUKAN PERSAMAAN REGRESI

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
A Linier	1	0.07584300	0.07584300	0.12	0.7310
A Kuadratik	1	0.09445378	0.09445378	0.15	0.7013
C Linier	1	0.20040544	0.20040544	0.32	0.5767
C Kuadratik	1	0.00750000	0.00750000	0.01	0.9139



Lampiran 14A. Uji Beda Tulus Tukey Kerapatan Papan Semen

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X1

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.004138

Critical Value of Studentized Range= 3.420 Minimum Significant Difference= 0.0449

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	0.7992	24	A1
A			
A	0.7950	24	A2
A			
A	0.7808	24	A3
B			
B	23.179	36	B2

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X1

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.004138

Critical Value of Studentized Range= 2.844 Minimum Significant Difference= 0.0305

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	0.8069	36	B2
B	0.7764	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X1

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.004138

Critical Value of Studentized Range= 3.764 Minimum Significant Difference= 0.0571

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	0.8956	18	C4
B	0.8256	18	C3
C	0.7556	18	C2
D	0.6900	18	C1

Lampiran 14B. Uji Beda Tulus Tukey Kerapatan Papan Semen

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X1
NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.004138

Critical Value of Studentized Range= 4.481 Minimum Significant Difference= 0.0961
Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	BC
A	0.9556	9	24
B	0.8356	9	14
B			
B	0.8311	9	13
B			
B	0.8200	9	23
B			
C	0.7622	9	22
C			
C			
C	0.7489	9	12
C			
C	0.6900	9	11
C			
C	0.6900	9	21



Lampiran 15. Uji Beda Tulus Tukey Kadar Air Papan Semen

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X2

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 5.321617

Critical Value of Studentized Range= 3.420 Minimum Significant Difference= 1.6106

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	20.247	24	A2
A			
A	18.862	24	A3
B	16.557	24	A1
B			
B	0.7764	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X2

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 5.321617

Critical Value of Studentized Range= 2.844 Minimum Significant Difference= 1.0933

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	19.676	36	B2
B	17.436	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X2

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 5.321617

Critical Value of Studentized Range= 3.764 Minimum Significant Difference= 2.0464

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	18.883	18	C3
A			
A	18.830	18	C4
A			
A	18.501	18	C2
A			
A	18.009	18	C1

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 16. Uji Beda Tulus Tukey Daya Serap Air

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X3

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 6.630414

Critical Value of Studentized Range= 3.420 Minimum Significant Difference= 1.7978

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	24.532	24	A2
A			
A	24.337	24	A1
A			
A	24.247	24	A3

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X3

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 6.630414

Critical Value of Studentized Range= 2.844 Minimum Significant Difference= 1.2204

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	25.565	36	B1
B	23.179	36	B2

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X3

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 6.630414

Critical Value of Studentized Range= 3.764 Minimum Significant Difference= 2.2842

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	28.438	18	C1
A			
A	26.239	18	C2
B	21.768	18	C3
B			
B	21.041	18	C4

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 17. Uji Beda Tulus Tukey Pengembangan Tebal

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X4

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 1.367798

Critical Value of Studentized Range= 3.420 Minimum Significant Difference= 0.8165

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	1.213	24	A2
A			
A	0.932	24	A3
A			
A	0.863	24	A1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X4

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 1.367798

Critical Value of Studentized Range= 2.844 Minimum Significant Difference= 0.5543

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	1.059	36	B2
A			
A	0.946	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X4

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 1.367798

Critical Value of Studentized Range= 3.764 Minimum Significant Difference= 1.0375

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	1.522	18	C1
A			
A	0.998	18	C3
A			
A	0.780	18	C2
A			
A	0.709	18	C4



Lampiran 18A. Uji Beda Tulus Tukey Keteguhan Patah

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X5

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 74.6775

Critical Value of Studentized Range= 3.420

Minimum Significant Difference= 6.0334

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	38.912	24	A3
A			
A	37.733	24	A1
A			
A	37.404	24	A2

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X5

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 74.6775

Critical Value of Studentized Range= 2.844

Minimum Significant Difference= 4.0956

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	42.272	36	B2
B	33.761	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X5

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 74.6775

Critical Value of Studentized Range= 3.764

Minimum Significant Difference= 7.666

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	42.156	18	C3
A			
A	40.300	18	C4
A			
A	38.889	18	C2
B	30.722	18	C1

Lampiran 18B. Uji Beda Tulus Tukey Keteguhan Patah

General Linear Models Procedure
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X5
NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.
Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 74.6775
Critical Value of Studentized Range= 4.197
Minimum Significant Difference= 10.471
Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping			Mean	N	AB
	A		46.417	12	12
	A				
B	A		41.317	12	32
B	A				
B	A	C	39.083	12	22
B	A	C			
B	A	C	36.508	12	31
B		C			
B		C	35.725	12	21
		C			
		C	29.050	12	11

Hak cipta milik IPB University

2. Dianggap mengutip Undang-undang
Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dianggap mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 19 Uji Beda Tulus Tukey Pengurangan Tebal

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X6

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.634409

Critical Value of Studentized Range= 3.420 Minimum Significant Difference= 0.5561

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	A
A	1.184	24	A3
A			
A	1.104	24	A1
A			
A	1.067	24	A2

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X6

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.634409

Critical Value of Studentized Range= 2.844 Minimum Significant Difference= 0.3775

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	B
A	1.248	36	B2
A			
A	0.988	36	B1

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: X6

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate, but generally has a higher type II error rate than REGWQ.

Alpha= 0.05 df= 48 MSE= 0.634409

Critical Value of Studentized Range= 3.764 Minimum Significant Difference= 0.7066

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	C
A	1.218	18	C1
A			
A	1.168	18	C2
A			
A	1.069	18	C3
A			
A	1.018	18	C4

Lampiran 20. Anova Regresi untuk Faktor Pembentukan Persamaan Regresi

Dependent Variable: X1 KERAPATAN PAPAN (gr/cm³)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	0.42436000	0.42436000	86.64	0.0001
Error	70	0.34284000	0.00489771		
Corrected Total	71	0.76720000			
		R-Square	C.V	Root MSE	X5 Mean
		0.553128	8.840043	0.069984	0.79166667
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Constant	1	0.42436000	0.42436000	86.64	0.0001
Parameter		T for H0:	Pr > T		Std Error of Estimate
INTERCEPT		Parameter=0			
		0.62000000	30.69	0.0001	0.02020255
Constant		0.06866667	9.31	0.0001	0.00737693

Dependent Variable: X2 KADAR AIR KESETIMBANGAN (%)

		Sum of	Mean		
Source	DF	Squares	Square	F Value	Pr > F
Model	1	95.23891	95.23891	13.386	0.0005
Error	70	498.05464	7.11507		
Corrected Total	71	593.29355			
		R-Square	C.V.	Root MSE	X6 Mean
		0.1605	14.37504	2.66741	18.55583
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
C	1	95.23891	95.23891	13.386	0.0005
		T for H0:			Std Error
Parameter	Estimate	Parameter=0	Pr > T	of Estimate	
INTERCEPT	20.707500	31.053	0.0001	0.66685204	
C	-0.153690	-3.659	0.0005	0.04200773	

Dependent Variable: X3 DAYA SERAP AIR (%)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	639.8400100	639.8400100	76.23	0.0001
Error	70	587.5629900	8.3937570		
Corrected Total	71	1227.4030000			

	R-Square	C.V.	Root MSE	X4 Mean
	0.521296	11.88757	2.897198	24.3716667

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Corrected Model	1	639.8400100	639.8400100	76.23	0.0001

Parameter	Estimate	T for H0: Parameter=0	Pr > T	Std Error of Estimate
INTERCEPT	31.03750000	37.11	0.0001	0.83634906
COUNTRY	-2.66633333	-8.73	0.0001	0.30539150

Dependent Variable: X5 KETEGUHAN LENTUR (Kg/cm2)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	921.6000000	921.6000000	8.45	0.0049
Error	70	7638.2800000	109.1182857		
Corrected Total	71	8559.8800000			
		R-Square	C.V.	Root MSE	X1 Mean
		0.107665	27.47734	10.44597	38.0166667
Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
C	1	921.6000000	921.6000000	8.45	0.0049
		T for H0:	Pr > T	Std Error of	
		Parameter=0		Estimate	
Parameter	Estimate				
INTERCEPT	30.01666667	9.95	0.0001	3.01549175	
C	3.20000000	2.91	0.0049	1.10110190	