

**KUALITAS PAPAN SEMEN KOMPOSIT DARI DAUN
PINUS (*Pinus merkusii*)**

**OLEH
SAPUTRA
M 121 01 054**



Tgl.	
st	Kelula
Sar	1 chs
Mars	Utuhid
No. Inventaris	38
No. Klas	SKR-1CH08

SAP
K.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **Kualitas Papan Semen Komposit dari Daun Pinus
(*Pinus merkusii*)**

Nama Mahasiswa : **Saputra**

Nomo Pokok : **M 121 01 054**

Program Studi : **Teknologi Hasil Hutan**

**Skripsi Ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar**

**Menyetujui,
Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Ir. Bakri, M.Sc.

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc.

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



**Ir. Beta Putranto, M.Sc.
NIP. 130 792 980**

Tanggal Lulus: 24 Juli 2008

ABSTRAK

SAPUTRA (M 121 01 054). Kualitas Papan Semen Komposit Dari Daun Pinus (*Pinus merkusii*). Di Bawah Bimbingan Bakri dan Musrizal Muin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas papan semen dari daun pinus (*Pinus merkusii*) dengan menggunakan semen bosowa dan semen tonasa sebagai perekat. Sampel uji yang digunakan adalah daun pinus tua dan daun pinus segar dikombinasikan dengan semen bosowa dan semen tonasa kemudian dibuat menjadi papan semen komposit dengan target kerapatan $1,2 \text{ g/cm}^3$.

Pembuatan papan semen komposit tersebut dilakukan masing-masing sebanyak 5 kali pada setiap kombinasi perlakuan yang diberikan (semen bosowa-daun pinus segar, semen bosowa-daun pinus tua, semen tonasa-daun pinus segar, semen tonasa-daun pinus tua). Kemudian dilakukan pengujian terhadap suhu hidrasi, sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan pengembangan linier) dan sifat mekanis (keteguhan patah, modulus elastisitas dan keteguhan rekat internal) untuk mengetahui kualitas papan semen dari daun pinus tersebut berdasarkan standar JIS A 5417 (1992). Data yang diperoleh kemudian dianalisis ragam dengan menggunakan rancangan percobaan faktorial dengan rancangan dasar rancangan acak lengkap.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu hidrasi dari papan semen komposit dari daun pinus yang telah mengalami perendaman air dingin selama 48 jam tergolong kategori sedang untuk dijadikan papan semen komposit dengan kualitas papan semen komposit dari daun pinus segar akan menghasilkan sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan

pengembangan linier) dan sifat mekanis (keteguhan patah, modulus elastisitas dan keteguhan rekat internal) yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan daun pinus tua. Selain itu, papan semen komposit dari daun pinus segar akan menghasilkan kerapatan dan kadar air yang memenuhi standar JIS A 5417 1992 sedangkan papan semen dari daun pinus tua tidak memenuhi standar.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan berkah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang merupakan salah satu syarat penulis untuk memperoleh gelar sarjana kehutanan pada Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Shalawat dan salam senantiasa penulis panjatkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, sebagai nabi yang telah diciptakan untuk menuntun umatnya ke jalan yang lurus yang diridhai oleh Allah SWT.

Pada kesempatan ini, penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis **Abd. Jalil** (Almarhum) dan **Hj. Lebbi** yang selalu mendoakan dan memberikan restunya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Ir. Bakri, M.Sc.** dan Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc.** selaku pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
3. Bapak **Prof. Dr. Djamal Sanusi**, Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc.** dan Ibu **Astuti Arif, S.Hut., M.Si.** selaku penguji.
4. Bapak **Dr. Ir. H. Muh. Restu, M.P.** selaku Dekan Fakultas Kehutanan.
5. **Titik Jalil** (Saudara penulis) yang selalu siap mengurus keperluan konsumsi selama penelitian penulis.

6. **Irwan Jalil** (Saudara penalis) yang selalu siap membantu dalam pengeditan dan seluruh perangkat komputernya di rental Mega Computer.
7. **Heru Arisandi** (Laboran Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan) atas segala bantuannya dalam penelitian penulis.
8. Kepada saudara **Hasanuddin, Daud, Acim, Fadly, Mimin, dan Citra** atas segala bantuannya dalam penelitian penulis.
9. Kepada Sahabat-sahabat seperjuangan penulis Angkatan 2001.
10. Kepada Seluruh Staf Fakultas Kehutanan atas bantuannya dalam kelancaran administrasi semua berkas-berkas penulis.
11. Kepada Seluruh **rekan-rekan Mahasiswa Kehutanan Unhas**.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jerih payah dari semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat pada skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk penyempurnaan skripsi ini. Akhirnya, mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Makassar, Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Papan Semen	4
B. Semen sebagai Perekat Papan Komposit	7
C. Daun Pinus sebagai Bahan Baku Papan Semen Komposit	10
D. Suhu Hidrasi	13
III. METODE PENELITIAN	14
A. Waktu dan Tempat	14
B. Alat dan Bahan	14
C. Prosedur Kerja	15
1. Penyiapan Bahan Baku	15

2. Perlakuan Bahan Baku	15
3. Pengukuran Suhu Hidrasi	15
4. Pembuatan Papam Semen	17
D. Pengujian	22
1. Sifat Fisik Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	22
2. Sifat Mekanis Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	24
E. Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Suhu Hidrasi	29
B. Sifat Fisik Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	31
1. Kerapatan	31
2. Kadar Air	32
3. Daya Serap Air	34
a. Selama 2 Jam	34
b. Selama 24 Jam	35
4. Pengembangan Tebal	36
a. Selama 2 Jam	36
b. Selama 24 Jam	38
5. Pengembangan Linier	39
a. Selama 2 Jam	39
b. Selama 24 Jam	41
C. Sifat Mekanis Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	42
1. Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rupture</i> (MOR)	42

2. Modulus Elastisitas/Modulus of Elasticity (MOE)	44
3. Keteguhan Rekat Internal/Internal Bond (IB)	45
V. KESIMPULAN DAN SARAN	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	47

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

No.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Komponen Bahan Baku Semen	8
2.	Susunan Kimia Berbagai bagian Pohon Pinus	12

DAFTAR GAMBAR

No.	<u>Teks</u>	Halaman
1.	Alat Ukur Suhu Hidrasi	16
2.	Pembuatan Lembaran Menggunakan Cetakan	18
3.	Pengempaan pada Papan dengan Sistem Klem	19
4.	Alur Proses Pembuatan Papan Semen Partikel	20
5.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji	21
6.	Pengujian Keteguhan Patah (MOR	24
7.	Suhu Hidrasi Beberapa Perlakuan Bahan Baku Papan Semen Komposit	29
8.	Kerapatan Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	32
9.	Kadar Air Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	33
10.	Daya Serap Air Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	35
11.	Daya Serap Air (%) Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	36
12.	Pengembangan Tebal Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan ...	37
13.	Pengembangan Tebal Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan ..	39
14.	Pengembangan Linier Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	40
15.	Pengembangan Linier Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan ..	42
16.	Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rupture</i> (MOR) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	43

17. Modulus Elastisitas/ <i>Modulus of Elasticity</i> (MOE) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	45
18. Keteguhan Rekat Internal/ <i>Internal Bond</i> (IB) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	46

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Data Pengukuran Suhu Hidrasi Papan Semen dari Daun Pinus	51
2.	Grafik Pengukuran Suhu Hidrasi Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	55
3.	Kerapatan Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah di- <i>curing</i> Selama 28 Hari	56
4.	Tabel Analisis Ragam Kerapatan Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di- <i>curing</i> Selama 28 Hari	57
5.	Kadar Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di- <i>curing</i> selama 28 hari	58
6.	Tabel Analisis Ragam Kadar Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di- <i>curing</i> Selama 28 hari	59
7.	Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 2 jam	60
8.	Tabel Analisis Ragam Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 2 Jam	61
9.	Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 24 jam	62
10.	Tabel Analisis Ragam Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 24 jam	63
11.	Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam	64
12.	Tabel Analisis Ragam Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam	65
13.	Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam	66
14.	Tabel Analisis Ragam Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam	67



15.	Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam	68
16.	Tabel Analisis Ragam Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam	69
17.	Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam	70
18.	Tabel Analisis Ragam Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam	71
19.	Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rufture</i> (MOR) Rata-Rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	72
20.	Tabel Analisis Ragam Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rufture</i> (MOR) Rata-Rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	73
21.	Modulus Elastisitas (MOE) Rata-Rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.	74
22.	Tabel Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	75
23.	<i>Internal Bond</i> (IB) Rata-Rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	76
24.	Analisis Ragam <i>Internal Bond</i> (IB) Papan Semen Komposit Daun Pinus	77
25.	Hasil Uji Tukey Kualitas Papan Semen Komposit dari Daun Pinus	78

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan kayu yang semakin meningkat menyebabkan ketersediaan bahan baku semakin berkurang dan harga kayu semakin mahal. Kebutuhan kayu untuk industri perindustri di Indonesia diperkirakan sebesar 70 juta m³/per tahun dengan kenaikan rata-rata sebesar 14,2% per tahun sedangkan produksi kayu bulat diperkirakan hanya sebesar 25 juta m³ per tahun, dengan demikian terjadi defisit sebesar 45 juta m³ per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa daya dukung hutan sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan manusia akan kayu (Dina, 2003). Ketersediaan bahan baku kayu yang semakin berkurang memacu manusia mencari solusi lain untuk mengganti bahan baku kayu dengan bahan baku bukan kayu seperti pada pembuatan papan semen komposit.

Papan semen komposit ini memiliki kelebihan seperti: tahan terhadap serangan rayap, jamur serta organisme perusak kayu lainnya, tahan api, kemampuan menyerap suara tinggi dan kestabilan dimensinya yang tinggi. Selain itu, papan semen dapat dibuat dari berbagai macam bahan baku berlignoselulosa bukan kayu seperti ampas tebu, sabut kelapa, jerami dan lain-lain yang memiliki kualitas yang berbeda-beda (Susetyowati *et al.*, 2000).

Berbagai penelitian dan pengembangan teknologi saat ini terus dilakukan, khususnya pencarian alternatif bahan baku berlignoselulosa lain yang diharapkan menjadi salah satu tumpuan untuk dapat mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap papan kayu (Priyono, 2001). Salah satu bahan berlignoselulosa dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan semen komposit adalah daun

dari pohon *Pinus merkusii*. Di Sulawesi Selatan, bahan ini terus melimpah karena di daerah tropis, pohon pinus tersebar di beberapa Kabupaten seperti Maros, Gowa, Sinjai dan Tana Toraja. Daun dari pohon pinus mudah didapatkan, belum memiliki nilai komersil dan belum dimanfaatkan. Daun pinus yang gugur tidak mudah hancur sehingga di dalam tegakan-tegakan yang sudah rapat terdapat suatu tutupan jarum rapat dan tebal. Selain itu, bentuknya seperti jarum diharapkan akan memberikan nilai artistik tersendiri sebagai papan semen komposit.

Selain bahan baku, semen sebagai perekat yang digunakan juga menentukan kualitas dari papan semen. Semen bosowa dan semen tonasa yang merupakan produk lokal daerah Sulawesi Selatan (Fajar, 2007) diharapkan mampu berkontribusi dalam pengembangan papan komposit. Oleh karena itu, perlu untuk dilakukan penelitian tentang kualitas papan semen komposit dari daun pinus (*Pinus merkusii*) dengan menggunakan semen bosowa dan semen tonasa sebagai perekat.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas papan semen dari daun pinus (*Pinus merkusii*) dengan menggunakan semen bosowa dan semen tonasa sebagai perekat. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi mengenai kualitas papan semen komposit dari daun pinus (*Pinus merkusii*) sebagai alternatif pengganti bahan baku kayu pada pembuatan papan semen komposit untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Papan Semen

Papan semen adalah 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 dihasilkannya disebut papan wol kayu. Papan semen partikel dibuat dari potongan kayu yang kecil, seperti tatal, serpih dan serbuk gergaji (Paribotro dkk, 1977).

Papan semen partikel saat ini banyak dimanfaatkan karena memiliki resistensi yang tinggi terhadap api, pembusukan, dan retak oleh perubahan dingin dan panas, sifat anti goncang (*shock*), dan kekuatannya tinggi (Suh *et al.*, 2000). Papan semen komposit kayu memiliki sifat kuat, kaku, resisten terhadap kelembaban, api, jamur, dan serangga. Pada bentuk panel, papan semen komposit kayu dapat digunakan untuk penggunaan struktural dan non struktural pada interior dan eksterior. Sebagai bahan bangunan alternatif, papan semen partikel dan bahan dasar kayu lainnya memberikan beragam keuntungan seperti dapat dirancang untuk penggunaan tertentu, memiliki keunggulan pada stabilitas dimensi dan pada beberapa kasus memberikan ketahanan yang lebih lama daripada kayu solid (Susetyowati *et al.*, 2000). Selain itu, menurut Coretti *et al.* (1998) bahwa papan semen mempunyai kelebihan seperti: (1) memberi kemudahan penggunaan sebagai material konstruksi bangunan; (2) sangat cocok pada daerah tropis); (3) memenuhi syarat kesehatan dan aman digunakan;

(4) tahan terhadap serangan jamur dan tidak mudah busuk; (5) tahan dari bahaya kebakaran. Menurut Semple dan Evans (2004), papan komposit semen tidak mengeluarkan limbah beracun selama pembuatan dan menggunakan perekat yang beresiko rendah terhadap kesehatan tidak seperti komposit yang direkat dengan resin.

Prayitno (1995) dalam Bakri (2005) menyatakan bahwa sifat papan semen dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain yaitu perbandingan (rasio) semen dengan partikel kayu, besarnya tekanan kempa, kerapatan papan, jenis mineral perekat (semen) yang digunakan, kadar air partikel kayu, dimensi (ukuran) partikel kayu dan pengeras atau katalisator. Menurut Husin (2003) bahwa jenis dan ukuran partikel yang digunakan merupakan dua faktor utama yang menentukan sifat papan semen yang dihasilkan.

Papan tiruan dengan perekat semen mempunyai sifat tertentu yang lebih baik dari papan tiruan dengan perekat organik, karena lebih tahan terhadap rayap dan api sehingga tidak perlu lagi ditambahkan bahan pengawet (Sutigno *et al*, 1977 dalam Sutini 2003). Haygreen dan Bowyer (1993) menyatakan bahwa selain tahan api papan semen juga tahan terhadap pembusukan oleh jamur dan serangan perusak sehingga cocok untuk permukaan dinding eksterior dan interior.

Menurut Kliwon (1999) bahan baku dengan kadar gula, tanin, polisakarida dan senyawa aldehida lainnya dalam jumlah yang besar tidak dapat dipergunakan sebagai bahan baku papan semen kayu. Kadar gula di dalam kayu maksimum 1%, tanin 2% dan senyawa minyak/lemak maksimum 3%. Faktor lain yang dapat menghambat pengerasan semen adalah terjadinya senyawa Ca(OH)_2

ketika dilakukan pencampuran semen dan air. Kalsium hidroksida tersebut dapat melarutkan sebagian hemiselulosa kayu. Di samping faktor kimia kayu, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain pengaruh musim dan jamur biru terhadap kadar gula dalam kayu. Kayu yang segar dan basah apabila dicampur dengan semen akan menghasilkan papan semen yang tidak baik (Simatupang, 1974 *dalam* Sutigno dan Sulastiningsih, 1986).

Sifat-sifat papan semen secara lengkap menurut Bison *dalam* Setyono (2003), adalah sebagai berikut :

1. Sifat fisik

- a. Kerapatan 1.250 kg/m^3 (pada perbandingan berat antara kayu dan semen 1: 2,75).
- b. Kadar air sebesar 12 – 15%.
- c. Pengembangan tebal setelah direndam dalam air adalah sebagai berikut: selama 2 jam (0,8 -1,2%), selama 24 jam (1,2 -2,0%), selama 28 hari (1,2-2,0%).
- d. Pengembangan linier adalah 03-0,4%.
- e. Ketahanan terhadap cuaca dan uap air, pada kisaran ((-20) – 20⁰C) tidak ada perubahan dalam kerapatan papan.
- f. Daya hantar panas sebesar $0,155 \text{ kkal/m}^2\text{h}^0\text{C}$.

2. Sifat mekanis

Untuk panil yang kerapatannya $1,250 \text{ kg/cm}^3$ dan tebal 16 mm adalah:

- a. Keteguhan patah adalah 90 – 150 kg/cm^2
- b. Keteguhan tarik tegak lurus permukaan panil adalah 4-6 kg/cm^2

- c. Keteguhan tekan sebesar 150 kg/cm^2
- d. Modulus elastisitas (sifat kekakuan) sebesar $30.000 - 50.000 \text{ kg/cm}^2$
- e. Kuat pegang sekrup untuk panil dengan tebal 12 -24 mm adalah $90 - 120 \text{ kg/cm}^2$.
- f. Kuat pegang paku pada arah tegak lurus permukaan untuk panil yang tebalnya 12 -24 mm adalah $40 - 80 \text{ kg/cm}^2$.

Maloney (1997) dalam Mahyudan (2000) mengatakan bahwa pada pembuatan papan semen diperlukan sejumlah partikel kayu di mana setelah dilakukan pencampuran dengan bahan perekat selanjutnya dilakukan pengempaan sesuai dengan target kerapatan yang diinginkan. Ditambahkan pula bahwa keteguhan lentur atau kuat lentur dan kuat internal dari panel berperekat resin sintesis lebih tinggi dibandingkan panel berperekat semen, namun demikian sifat keteguhan tekan dari papan semen masih lebih tinggi.

B. Semen sebagai Perekat Papan Komposit

Semen didefinisikan sebagai campuran antara batu kapur/gamping (bahan utama) dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk, tanpa memandang proses pembuatannya yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air (Widjajakusuma, 2004). Selanjutnya Simatupang (1974) dalam Sutini (2003) menyatakan bahwa semen *portland* ialah perekat hidrolisis yang dapat mengeras apabila bersenyawa dengan air dan akan membentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Bahan baku semen *portland* adalah batu kapur dan tanah liat yang mengandung oksida besi

alumina dan silika serta oksida lain walaupun sedikit. Selanjutnya Samekto dan Rahmadiyanto (2001) mengatakan bahwa semen *portland* atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolisis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* (bahan ini terutama terdiri atas silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolisis) dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida besi, dan oksida-oksida lainnya. Komposisi bahan kimia yang terdapat dalam semen *portland* dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Komponen Bahan Baku Semen.

Jenis bahan	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silikat (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesida (MgO)	0,5 – 4
Sulfur Trioksina (SO ₃)	1 – 2
Soda (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : Samekto dan Rahmadiyanto, 2001

Menurut Patton (1976), semen *portland* disusun dari empat bahan kimia dasar:

1. Tricalcium silicate, 3CaO.SiO₂, disingkat C₃S
2. Dicalcium silicate, 2CaO.SiO₂, disingkat C₂S
3. Tricalcium aluminate, 3CaO.Al₂O₃, disingkat C₃A
4. Tetracalcium aluminoferrite, 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃, atau C₄AF

Standar Nasional Indonesia (1994) dalam Sutini (2003), menggolongkan semen *portland* menjadi lima jenis, yaitu:

1. Semen *portland* jenis I: semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti pada jenis-jenis lain
2. Semen *portland* jenis II: semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen *portland* jenis III: semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi
4. Semen *portland* jenis IV: semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah
5. Semen *portland* jenis V: semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen sebagai bahan pengikat partikel memiliki ketahanan yang istimewa terhadap perusakan dan pembusukan serangga dan api, sehingga papan partikel yang menggunakan perekat semen cocok untuk permukaan dinding-dinding eksterior dan interior (Haygreen dan Bowyer,1993). Semen dibagi menjadi dua macam berdasarkan fungsinya sebagai perekat yaitu semen *portland* dan semen *sorrel*. Semen *portland* adalah perekat hidrolisis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan akan membentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Bahan baku semen *Portland* adalah batu kapur dan tanah liat yang mengandung oksida besi, alumina, dan silika serta oksida lainnya walaupun sedikit. Sedangkan semen *sorrel* dibuat dari campuran bahan $MgCl_2$ dan MgO (Simatupang, 1974 dalam Sutini, 2003).

Ditinjau dari ketahanan terhadap air, semen *sorrel* mudah terdegradasi oleh air. Oleh karena itu semen *sorrel* tidak cocok diproduksi bahan bangunan yang akan dipakai di luar ruangan, berbeda dengan semen *portland*. Semen *portland* cenderung lebih tahan terhadap air dan mempunyai sifat perekatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan semen *sorrel*. Melihat dua sifat mendasar itu, maka semen yang umum dipakai dalam pembuatan papan semen adalah semen *portland* (Sutini, 2003).

C. Daun Pinus sebagai Bahan Baku Papan Semen Komposit

Menurut Tjitrosoepomo (2004), sistematika kayu pinus adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Gymnospermae
Kelas	: Coniferae
Ordo	: <i>Pinales</i>
Famili	: <i>Pinaceae</i>
Genus	: <i>Pinus</i>
Spesies	: <i>Pinus merkusii</i>

Menurut Atmosuseno dan Duljapar (1996) bahwa di Indonesia, pinus dapat tumbuh pada ketinggian tempat 200-2000 meter dari permukaan laut. Pertumbuhan optimal pada ketinggian 400-1500 meter dari permukaan laut. Pohon ini bersifat pioner yaitu dapat tumbuh baik pada tanah yang kurang subur seperti alang-alang.

Tinggi pohon pinus berkisar antara 20–40 meter dengan panjang batang bebas cabang 2-25 meter. Diameter pohon biasa sampai 100 cm, tidak berbanir, kulit luar kasar berwarna coklat kelabu sampai coklat tua, tidak mengelupas serta beralur lebar dan dalam (Martawijaya dkk, 1989).

Pinus mempunyai tajuk yang tidak begitu lebar, pada waktu muda berbentuk kerucut panjang dan agak rapat. Pada umur tua agak jarang, berbentuk seperti limas dan selalu hijau, daunnya berbentuk jarum panjang 15-20 cm dan buahnya berbentuk kerucut (Departemen Pertanian, 1976). Menurut Steenis (2002) daun jarum ini sebenarnya adalah tunas yang sangat pendek yang tidak pernah tumbuh dan pangkalnya dikelilingi oleh suatu sarung dari sisik yang berisi selaput tipis. Tjitrosoepomo (2004) menyatakan bahwa daun-daun jarum ini umumnya mempunyai satu atau dua berkas pembuluh pengangkutan dan saluran resin.

Pinus memiliki daun bentuk jarum yang berpasangan dalam berkas-berkas. terdiri dari dua atau tiga jarum dan jarang empat tetapi biasanya terdiri dari dua jarum. Daun jarum mulai gugur setelah berumur kira-kira satu setengah tahun dan selanjutnya pengguguran ini berlangsung terus tetapi karena musim gugur tidak nyata maka tidak pernah gundul. Guguran daunnya tidak mudah hancur sehingga di dalam tegakan-tegakan yang sudah rapat terdapat suatu tutupan jarum rapat dan tebal (Soepardi, 1955).

Pinus yang dewasa tajuknya berbentuk seperti limas tetapi setelah tua tajuknya berbentuk seperti payung. Tinggi pohon dapat mencapai 60 sampai 70 meter dan diameter 100 sampai 145 cm. Cabang-cabang pada saat masih muda

tumbuh ke arah atas serta berkas-berkas cabang sangat jelas. Pada saat tanaman pinus sudah tua, pertumbuhan cabang mendatar dan berkas-berkas cabang kurang jelas. Daunnya berbentuk jarum yang berpasangan biasanya terdiri dari tiga pasang yang terdapat pada ujung cabang 5 sampai 10 cm atau 10 sampai 20 cm. Biasanya daunnya dapat mencapai umur satu setengah tahun dan kemudian gugur (Beekman, 1949).

Menurut Haygreen dan Bowyer (1993) bahwa susunan kimia berbagai bagian pohon pada pinus *slash pine* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Susunan Kimia Berbagai bagian Pohon Pinus.

Bagian pohon	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Ekstraktif (%)	Abu (%)
Kulit	23,7	24,9	50	13,0	0,9
Jarum	42,6	22,3	37,7	26,2	2,4
Cabang	36,9	33,7	35	13,6	1,2
Pucuk	41,5	31,2	32,5	11,0	0,8
Akar	44,6	25,6	31,3	11,7	1,6
Batang	51,1	26,8	27,8	9,1	0,3

Sumber : Haygreen dan Bowyer, 1993

Keterangan: Selulosa, Hemiselulosa dan lignin dinyatakan sebagai persentase Berat Kering Tanur bebas ekstraktif. Ekstraktif dan abu dinyatakan sebagai persentase berat kering tanur tanpa di ekstraksi.

D. Suhu Hidrasi

Suhu hidrasi terjadi akibat reaksi eksotermik antara semen dan air. Nilainya merupakan salah satu indikator kesesuaian kayu sebagai bahan baku papan semen partikel. Suhu dan waktu hidrasi dipengaruhi oleh zat ekstraktif di mana zat ekstraktif dapat menghambat pengerasan semen (Setyono, 2003).

Menurut Sanderman (1956) dalam Kamil (1970) suhu hidrasi lebih dari 60 °C adalah baik, 55°– 60°C sedang dan kurang dari 55°C tidak baik. Akan tetapi 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 (Kamil, 1970).

Pengukuran suhu hidrasi dapat dilakukan dengan mengacu pada metode Hermawan (2001), dilakukan dengan menggunakan kotak *styrene foam* kedap udara di mana kedalamnya dimasukkan suatu wadah berisi partikel, semen dan air dengan perbandingan tertentu. Termokopel dimasukkan lewat tutup kemudian ditutup rapat agar tidak ada panas yang keluar. Kenaikan suhu dicatat setiap jam terus-menerus selama 24 jam. Dalam periode tertentu suhu maksimum akan tercapai dan setelah suhu turun, suhu maksimum itulah yang dipakai sebagai ukuran suatu bahan bisa dipakai.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2008 sampai Mei 2008 dengan pengambilan bahan baku berupa daun pinus segar dan daun pinus tua di Hutan Pendidikan Bengo-bengo, Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Pembuatan dan pemotongan serta pengujian sifat mekanis papan semen komposit dari daun pinus dilakukan di UPTD Pemanfaatan Sumber Daya Lokal, Dinas Pekerjaan Umum dan Pemukiman, Makassar. Pengujian sifat fisik dilakukan di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: kotak *styrene foam*, tabung reaksi, *oven*, wadah plastik, *stopwatch*, termometer suhu, gelas plastik, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, sarung tangan, cetakan 30 cm x 30 cm x 10 cm, mesin kempa, penangas air, gelas ukur, plat besi (40 x 40 cm), baut 14, kunci 14, stik besi ukuran 30 cm x 1 cm x 1 cm, *calipper*, *Universal Testing Machine* (UTM), mikrometer, parang, gunting, dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan adalah: daun pinus tua dan daun pinus segar, semen bosowa dan semen tonasa, minyak barco, air, *aluminium foil*, *epoxy*, kertas label, kantong plastik, plastik, karet gelang dan isolasi.

C. Prosedur Kerja

1. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah daun pinus segar dan daun pinus tua. Daun pinus segar adalah daun pinus yang masih berada pada pohon yang masih aktif dalam proses fotosintesis berwarna hijau sedangkan daun pinus tua adalah daun pinus yang sudah tidak aktif dalam proses fotosintesis (sel-selnya sudah mati) berwarna kekuningan sampai daun yang gugur.

2. Perlakuan Bahan Baku

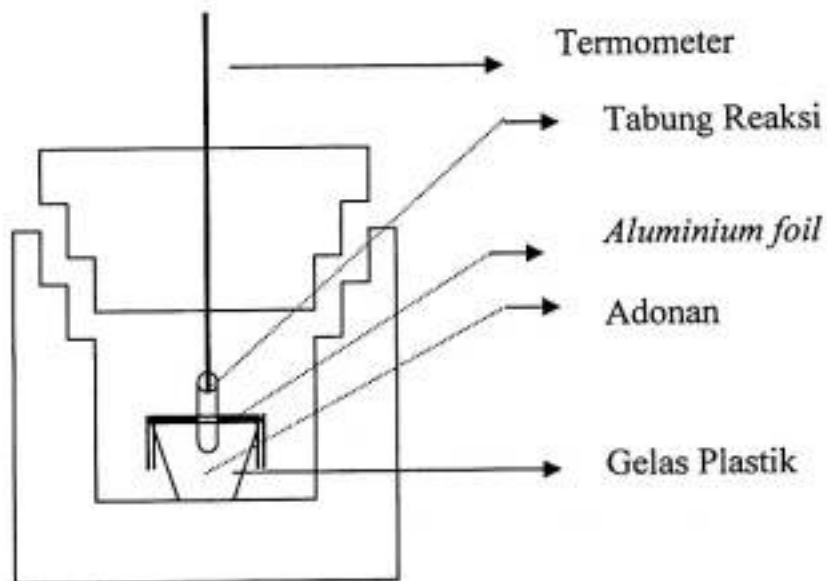
Sebelum dibuat papan semen, bahan baku direndam terlebih dahulu dalam air selama 48 jam dan tiap 24 jam airnya diganti, dengan maksud untuk mengurangi zat-zat ekstraktif yang terdapat di dalam bahan baku daun pinus. Bahan baku yang telah direndam diangin-anginkan sampai kadar air 30 - 50% sebelum digunakan sebagai bahan baku papan semen.

3. Pengukuran Suhu Hidrasi

Langkah-langkah pengukuran suhu hidrasi adalah sebagai berikut:

- a. Mencampur semen bosowa dengan air dan semen tonasa dengan air dengan perbandingan masing-masing 1 : 1, sedangkan campuran semen bosowa + bahan baku daun pinus tua + air, campuran semen bosowa+ bahan baku daun pinus segar + air, campuran semen tonasa + bahan baku daun pinus tua + air, campuran semen tonasa + bahan baku 1 daun pinus segar + air, dibuat dengan mencampur masing-masing 100 gram semen; 7,5 gram bahan baku daun pinus dan 43,5 ml air dan diaduk sampai homogen.

- b. Memasukkan adonan ke dalam gelas plastik dan meletakkan ke dalam kotak *styrene foam*.
- c. Menancapkan tabung reaksi yang berisi minyak barco ke dalam adonan.
- d. Mencilupkan termometer ke dalam tabung reaksi melalui penutup kotak *styrene foam* yang sudah dilubangi bagian tengahnya dan mengusahakan agar tidak ada panas yang keluar dari kotak *styrene foam*.
- e. Mencatat variasi suhu selama 24 jam setiap selang waktu 15 menit.



Gambar 1. Alat Ukur Suhu Hidrasi

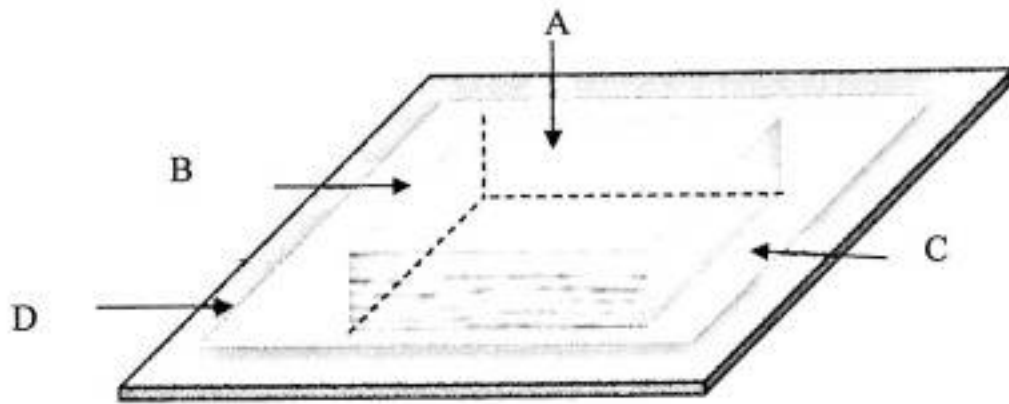
Menurut Kamil (1970) suhu lebih besar dari 41°C termasuk baik, $36 - 41^{\circ}\text{C}$ sedang, dan kurang dari 36°C tidak baik. Indikator layak tidaknya daun pinus dapat digunakan sebagai bahan baku papan semen diperoleh dari nilai suhu yang tertinggi.

4. Pembuatan Papan Semen

Papan semen partikel dibuat dengan perbandingan partikel, semen dan air adalah $1 : 2,5 : 1,25$ dengan kerapatan sasaran $1,2 \text{ g/cm}^3$. Adapun komposisi perlakuan pembuatan papan adalah sebagai berikut:

- a. Semen Bosowa + Daun pinus segar + Air
- b. Semen Bosowa + Daun pinus tua + Air
- c. Semen Tonasa + Daun pinus segar + Air
- d. Semen Tonasa + Daun pinus tua + Air

Pembuatan papan dilakukan di atas plastik dan plat besi dengan cetakan berukuran $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ (Gambar 2). Papan yang ada pada plat besi dikempa sampai ketebalan 1 cm , sementara itu baut dikencangkan (Gambar 3) selama 24 jam (*setting process*). Setelah papan dikempa dan diklem kemudian papan dikeluarkan dari plat besi dan diletakkan di ruangan untuk pengerasan lanjutan (*curing*) pada suhu ruangan selama 28 hari .



Gambar 2. Pembuatan Lembaran Menggunakan Cetakan

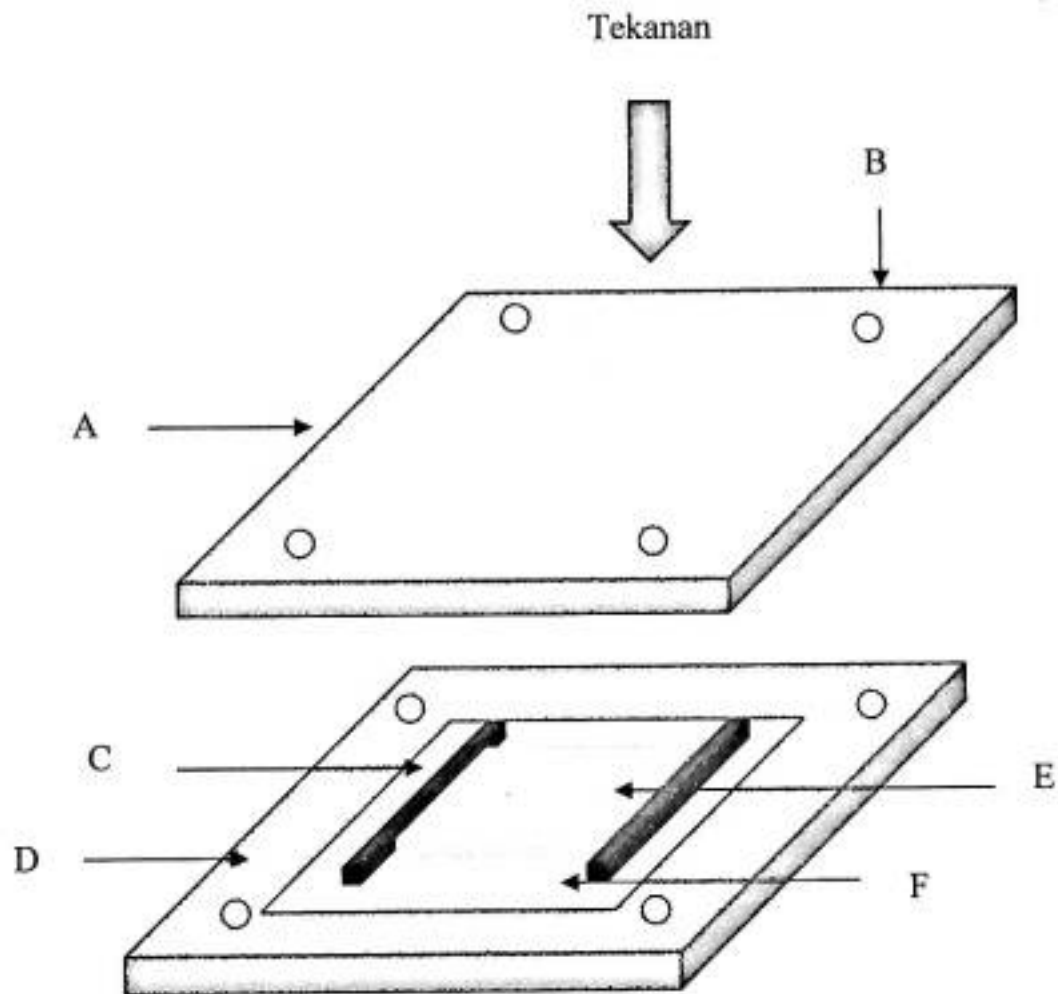
Keterangan:

A = Adonan

B = Cetakan berukuran 30cm x 30cm x 1 cm

C = Plastik

D = Plat besi



Gambar 3. Pengempaan pada Papan dengan Sistem Klem.

Keterangan:

A = Plat besi bagian atas

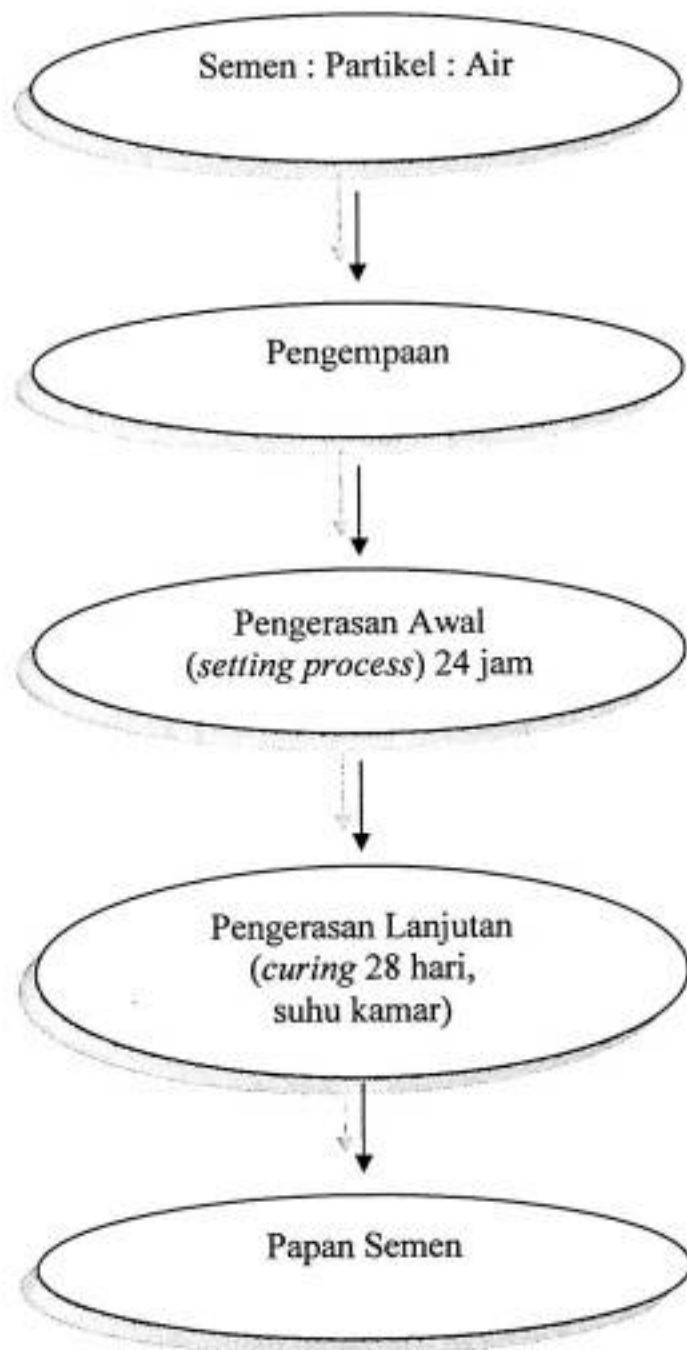
B = Lubang sekrup

C = Stik besi 30 cm x 1cm x 1cm

D = Plat besi bagian bawah

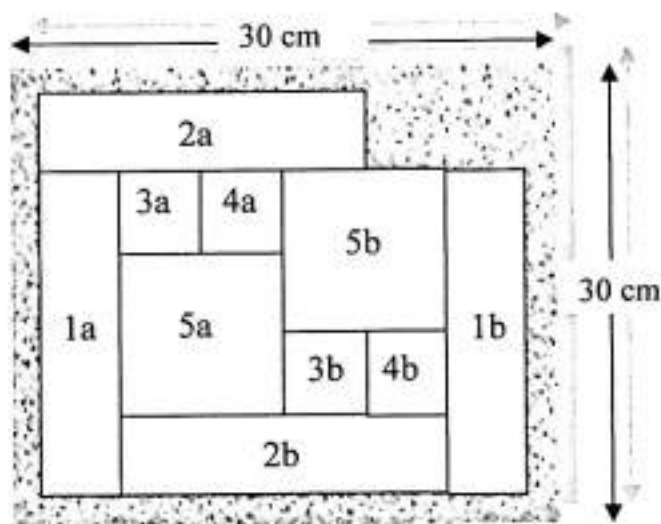
E = Adonan

F = Plastik



Gambar 4. Alur Proses Pembuatan Papan Semen Partikel

Papan-papan yang telah selesai dibuat selanjutnya dipotong-potong untuk dilakukan pengujian guna mengetahui sifat fisik dan mekanis papan yang dibuat. Bentuk dan ukuran contoh uji mengacu pada standar JIS A 5908 (1994) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji

Keterangan:

1 dan 2 = Contoh uji untuk keteguhan patah (MOR) dan Modulus

Elastisitas (MOE) (20 cm x 5 cm).

3 = Contoh uji Internal Bond (5 cm x 5 cm)

4 = Contoh uji daya serap air, pengembangan tebal dan pengembangan linier (5 cm x 5 cm).

5 = Contoh uji kerapatan dan kadar air (10 cm x 10 cm).

D. Pengujian

Pengujian kualitas papan semen komposit dilakukan dengan mengamati parameter sifat fisik dan mekanisnya yang dilakukan berdasarkan standar JIS A 5417 (1992) yaitu:

1. Sifat Fisik Papan Partikel dari Daun Pinus

a. Kerapatan (Kr)

Kerapatan papan semen komposit dihitung berdasarkan perbandingan berat dengan volume kering udara dengan menggunakan rumus:

$$K_r = \frac{B}{V}$$

Keterangan:

K_r = Kerapatan (g/cm^3)

B = Berat contoh uji kering udara (g)

V = Volume contoh uji kering udara (cm^3).

b. Kadar Air (KA)

Perhitungan kadar air papan semen komposit dilakukan dengan menghitung selisih berat awal dengan berat setelah dikeringkan dalam oven sampai mencapai berat konstan pada suhu $\pm 103^\circ\text{C}$. Kadar air tersebut dihitung dengan rumus:

$$KA = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan:

KA = Kadar air (%)

BA = Berat awal (kering udara)

BKO = Berat akhir (kering *oven*).

c. Pengembangan Linier dan Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dan pengembangan linier didasarkan atas selisih tebal dan panjang sebelum dan setelah perendaman dalam air dingin selama 2 jam dan 24 jam. Pengembangan tebal dan linier tersebut dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{T_1 - T_0}{T_0} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Pengembangan tebal dan linier (%)

T₀ = Tebal atau panjang awal contoh uji setelah pengkondisian (cm)

T₁ = Tebal atau panjang contoh uji setelah perendaman 2 jam dan 24 jam (cm).

d. Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan bersama dengan pengujian pengembangan linier dan tebal. Dilakukan dengan menghitung selisih berat sebelum dan setelah perendaman dalam air dingin selama 2 jam dan 24 jam. Daya serap air tersebut dihitung dengan rumus:



$$DS = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\%$$

Keterangan:

DS = Daya serap air (%)

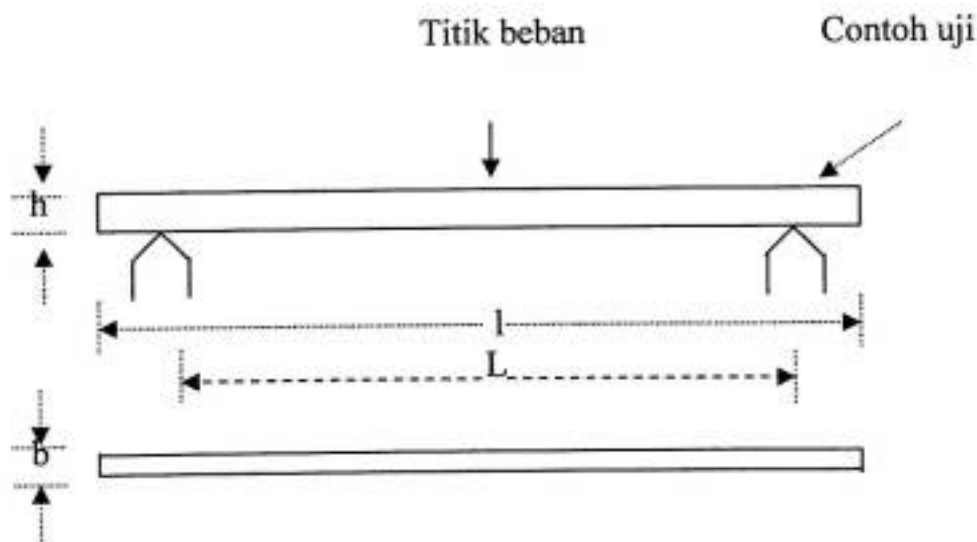
B₁ = Berat awal contoh uji setelah pengkondisian (g)

B₂ = Berat contoh uji setelah perendaman 2 jam dan 24 jam (g)

2. Sifat Mekanis Papan Semen

a. Keteguhan Patah (MOR)

Pengujian MOR dilakukan dengan menggunakan mesin penguji *Universal Testing Machine* (UTM). Dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan-lahan pada bagian tengah contoh uji. Jarak sangga yang digunakan adalah 15 cm. Posisi beban dan jarak sangga dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Keteguhan Patah (MOR).

Keterangan:

l : Panjang contoh uji (20 cm)

L : Jarak sangga (15 cm)

h : Tebal contoh uji (1cm)

b : Lebar contoh uji (5 cm)

MOR contoh uji dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{MOR} = \frac{3 P L}{2 b h^2}$$

Keterangan:

MOR = Keteguhan patah (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

L = Jarak sangga (cm)

b = Lebar contoh uji (cm)

d = Tebal contoh uji (cm)

b. Modulus Elastisitas (MOE)

Pengujian MOE dilakukan bersamaan dengan pengujian MOR, namun yang dicatat dalam pengujian ini adalah perubahan defleksi setiap perubahan beban tertentu. Nilai MOE dihitung dengan rumus:

$$\text{MOE} = \frac{\Delta PL^3}{4 \Delta Y b h^3}$$

Keterangan:

MOE = Modulus Elastisitas (kg/cm^2)

P = Beban sebelum batas proporsi (kg)

Y = Lenturan pada beban P

L = Jarak sangga (cm)

h = Tebal contoh uji (cm)

b = Lebar contoh uji (cm)

c. Keteguhan Rekat Internal (IB)

Contoh uji 5 cm x 5 cm direkatkan pada dua buah blok kayu dengan perekat *epoxy* dan dibiarkan kering selama 24 jam Kedua blok kayu ditarik lurus searah permukaan contoh uji sampai beban maksimum. Nilai Keteguhan Rekat Internal dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{IB} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

IB = Keteguhan rekat internal (kg/cm^2).

P = Beban saat ikatan partikel lepas (kg).

A = Luas permukaan contoh uji (cm^2).

E. Analisis Data

Untuk menganalisis data hasil pengujian, keseluruhan data yang terkumpul untuk setiap macam parameter yang diukur dirata-ratakan kemudian dibandingkan satu sama lain. Selain itu, nilai-nilai yang diperoleh juga dibandingkan dengan standar yang digunakan sehingga diketahui jumlah parameter yang memenuhi standar.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan percobaan faktorial dengan rancangan dasar rancangan acak lengkap (RAL), di mana setiap kombinasi perlakuan diulang masing-masing sebanyak lima kali yang terdiri atas 2 faktor, yaitu:

1. Jenis Semen yang terdiri atas 2 taraf:

A_1 = Semen Bosowa

A_2 = Semen Tonasa

2. Jenis Daun Pinus yang terdiri atas 2 taraf:

B_1 = Daun Pinus Segar

B_2 = Daun Pinus Tua

Model matematis untuk rancangan faktorial menurut Gaspertz (1991) sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Di mana :

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij (taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B).

μ = Nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)

α_i = Pengaruh aditif taraf ke-i dari faktor A.

B_j = Pengaruh aditif taraf ke-j dari faktor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B

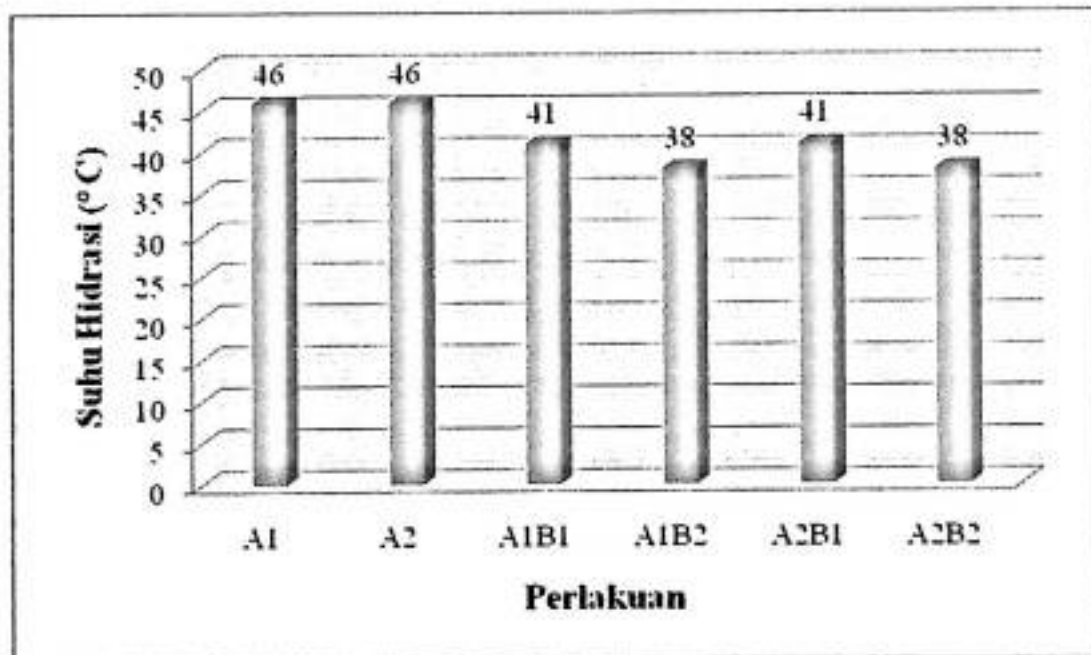
ϵ_{ijk} = Pengaruh galat dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi ij.

Data sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan pengembangan linier) dan sifat mekanis (keteguhan patah, modulus elastisitas dan keteguhan rekat internal) papan semen selanjutnya dianalisis ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap sifat fisik dan mekanis papan semen.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Suhu Hidrasi

Suhu hidrasi merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengetahui kesesuaian bahan kayu atau bukan kayu untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan semen. Hasil pengukuran suhu hidrasi tertinggi rata-rata pada setiap perlakuan ditunjukkan pada Gambar 7.



Keterangan:

- A1 : Semen Bosowa
- K2 : Semen Tonasa
- A1B1 : Semen Bosowa-Daun Pinus Segar
- A1B2 : Semen Bosowa-Daun Pinus Tua
- A2B1 : Semen Tonasa-Daun Pinus Segar
- A2B1 : Semen Tonasa-Daun Pinus Tua

Gambar 7. Suhu Hidrasi Beberapa Perlakuan Bahan Baku Papan Semen Komposit.

Berdasarkan klasifikasi Kamil (1970), nilai suhu hidrasi campuran semen dan daun pinus segar maupun daun pinus tua termasuk kategori sedang untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan papan semen. Gambar 7 menunjukkan bahwa suhu hidrasi daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar. Rendahnya suhu hidrasi pada daun pinus tua ini disebabkan oleh diduga oleh kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daun pinus segar. Kandungan zat ekstraktif yang tinggi akan menghambat penyerapan air pada bahan sehingga menurunkan suhu hidrasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Moslemi (174) dalam Bakri (2005) bahwa sifat kesesuaian semen terhadap bahan banyak ditentukan terutama oleh hemiselulosa dan kandungan zat ekstraktif kayu. Umumnya, kandungan hemiselulosa dan zat ekstraktif pada bahan akan mengurangi suhu hidrasi. Oleh karena itu, rendahnya suhu hidrasi pada daun pinus disebabkan oleh tingginya ekstraktif daun pinus. Hal ini sesuai dengan pendapat Haygreen dan Bowyer (1993) yang menyatakan bahwa kadar zat ekstraktif daun pinus sekitar 26,2%. Salah satu upaya untuk memperoleh suhu hidrasi yang lebih tinggi adalah dengan melakukan perendaman dalam air panas terhadap bahan baku yang akan digunakan.

Menurut Maloney (1977) dalam Mahyudan (2000), zat penghambat pengerasan semen seperti gula, dan hemiselulosa dapat dikurangi dengan perendaman dalam air dingin atau air panas. Walaupun bahan baku daun pinus yang telah digunakan telah mengalami perendaman pada air dingin tetapi suhu hidrasi yang dihasilkan tergolong sedang. Oleh karena itu, untuk meningkatkan suhu hidrasi ini maka sebaiknya pada pembuatan papan semen dari daun pinus

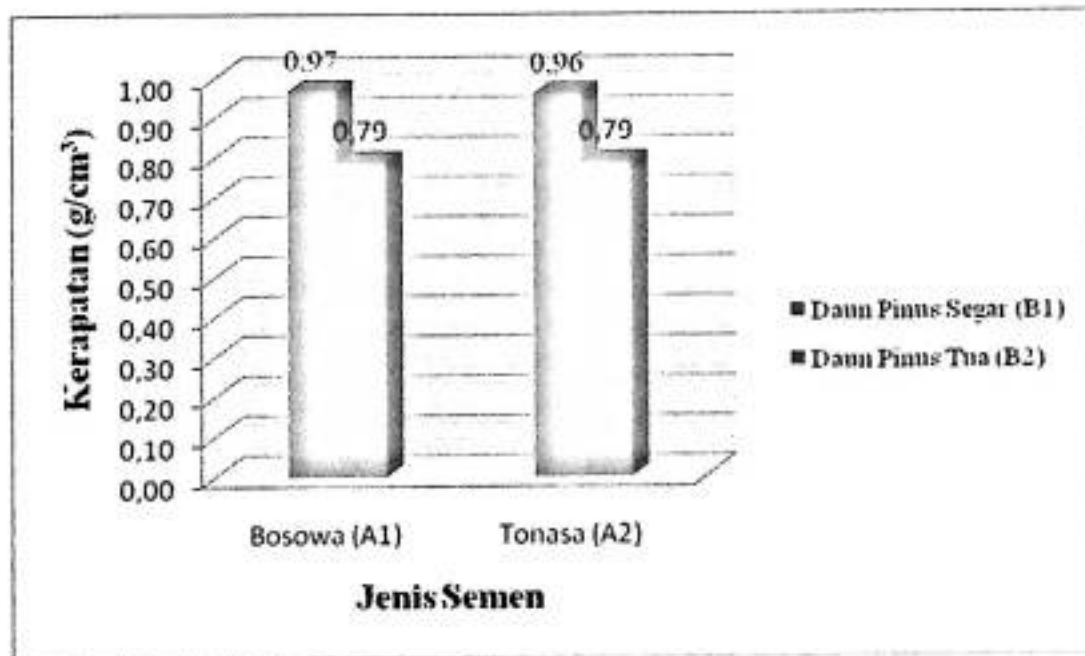
bahan baku yang digunakan juga direndam dalam air panas. Nilai-nilai dan grafik pengukuran suhu hidrasi papan semen daun pinus dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2.

B. Sifat Fisik Papan Semen Daun Pinus

1. Kerapatan

Nilai kerapatan papan semen daun pinus berkisar antara $0,73 - 1,03 \text{ g/cm}^3$ (Lampiran 3) dengan kerapatan rata-rata untuk setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 8. Standar kerapatan papan semen menurut JIS A 5417 1992 yaitu $\geq 0,8 \text{ g/cm}^3$. Hal ini berarti papan semen daun pinus dengan menggunakan campuran semen bosowa-daun pinus segar dan semen tonasa-daun pinus segar yang dibuat telah memenuhi standar tersebut. Sedangkan papan semen dari campuran semen bosowa-daun pinus tua dan semen tonasa-daun pinus tua tidak memenuhi standar. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan jenis semen dan jenis daun pinus serta interaksinya terhadap kerapatan papan semen komposit, maka dilakukan analisis ragam. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 4 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap kerapatan papan semen yang dihasilkan. Sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa kerapatan papan semen tidak tergantung pada jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus yang digunakan. Hal ini disebabkan karena diduga daun pinus tua memiliki kandungan zat ekstraktif yang lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga dapat

menghambat ikatan permukaan antara semen dan daun pinus sehingga daun pinus tua memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar.

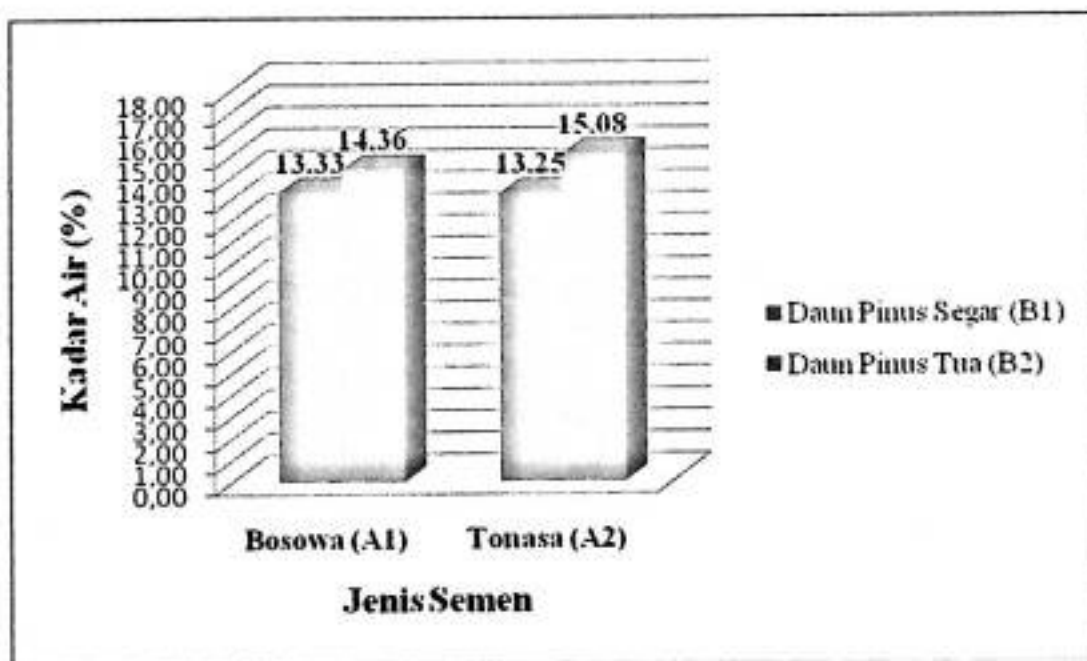


Gambar 8. Kerapatan Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

2. Kadar Air

Nilai kadar air rata-rata papan semen dari daun pinus yang diperoleh bervariasi pada masing-masing perlakuan (Lampiran 5) dengan kadar air berkisar antara 12,06-15,88%. Kadar air rata-rata papan semen pada kombinasi perlakuan jenis semen dan jenis daun ditunjukkan pada Gambar 9. Standar kadar air papan semen menurut JIS A 5417 1992 yaitu maksimal 16%. Hal ini berarti seluruh papan yang dibuat memenuhi standar tersebut. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 6 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap

kadar air sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa kadar air papan semen tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga oleh tingginya kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua dibandingkan daun pinus segar sehingga dapat menghambat ikatan permukaan antara semen dan daun pinus sehingga menyebabkan banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kadar airnya meningkat.

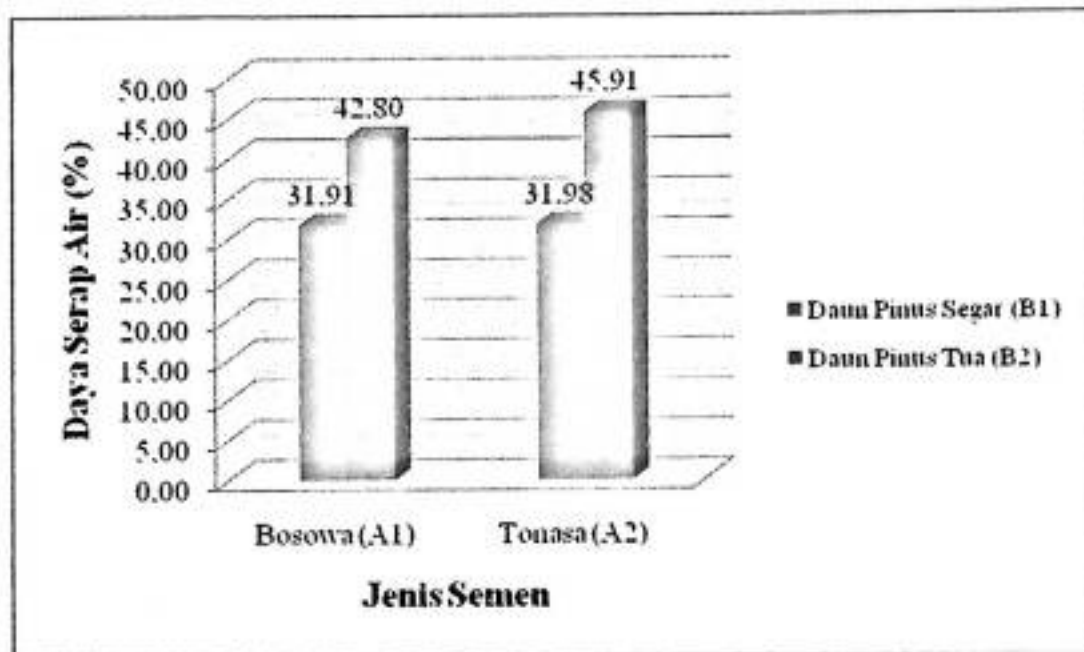


Gambar 9. Kadar Air Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

3. Daya serap Air

a. Perendaman Selama 2 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai daya serap air rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 2 jam berkisar antara 28,21% - 53,42% (Lampiran 7) dengan rata-rata daya serap air pada setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 8 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap daya serap air papan semen sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa daya serap air papan semen pada perendaman selama 2 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat.

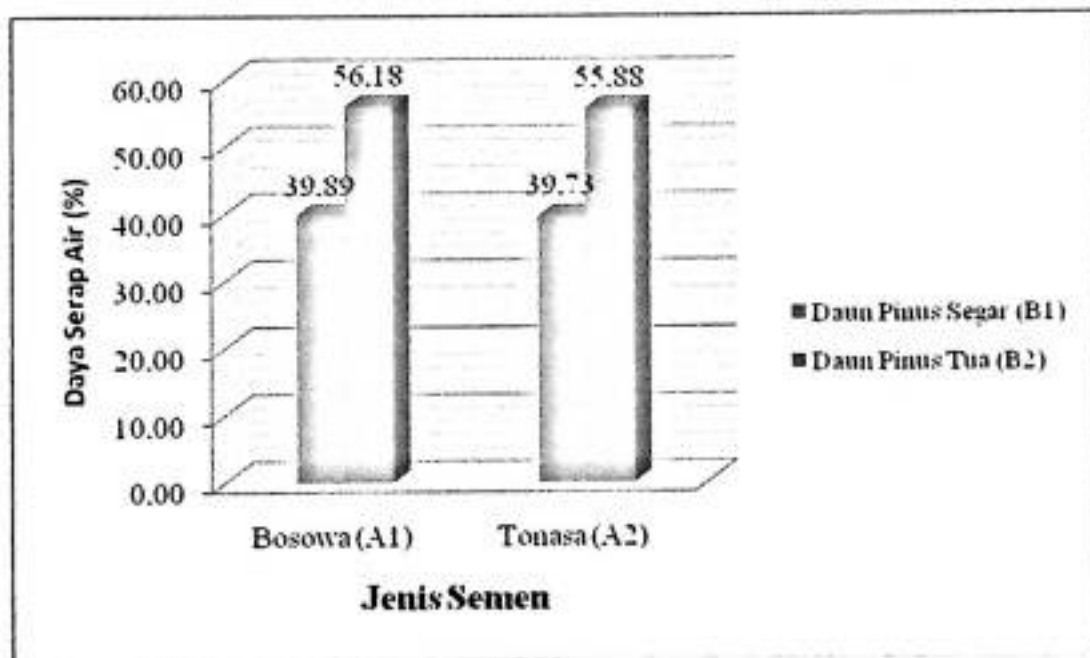


Gambar 10. Daya Serap Air Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

b. Perendaman Selama 24 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai daya serap air rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 24 jam berkisar antara 38,21% - 65,94% seperti yang terlihat pada Lampiran 9 dengan rata-rata daya serap air pada setiap kombinasi perlakuan dapat terlihat pada Gambar 11. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 10 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap daya serap air sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa daya serap air papan semen pada perendaman selama 24 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih

tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat.



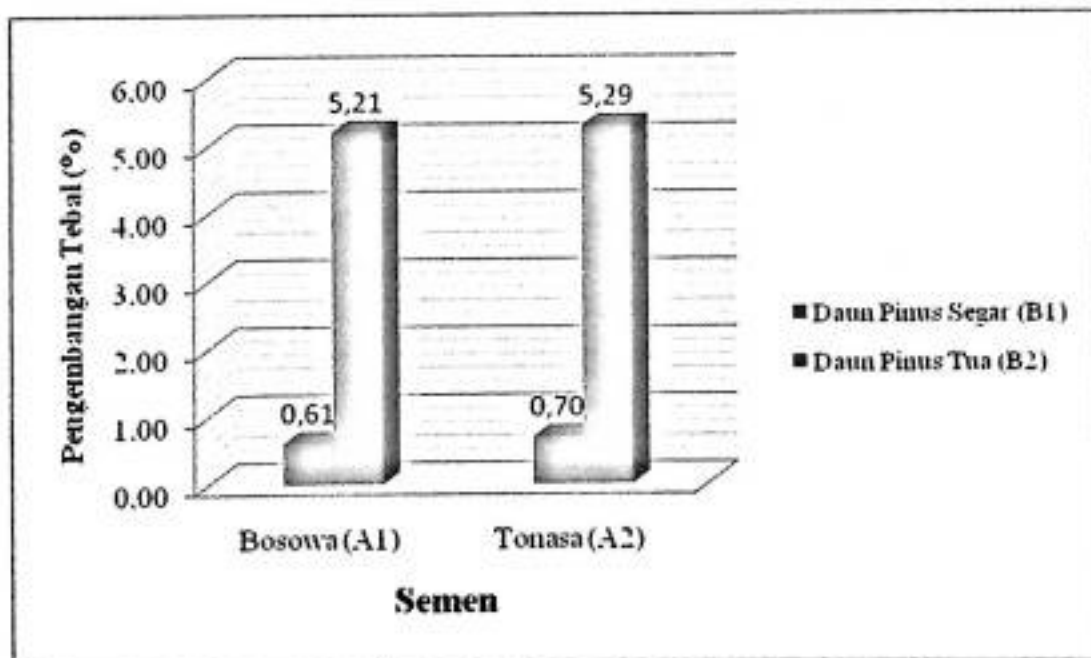
Gambar 11. Daya Serap Air (%) Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

4. Pengembangan Tebal

a. Perendaman Selama 2 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengembangan tebal rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 2 jam berkisar antara 0,48% - 6,77% seperti yang terlihat pada Lampiran 11 dengan rata-rata pengembangan tebal pada setiap kombinasi perlakuan dapat terlihat pada Gambar 12. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 12 menunjukkan bahwa

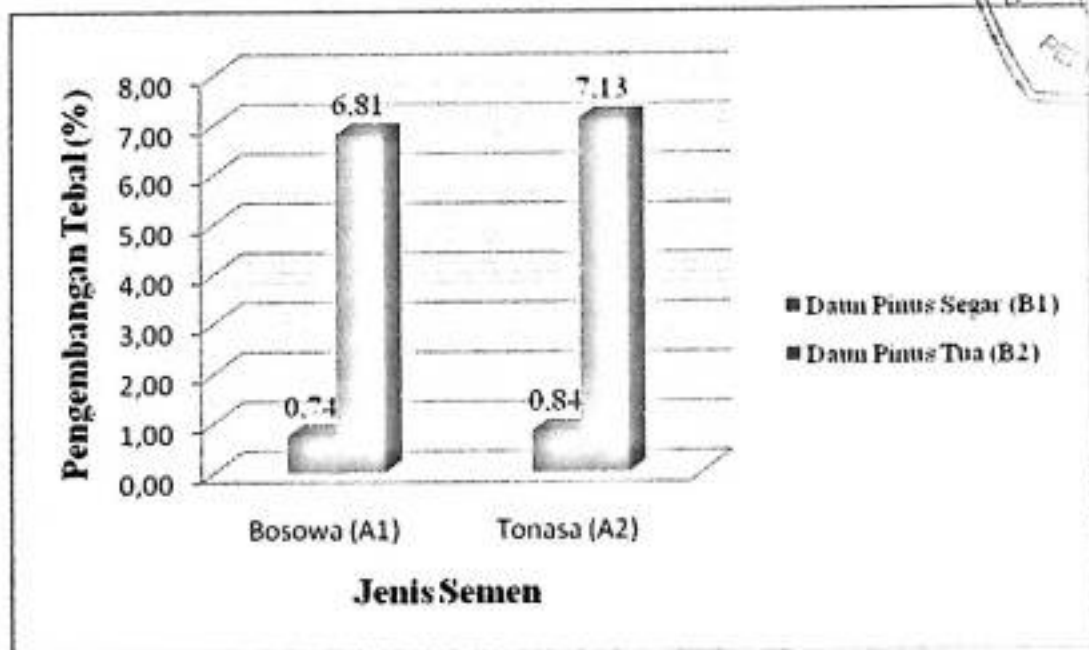
perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap pengembangan tebal sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa pengembangan tebal papan semen pada perendaman selama 2 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat sehingga pengembangan tebal papan semen juga meningkat.



Gambar 12. Pengembangan Tebal Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

b. Perendaman Selama 24 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pengembangan tebal rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 24 jam berkisar antara 0,61% - 8,27% seperti yang terlihat pada Lampiran 13 dengan rata-rata pengembangan tebal pada setiap kombinasi perlakuan dapat terlihat pada Gambar 13. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 14 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap pengembangan tebal sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa pengembangan tebal papan semen pada perendaman selama 24 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat sehingga pengembangan tebal papan semen juga meningkat.



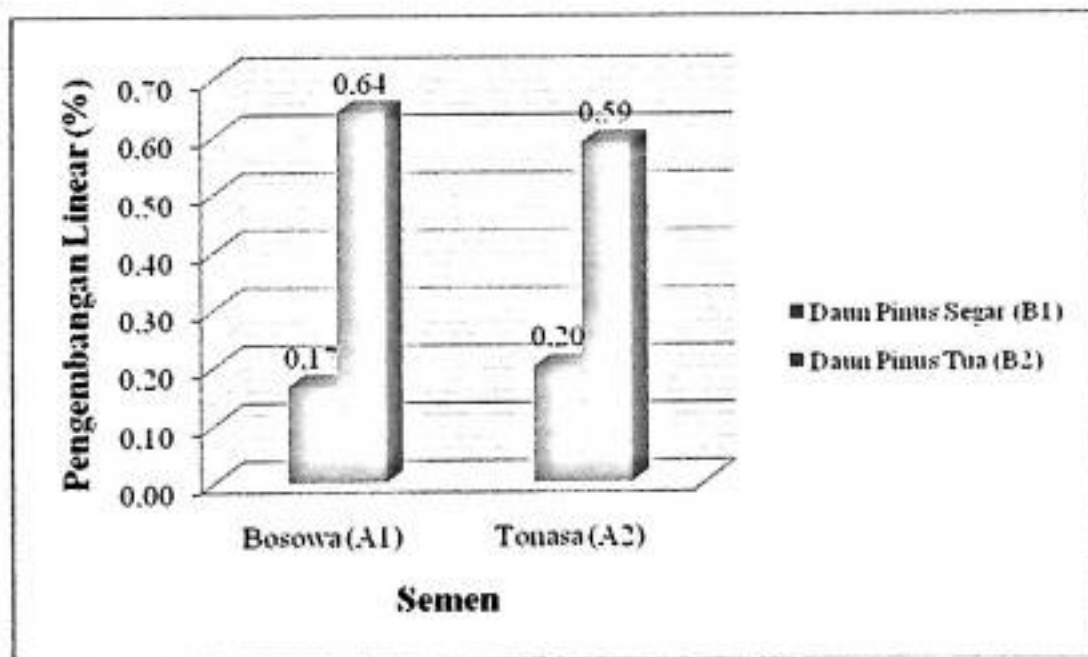
Gambar 13. Pengembangan Tebal Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

5. Pengembangan Linier

a. Perendaman Selama 2 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengembangan linier rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 2 jam berkisar antara 0,12% - 0,73% seperti yang terlihat pada Lampiran 15 dengan rata-rata daya serap air pada setiap kombinasi perlakuan dapat terlihat pada Gambar 14. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 16 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap pengembangan linier sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa pengembangan linier papan semen pada perendaman selama 2 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh

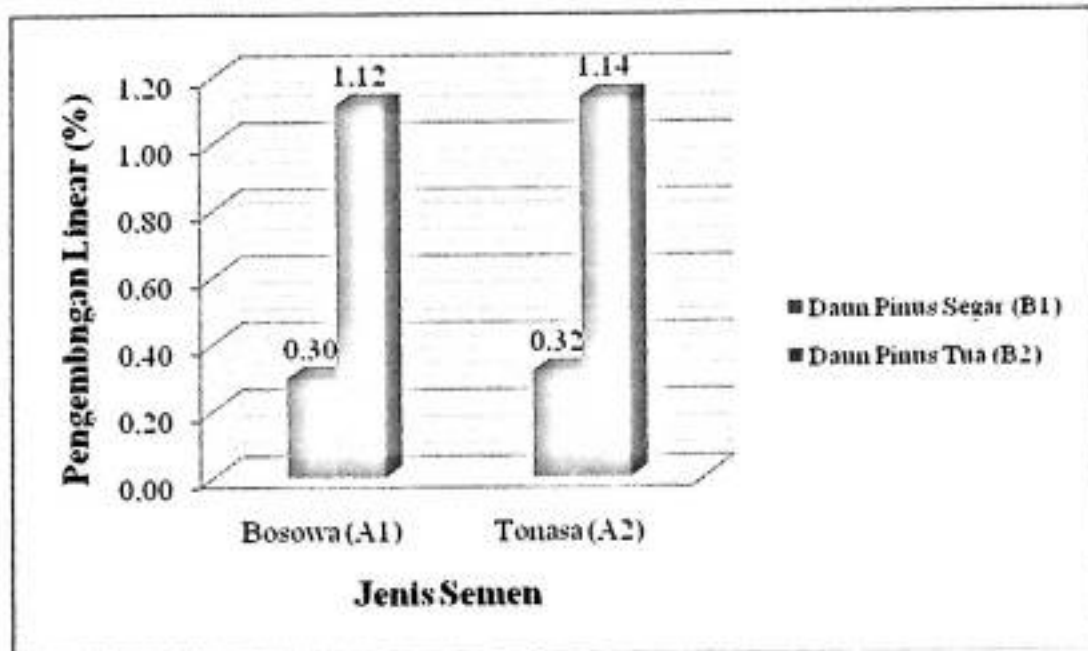
jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat sehingga pengembangan linier papan semen juga meningkat.



Gambar 14. Pengembangan Linier Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 2 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

b. Perendaman Selama 24 Jam

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pengembangan linier rata-rata papan semen daun pinus setelah perendaman selama 24 jam berkisar antara 0,24% - 1,38% seperti yang terlihat pada Lampiran 17 dengan rata-rata pengembangan linier pada setiap kombinasi perlakuan dapat terlihat pada Gambar 15. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 18 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksi antara jenis semen dengan jenis daun pinus berpengaruh tidak nyata terhadap pengembangan linier sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa pengembangan linier papan semen pada perendaman selama 24 jam tidak dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga ikatan permukaan antara semen dan daun pinus yang dihasilkan dengan menggunakan daun pinus tua lebih rendah dibandingkan dengan daun pinus segar sehingga menyebabkan papan semen yang dihasilkan memiliki banyak rongga-rongga yang akan terisi oleh air yang menyebabkan kemampuan menyerap airnya meningkat sehingga pengembangan linier papan semen juga meningkat.



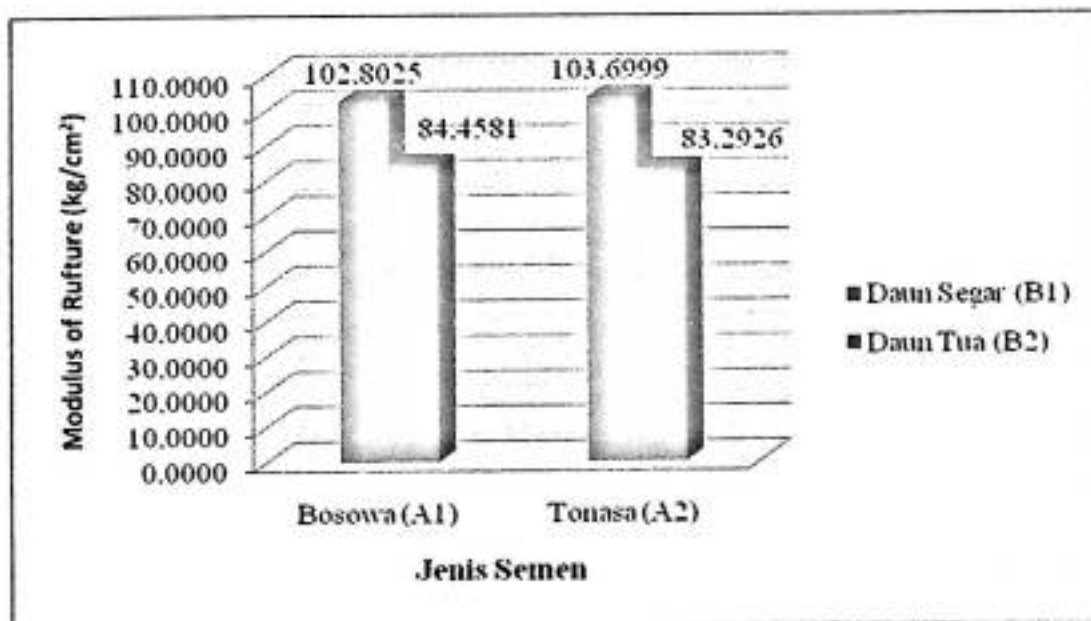
Gambar 15. Pengembangan Linier Papan Semen Daun Pinus Setelah Perendaman Selama 24 Jam pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

C. Sifat Mekanis Papan Semen Daun Pinus

1. Keteguhan Patah / *Modulus of Rupture* (MOR)

Nilai keteguhan patah (MOR) papan semen daun pinus berkisar antara 79,3533 kg/cm²– 109,4099 kg/cm² (Lampiran 19) dengan MOR rata-rata untuk setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 16. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan jenis semen dan jenis daun pinus serta interaksinya terhadap MOR, maka dilakukan analisis ragam. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 20 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap MOR papan semen yang dihasilkan. Sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa MOR papan semen tidak tergantung pada jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus yang

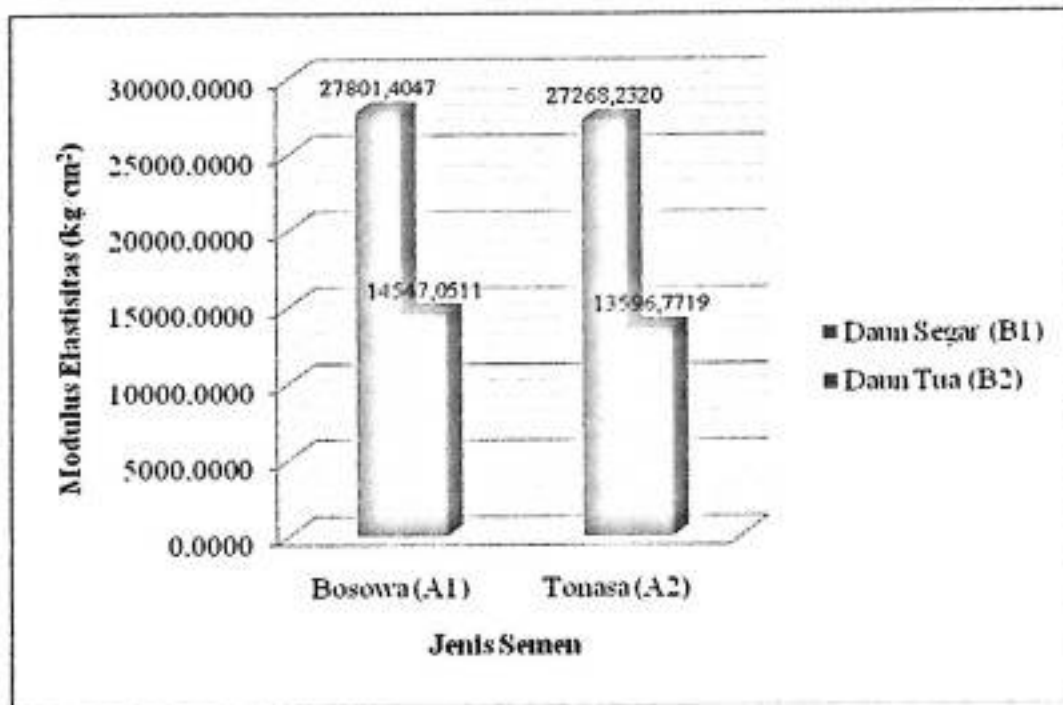
digunakan. Hal ini disebabkan karena diduga kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua lebih tinggi dibandingkan daun pinus segar sehingga dapat menghambat ikatan permukaan antara semen dengan daun pinus sehingga menyebabkan kerapatan dan keteguhan patah (MOR) menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Haygreen dan Bowyer (1993) yang menyatakan bahwa hubungan antara berat jenis dan kerapatan kayu merupakan hubungan linier di mana keteguhan patah (MOR) naik secara linier dengan naiknya berat jenis dan kerapatan.



Gambar 16. Keteguhan Patah/*Modulus of Rupture* (MOR) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

2. Modulus Elastisitas/*Modulus of Elasticity (MOE)*

Nilai keteguhan lentur/modulus elastisitas (MOE) papan semen daun pinus berkisar antara 11313,5003 kg/cm²– 43782,9334 kg/cm² (Lampiran 21) dengan MOE rata-rata untuk setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 17. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan jenis semen dan jenis daun pinus serta interaksinya terhadap MOE, maka dilakukan analisis ragam. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 22 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap MOE papan semen yang dihasilkan. Sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa MOE papan semen tidak tergantung pada jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus yang digunakan. Hal ini disebabkan karena diduga tingginya kandungan zat ekstraktif pada daun pinus tua dibandingkan daun pinus segar sehingga dapat menghambat perekatan papan semen sehingga menyebabkan kerapatan dan modulus elastisitas (MOE) menurun. Hal ini sesuai dengan pendapat Haygreen dan Bowyer (1993) yang menyatakan bahwa hubungan antara berat jenis dan kerapatan kayu merupakan hubungan linier di mana keteguhan elastisitas (MOE) naik secara linier dengan naiknya berat jenis dan kerapatan.

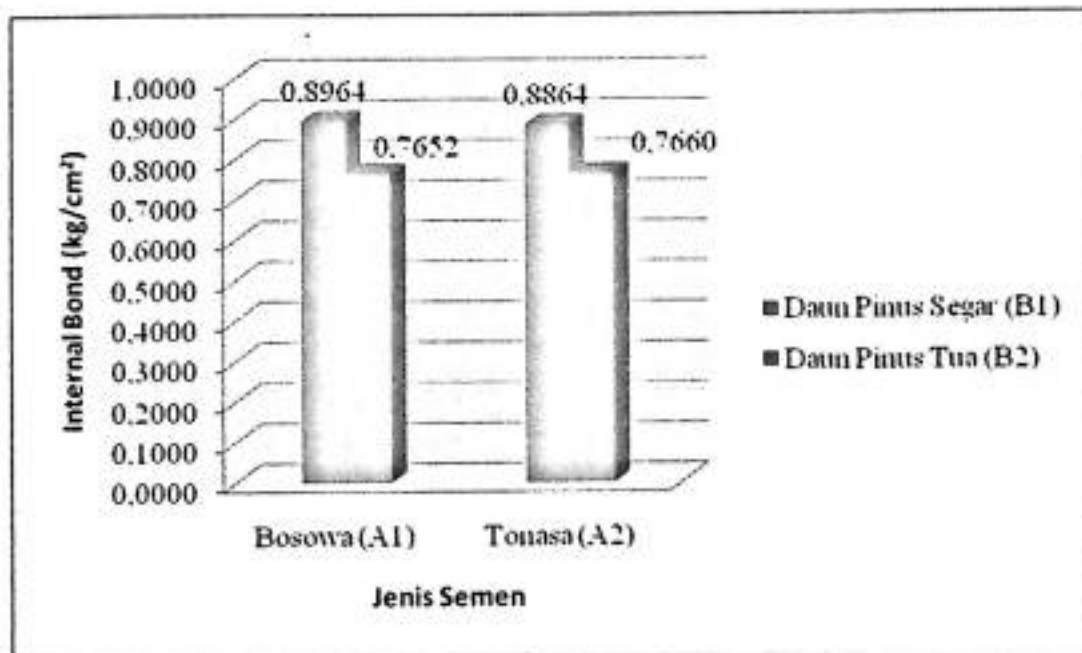


Gambar 17. Modulus Elastisitas/*Modulus of Elasticity* (MOE) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

3. Keteguhan Rekat Internal/*Internal Internal Bond* (IB)

Nilai keteguhan rekat internal (*internal bond*) papan semen daun pinus berkisar antara $0,7232 \text{ kg/cm}^2$ – $0,9457 \text{ kg/cm}^2$ (Lampiran 23) dengan *internal bond* rata-rata untuk setiap kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 18. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi perlakuan jenis semen dan jenis daun pinus serta interaksinya terhadap *internal bond* maka dilakukan analisis ragam. Hasil analisis ragam sebagaimana yang terlihat pada Lampiran 24 menunjukkan bahwa perlakuan jenis semen dan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap *internal bond* papan semen yang dihasilkan. Sedangkan perlakuan jenis daun pinus berpengaruh sangat nyata. Hasil analisis ragam mengindikasikan bahwa *internal bond* papan semen tidak tergantung pada jenis semen yang digunakan namun sangat dipengaruhi oleh jenis daun pinus yang digunakan. Hal ini diduga

disebabkan oleh tingginya zat ekstraktif pada daun pinus tua yang dapat menghambat perekatan papan semen sehingga menyebabkan *internal bond* juga menurun.



Gambar 18. Keteguhan Rekat Internal/*Internal Bond* (IB) Papan Semen Daun Pinus pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

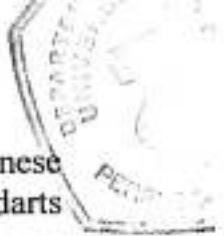
1. Suhu hidrasi dari papan semen komposit dari daun pinus yang telah mengalami perendaman air dingin selama 48 jam tergolong kategori sedang untuk dijadikan papan semen komposit.
2. Pembuatan papan semen komposit dengan menggunakan daun pinus segar akan menghasilkan sifat fisik (kerapatan, kadar air, daya serap air, pengembangan tebal, dan pengembangan linier) dan sifat mekanis (keteguhan patah, modulus elastisitas dan keteguhan rekat internal) yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan daun pinus tua.
3. Pembuatan papan semen komposit dengan menggunakan daun pinus segar akan menghasilkan kerapatan dan kadar air yang memenuhi standar JIS A 5417 1992 sedangkan papan semen dari daun pinus tua tidak memenuhi standar.

B. Saran

Untuk meningkatkan kualitas papan semen komposit dari daun pinus sebaiknya menggunakan bahan bahan baku daun pinus yang telah mengalami perendaman dalam air panas dengan menggunakan ukuran partikel yang lebih kecil untuk meningkatkan luas permukaan kontak papan semen yang dihasilkan sehingga dapat meningkatkan daya rekat dan kerapan papan semen yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmosuseno, B.S dan K. Duljapar. 1996. Kayu Komersil. PT Penebar Swadaya, Jakarta.
- Bakri, 2005. Makalah: Pemanfaatan Limbah Kayu sebagai Bahan Baku Komposit Kayu Semen. Program Studi Ilmu Pertanian, Program Pasca sarjana, Universitas Hasanuddin (Tidak Dipublikasikan).
- Beekman, H.A.J.M., 1949. Houttelt In Indonesia. Disalin Bebas Oleh M.S. Hardjo Darsuno. Bagian Pembinaan Hutan Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor
- Coretti, A.R.; Eckelman, C.A; Wolfe, R.W, 1998. Inorganic-Bonded Composite Wood Panel System for Low Cost Housing: A Central American Perspective, Forest Products Journal.
- Departemen Kehutanan. 1976. Vademecum Kehutanan Indonesia. Direktorat Jenderal Kehutanan, Jakarta.
- Dina., S. 2003. Komposit Serbuk Kayu Plastik Daur ulang : Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Kayu dan Plastik. Makalah Falsafah Sains (PPS 702) Program Pasca Sarjana / S3. IPB, Bogor
- Dransfield, S., and E.A. Widjaja (Editors). 1995. Plant Resources of South East Asia (PROSEA) No. 7: Bamboos. Backhuys Publisher Leiden.
- Fajar, 2007. Selayang Pandang Sulawesi Selatan. www.fajar.co.id/profil.php - 80k [21 September 2007].
- Gaspersz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan: Untuk Ilmu-Ilmu Pertanian, Ilmu-Ilmu Teknik, dan Biologi. CV Armico, Bandung
- Haygreen, J.G. dan J. L. Bowyer. 1993. Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar. (Alih Bahasa: S. A. Hadikusumo). Gadjra Mada University Press, Yogyakarta.
- Hermawan, D., 2001. Manufacturing of Cement Bonded Particleboard Using Carbon Dioxide Curing Technology. Disertation, Departement of Forest and biomass Science, Graduate School of the Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto.
- Husin, A. A., 2003. Pemanfaatan Limbah untuk Bahan Bangunan. <http://www.kimpraswil.go.id> [14 Juni 2007].



Japanese Standar Assosiation, 1992. Cement Bonded Particle Boards. Japanese Industrial Standar. JIS A 5417-1992. Japanese Standarts Association, Japan.

_____, 1994. Particle Boards. Japanese Industrial Standar. JIS A 5908-1994. Japanese Standarts Association, Japan.

Kamil, 1970. Prospek Pendirian Industri Papan Wol Kayu di Indonesia. Pengumuman Lembaga-lembaga Penelitian Kehutanan. Direktorat Jenderal Kehutanan. Departemen Pertanian. Bogor.

Kliwon, S., 1999. Perkembangan Penelitian dan Industri Papan Partikel dan Papan Semen Kayu di Indonesia. Proceedings Kongres Kehutanan Indonesia. Penerbit Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta.

Mahyudan, I., 2000. Pembuatan Papan Semen dari Tandan Kosong dan Sabut Kelapa Sawit dengan Menggunakan Katalis Ca(OH)_2 , CaCl_2 , dan MgCl_2 . Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian. Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Martawijaya, A., I. Kartasujana, Y. I. Mandang, dan S. A. Prawira dan K. Kadir. 1989. Atlas Kayu Indonesia. Jilid II. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.

Paribotro, S., Kliwon, dan S. Karansudirdja. 1977. Sifat Papan Semen Lima Jenis Kayu. Laporan Lembaga Penelitian Hasil Hutan No. 96. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.

Patton, W.J., 1976. Materials in Industri: Second Edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Priyono S.K.S. 2001. Komitmen Berbagai Pihak dalam Menanggulangi Illegal Logging. Konggres Kehutanan Indonesia III. Jakarta

Samekto, W. dan C. Rahmadiyanto. 2001. Teknologi Beton. Kanisius, Yogyakarta.

Semple, K.E., and P.D. Evans, 2004. Wood Cement Composites; Suitability of Western Australian malee eucalypt, Blue Gum and Melaleucas. A Report for the RIRDC/Land and Water Australia/FWPRDC/MDBC.Joint Venture Agroforestry Program.

Setyono, P., 2003. Pengembangan Teknik Pembuatan Papan Semen Partikel. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan (tidak dipublikasikan), Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

- Suh, J.S., D. Hermawan, and S. Kawai, 2000. Manufacture of Cement-Bonded Particleboard from Korean Pine and Larch by Curing of Supercritical CO₂ Fluid. *Mokchae Konghak*. 28 (4): 41 – 50.
- Soepardi, R., 1955. *Pinus merkusii* di Tanah Gayo. *Rimba, Indonesia*. 4 (6): 265-279
- Susetyowati, A.F.E., B. Subiyanto. T. Hatta, S. Ishihara, and S. Kawai, 2000. Production and Fire Resistant Performance of Cement-Bonded Particleboards and Other Wood Based Materials. *Proceedings of the Second International Wood Science Seminar*.
- Sutini, 2003. Teknologi Pembuatan Papan Semen Partikel Ringan. *Jurnal Penelitian Jurusan Teknologi Hasil Hutan (tidak dipublikasikan), Fakultas Kehutanan, IPB*.
- Steenis, C.G.G.J.Van. 2002. *Flora*. PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2004. *Taksonomi Tumbuhan: Spermatophyta*. Gadjra Mada University Press, Yogyakarta.
- Widjajakusuma, J., 2004. *Beton: Sifat Bahan Konstruksi Beton I*. Universitas Gunadarma. www.library.gunadarma.ac.id/files/disk1/9/jptgunadarma-gdl-course-2004-jackwidjaja-412-beton1a.ppt. [23 Juni 2007].

Lampiran-Lampiran

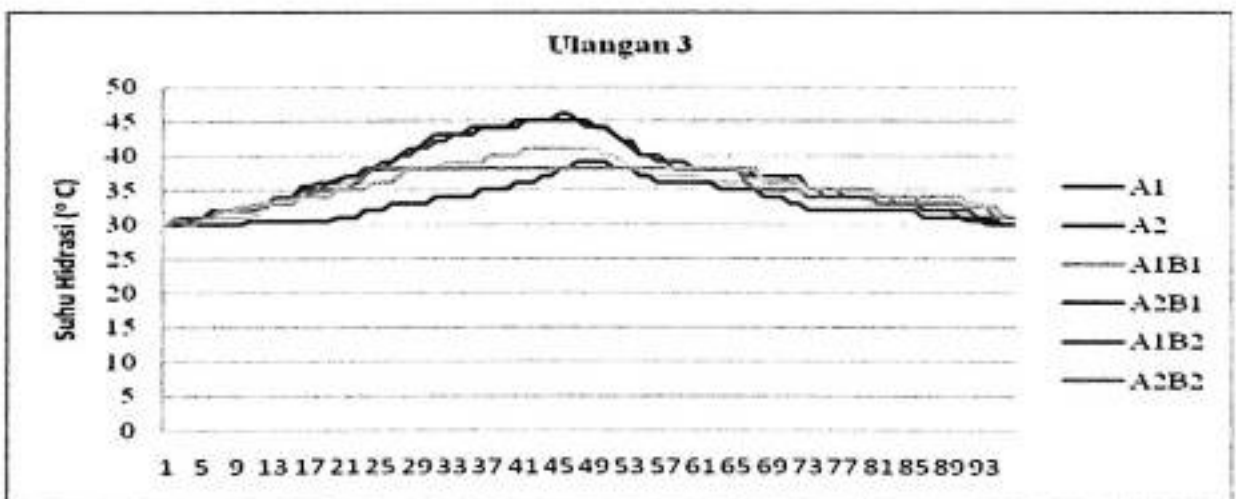
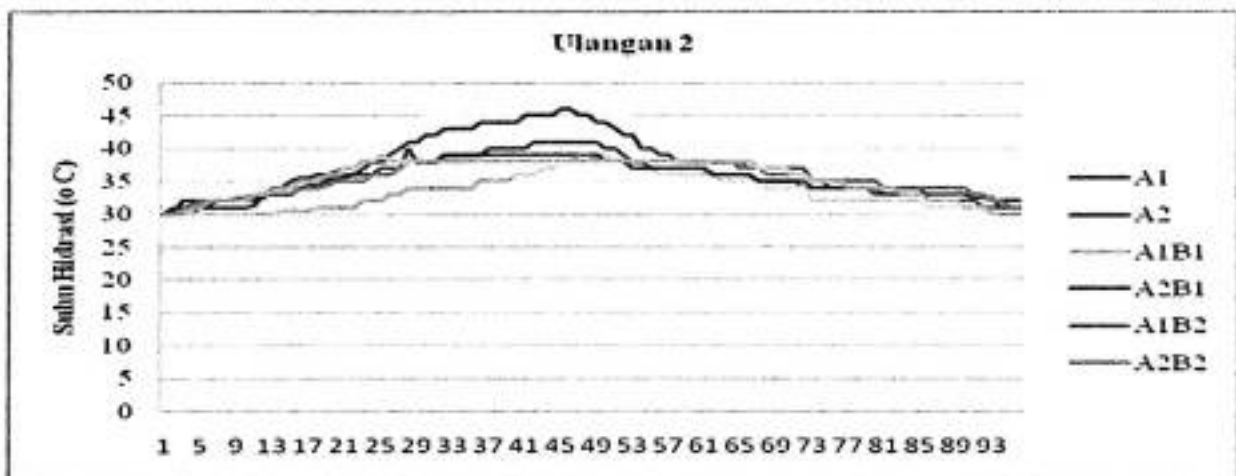
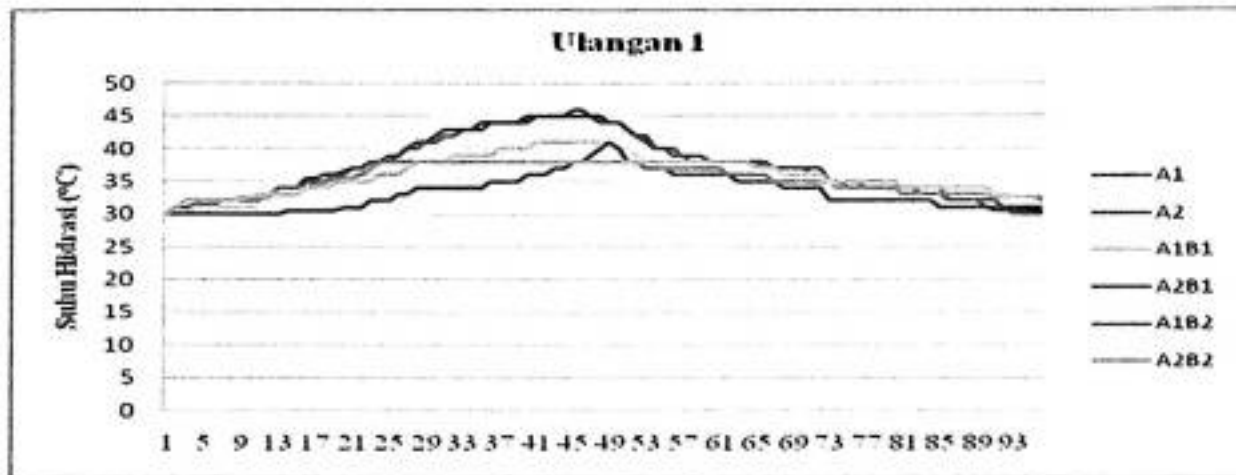
Lampiran 1. Data Pengukuran Suhu Hidrasi Papan Semen dari Daun Pinus.

No. Pengamatan	Ulangan 1						Ulangan 2						Ulangan 3					
	A1	A2	A1B1	A2B1	A1B2	A2B2	A1	A2	A1B1	A2B1	A1B2	A2B2	A1	A2	A1B1	A2B1	A1B2	A2B2
	1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2	31	31	30	30	31	31	31	30	30	30	30	30	30	31	30	30	30	31
3	31	31	30	30	32	32	31	30	30	32	31	30	30	31	30	30	30	30
4	31	31,5	31	30	32	32	31,5	30	30	32	31	30	31	31	30	30	30	30
5	31	31,5	31	30	32	32	31,5	31	30	32	32	30	31	31	31	30	30	30
6	32	31,5	31	30	32	32	31,5	31	30	32	32	30	31	31,5	31	30	30	31
7	32	32	31	30	32	32	32	31	30	32	32	30	32	32	31	30	30	32
8	32	32	31	30	32	32	32	31	30	32	32	30	32	32	31	30	30	32
9	32	32	31	30	32	32,5	32	31	30	32	32,5	30	32	32	31	30	30	32
10	32	32	31	30	32,5	32,5	32	31	30	32,5	32,5	30	32	32	31	30,5	30,5	32,5
11	33	32	31,5	30	32,5	33	32	31,5	30	32,5	33	30	33	32	31,5	30,5	30,5	32,5
12	33	33	33	30	32,5	33	33	33	30	32,5	33	30	33	33	33	30,5	32,5	33
13	34	34	34	30	34	33	34	34	30	34	33	30	34	34	34	30,5	34	33
14	34	34	34	30,5	34	33	34	34	30,5	34	33	30	34	34	34	30,5	34	33
15	34	34	34	30,5	34	33	35	34	30,5	34	33	30	34	34	34	30,5	34	33
16	35	35,5	34	30,5	34	34	35,5	34	30,5	34	34	30	35	35,5	34	30,5	34	34
17	35	35,5	34	30,5	34,5	34	35,5	34	30,5	34,5	34	30	35	35,5	34	30,5	34,5	34
18	35	36	34,5	30,5	35	34	36	34,5	31	35	34	30	35	36	34,5	30,5	34,5	34
19	36	36	35	30,5	35,5	34,5	36	35	31	35,5	34,5	30	36	36	35	30,5	35	34
20	36	36,5	35,5	31	35,5	35	36,5	35,5	31	35,5	35	30	36	36,5	35,5	31	35	35
21	37	37	36	31	35,5	35	37	36	31	35,5	35	30	37	37	36	31	35	35
22	37	37	36	31	36	35	37	36	31	36	35	30	37	37	36	31	36	35
23	38	38	36	32	37	35	38	36	32	37	35	30	38	38	36	32	37	35

24	38	38	36	32	38	36	38	38	36	38	36	32	38	38	36	38	38	32	36	38	38	32	38	36
25	39	38	36	32	38	36	38	38	36	38	37	32	38	39	36	38	39	32	36	38	39	32	38	36
26	39	39	36	33	38	36	39	38	36	39	37	33	38	38	36	38	39	33	36	39	38	33	38	36
27	40	40	37	33	38	37	40	38	37	40	37	33	38	38	37	40	38	33	37	40	38	33	38	37
28	40	41	38	34	38	38	41	38	38	41	40	34	38	38	38	40	38	34	38	40	38	33	38	38
29	41	41	38	34	38	38	41	38	38	41	38	34	38	38	38	41	38	34	38	41	38	33	38	38
30	41	42	38	34	38	38	42	38	38	42	38	34	38	38	38	41	38	34	38	41	38	33	38	38
31	42	43	38	34	38	38	42	38	38	42	38	34	38	38	38	41	38	34	38	42	38	33	38	38
32	42	43	39	34	38	38	43	38	38	43	39	34	39	38	38	42	38	34	38	42	38	34	38	38
33	43	43	39	34	38	38	43	38	38	43	39	34	39	38	38	43	38	34	38	43	38	34	38	38
34	43	43	39	34	38	38	43	38	38	43	39	34	39	38	38	43	38	34	38	43	38	34	38	38
35	44	43	39	34	38	38	43	38	38	43	39	34	39	38	38	43	38	34	38	43	38	34	38	38
36	44	44	39	35	38	38	44	38	38	44	39	35	39	38	38	44	38	35	38	44	38	34	38	38
37	44	44	40	35	38	38	44	38	38	44	40	35	39	38	38	44	38	35	38	44	38	34	38	38
38	44	44	40	35	38	38	44	38	38	44	40	35	39	38	38	44	38	35	38	44	38	34	38	38
39	44	44	40	35	38	38	44	38	38	44	40	35	39	38	38	44	38	35	38	44	38	34	38	38
40	45	44	40	36	38	38	44	38	38	44	40	36	39	38	38	45	38	36	38	44	38	35	38	38
41	45	45	41	36	38	38	45	38	38	45	40	36	39	38	38	45	38	36	38	45	38	35	38	38
42	45	45	41	36	38	38	45	38	38	45	41	36	39	38	38	45	38	36	38	45	38	35	38	38
43	45	45	41	37	38	38	45	38	38	45	41	37	39	38	38	45	38	37	38	45	38	36	38	38
44	45	45	41	37	38	38	45	38	38	45	41	37	39	38	38	45	38	37	38	45	38	36	38	38
45	45	46	41	38	38	38	46	38	38	46	41	38	39	38	38	45	38	38	38	45	38	37	38	38
46	45	46	41	38	38	38	46	38	38	46	41	38	39	38	38	45	38	38	38	45	38	37	38	38
47	45	45	41	39	38	38	45	38	38	45	41	39	39	38	38	45	38	39	38	45	38	39	38	38
48	44	45	41	40	38	38	45	38	38	45	41	39	39	38	38	44	38	39	38	44	38	39	38	38
49	44	44	41	41	38	38	44	38	38	44	41	39	39	38	38	44	38	39	38	44	38	39	38	38
50	44	44	40	40	38	38	44	38	38	44	40	39	38	38	44	38	38	39	38	44	38	39	38	38

51	43	43	40	38	38	38	43	40	38	38	38	43	43	40	38	38	38	38	38	38	38	43	43	40	38	38	38	
52	42	42	39	38	38	38	42	39	38	38	38	42	42	39	38	38	38	42	42	42	42	42	42	39	38	38	38	38
53	41	42	38	37	37	38	42	38	37	37	38	41	42	38	37	38	38	41	42	42	42	42	38	38	38	38	38	38
54	40	40	38	37	37	38	40	38	37	37	38	40	40	38	37	38	38	40	40	40	40	40	38	38	37	38	38	38
55	40	40	37	37	37	38	40	37	37	37	38	40	40	37	37	38	40	40	40	40	40	40	37	37	37	38	38	38
56	40	39	37	36	37	38	39	37	37	36	38	40	39	37	37	38	40	39	39	39	39	39	37	37	36	38	38	38
57	39	39	37	36	37	38	39	37	36	36	38	39	39	37	37	38	39	39	39	39	39	39	37	37	36	38	38	38
58	39	38	37	36	37	38	38	37	36	36	38	39	38	37	37	38	39	38	39	38	38	38	37	36	36	38	38	38
59	39	38	37	36	37	38	38	37	36	36	38	39	38	37	37	38	39	38	39	38	38	38	37	36	36	38	38	38
60	38	38	37	36	37	38	38	37	36	36	38	38	38	37	37	38	38	38	38	38	38	38	37	36	36	38	38	38
61	38	38	37	36	37	38	38	37	36	36	38	38	38	37	37	38	38	38	38	38	38	38	37	36	36	38	38	38
62	38	38	36	36	36	38	38	36	36	36	38	38	38	36	36	38	38	38	38	38	38	38	36	36	36	38	38	38
63	38	38	36	35	36	38	38	36	35	36	38	38	38	36	35	38	38	38	38	38	38	38	36	35	35	38	38	38
64	38	38	36	35	36	38	38	36	35	36	38	38	38	36	35	38	38	38	38	38	38	38	36	35	35	38	38	38
65	38	38	36	35	36	37	38	36	35	36	37	38	38	36	35	37	38	38	38	38	38	38	36	35	35	38	38	38
66	38	37	36	35	36	37	37	36	35	36	37	37	37	36	35	38	38	38	38	38	38	38	36	35	35	38	38	38
67	37	37	35	35	35	37	37	35	35	35	37	37	37	35	35	37	37	37	37	37	37	37	35	35	35	38	38	38
68	37	37	35	34	35	36	37	35	34	35	36	37	37	35	36	37	37	37	37	37	37	35	35	34	35	36	36	36
69	37	37	35	34	35	36	37	35	34	35	36	37	37	35	36	37	37	37	37	37	37	35	35	34	35	36	36	36
70	37	37	35	34	35	36	37	35	34	35	36	37	37	35	36	37	37	37	37	37	37	35	35	34	35	36	36	36
71	36	37	35	34	35	36	37	35	34	35	36	37	37	35	36	37	36	36	36	36	36	35	35	34	35	36	36	36
72	36	37	34	34	35	36	37	34	34	34	36	37	37	34	34	36	36	36	36	36	36	34	34	33	35	36	36	36
73	35	35	34	32	35	35	35	34	32	35	35	35	35	34	34	35	35	35	35	35	35	34	34	32	34	35	35	35
74	35	35	34	32	34	35	35	34	32	34	35	35	35	34	34	35	35	35	35	35	35	34	34	32	34	35	35	35
75	35	34	34	32	34	35	34	34	32	34	35	34	34	34	34	35	35	35	35	35	35	34	34	32	34	35	35	35
76	35	34	34	32	34	35	34	34	32	34	35	34	34	34	34	35	35	35	35	35	35	34	34	32	34	35	35	35
77	34	34	34	32	34	35	34	34	32	34	35	34	34	34	34	35	34	34	34	34	34	34	34	32	34	35	35	35

Lampiran 2. Grafik Pengukuran Suhu Hidrasi Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.



Lampiran 3. Kerapatan Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah di-curing Selama 28 Hari.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	1,02	0,94
	2	0,99	0,90
	3	0,95	1,03
	4	0,94	1,02
	5	0,94	0,92
	Total	4,84	4,81
	Rata-rata	0,97	0,96
Daun pinus tua (B2)	1	0,79	0,77
	2	0,74	0,80
	3	0,85	0,77
	4	0,73	0,86
	5	0,83	0,76
	Total	3,94	3,96
	Rata-rata	0,78	0,63

Lampiran 4. Tabel Analisis Ragam Kerapatan Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di-curing Selama 28 Hari.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,14104	-			
A	1	0,00004	0,00004	0,30 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	1,141	1,141	53,303**	4,49	8,53
AB	1	0,00004	0,00004	0,008 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	0,042	0,003			
Total	19	0,184				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 5. Kadar Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di-curing selama 28 hari.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	13,11	12,06
	2	13,90	12,71
	3	13,24	13,44
	4	12,13	13,51
	5	14,26	14,52
	Total	66,64	66,24
	Rata-rata	13,33	13,25
Daun pinus tua (B2)	1	14,94	14,44
	2	13,26	15,88
	3	13,75	15,00
	4	15,19	15,12
	5	14,67	14,95
	Total	71,81	75,39
	Rata-rata	14,36	15,08

Lampiran 6. Tabel Analisis Ragam Kadar Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Di-curing Selama 28 hari.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	11,551	-			
A	1	0,506	0,506	0,818 ^m	4,49	8,53
B	1	10,253	10,253	16,590 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	0,792	0,792	1,282 ^m	4,49	8,53
Galat	16	9,889	0,618			
Total	19	21,439				

Keterangan: ******) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^m) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 7. Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 2 jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	30,98	31,49
	2	28,21	28,52
	3	33,38	36,19
	4	35,70	33,88
	5	31,29	29,82
	Total	159,56	159,91
	Rata-rata	31,91	31,98
Daun pinus tua (B2)	1	40,90	44,77
	2	41,12	45,04
	3	50,70	45,61
	4	39,76	53,42
	5	41,52	40,70
	Total	214,00	229,54
	Rata-rata	42,80	45,91

Lampiran 8. Tabel Analisis Ragam Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 2 Jam.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	793,935	-			
A	1	12,609	12,609	0,858 ^{ln}	4,49	8,53
B	1	769,792	769,792	52,392 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	11,552	11,552	0,786 ^{ln}	4,49	8,53
Galat	16	235,089	14,693			
Total	19	1029,042				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{ln}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 9. Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 24 jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	39,20	39,09
	2	41,04	38,21
	3	40,32	42,96
	4	39,39	39,96
	5	39,50	38,42
	Total	199,45	198,64
	Rata-rata	39,89	39,73
Daun pinus tua (B2)	1	58,24	58,81
	2	56,59	51,08
	3	58,00	48,02
	4	47,01	65,94
	5	61,07	55,57
	Total	280,91	279,42
	Rata-rata	56,18	55,88

Lampiran 10. Tabel Analisis Ragam Daya Serap Air Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Direndam Selama 24 jam.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	1316,379	-			
A	1	0,264	0,264	0,0138 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	1316,091	1316,091	64,251 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	0,023	0,023	0,001 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	327,737	20,484			
Total	19	1644,115				

Keterangan: ^{**}) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 11. Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	0,73	0,63
	2	0,48	0,67
	3	0,51	0,61
	4	0,78	0,73
	5	0,56	0,85
	Total	3,06	3,49
	Rata-rata	0,61	0,70
Daun pinus tua (B2)	1	3,85	4,42
	2	6,56	4,36
	3	4,94	6,18
	4	6,67	4,74
	5	4,05	6,77
	Total	26,07	26,47
	Rata-rata	5,21	5,29

Lampiran 12. Tabel Analisis Ragam Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	105,788045	-			
A	1	0,034	0,034	0,045 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	105,754	105,754	138,254**	4,49	8,53
AB	1	0,000045	0,000045	0,000059 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	12,239	0,765			
Total	19	292,609				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata



Lampiran 13. Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Jenis Semen (Faktor A)		
	Ulangan	Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	0,83	0,78
	2	0,68	0,84
	3	0,61	0,85
	4	0,88	0,81
	5	0,72	0,93
	Total	3,71	4,21
	Rata-rata	0,74	0,84
Daun pinus tua (B2)	1	5,37	6,17
	2	8,26	5,66
	3	6,92	7,80
	4	7,89	7,74
	5	5,61	8,27
	Total	34,05	35,64
	Rata-rata	6,81	7,13

Lampiran 14. Tabel Analisis Ragam Pengembangan Tebal Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	190,992				
A	1	0,216	0,216	0,287 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	190,715	190,715	253,045**	4,49	8,53
AB	1	0,06	0,06	0,080 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	12,059	0,754			
Total	19	203,051				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 15. Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	0,12	0,09
	2	0,16	0,19
	3	0,23	0,21
	4	0,14	0,21
	5	0,18	0,28
	Total	0,83	0,98
	Rata-rata	0,17	0,20
Daun pinus tua (B2)	1	0,71	0,49
	2	0,54	0,65
	3	0,68	0,72
	4	0,73	0,65
	5	0,56	0,44
	Total	3,22	2,95
	Rata-rata	0,64	0,59

Lampiran 16. Tabel Analisis Ragam Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 2 Jam.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,960	-			
A	1	0,001	0,001	0,102 ^m	4,49	8,53
B	1	0,950	0,950	134,154 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	0,009	0,009	1,245 ^m	4,49	8,53
Galat	16	0,113	0,007			
Total	19	1,073				

Keterangan: ^{**}) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^m) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 17. Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	0,24	0,28
	2	0,29	0,29
	3	0,32	0,33
	4	0,28	0,30
	5	0,36	0,41
	Total	1,49	1,61
	Rata-rata	0,30	0,32
Daun pinus tua (B2)	1	1,00	1,09
	2	1,19	1,26
	3	1,09	1,02
	4	1,34	1,38
	5	0,95	0,95
	Total	5,57	5,7
	Rata-rata	1,11	1,14

Lampiran 18. Tabel Analisis Ragam Pengembangan Linier Rata-Rata Papan Semen Komposit Setelah Perendaman Selama 24 Jam

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	3,444	-			
A	1	0,007	0,007	0,977 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	3,436	3,436	350,64**	4,49	8,53
AB	1	0,001	0,001	0,75 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	0,241	0,015			
Total	19	3,685				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 19. Keteguhan Patah/*Modulus of Rupture* (MOR) Rata-Rata Papan Semen Komposit.

Jenis Daun (Faktor B)	Ulangan	Jenis Semen (Faktor A)	
		Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	103,5994	96,6885
	2	101,7691	108,5479
	3	107,4357	104,5323
	4	100,9392	109,4099
	5	100,2690	99,3209
	Total	514,0124	518,4995
	Rata-rata	102,8025	103,6999
Daun pinus tua (B2)	1	85,4907	84,1344
	2	80,8652	82,8365
	3	87,4196	79,3533
	4	83,3306	89,0744
	5	85,1846	81,0645
	Total	422,2907	416,4630
	Rata-rata	84,4581	83,2926

Lampiran 20. Tabel Analisis Ragam Keteguhan Patah/*Modulus of Rufture* (MOR) Rata-Rata Papan Semen Komposit.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	1882,52	-			
A	1	0,90	0,90	0,006 ⁱⁿ	4,49	8,53
B	1	1877,11	1877,11	126,421 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	5,32	5,32	0,358 ⁱⁿ	4,49	8,53
Galat	16	237,569	14,848			
Total	19	212,088				

Keterangan: ^{**}) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

ⁱⁿ) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 21. Modulus Elastisitas (MOE) Rata-Rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.

Jenis Daun (Faktor B)	Jenis Semen (Faktor A)		
	Ulangan	Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	43782,9334	24390,4946
	2	22460,5808	19794,6105
	3	31743,4222	39543,2607
	4	19768,4573	31244,4081
	5	21251,6298	21368,3862
	Total	139007,0234	136341,1602
	Rata-rata	27801,4047	27268,2320
Daun pinus tua (B2)	1	15576,5021	16084,3118
	2	12256,9945	11313,5003
	3	17244,2755	13926,2427
	4	13772,2968	11343,5122
	5	13885,1867	15316,2924
	Total	72735,2557	67983,8595
	Rata-rata	14547,0511	13596,7719

Lampiran 22. Tabel Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	909217565	-			
A	1	2750786,999	2750786,999	0,062 ^{ln}	4,49	8,53
B	1	906249305,6	906249305,6	20,524 ^{**}	4,49	8,53
AB	1	217472,353	217472,353	0,005 ^{ln}	4,49	8,53
Galat	16	706492955,7	44155809,732			
Total	19	1615710521				

Keterangan: ******) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{ln}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata



Lampiran 23. *Internal Bond* (IB) Rata-rata Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.

Jenis Daun (Faktor B)	Jenis Semen (Faktor A)		
	Ulangan	Bosowa (A1)	Tonasa (A2)
Daun pinus segar (B1)	1	0,8751	0,8979
	2	0,8625	0,9403
	3	0,9086	0,8257
	4	0,9457	0,8626
	5	0,8900	0,9053
	Total	4,4819	4,4318
	Rata-rata	0,8964	0,8864
Daun pinus tua (B2)	1	0,7847	0,7695
	2	0,7856	0,7668
	3	0,7232	0,7869
	4	0,7731	0,7389
	5	0,7592	0,7677
	Total	3,8258	3,8298
	Rata-rata	0,7652	0,7660

Lampiran 24. Analisis Ragam *Internal Bond* (IB) Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F _{hit}	F _{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,79				
A	1	0,000106	0,000106	0,108 ^{tn}	4,49	8,53
B	1	0,079	0,079	80,578**	4,49	8,53
AB	1	0,000146	0,000146	0,149 ^{tn}	4,49	8,53
Galat	16	13,822	0,001			
Total	19	0,095				

Keterangan: **) Pengaruh Perlakuan Sangat Nyata

^{tn}) Pengaruh Perlakuan Tidak Nyata

Lampiran 25. Hasil Uji Tukey Kualitas Papan Semen Komposit dari Daun Pinus.

No.	Jenis Daun	Sifat Fisik						Sifat Mekanis			Hasil Uji Tukey		
		Kr (g/cm ³)	Ka (%)	Daya Serap Air (%)		Peng. Tebal (%)		Peng. Linear (%)		MOR (kg/cm ²)		MOE (kg/cm ²)	IB (kg/cm ²)
1.	Segar	0,965	13,3	2 Jam 31,945	24 Jam 39,81	2 Jam 5,25	24 Jam 0,79	2 Jam 0,185	24 Jam 0,31	103,251	27534,818	0,8914	a
2.	Tua	0,79	14,7	44,355	56,03	0,66	6,97	0,615	1,13	83,8754	14071,912	0,7656	b