

**PEMANFAATAN KARBON DIOKSIDA (CO₂) UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS PAPAN SEMEN
KOMPOSIT BERBAHAN BAKU KAYU KEMIRI
(*Aleurites moluccana* Wild.)**

**HERPINA YANTI
M 121 03 035**



PERPUSTAKAAN	
Tgl. Terima	20-5-08
Akademi	Kehutanan
Banyaknya	1 Bks
Harga	Gratis
No. Investasi	61
No. Klas	Skr. KH08

YANI
P.

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

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Pemanfaatan Karbon Dioksida (CO₂) untuk Meningkatkan Kualitas Papan Semen Komposit Berbahan Baku Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.)**

Nama : **Herpina Yanti**

NIM : **M 121 03 035**

Program studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kehutanan

pada

Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

**Menyetujui,
Komisi Pembimbing**

Pembimbing I



Suhasman, S.Hut., M.Si.

Pembimbing II



Ir. Bakri, M. Sc.

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



Ir. Beta Putranto, M.Sc.

Nip. 130 792 980

Tanggal Lulus : 14 Mei 2008

ABSTRAK

Herpina Yanti (M 121 03 035). Pemanfaatan Karbon Dioksida (CO₂) untuk Meningkatkan Kualitas Papan Semen Komposit Berbahan Baku Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.) di bawah Bimbingan Suhasman dan Bakri.

Papan semen komposit memiliki keunggulan antara lain tahan terhadap api, jamur dan serangga, memiliki kestabilan dimensi yang tinggi, memiliki sifat kedap suara yang baik dan mudah dikerjakan, namun memiliki kekurangan dalam proses pembuatannya yang cukup lama terutama pada proses *curing* yang mencapai ± 28 hari untuk itu perlu diadakan inovasi diantaranya dengan pemanfaatan karbon dioksida (CO₂). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas papan semen komposit kayu kemiri dengan memanfaatkan CO₂ untuk percepatan *curing*. Penelitian ini berlangsung dari bulan Desember 2007 sampai bulan April 2008. Pengambilan sampel di Kecamatan Camba, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Pembuatan dan pengujian sifat mekanik papan semen komposit dilakukan di UPTD (Unit Pelaksana Teknis Dinas) Pemanfaatan Sumber Daya Lokal, Dinas Pekerjaan Umum dan Pemukiman, Makassar. Pemotongan papan dilakukan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan. Perlakuan injeksi CO₂ dan pengujian sifat fisik dilakukan di laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan.

Kayu kemiri terlebih dahulu dibuat partikel lalu di campur dengan semen dan air dan dikempa selama 24 jam, setelah itu dimasukkan ke dalam alat injeksi CO₂. Pengujian kesesuaian antara bahan baku dengan semen dilakukan dengan pengujian suhu hidrasi, sedangkan pengujian kualitas papan berdasarkan JIS A 5417 1994 dengan pengujian pada sifat fisik dan sifat mekanik papan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran suhu hidrasi kayu kemiri tergolong tidak baik, yaitu kurang dari 55°C. Pengujian sifat fisik papan semen komposit meliputi kerapatan tertinggi (0,94 g/cm³) pada kondisi gas CO₂ selama 10 menit dan terendah (1,07 g/cm³) pada kontrol suhu 80°C selama 10 jam. Kadar air tertinggi (5,557%) pada kondisi cair CO₂ selama 30 menit dan terendah (2,053%)

pada kondisi superkritis CO₂ selama 60 menit. Daya serap air perendaman 2 jam tertinggi (51,86%) pada superkritis CO₂ selama 10 menit dan terendah (20,41%) pada kondisi superkritis CO₂ selama 60 menit. Daya serap air pada perendaman 24 jam tertinggi (57,263%) pada kondisi cair CO₂ selama 30 menit dan terendah (38,02%) pada kontrol suhu 80°C selama 10 jam. Pengembangan linier pada perendaman 2 jam tertinggi (2,079%) pada kontrol 80°C selama 10 jam dan terendah (2,079%) pada kondisi gas CO₂ selama 10 menit. Pengembangan linier perendaman 24 jam tertinggi (2,155%) pada kontrol 28 hari dan terendah (0,313%) pada kondisi gas CO₂ selama 60 menit. Pengembangan tebal perendaman 2 jam tertinggi (3,915%) pada kontrol 80°C selama 10 jam dan terendah (0,249%) pada kondisi gas CO₂ selama 60 menit. Pengembangan tebal perendaman 24 jam tertinggi (7,328%) pada kontrol suhu 80°C selama 10 jam dan terendah (0,249%) pada kondisi gas CO₂ selama 60 menit. Pengujian sifat mekanik meliputi internal bond (IB) tertinggi (1,790 kgf/cm²) pada kondisi cair selama 60 menit dan terendah (0,713 kgf/cm²) pada kondisi gas CO₂ selama 10 menit. Modulus patah (MoR) tertinggi (62,470 kgf/cm²) pada kondisi gas CO₂ selama 30 menit dan terendah (47,880 kgf/cm²) pada kondisi cair CO₂ selama 30 menit. Modulus elastisitas (MoE) tertinggi (6851,195 kgf/cm²) pada kondisi cair CO₂ selama 30 menit dan terendah (1492,335 kgf/cm²) pada kondisi gas CO₂ selama 10 menit.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'Alaikum Warahimatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji syukur kita panjatkan hanya dan akan hanya untuk **Allah SWT**. Atas rahmat, ridho dan taufiq-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul "**Pemanfaatan Karbon Dioksida (CO₂) untuk Meningkatkan Kualitas Papan Semen Komposit Berbahan Baku Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.)**". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program studi Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Shalawat dan salam tetap tercurah pada Baginda **Rasulullah Muhammad SAW**; sosok yang telah mengantarkan manusia dari lembah kehinaan menuju puncak kemuliaan. Manusia agung yang mampu memandu semesta dunia dalam cahaya dan pencerahan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, tidak lepas dari bimbingan, arahan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu sepantasnyalah penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

- Keluarga Tercinta : Ayahanda **H. Baharuddin** dan Ibunda **Hj. Muliati**,
Kakak-kakakku : **Henita Rahma Yanti, Haryanto, S.E.**, serta Adik tersayang : **Herdina, Herlinda, Heryaldi dan Hernadya Putri**. *Terima kasih atas do'anya, gelar ini kupersembahkan untuk kalian.*

- **Bapak Dr. Ir. H. Muh. Restu, M. Si.** selaku Dekan Fakultas Kehutanan, **Bapak Dr. Ir. Yusran Jusuf, M. Si (PD II)** serta **Bapak Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M. Sc. (PD III)** yang telah banyak membantu dalam kelancaran kegiatan akademik penulis.
- **Bapak Suhasman, S. Hut., M. Si.** selaku pembimbing I dan **Bapak Ir. Bakri, M. Sc.** selaku pembimbing II yang selalu bersedia meluangkan waktu untuk diskusi, memberikan ide, arahan, dan bijaksana menyikapi keterbatasan pengetahuan penulis, serta ilmu dan pengetahuan yang berharga baik dalam penelitian ini maupun selama menempuh kuliah.
- **Bapak Ir. Baharuddin, MP.** selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan nasehat-nasehat demi kelancaran kegiatan akademik penulis.
- **Bapak Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M. Sc., Bapak Ir. Beta Putranto, M. Sc., dan Ibu Detti Yuniarti, S. Hut., MP** selaku penguji yang selalu memberikan saran serta kritiknya demi kesempurnaan skripsi ini.
- Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Pegawai Fakultas Kehutanan.
- Rekan-rekan sesama penelitian Papan Komposit (Ifa, tiwi, yayu) yang selalu memberikan kesabaran semangat serta senantiasa berbagi dalam keterbatasan ilmu penulis (*Ca yoo..tetap berjuang friend*).
- Rekan-rekan sesama KKN Gelombang X dan rekan-rekan sesama PU Gelombang XIV, *I will remember you all..*
- Rekan-rekan sesama berjuang Forester'03 (Daud, azhim, achil, athi, irenk, fika, rina, idha, anthi, antieq dan rekan-rekan yang tidak dapat saya sebutkan

namanya)..*saya tidak akan melupakan segala kebaikan kalian, semoga kalian semua berhasil..*

- **Bapak Kepala Desa Bontomanai Muh.Basir, S.Sos** serta seluruh warganya.
- Rekan-rekan mahasiswa Kehutanan (*Forester '01 dan Forester '02*) serta adik-adik junior.
- *Thanks for ; Kak heru..* terima kasih atas segala bantuannya selama penelitian.
- *Special for ; Ekha, kak Bur dan Kak Asry..Thanks atas doa, motivasi dan inspirasinya..*

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan suatu karya ilmiah tidaklah mudah, tidak tertutup kemungkinan dalam penyusunan skripsi ini terdapat kekurangan. Karena itu dengan segala keikhlasan, kerendahan hati serta tangan terbuka, sumbangan saran, koreksi maupun kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Penulis telah mengusahakan yang terbaik demi kesempurnaan skripsi ini, tapi sempurna adalah kepunyaan-Nya dan penulis hanyalah manusia biasa. Semoga apa yang telah kita perbuat selama ini bermanfaat dan mendapat ridho di sisi-Nya dan menyinari langkah kita selalu, Amiin.

Wallahu mustaam billahi taufik walhidayah

Wassalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Mei 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Papan Semen	4
B. Semen sebagai Bahan Pengikat.....	6
C. Suhu Hidrasi	8
D. Kayu Kemiri sebagai Bahan Baku Alternatif	9
E. Kegunaan Karbon Dioksida (CO ₂)terhadap Papan Semen	9
III. METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat	14
B. Alat dan Bahan	14

C. Prosedur Kerja	
1. Persiapan Bahan Baku	15
2. Mengukur Suhu Hidrasi	16
3. Membuat Papan Semen	17
4. Pemberian Perlakuan CO ₂ pada Papan Semen	17
D. Pengujian	
1. Sifat Fisik	
a. Kerapatan	21
b. Kadar Air	21
c. Daya Serap Air	22
d. Pengembangan Tebal dan Pengembangan Linier	22
2. Sifat Mekanis	23
a. Keteguhan Patah (MOR).....	23
b. Modulus Elastisitas (MOE)	24
c. Keteguhan Rekat Internal (IB)	25
E. Analisis Data	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Suhu Hidrasi Papan Semen Komposit	28
B. Sifat Fisik	
1. Kerapatan	30
2. Kadar Air	33
3. Daya Serap Air	36
4. Pengembangan Linier	40
5. Pengembangan Tebal	41
C. Sifat Mekanis	
1. Internal Bond (IB)	45
2. Keteguhan Patah (MOR)	48
3. Modulus Elastisitas (MOE)	51
D. Gambaran Umum Papan Semen Kayu Kemiri	55

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	57
B. Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 10 menit terhadap Kerapatan.....	31
2.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 30 menit terhadap Kerapatan	32
3.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 60 menit terhadap Kerapatan.....	32
4.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ Pada Kondisi yang Berbeda Terhadap Kadar Air.....	34
5.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ Pada Waktu yang Berbeda Terhadap Kadar Air.....	35
6.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 10 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam	37
7.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 30 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam	38
8.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 60 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam	38
9.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Kondisi CO ₂ Terhadap Daya Serap Air 24 jam	39
10.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Waktu pemberian CO ₂ terhadap Pengembangan Tebal 2 jam	42
11.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Kondisi CO ₂ Terhadap Pengembangan Tebal 24 jam.....	43
12.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Waktu CO ₂ Terhadap Pengembangan Tebal 24 jam.....	44
13.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 10 menit Terhadap IB	46

14.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 30 menit Terhadap IB	47
15.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 60 menit Terhadap IB	47
16.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 10 menit Terhadap MoR	49
17.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 30 menit Terhadap MoR	50
18.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 60 menit Terhadap MoR	51
19.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 10 menit Terhadap MoE	52
20.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 30 menit Terhadap MoE	53
21.	Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO ₂ selama 60 menit Terhadap MoE	54
21.	Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Komposit Kayu Kemiri	54

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Fase yang Menunjukkan Daerah Superkritis dari CO ₂	12
2.	Pengukuran Suhu Hidrasi	16
3.	Pengempaan Papan dan Sistem Klem yang Digunakan	18
4.	Alur Pembuatan Papan Semen	19
5.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji	20
6.	Seperangkat Alat Injeksi CO ₂	20
7.	Alat Pengujian MoR dan MoE	25
8.	Alat Pengujian <i>Internal Bond</i> (IB)	25
9.	Histogram Suhu Hidrasi	28
10.	Histogram Kerapatan Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 10 menit	31
11.	Histogram Kerapatan Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 30 menit	31
12.	Histogram Kerapatan Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 60 menit	32
13.	Histogram Kadar Air Papan Semen pada Kondisi CO ₂	34
14.	Histogram Kadar Air Papan Semen pada waktu CO ₂	35
15.	Histogram Daya Serap Air 2 jam Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 10 menit	37
16.	Histogram Daya Serap Air 2 jam Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 30 menit	37
17.	Histogram Daya Serap Air 2 jam Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 60 menit	38

18.	Histogram Daya Serap Air 24 jam pada Kondisi CO ₂	39
19.	Histogram Pengembangan Linier Papan Semen Komposit Kayu Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i> Wild.)	41
20.	Histogram Pengembangan Tebal 2 jam pada Waktu CO ₂ yang berbeda	42
21.	Histogram Pengembangan Tebal 24 jam pada Kondisi CO ₂ yang Berbeda	43
22.	Histogram Pengembangan Tebal 24 jam pada Waktu CO ₂ yang Berbeda	44
23.	Histogram <i>Internal Bond</i> (IB) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 10 menit	46
24.	Histogram <i>Internal Bond</i> (IB) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 30 menit	46
25.	Histogram <i>Internal Bond</i> (IB) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 60 menit	47
26.	Histogram <i>Modulus of Rufture</i> (MoR) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 10 menit	49
27.	Histogram <i>Modulus of Rufture</i> (MoR) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 30 menit	50
28.	Histogram <i>Modulus of Rufture</i> (MoR) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 60 menit	50
29.	Histogram <i>Modulus of Elasticity</i> (MoE) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 10 menit	52
30.	Histogram <i>Modulus of Elasticity</i> (MoE) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 30 menit	53
31.	Histogram <i>Modulus of Elasticity</i> (MoE) Papan Semen pada Injeksi CO ₂ selama 60 menit	53

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Pengukuran Suhu Hidrasi Papan Semen dari Kayu Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i> Wild.)	61
2.	Gambar Grafik Suhu Hidrasi pada Papan Semen Kayu kemiri (<i>Aleurites moluccana</i> Wild.)	44
3.	Data Pengukuran Sifat Fisik Papan Semen Kayu Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i> Wild.)	64
4.	Data Pengukuran Sifat Mekanik Papan Semen Kayu Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i> Wild.)	68
5.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kerapatan ...	70
6.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Kadar Air	70
7.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Daya Serap Air 2 jam	70
8.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Daya Serap Air 24 jam	70
9.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Linier 2 jam	71
10.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Linier 24 jam	71
11.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Tebal 2 jam	71
12.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap Pengembangan Tebal 24 jam	72
13.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap <i>Internal Bond</i> (IB).....	72

14.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap <i>Modulus of Elasticity</i> (MoE)	72
15.	Analisis Ragam Pengaruh Perlakuan Terhadap <i>Modulus of Rupture</i> (MoR).....	72

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Papan semen komposit di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang sudah berkembang pesat yang digunakan sebagai bahan bangunan. Pembuatan papan semen komposit di Indonesia baru dalam tahap perkembangan disebabkan karena masyarakatnya yang belum tertarik untuk menggunakan papan semen tersebut. Ketidaktertarikan ini disebabkan karena produk ini harganya mahal, faktor keamanan dan ketidakpuasan akan bentuk rumah yang selalu direnovasi. Namun, produk ini memiliki prospek yang potensial untuk dikembangkan dengan melihat bahan baku yang cukup banyak.

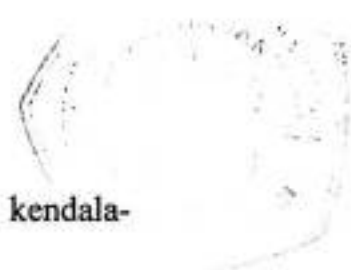
Papan semen komposit merupakan papan tiruan yang dibuat dari campuran partikel atau serat kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya yang menggunakan semen sebagai perekatnya. Papan semen komposit memiliki keunggulan antara lain tahan terhadap api, jamur dan serangga, memiliki kestabilan dimensi yang tinggi, memiliki sifat kedap suara yang baik dan mudah dikerjakan (Jufriah dan Rosita, 2004). Papan semen memiliki kekurangan dalam proses pembuatannya terutama pada proses *curing* papan yang cukup lama yaitu sekitar \pm 28 hari untuk mendapatkan ikatan yang sempurna sehingga kurang efisien untuk digunakan dalam skala industri.

Kayu kemiri dalam pembudidayaannya cukup digemari dalam pengembangan hutan rakyat, khususnya di Sulawesi Selatan. Data statistik yang tercatat pada Dinas Perkebunan Sulawesi Selatan (1997) menunjukkan bahwa luas

areal kemiri di Sulawesi Selatan tahun 1997 sekitar 44.660 ha mampu memenuhi 44% kebutuhan kemiri nasional. Banyak masyarakat yang menanam kemiri sebab buahnya dapat digunakan sebagai kosmetik, teknologi industri dan bumbu masak (Sunanto, 1994). Namun, kayunya tidak dapat digunakan untuk kebutuhan perumahan, hanya digunakan pada lapisan dalam venir, tusuk gigi, sumpit makan, peti dan barang kerajinan.

Pemilihan bahan baku penelitian didasarkan pada pengembangan hutan rakyat Kemiri yang kian hari terjadi penurunan produksi, sedangkan diketahui terdapat 79 % pohon kemiri atau sekitar 216 pohon/ha dari luas lahan Kabupaten Maros sebesar 9.200 ha sebagai penghasil kemiri terbesar di Sulawesi Selatan yang sudah berumur tua (rata-rata berumur 45 tahun) dan tidak produktif lagi (Yusran, 2002). Sehingga kayu kemiri sebagai potensi lokal harus dimanfaatkan dan ditingkatkan mutunya dengan adanya diversifikasi produk seperti papan semen komposit.

Upaya memanfaatkan kayu kemiri sebagai bahan baku papan komposit telah diteliti pada penelitian sebelumnya, berdasarkan hasil penelitian oleh Sasmito (2007) menunjukkan bahwa cabang kemiri dengan perekat semen memiliki MOE (*Modulus of Elasticity*) yang baik, selain itu kayu kemiri dengan perekat semen *Bosowa* memiliki MOE yang cukup memuaskan dan kayu kemiri dengan perekat semen *Tonasa* memiliki MOR (*Modulus of Rupture*) yang cukup memuaskan pula pada Helmiati (2007), namun pada hasil penelitian Fadilah (2007) bahwa kayu kemiri dengan ukuran partikel yang bervariasi menghasilkan papan semen komposit dengan kualitas rendah. Dengan demikian



kualitasnya perlu ditingkatkan dengan adanya inovasi dalam mengatasi kendala-kendala diatas dengan beberapa alternatif yang perlu dikembangkan diantaranya yaitu penggunaan karbondioksida (CO_2) baik dalam kondisi cair, gas maupun superkritis dalam proses *curing* sehingga proses tersebut dapat dipercepat. Proses *curing* dengan menggunakan karbondioksida ini telah diteliti diluar negeri dengan bahan baku yang berbeda antara lain Hermawan (2001) dan Moslemi (1992) namun belum dikembangkan di dalam negeri.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian dalam penggunaan CO_2 baik dalam kondisi cair, gas maupun superkritis dalam peningkatan kualitas dan mempercepat proses *curing* papan semen komposit sebagai salah satu papan menjadi sangat penting. Salah satu upayanya adalah mengadakan penelitian pemanfaatan CO_2 untuk peningkatan kualitas produksi dan waktu *curing* papan semen dari kayu kemiri.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui kualitas papan semen komposit dari kayu kemiri yang dibuat dengan memanfaatkan CO_2 baik dalam kondisi cair, gas maupun superkritis untuk percepatan *curing* berdasarkan parameter sifat fisik dan mekanisnya. Kegunaan penelitian ini adalah sebagai bahan informasi tentang pemanfaatan kayu kemiri sebagai bahan baku dan pemanfaatan CO_2 untuk mempercepat proses *curing* dari papan semen komposit, selain itu hasil penelitian ini diharapkan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan teknologi baru dalam peningkatan kualitas papan semen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Papan Semen

Menurut Sutigno, dkk (1977) papan semen komposit 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 kecil, seperti tatal, serpih dan serbuk gergaji. Pembuatan papan semen merupakan salah satu usaha dalam pemanfaatan limbah kayu.

Di negara - negara produsen komposit kayu semen, bentuk produk yang dihasilkan sangat beragam yang umumnya digunakan sebagai komponen struktur bangunan. Selain dalam bentuk papan (panel kayu), produk ini juga bisa dibentuk sesuai penggunaannya seperti keramik, atap, saluran, tiang dan lain - lain (Bakri, 2005). Sehingga papan partikel yang menggunakan perekat semen cocok untuk pemakaian dinding eksterior dan interior (Haygreen dan Bowyer, 1996).

Maloney (1977) dalam Mahyudan (2000) mengatakan bahwa dalam pembuatan papan semen diperlukan sejumlah partikel kayu dimana setelah dilakukan pencampuran dengan bahan perekatnya selanjutnya dilakukan pengempaan sesuai dengan target kerapatan yang diinginkan. Pengempaan campuran partikel yang berasal dari kayu dengan kerapatan rendah dapat menimbulkan kontak antar partikel yang lebih tinggi pula. Peningkatan

kerapatan papan semen akan mengakibatkan semakin rapat dan semakin luasnya daerah kontak akan partikel serta pemakaian perekat menjadi lebih efektif sehingga akan menghasilkan kekuatan lembaran yang lebih tinggi.

Kerapatannya yang tinggi menyebabkan papan semen partikel sulit dipotong dan dipasang sehingga menjadi penghambat dalam perkembangannya. Biaya produksi papan semen partikel sebagian besar dipengaruhi oleh harga dari semen itu sendiri. Hal ini disebabkan kayu hanya menyusun kira-kira 25% dari berat produk dan kurang dari 10% biaya bahan yang dijadikan papan semen partikel (Haygreen dan Bowyer, 1996). Blankenhorn *et al.*, (1990) dalam Handayani (2006) struktur papan yang lebih padat akan menyerap air lebih sedikit dalam lingkungan sekitarnya dibandingkan dengan struktur lembaran papan yang kurang padat, sehingga pengembangan papan semen partikel lebih rendah. Besarnya kerapatan akan mempengaruhi penyerapan air dan pengembangan tebal papan semen. Menurut Bakri, dkk (2006) terjadi peningkatan sifat fisik dan mekanik papan semen dengan bertambahnya proporsi semen dalam pembuatan papan.

Menurut Meulenhoff dan Tambunan (1980) dalam Setyono (2003) papan semen dengan kerapatan 1.400 kg/m^3 memiliki :

1. Sifat fisis

a. Pengembangan tebal setelah direndam dalam air sebagai berikut :

- Selama 2 jam : 0,2 – 0,6%
- Selama 24 jam : 0,6 – 1,2%

- b. Daya hantar panas sebesar $0,155 \text{ kkal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
 - c. Isolasi terhadap suara adalah 32 dB untuk ketebalan panil 12 mm
2. Sifat mekanis
- a. Keteguhan tekan sebesar 150 kg/cm^2
 - b. Kekuatan patah sebesar $120 - 180 \text{ kg/cm}^2$
 - c. Daya rentang tegak lurus panil sebesar $6 - 9 \text{ kg/cm}^2$.

B. Semen sebagai Bahan Pengikat

Moslemi (1974) menyatakan bahwa semen *portland* adalah unsur kunci lain dalam papan partikel semen yang secara substansial dapat mempengaruhi sifat akhir papan dan memiliki pengaruh utama secara ekonomi terhadap pembuatannya. Menurut Simatupang (1974) dalam Helmiati (2007) semen dibagi menjadi dua macam berdasarkan fungsinya sebagai perekat yaitu semen *portland* dan semen *sorell*. Semen *portland* ialah perekat hidrolisis yang dapat mengeras apabila bersenyawa dengan air dan akan membentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Sedangkan semen *sorell* dibuat dari campuran bahan MgCl_2 dan MgO . Ditinjau dari ketahanan terhadap air, diketahui bahwa ketahanan semen *sorell* hampir sama dengan gypsum, yaitu mudah terdegradasi oleh air, oleh karena itu semen *sorell* tidak cocok digunakan untuk produksi bahan bangunan yang akan dipakai diluar ruangan, berbeda dengan semen *portland*. Semen *portland* cenderung lebih tahan terhadap air dan mempunyai sifat perekatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan semen *sorell*. Melihat dua sifat ini maka semen yang umum dipakai dalam pembuatan papan semen adalah semen *portland*.

Menurut Setyono (2003) semen berfungsi sebagai bahan pengikat dan memiliki ketahanan terhadap api, air, jamur dan serangan rayap. Sedangkan menurut Samekto dan Rahmadiyanto (2001) semen sebagai bahan pengikat partikel dalam pembuatan papan semen sebab semen adalah bahan pengikat hidrolisis berupa bubuk halus yang dengan cara menghaluskan klingker (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. Menurut Patton (1976) komposisi kimia semen *portland* terdiri atas empat komponen utama, yaitu:

1. *Tricalcium Silicate*, 3CaOSiO_2 (C_3S)
2. *Dicalcium Silicate*, 2CaOSiO_2 (C_2S)
3. *Tricalcium Aluminate*, $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ (C_3A)
4. *Tetracalcium Aluminoferrite*, $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)

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

- a. Jenis I : untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada jenis lain.
- b. Jenis II : untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

- c. Jenis III : untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV : untuk penggunaan yang memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V : untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

C. 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 sehingga zat ekstraktif dapat menghambat pengerasan semen (Setyono, 2003). Perbedaan waktu dan suhu hidrasi campuran semen dan kayu dengan waktu atau suhu hidrasi semen menunjukkan tingkat penghambatan pengerasan semen (Pinion, 1968 *dalam* Sutigno, dkk 1977).

Pengukuran suhu hidrasi mengacu pada metode Hermawan (2001) dilakukan dengan menggunakan kotak *styrene foam* kedap udara dimana kedalamnya dimasukkan suatu wadah berisikan partikel, semen dan air dengan perbandingan 1: 13,3 : 6,65. Termokopel dimasukkan lewat penutup kemudian ditutup rapat agar tidak ada panas yang keluar dan dihubungkan dengan *recorder*, 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.

Standar Puslitbang Hasil Hutan Bogor, suhu hidrasi kurang dari 36°C digolongkan tidak baik, 36 - 41°C digolongkan sedang dan lebih dari 41°C digolongkan baik untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan semen

menurut (Sutigno, dkk 1977). Sedangkan Kamil (1970) menyatakan bahwa suhu hidrasi lebih dari 60°C adalah baik, 55° - 60°C sedang dan kurang dari 55°C tidak baik.

Banyak pendekatan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kesesuaian kayu sebagai bahan baku papan semen diantaranya dengan penyimpanan dan penggunaan bahan mineral. Penyimpanan yang dianjurkan umumnya selama 14 sampai 20 minggu. Selama penyimpanan kadar gula dalam kayu dapat mencapai kadar minimum (Hermawan, 2001).

D. Kayu Kemiri sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Papan Semen Komposit

Sistematika kayu kemiri menurut Paimin (1997) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantarum</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Klass	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Archichlamydae</i>
Familia	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Aleurites</i>
Spesies	: <i>Aleurites moluccana</i> Wild.

Menurut Martawijaya, dkk (2005) struktur anatomi kayu kemiri di antaranya memiliki pori berbentuk lonjong dan hampir seluruhnya soliter, sebagian bergabung 2-3 dalam arah radial, kadang-kadang sampai 11, tersebar merata dengan frekuensi 1-2 per mm², diameter 120-220 μ, bidang perforasi sederhana. Panjang serat 1443 μ dengan diameter 25,9 μ. Warna kayu kemiri

putih/putih keabu-abuan/putih kotor. Bertekstur kasar dan berserat lurus, berberat jenis 0,31 (0,23-0,44) dan kelas kuat IV-V. Komponen kimia kayu kemiri terdiri atas kandungan selulosa berkisar 44,4%, lignin 24,9 %, pentosan 16,1 %, kadar abu 1,4 % dan silika 0 %. Kelarutan dengan alkohol benzena 2,9%, air dingin dan air panas masing-masing 3,8% dan 4,9%, sedangkan kelarutan NaOH 1% sebesar 17,0%.

Kemiri adalah jenis tanaman atau pohon yang sudah dikenal oleh masyarakat sejak lama. Jenis ini digolongkan dalam jenis pohon serbaguna karena kayu dan buahnya menghasilkan komoditas perdagangan yang cukup potensial. Selain itu kemiri tidak hanya digunakan sebagai tanaman industri, tetapi dapat tumbuh pada lahan-lahan marginal dan dapat berfungsi sebagai pencegah erosi dan pengatur tata air. (Kadir, 2000).

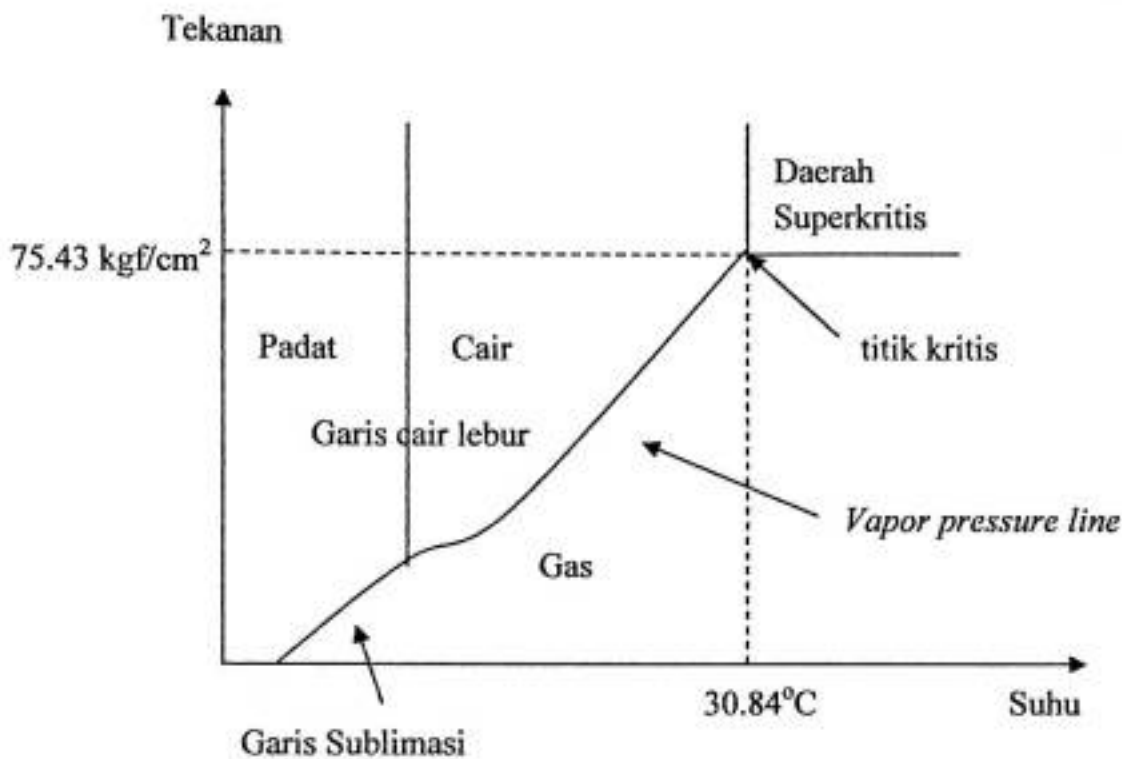
E. Kegunaan Karbon Dioksida (CO₂) terhadap Papan Semen

Karbon dioksida (CO₂) adalah suatu molekul yang dapat melarutkan molekul-molekul organik non polar dengan baik menurut (Chipperfield,1999). Hermawan (2001) mengemukakan bahwa teknologi karbonisasi didasarkan pada fakta bahwa kapur (Ca(OH)₂) ketika bereaksi dengan karbon dioksida, membentuk batu kapur (CaCO₃) dan air (H₂O). Reaksi ini sangat lambat dalam penggunaan semen pada proses konvensional karena kandungan karbon dioksida di udara sangat rendah. Meskipun demikian, sangat mungkin untuk membuat reaksi tersebut lebih cepat dengan memasukkan gas karbon dioksida kedalam papan semen partikel pada tahap pengepresan. Percepatan pembentukan dari Calcium Silicate Hydrate (Ca₃Si₂O₇3H₂O) dan

Calcium Carbonat (CaCO_3) dari hidrasi semen saling mengikat satu sama lain pada permukaan kayu sehingga menghasilkan papan dengan kekuatan yang tinggi (Hermawan *et al.*, 2001)

Pada proses pembuatan papan semen, pemberian gas CO_2 dan superkritis CO_2 setelah pengempaan ke dalam papan semen partikel mampu mempercepat proses *curing* dan dapat meningkatkan kualitas papan yang dihasilkan. Sifat papan semen partikel yang dibuat dengan metode konvensional meningkat signifikan dengan perlakuan *supercritical* CO_2 selama 90 menit, nilai *Modulus of Rupture* (MOR) dan *Modulus of Elasticity* (MOE) papan dengan perlakuan *supercritical* CO_2 masing-masing $234,53 \text{ kg/cm}^2$ dan $53.001,04 \text{ kg/cm}^2$ lebih tinggi dibandingkan dengan nilai MOR dan MOE papan yang dibuat dengan metode konvensional masing-masing $113,19 \text{ kg/cm}^2$ dan $35.690,06 \text{ kg/cm}^2$, dengan nilai *internal bond* (IB) tinggi dan pengembangan tebal yang rendah (Hermawan *et al.*, 2000).

Karbon dioksida murni memiliki titik kritis pada suhu dan tekanan masing-masing $30,84^\circ\text{C}$ dan $75,43 \text{ kg/cm}^2$ (Kitao *et al.*, 1998). Pemberian suhu dan tekanan CO_2 di atas titik kritis menghasilkan fase superkritis (gambar 1) yang memiliki ciri antara gas dan cair.



Gambar 1. Fase yang menunjukkan Daerah Superkritis dari CO₂ (Kitao *et al.*, 1998)

Penambahan karbon dioksida (CO₂) berakibat terhadap perubahan struktur hidrasi semen, dimana kalsium karbonat (CaCO₃) terbentuk secara sempurna dan baik. Pembentukan ini diakibatkan oleh hidrasi semua komponen dasar semen. Hal tersebut dipercaya berkaitan dengan hidrasi kalsium silikat pada permukaan kayu. Cairan semen kemudian mengalir ke dalam celah dan lumen sel pada permukaan kayu yang kasar. Interaksi tersebut memberikan kekuatan yang unggul dalam campuran semen. Oleh karena itu, proses tersebut mungkin memberikan kontribusi terhadap kekuatan (Hermawan, 2001). Hasil penelitian Hermawan, et al., (2002) menunjukkan bahwa proses pematangan (*curing*) dari papan semen komposit dari kelapa sawit dengan menggunakan superkritis CO₂ tidak mempersyaratkan menggunakan jenis akselerator/katalis, sebab dari

menggunakan CO₂ tersebut sudah mempercepat proses pengeringan, selain itu dapat meningkatkan MOR dan MOE papan semen komposit serta kekuatan IB juga meningkat dengan keteguhan lengkung yang dihasilkannya setara dengan metode konvensional dengan *curing* selama 2 minggu.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2007 sampai bulan April 2008, dengan pengambilan sampel di Desa Sawaru, Kecamatan Camba, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Pembuatan dan Pengujian Sifat mekanik papan semen dilakukan di UPTD (Unit Pelaksana Teknis Dinas) Pemanfaatan Sumber Daya Lokal, Dinas Pekerjaan Umum dan Pemukiman, Makassar. Pemotongan papan dilakukan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikan Produk Hasil Hutan. Perlakuan Injeksi CO₂ dan pengujian sifat fisik dilakukan di Laboratorium Sifat Dasar dan Teknologi Kimia Hasil Hutan, Program Studi Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *hammer mill*, kotak *styrene foam*, gelas plastik, tabung reaksi, termometer, *stop watch*, wadah plastik/ember, kain kasa, alat kempa, cetakan ukuran 15 cm x 10 cm x 1 cm, saringan 9 *mesh*, 12 *mesh*, 17 *mesh*, 22 *mesh*, 80 *mesh* dan 100 *mesh*, *sprayer*, *oven*, sarung tangan, desikator, penangas air, plastik klip, gunting, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, *calipper* dengan ketelitian 0,05 mm, *micrometer* dengan ketelitian 0,01 mm, plat besi, baut 14, kunci 14, stik besi ukuran 1 cm x 1 cm x 35 cm, seng tipis (panjang 15 cm), *Universal Testing Machine* (UTM), Seperangkat alat injeksi CO₂ dan alat tulis menulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah partikel kayu kemiri, semen *portland*, air, CO₂, es batu, minyak *barko*, plastik, *aluminium foil*, isolasi dan kertas label.

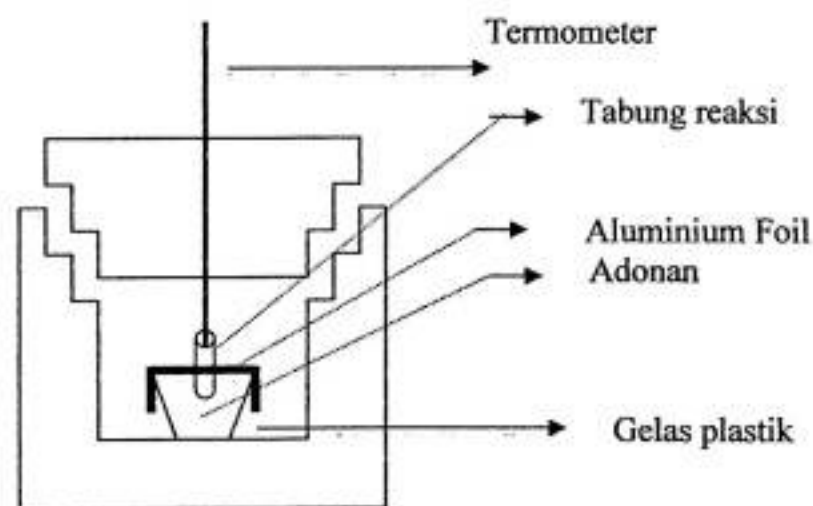
C. Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan bahan baku
 - a. Sampel uji yang digunakan adalah kayu kemiri
 - b. Kayu Kemiri di buat menjadi partikel kayu dengan cara di giling dalam *hammer mill* lalu di ayak. Partikel yang digunakan untuk bagian tengah (*core*) yaitu partikel yang lolos pada saringan 9 *mesh* dan tertahan pada saringan 12 *mesh*, sedangkan untuk bagian depan (*face*) dan bagian belakang (*back*) menggunakan partikel dengan saringan 17 *mesh* dan tertahan pada saringan 22 *mesh*. Untuk mengukur suhu hidrasi menggunakan partikel dengan saringan 80 *mesh* dan tertahan pada saringan 100 *mesh*.
 - c. Untuk melarutkan zat ekstraktif pada partikel kayu, maka terlebih dahulu dilakukan perendaman partikel dengan air pada suhu kamar selama 48 jam dan mengganti airnya tiap 24 jam lalu mengeringkan partikel tersebut di atas kain kasa, kemudian disimpan dalam plastik klip. Selanjutnya kadar airnya dihitung hingga mencapai kisaran 30 – 50%, setelah mencapai kisaran kadar air tersebut partikel kayu telah siap digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan semen komposit.

2. Mengukur suhu hidrasi

Bahan yang digunakan dalam mengukur suhu hidrasi adalah partikel yang lolos dari saringan 80 *mesh* dan tertahan pada saringan 100 *mesh*, semen dan air. Mencampur partikel, semen dan air dengan perbandingan 1 : 13,3 : 6,65, kemudian diaduk sampai homogen. Memasukkan adonan tersebut ke dalam gelas plastik dengan penutup dan dibungkus dengan *aluminium foil*, setelah itu menancapkan tabung reaksi berisi minyak *barko* ke dalam adonan, kemudian memasukkannya ke dalam kotak *styrene foam* yang kedap udara. Selanjutnya memasukkan termometer ke dalam tabung reaksi yang berisi minyak *barko* melalui penutup kotak yang telah dilubangi tengahnya, dan mengusahakan agar tidak ada panas yang keluar dari kotak *styrene foam*. Kemudian mencatat variasi suhu selama 24 jam dengan interval waktu pengukuran setiap 15 menit.



Gambar 2. Pengukuran Suhu Hidrasi

Pengukuran suhu hidrasi dilakukan dengan mengacu pada standar menurut Kamil (1970), yang dilakukan dengan mencatat kenaikan suhu setiap 15 menit selama 24 jam. Dalam periode tertentu suhu maksimum akan tercapai, suhu maksimum itulah yang dipakai sebagai ukuran suatu bahan bisa dipakai sebagai bahan baku papan semen.

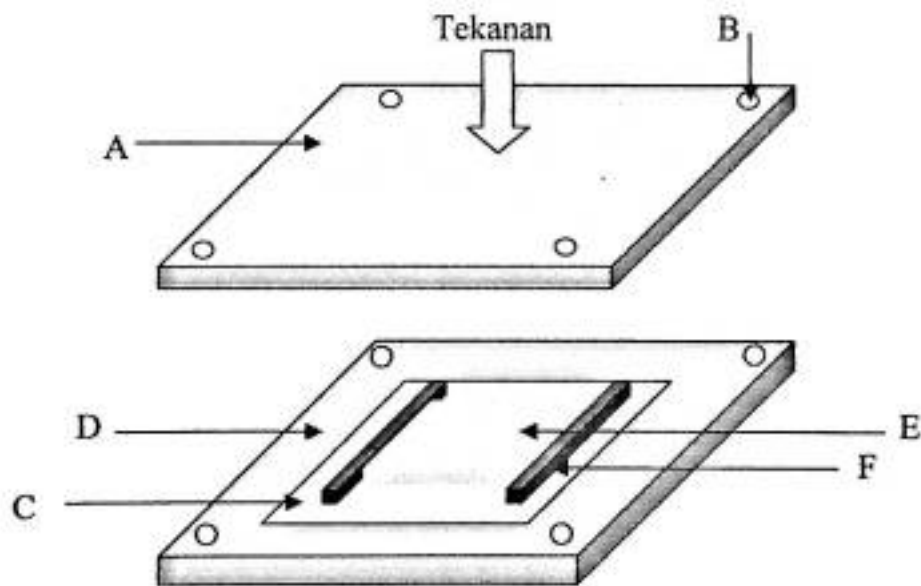
3. Membuat papan semen

Papan semen partikel dibuat dengan perbandingan partikel, semen dan air adalah 1 : 2,5 : 1,25. Kerapatan sasaran 1,2 g/cm³. Adonan dibuat dengan mencampur partikel, semen dan air sampai homogen. Pembuatan adonan terdiri atas tiga bagian yaitu bagian depan (*Face*), tengah (*core*), dan belakang (*back*) dengan perbandingan 15% : 75% : 15%. Pembuatan lembaran papan dilakukan diatas plastik dan plat besi dengan cetakan ukuran 15 cm x 10 cm x 5 cm. Papan yang ada pada plat besi dikempa sampai ketebalan 1 cm dan baut-bautnya dikencangkan (Gambar 3), setelah itu papan diklem selama 24 jam (*setting proses*). Kemudian papan dikeluarkan dari plat besi lalu dipotong-potong (gambar 5) dan ditimbang, setelah itu diletakkan di ruangan untuk pengerasan lanjutan (*curing*) pada suhu ruangan selama ± 28 hari atau selama 4 minggu sebagai kontrol dan sebagai control oven dimasukkan dalam oven selama 10 jam pada suhu 80⁰C.

4. Pemberian perlakuan CO₂ pada papan semen

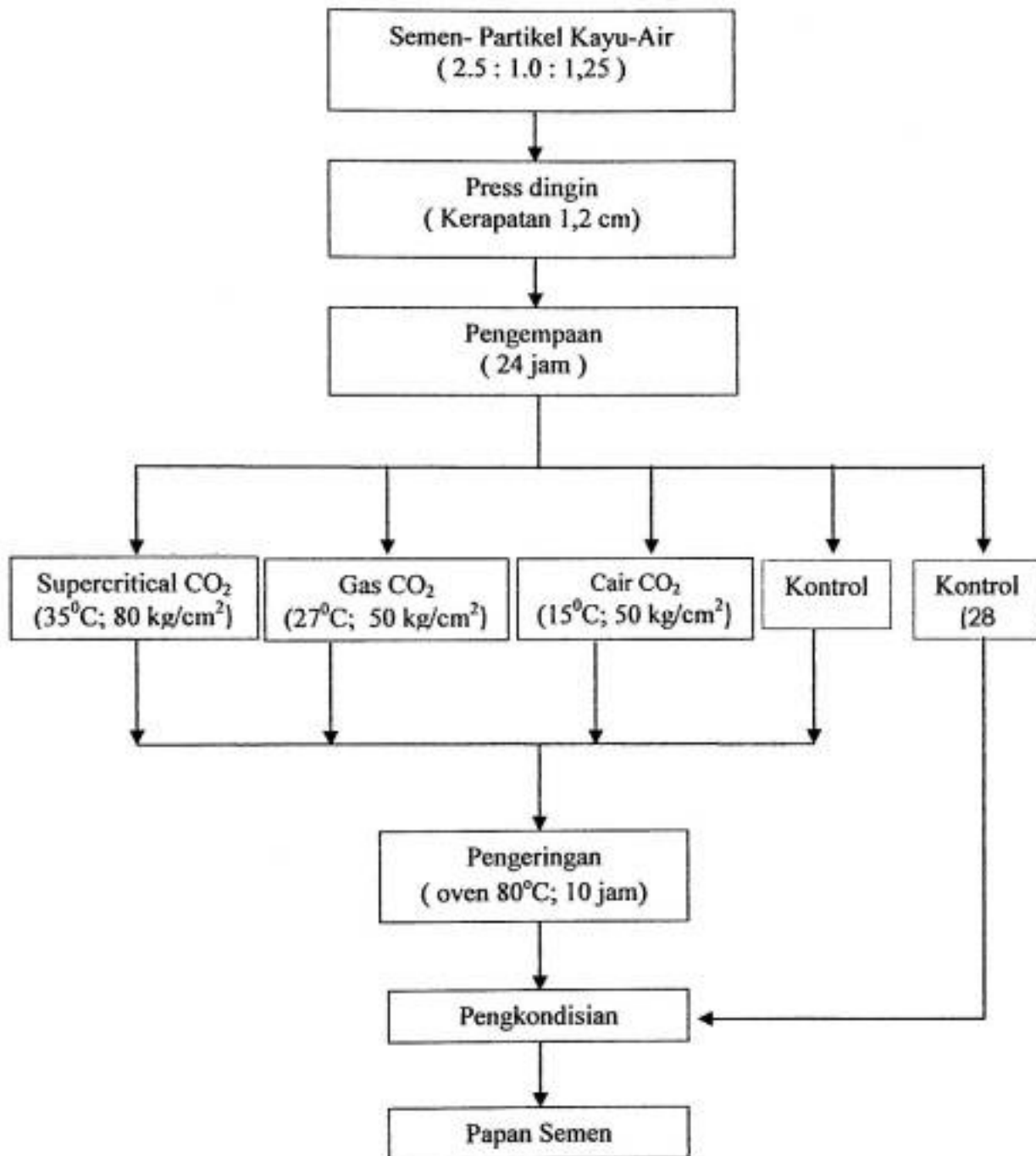
Papan yang baru dikeluarkan dari plat besi yang telah dipotong-potong tersebut kemudian ditimbang selanjutnya dimasukkan dalam tabung, lalu didalam tabung tersebut dialirkan CO₂ untuk pengerasan lanjutan (*curing*)

dalam 3 kondisi, yaitu : 1. Kondisi superkritis CO₂ pada suhu 35°C dan tekanan 80 kg/cm², 2. Kondisi gas CO₂ pada suhu 27°C dan tekanan 50 kg/cm², 3. Kondisi cair CO₂ pada suhu 15°C dengan tekanan 50 kg/cm². Setelah itu suhu dipertahankan masing-masing selama 10, 30 dan 60 menit, setiap selang waktu tersebut mencatat kenaikan atau penurunan suhunya, lalu papan dikeluarkan dari dalam tabung kemudian ditimbang dan langsung dimasukkan dalam oven selama 10 jam pada suhu 80°C, setelah itu dimasukkan dalam desikator selama ± 15 menit kemudian ditimbang dan papan semen tersebut siap untuk diuji sifat fisik dan mekaniknya. Alur pembuatan papan semen komposit dapat dilihat pada (gambar 4).

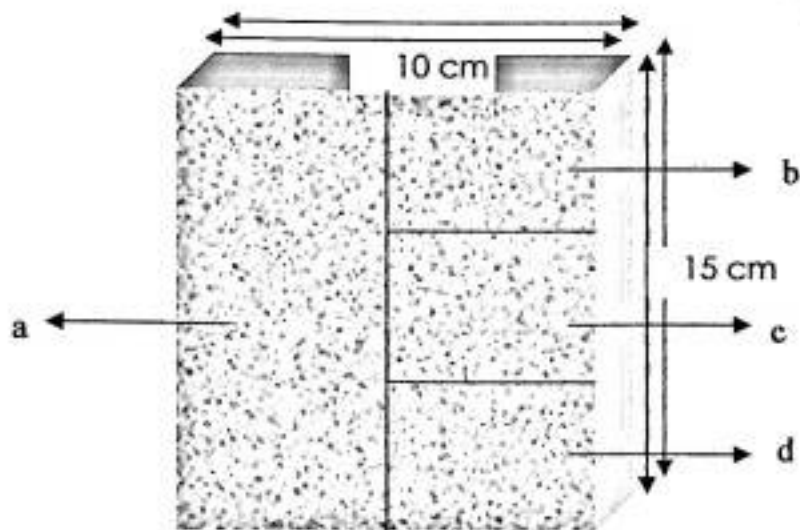


Gambar 3. Pengempaan Papan dan Sistem Klem yang Digunakan : (A) = Plat besi bagian atas, (B) = Lubang baut, (C) = Plastik transparan, (D) = Plat besi bagian bawah, (E) = Campuran, (F) = Stik besi 1 cm x 1 cm x 35 cm.

Berikut adalah alur pembuatan papan semen :



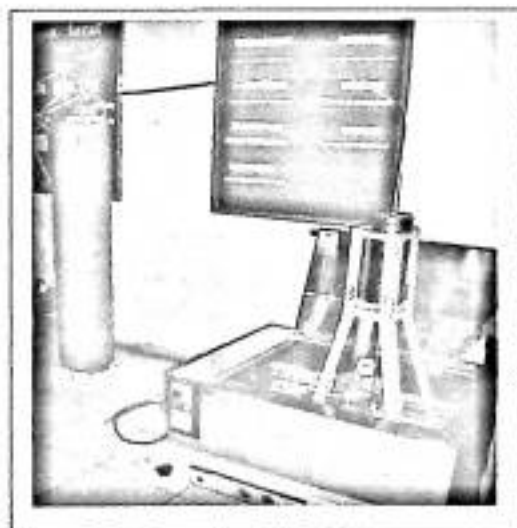
Gambar 4. Alur pembuatan papan semen



Gambar 5. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji

Keterangan :

- a. = Contoh uji untuk keteguhan patah MOR dan modulus elastisitas atau MOE (15 cm x 5 cm)
- b. = Contoh uji *Internal Bond* (5 cm x 5 cm)
- c. = Contoh uji daya serap air, pengembangan tebal dan pengembangan linier (5 cm x 5 cm)
- d. = Contoh uji kerapatan dan kadar air (5 cm x 5 cm)



Gambar 6. Seperangkat Alat Injeksi CO₂.

D. Pengujian

Pengujian kualitas papan dilakukan dengan mengamati parameter sifat fisik dan mekanisnya, yang dilakukan berdasarkan standar JIS A 5417 - 1992 yaitu:

a. Sifat fisik

1. Kerapatan (ρ)

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

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

Keterangan :

ρ = Kerapatan (g/cm^3)

B = Berat contoh uji kering udara (g)

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

2. Kadar air (KA)

Kadar air papan semen 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 :

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

Keterangan :

KA = Kadar air (%)

BA = Berat awal (kering udara)

BKO = Berat akhir (kering oven)

3. Daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan bersama dengan pengujian pengembangan tebal dan linier. 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)

4. Pengembangan tebal dan Pengembangan linier (P)

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 (%)

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

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

b. Sifat mekanis

1. *Modulus of Rufture* (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 8. MOR contoh uji dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

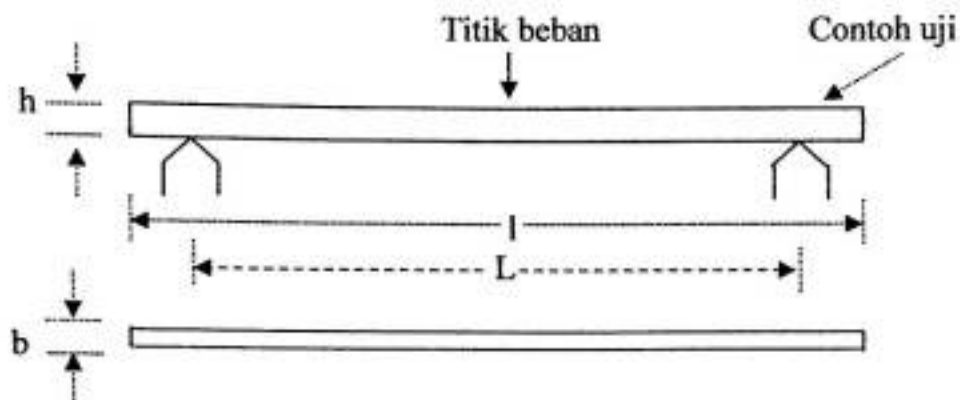
MoR = Keteguhan patah (kgf/cm²)

P = Beban maksimum (kgf)

L = Jarak sangga (cm)

b = Lebar contoh uji (cm)

h = Tebal contoh uji (cm)



Gambar 7. Pengujian Keteguhan Patah (MoR)

Keterangan :

l : Panjang contoh uji

L : Jarak sangga

h : Tebal contoh uji

b : Lebar contoh uji

2. Modulus of Elasticity (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 :

$$\text{MoE} = \frac{\Delta P L^3}{4 \Delta Y b h^3}$$

Keterangan :

MoE = Modulus Elastisitas (kgf/cm^2)

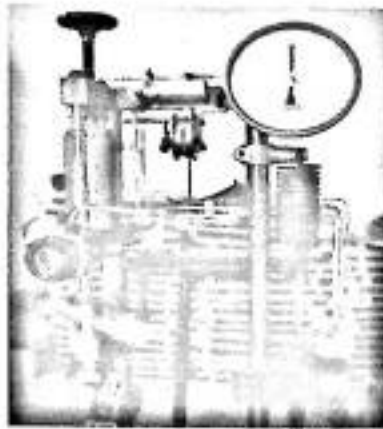
ΔP = Perubahan beban yang digunakan (kgf)

ΔY = Perubahan defleksi setiap perubahan beban (cm)

L = Jarak sangga (cm)

h = Tebal contoh uji (cm)

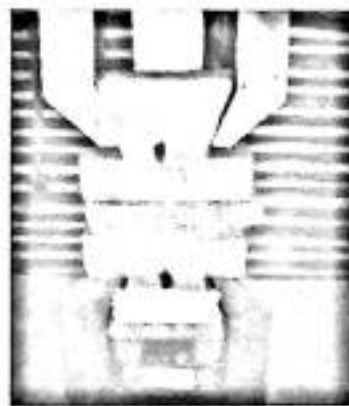
b = Lebar contoh uji (cm)



Gambar 7. Alat Pengujian *Modulus of Rupture* (MoR) dan *Modulus of Elasticity* (MoE)

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

Pengujian Keteguhan rekat dilakukan dengan merekatkan kedua permukaan papan pada balok besi kemudian balok besi tersebut ditarik secara berlawanan. Cara pengujian *Internal Bond* ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Alat Pengujian *Internal Bond* (IB)

Nilai keteguhan rekat (*Internal Bond*) dapat dihitung dengan rumus :

$$IB = \frac{P}{b_1 \times b_2}$$

Keterangan :

IB = Keteguhan rekat (kgf/cm²)

P = Beban Maksimum (kgf)

b₁, b₂ = Lebar contoh uji (cm)

E. Analisis Data

Penelitian pemanfaatan CO₂ untuk meningkatkan kualitas papan semen Komposit kayu Kemiri, dilakukan dengan analisis Faktorial dengan dasar RAL untuk mengetahui pengaruh perlakuan antara pemberian CO₂ pada fase cair, gas dan superkritis dengan waktu injeksi (10, 30 dan 60 menit), di mana setiap kombinasi perlakuan diulang masing-masing sebanyak empat kali yang terdiri atas 2 faktor, yaitu:

1. Perlakuan injeksi CO₂ yang terdiri atas 3 taraf:

A₁ = Perlakuan pada fase/kondisi cair

A₂ = Perlakuan pada fase/kondisi gas

A₃ = Perlakuan pada fase/kondisi superkritis

2. waktu yang digunakan yang terdiri atas 3 taraf:

B₁ = Waktu injeksi 10 menit

B₂ = Waktu injeksi 30 menit

B₃ = Waktu injeksi 60 menit

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.

Guna mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan dan apabila hipotesis nol ditolak, yang berarti paling sedikit ada dua nilai tengah perlakuan yang berbeda, maka perlu dilakukan uji lanjut untuk melacak perbedaan di antara nilai tengah perlakuan tersebut, yaitu dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan rumus sebagai berikut :

$$W = q_{\alpha(p, f_e)} \cdot s_y$$

Dimana :

W = Nilai uji Tukey

q_{α} = Nilai tabel Tukey

p = Jumlah perlakuan

f_e = Derajat bebas galat

s_y = Galat baku nilai tengah $(KTG/r)^{1/2}$

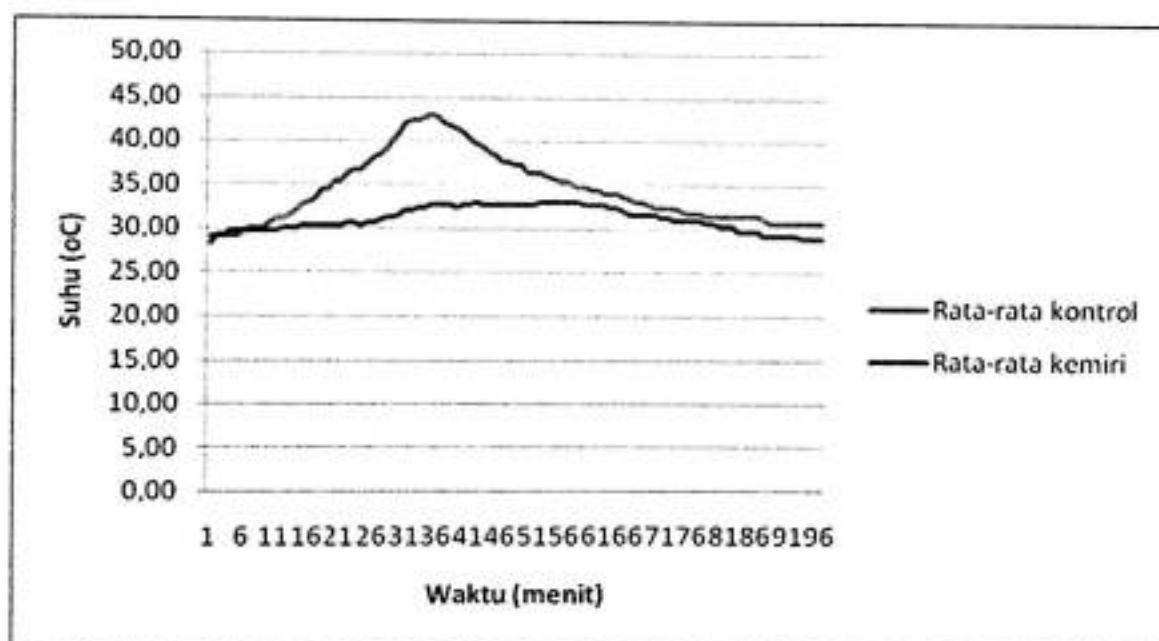
dimana KTG = Kuadrat tengah galat

r = jumlah ulangan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Suhu Hidrasi Papan Semen Komposit

Hasil pengujian suhu hidrasi pada papan semen komposit kayu kemiri berkisar antara 31 – 36°C, sedangkan kontrol semen memiliki suhu berkisar antara 42- 45 dengan suhu hidrasi rata-rata disajikan pada Gambar 9. Berdasarkan standar Kamil (1970) suhu hidrasi kayu kemiri tergolong tidak baik. Hal ini disebabkan oleh kandungan zat ekstraktif kayu kemiri yang tergolong tinggi yang menyebabkan suhu hidrasi menjadi rendah.



Gambar 9. Histogram Suhu Hidrasi

Suhu hidrasi yang tinggi menunjukkan bahwa zat-zat penghambat terjadinya reaksi eksotermik pada saat pencampuran antara semen, kayu dan air yang relatif sedikit. Zat-zat penghambat tingginya suhu dan waktu hidrasi biasanya dipengaruhi oleh kandungan zat ekstraktif yang tinggi pada kayu. Zat ekstraktif pada kayu yang apabila bereaksi dengan semen akan sulit untuk

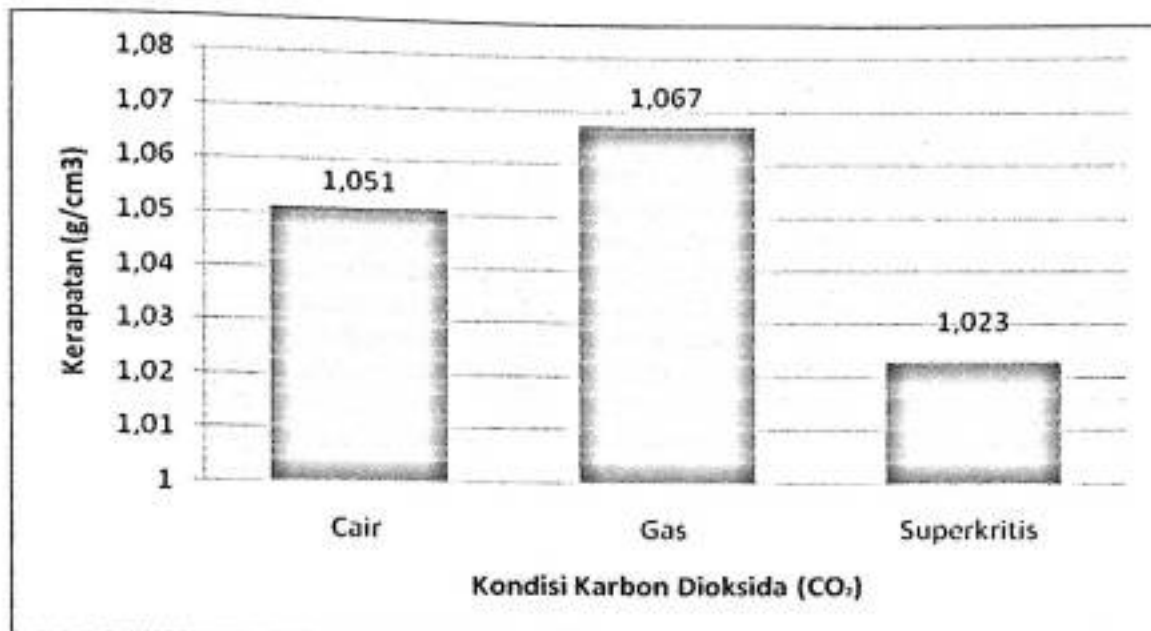
mengeluarkan panas yang menyebabkan suhu hidrasi menjadi rendah. Walaupun telah dilakukan perendaman dengan air dingin, namun belum semua zat ekstraktif dapat larut dengan perendaman air dingin. Faktor lain yang juga berpengaruh yaitu pembentukan senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada saat pencampuran semen, air dan kayu yang akan mengurai sebagian hemiselulosa (Simatupang, 1974 *dalam* Paribroto, 1986). Air dan komponen gula sederhana juga berpengaruh dalam menghambat tingginya suhu dan waktu hidrasi. Pendekatan yang mungkin dilakukan untuk memperbaiki kesuaian kayu sebagai bahan baku diantaranya dengan penyimpanan yang umumnya dilakukan selama 14 sampai 20 minggu. Selama penyimpanan tersebut kadar gula dalam kayu dapat mencapai kadar minimum (Hermawan, 2001).

B. Sifat Fisik Papan Semen Komposit

1. Kerapatan

Nilai kerapatan papan semen yang dihasilkan berkisar antara $0,94 \text{ g/cm}^3$ - $1,07 \text{ g/cm}^3$. Dalam JIS A 5471 1992 kerapatan papan ditetapkan minimal $0,8 \text{ g/cm}^3$. Dengan demikian semua papan yang telah dibuat memenuhi standar yang telah ditentukan. Nilai rata-rata kerapatan tertinggi diperoleh pada kondisi gas CO_2 selama 10 menit dan terendah pada kondisi superkritis CO_2 selama 60 menit. Nilai kerapatan rata-rata papan apabila dibandingkan dengan kontrol 28 hari cenderung meningkat walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh pemberian CO_2 pada proses *curing* hanya akan mempercepat pembentukan kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi ikatan yang sempurna, karena papan sudah terkontaminasi dengan udara sebelum proses injeksi dilakukan. Karena ikatan papan yang kurang sempurna tersebut menyebabkan nilai kerapatan tidak bertambah signifikan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan antara Kondisi CO_2 dan waktu pemberian CO_2 maka dilakukan analisis ragam.

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 5) menunjukkan bahwa perlakuan pemberian injeksi CO_2 pada kondisi dan waktu yang berbeda berpengaruh sangat nyata terhadap kerapatan, demikian pula dengan interaksinya. Untuk mengetahui perbedaan nilai tengah antar perlakuan, maka interaksi antara kondisi CO_2 dan waktu diuji lanjut (BNJ pada $\alpha 1 \%$) sebagaimana disajikan pada Tabel 1, 2 dan 3.

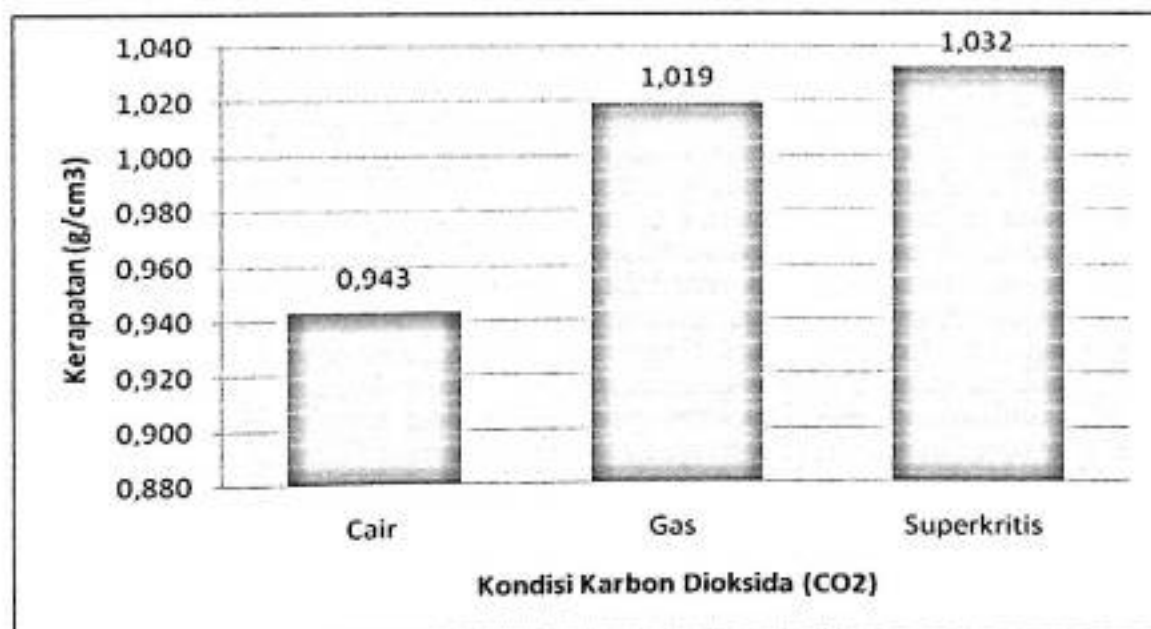


Gambar 10. Histogram Kerapatan Papan Semen pada injeksi CO₂ selama 10 menit.

Tabel 1. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 10 menit Terhadap Kerapatan.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0.113)
A2B1	1,067	a
A1B1	1,051	a
A3B1	1,023	a

Keterangan : Huruf yang sama berbeda tidak nyata

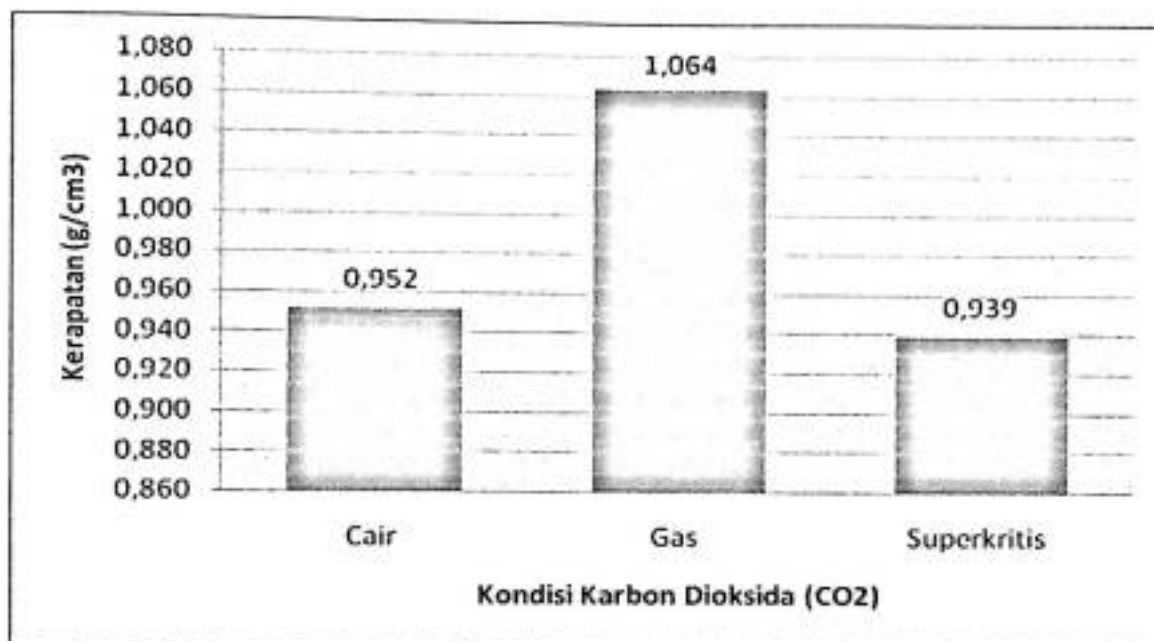


Gambar 11. Histogram Kerapatan Papan Semen pada injeksi CO₂ selama 30 menit.

Tabel 2. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 30 menit Terhadap Kerapatan.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0,113)
A3B2	1,032	a
A2B2	1,019	a
A1B2	0,943	a

Keterangan : Huruf yang sama berbeda tidak nyata.



Gambar 12. Histogram Kerapatan Papan Semen pada injeksi CO₂ selama 60 menit.

Tabel 3. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 60 menit Terhadap Kerapatan.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0,113)
A2B3	1,064	a
A1B3	0,952	a
A3B3	0,939	b

Keterangan : Huruf yang sama berbeda tidak nyata

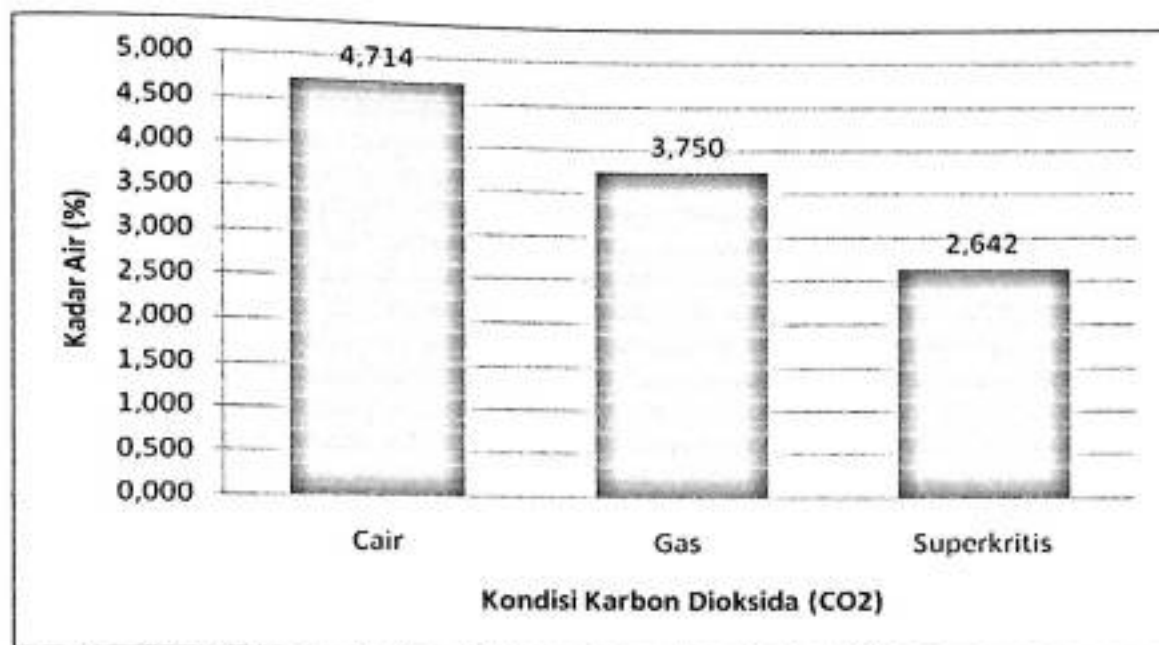
Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa perlakuan kondisi gas CO₂ selama 10 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ dan superkritis CO₂ selama 10 menit. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa kondisi superkritis CO₂ selama 30 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ dan gas CO₂ selama 30 menit. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pada kondisi gas CO₂ selama 60 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ selama 60 menit, namun berbeda tidak nyata

dengan kondisi superkriti CO₂ selama 60 menit. Untuk mengetahui perbedaan antara kontrol 28 hari dengan perlakuan injeksi CO₂ dan kontrol suhu 80°C selama 10 jam dengan perlakuan injeksi CO₂ maka dilakukan uji kontras. Hasil uji kontras sebagaimana disajikan pada Lampiran 5 menunjukkan bahwa antara kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan. Namun, antara kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan.

2. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air rata-rata berkisar antara 2,053 % - 5,557%. Dalam JIS 5417 1992 nilai kadar air ditetapkan nilai kadar air yaitu kurang dari 16 %, berarti semua papan dengan perlakuan injeksi CO₂ memenuhi standar. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemberian injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu yang berbeda maka dilakukan analisis ragam.

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 6) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar air, namun interaksi antara kondisi CO₂ dan waktu yang berbeda memberi pengaruh tidak nyata terhadap kadar air. Untuk melihat perbedaan antara perlakuan injeksi pada kondisi CO₂ maka dilakukan uji lanjut (BNJ pada α 5 %), sebagaimana disajikan pada Tabel 4.



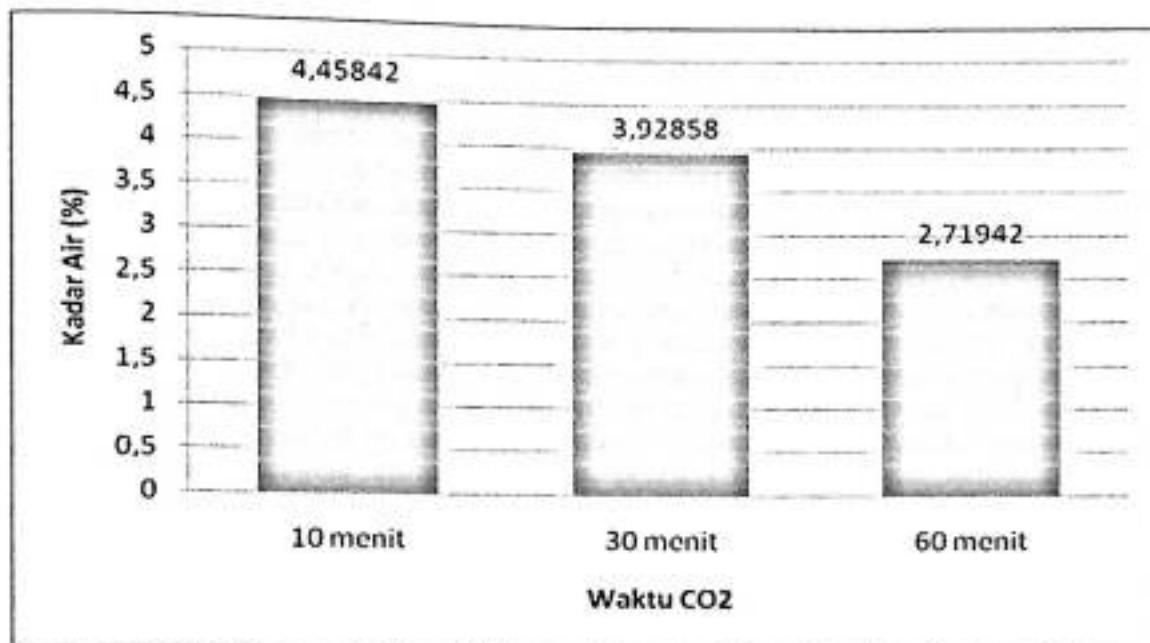
Gambar 13. Histogram Kadar Air Papan Semen pada Kondisi CO₂.

Tabel 4. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ pada Kondisi yang Berbeda Terhadap Kadar Air.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (2,023)
Cair	4,714	a
Gas	3,750	ab
Superkritis	2,642	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 4) menunjukkan bahwa kondisi cair CO₂ berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂, namun berbeda nyata dengan kondisi superkritis CO₂. Uji BNJ pada Kondisi gas berbeda tidak nyata dengan kondisi superkritis CO₂, namun berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂. Untuk melihat pengaruh antara perlakuan injeksi CO₂ terhadap waktu injeksi yang berbeda, maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 5%) sebagaimana disajikan pada Tabel 5.



Gambar 14. Histogram Kadar Air Papan Semen pada waktu Pemberian CO₂.

Tabel 5. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ pada Waktu yang Berbeda terhadap Kadar Air

Perlakuan	Nilai Tengah Perlakuan	Uji BNJ (1,339)
10 menit	4,458	a
30 menit	3,928	ab
60 menit	2,719	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 5) menunjukkan bahwa perlakuan injeksi CO₂ antara waktu 10 menit berbeda tidak nyata dengan waktu 30 menit, namun berbeda nyata dengan waktu injeksi CO₂ selama 60 menit. Uji BNJ antara waktu injeksi CO₂ selama 30 menit berbeda tidak nyata dengan waktu 60 menit, namun berbeda nyata dengan waktu injeksi CO₂ 10 menit.

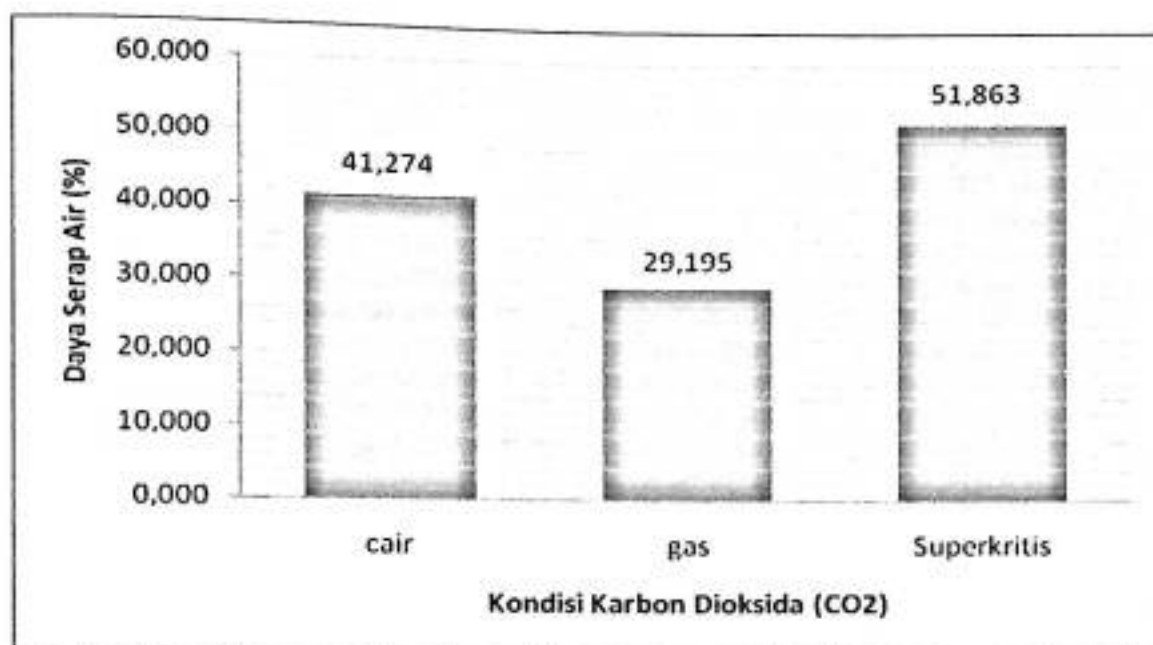
Untuk melihat pengaruh perlakuan antara kontrol 28 hari dengan perlakuan injeksi CO₂ dan pengaruh antara kontrol suhu 80°C selama 10 jam dengan perlakuan pemberian CO₂ maka dilakukan uji kontras. Hasil uji kontras (Lampiran 6) menunjukkan kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan pemberian injeksi CO₂. Demikian pula pada kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda nyata dengan perlakuan pemberian CO₂ terhadap kadar air.

Mengacu pada histogram menunjukkan bahwa kadar air tertinggi terdapat pada kondisi cair CO₂ 30 menit dan terendah pada kondisi superkritis 60 menit. Pada kondisi cair CO₂ memiliki kadar air tertinggi disebabkan karena cair CO₂ memiliki kemampuan untuk melarutkan yang tinggi dibandingkan dengan kondisi CO₂ lainnya. Pada saat injeksi terjadi, CO₂ cair masuk ke dalam rongga-rongga papan yang tidak diselubungi oleh semen. Sehingga pada saat proses injeksi dihentikan maka air akan terperangkap di dalam papan yang menyebabkan kadar air pada kondisi cair CO₂ menjadi tinggi.

3. Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air pada perendaman 2 jam berkisar antara 20,41 % - 51,86 %, sedangkan pada perendaman 24 jam berkisar antara 38,02 % - 55,11 %. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan antara pemberian injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu injeksi yang berbeda maka dilakukan analisis ragam.

Hasil analisis ragam pada perendaman 2 jam menunjukkan pengaruh nyata terhadap daya serap air. Pada kombinasi perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi yang berbeda berpengaruh nyata terhadap daya serap air. Demikian pula interaksi antara pemberian injeksi pada kondisi dan waktu yang berbeda berpengaruh nyata terhadap daya serap air, namun kombinasi perlakuan injeksi CO₂ pada waktu yang berbeda berpengaruh tidak nyata terhadap daya serap air sebagaimana disajikan pada Lampiran 7. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan pada perendaman 2 jam maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 5%) pada interaksi antara kondisi dan waktu CO₂, sebagaimana disajikan pada Tabel 6, 7 dan 8.

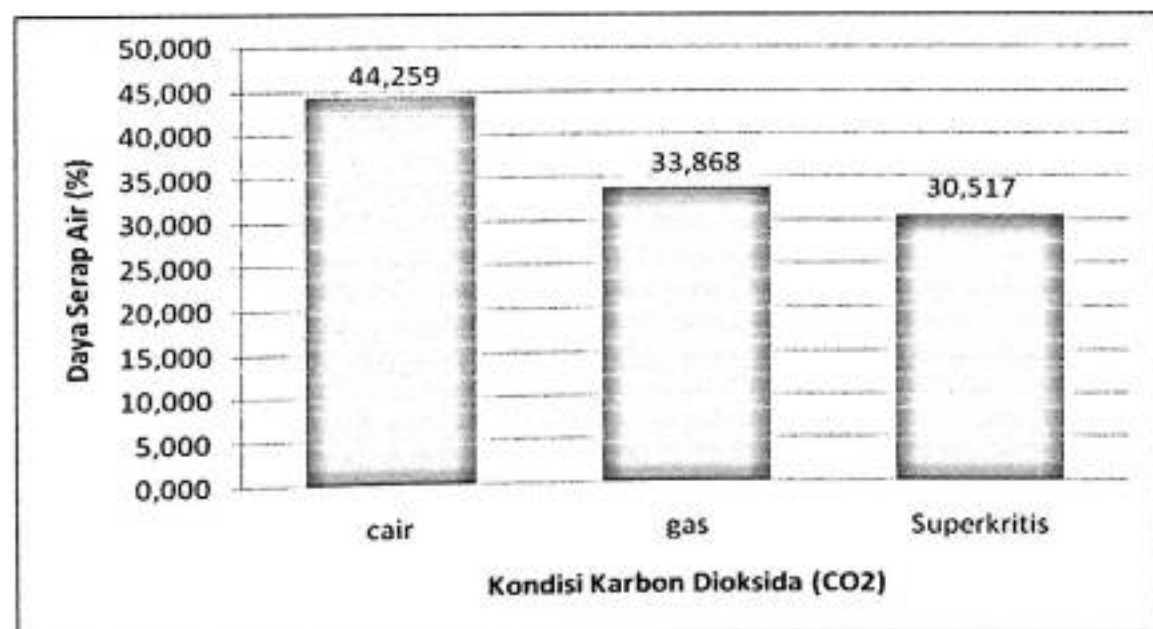


Gambar 15. Histogram Daya Serap Air 2 jam pada injeksi CO₂ selama 10 menit.

Tabel 6. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 10 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (15,328)
A3B1	51,863	a
A1B1	41,274	a
A2B1	29,195	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

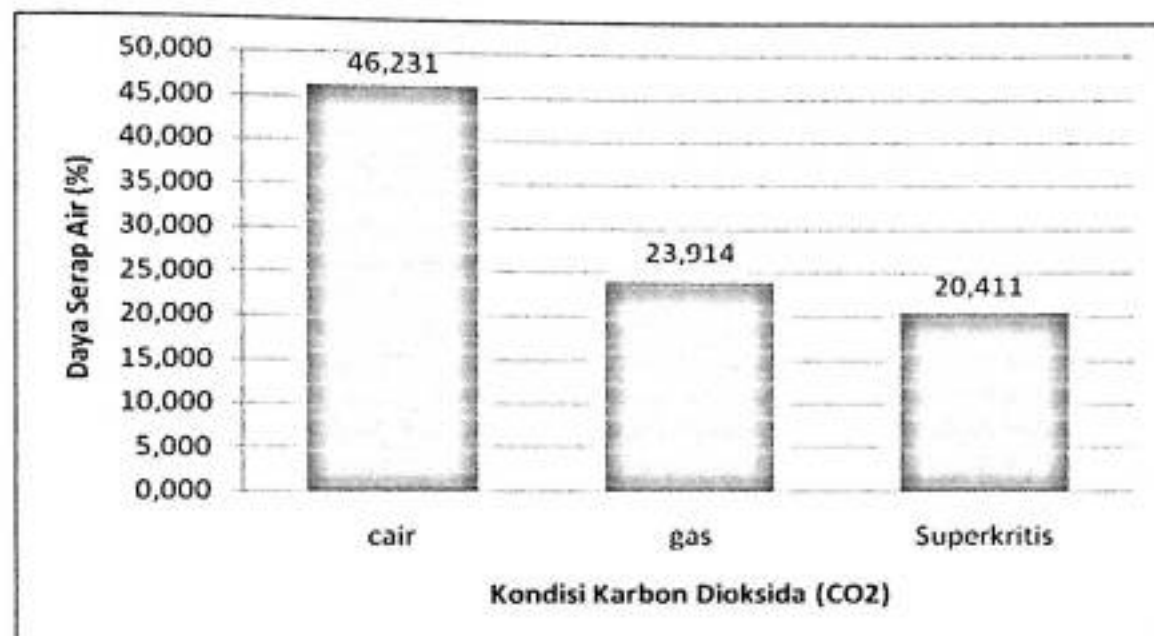


Gambar 16. Histogram Daya Serap Air 2 jam pada injeksi CO₂ selama 30 menit.

Tabel 7. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 30 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (15,328)
A1B2	44,259	a
A2B2	33,868	a
A3B2	30,517	a

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata



Gambar 17. Histogram Daya Serap Air 2 jam pada injeksi CO₂ selama 60 menit.

Tabel 8. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 60 menit Terhadap Daya Serap Air 2 jam.

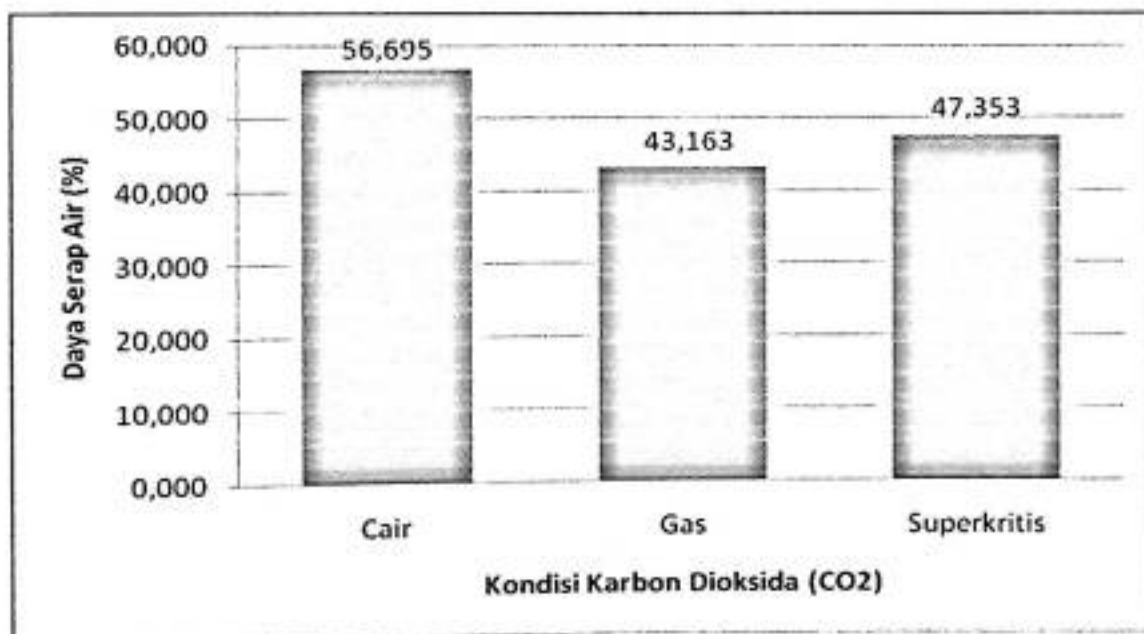
Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (15,328)
A1B3	46,231	a
A2B3	23,914	b
A3B3	20,411	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 6) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi superkritis CO₂ selama 10 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ selama 10 menit, namun berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂. Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ selama 30 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂ dan Superkritis CO₂ selama 30 menit. Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ berbeda nyata dengan kondisi gas CO₂ dan superkritis CO₂ selama 60

menit. Hasil uji kontras (Lampiran 7) menunjukkan bahwa pada kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian CO₂, sedangkan pada kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan pemberian CO₂.

Perlakuan pemberian CO₂ menunjukkan pengaruh nyata terhadap daya serap air papan semen pada perendaman 24 jam. Kombinasi perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi yang berbeda menunjukkan pengaruh nyata terhadap daya serap air, namun antara perlakuan waktu injeksi yang berbeda serta interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap daya serap air, sebagaimana disajikan pada Lampiran 8. Untuk mengetahui perbedaan kombinasi perlakuan maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 5%) pada kondisi CO₂ yang berbeda, sebagaimana disajikan pada Tabel 9.



Gambar 18. Histogram Daya Serap Air 24 jam pada Kondisi CO₂ yang Berbeda.

Tabel 9. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Kondisi CO₂ Terhadap Daya Serap Air 24 jam.

Perlakuan	Nilai Tengah Perlakuan	Uji BNJ(13,049)
Cair	56,695	a
Superkritis	47,35258	ab
Gas	43,163	b

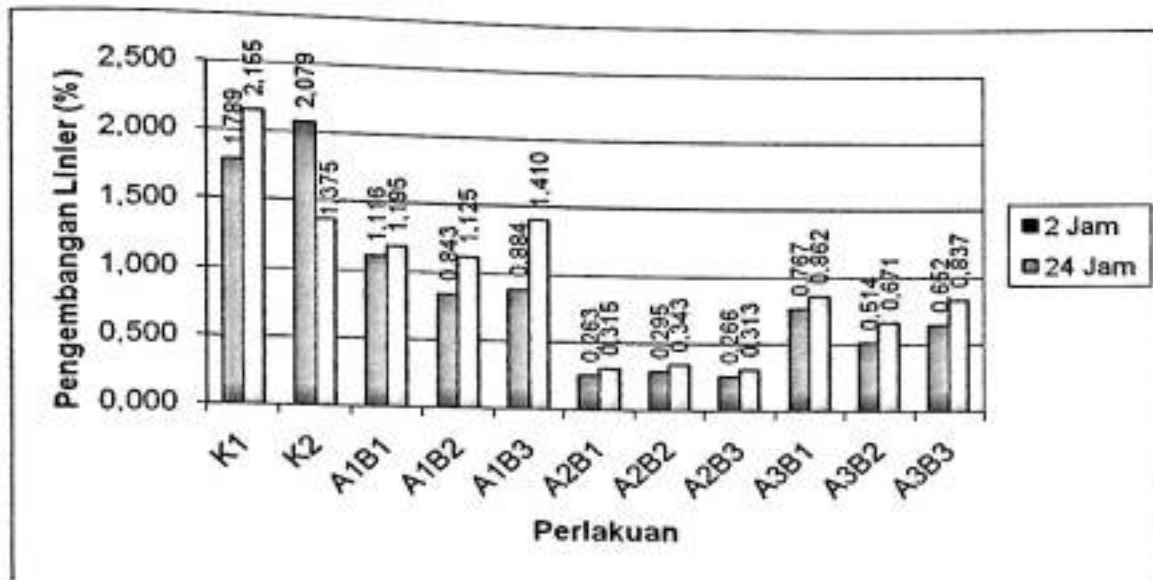
Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNj (Tabel 9) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pada kondisi cair CO₂ berbeda tidak nyata dengan kondisi superkritis CO₂, namun berbeda nyata dengan kondisi gas CO₂. Kombinasi perlakuan pada kondisi superkritis CO₂ berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂, namun berbeda nyata dengan kondisi cair CO₂. Hasil uji kontras (Lampiran 8) menunjukkan bahwa kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan injeksi CO₂, namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan injeksi CO₂.

Mengacu pada histogram dan nilai rata-rata daya serap air tertinggi terdapat pada kondisi cair CO₂. Hal ini berarti semakin tinggi kadar air, maka semakin tinggi pula daya serap air yang dihasilkan. Daya serap air yang tinggi pada papan semen disebabkan karena adanya ruang kosong pada papan yang tidak tertutupi oleh semen menyebabkan air ada proses perendaman akan mengisi ruang-ruang yang kosong tersebut.

4. Pengembangan Linier

Hasil Pengembangan linier pada perendaman 2 jam berkisar antara 0,263% - 2,079% dan pada perendaman 24 jam berkisar antara 0,313 % - 2,155%. Nilai rata-rata pengembangan linier tertinggi baik pada perendaman 2 jam dan 24 jam terdapat pada kondisi cair CO₂ dan yang terendah pada kondisi gas CO₂, sebagaimana disajikan pada Gambar 19. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan antara pemberian injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu injeksi terhadap pengembangan linier maka dilakukan analisis ragam.



Keterangan :

K1 = Kontrol 28 hari

K2 = Kontrol suhu 80°C selama 10 jam

A1B1 = Cair CO₂, 10 menit

A1B2 = Cair CO₂, 30 menit

A1B3 = Cair CO₂, 60 menit

A2B1 = Gas CO₂, 10 menit

A2B2 = Gas CO₂, 30 menit

A2B3 = Gas CO₂, 60 menit

A3B1 = Superkritis CO₂, 10 menit

A3B2 = Superkritis CO₂, 30 menit

A3B3 = Superkritis CO₂, 60 menit

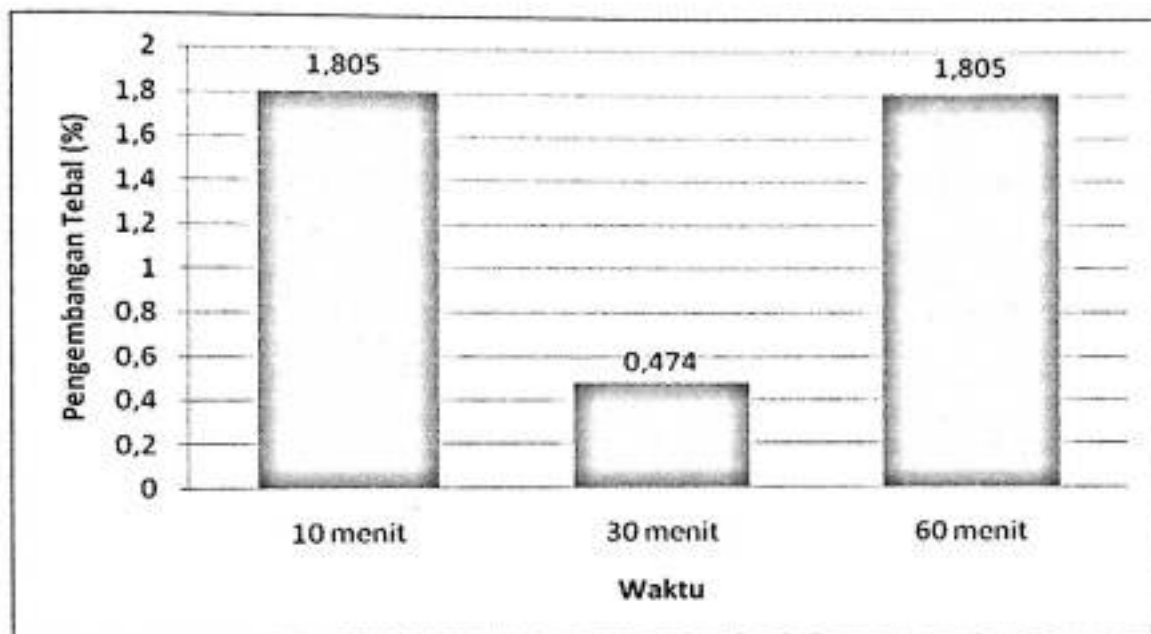
Gambar 19. Histogram Pengembangan Linier Papan Semen Komposit Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.)

Hasil analisis ragam (Lampiran 9 dan 10) pada perendaman selama 2 jam dan 24 jam menunjukkan pengaruh yang tidak nyata terhadap pengembangan linier. Hal ini disebabkan karena pada proses perendaman baik 2 jam maupun 24 jam cenderung hanya mengembangkan dimensi tebal papan semen sedangkan dimensi panjang dan lebar cenderung mengembang secara tidak signifikan.

5. Pengembangan Tebal

Nilai rata-rata pengembangan tebal pada perendaman 2 jam berkisar antara 0,249% - 3,915 % dan pada perendaman 24 jam berkisar antara 0,249% - 7,328 %. Pengembangan tebal pada perendaman 2 jam dan 24 jam menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi terdapat pada kondisi superkritis CO₂ dan terendah pada kondisi gas CO₂. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu yang berbeda maka dilakukan analisis ragam.

Hasil analisis ragam (Lampiran 11) menunjukkan bahwa perlakuan injeksi CO₂ pada waktu yang berbeda berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal pada perendaman 2 jam. Namun, perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi yang berbeda serta interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap pengembangan tebal 2 jam. Untuk melihat perbedaan antara perlakuan maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 5%), sebagaimana disajikan pada Tabel 10.



Gambar 20. Histogram Pengembangan Tebal 2 jam pada Waktu CO₂ yang Berbeda.

Tabel 10. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Waktu CO₂ Terhadap Pengembangan Tebal 2 jam.

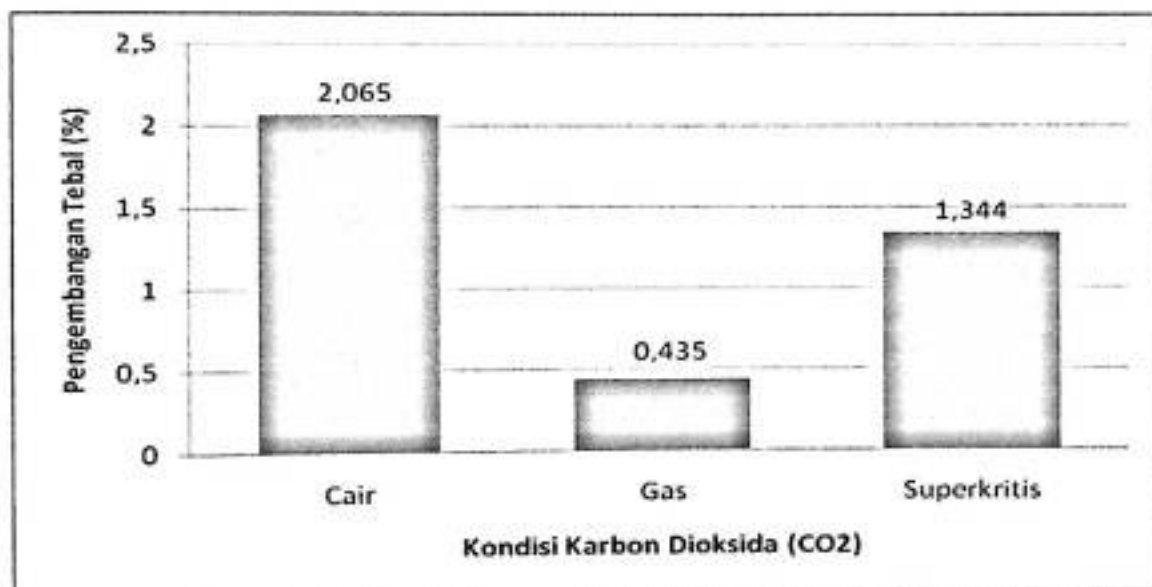
Perlakuan	Nilai Tengah Perlakuan	Uji BNJ (1,079)
10 menit	1,805	a
30 menit	0,474	a
60 menit	0,349	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 10) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pada waktu 10 menit berbeda tidak nyata dengan perlakuan pada waktu 30 menit, namun berbeda nyata dengan perlakuan pada waktu 60 menit. Hasil uji kontras (Lampiran 11) menunjukkan bahwa pada kontrol 28 hari berbeda sangat nyata

dengan perlakuan pemberian CO₂, namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan pemberian CO₂.

Hasil analisis ragam (Lampiran 12) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi dan waktu berpengaruh sangat nyata terhadap pengembangan tebal 24 jam, namun interaksi antara kondisi dan waktu CO₂ berbeda tidak nyata terhadap pengembangan tebal 24 jam. Untuk melihat perbedaan antara perlakuan maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf 5%) pada kondisi dan waktu CO₂, sebagaimana disajikan pada Tabel 11 dan 12.

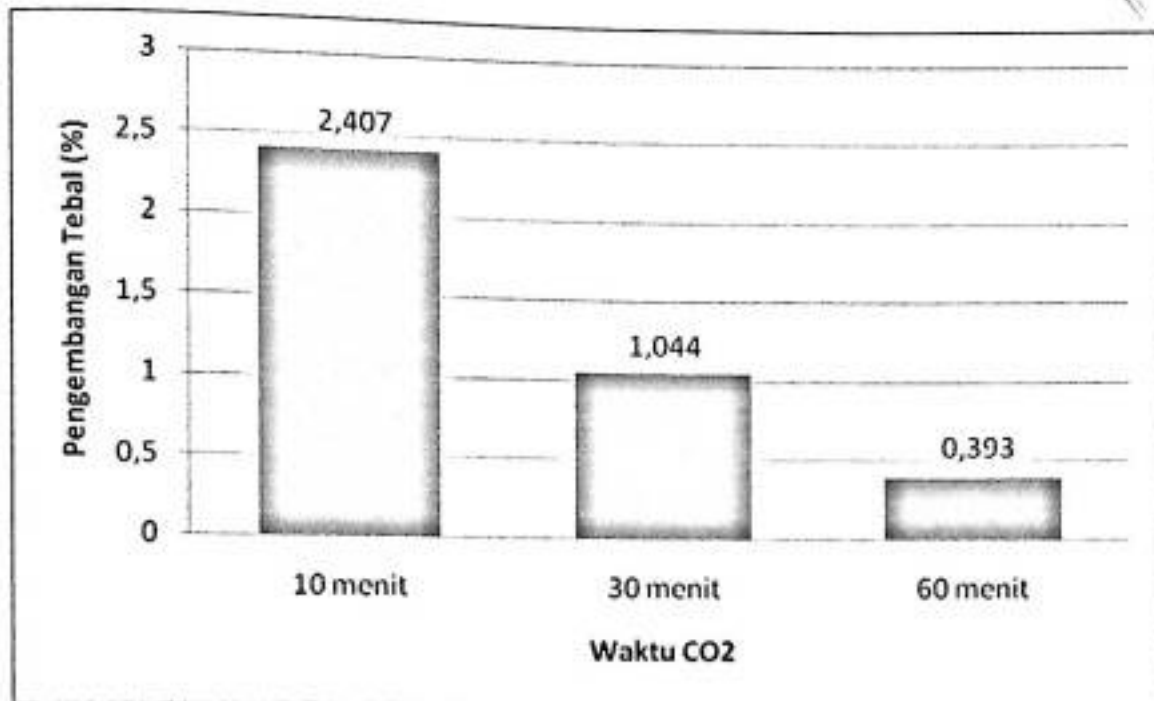


Gambar 21. Histogram Pengembangan Tebal 24 jam pada Kondisi CO₂ yang Berbeda.

Tabel 11. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Kondisi CO₂ Terhadap Pengembangan Tebal 24 jam.

Perlakuan	Nilai Tengah Perlakuan	Uji BNJ (1,650)
Cair	2,076	a
Superkritis	1,344	ab
Gas	0,424	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata



Gambar 22. Histogram Pengembangan Tebal 24 jam pada Waktu CO₂ yang Berbeda.

Tabel 12. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Waktu CO₂ Terhadap Pengembangan Tebal 24 jam.

Perlakuan	Nilai Tengah Perlakuan	Uji BNJ (1,650)
10 menit	2,407	a
30 menit	1,044	a
60 menit	0,393	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 11) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ berbeda tidak nyata dengan kondisi superkritis CO₂, namun berbeda nyata dengan kondisi gas CO₂. Kombinasi perlakuan antara kondisi superkritis CO₂ berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂, namun berbeda nyata dengan kondisi cair CO₂. Hasil uji BNJ (Tabel 12) menunjukkan bahwa perlakuan injeksi CO₂ selama 10 menit berbeda tidak nyata dengan injeksi CO₂ selama 30 menit, namun berbeda nyata dengan waktu injeksi CO₂ selama 60 menit. Hasil uji kontras (Lampiran 12) menunjukkan bahwa kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian CO₂,

namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan pemberian CO_2 terhadap pengembangan tebal pada perendaman 24 jam.

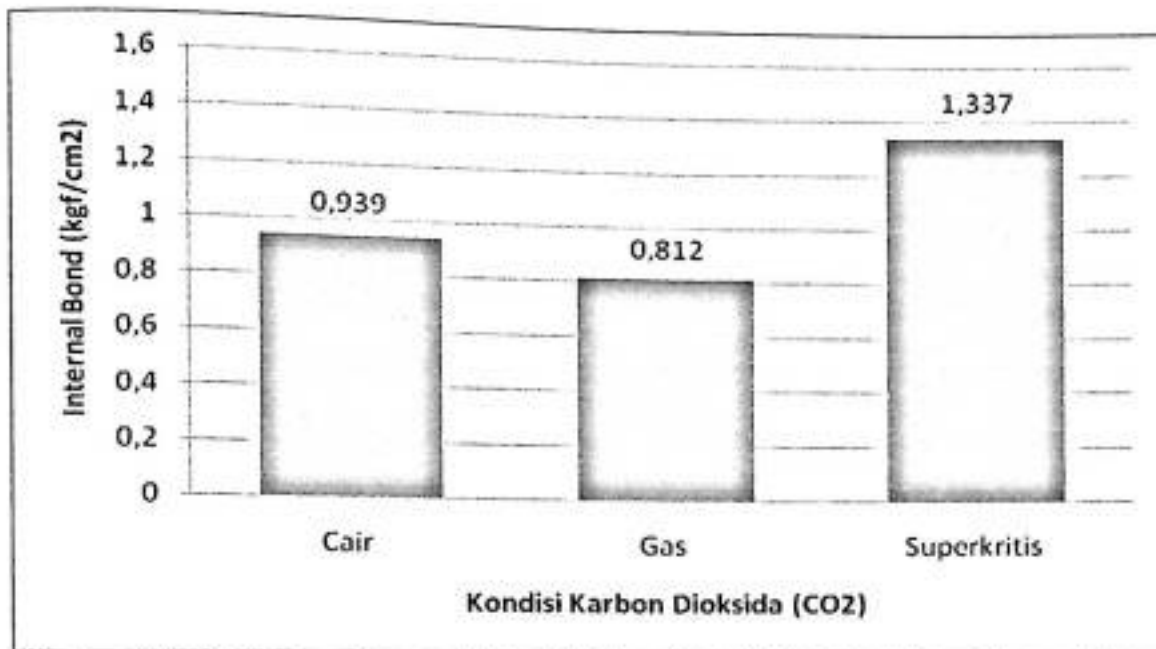
Mengacu pada histogram (Gambar 20, 21 dan 22) pengembangan tebal tertinggi terdapat pada kondisi gas. Hal ini disebabkan oleh kondisi gas lebih sedikit menghilangkan zat ekstraktif dibandingkan dengan kondisi lainnya, yang menyebabkan pengembangan tebal menjadi lebih tinggi. Namun, apabila dibandingkan dengan kontrol perlakuan dengan pemberian injeksi CO_2 jauh lebih rendah. Hal ini disebabkan karena zat ekstraktif pada pemberian injeksi CO_2 banyak yang larut pada saat proses injeksi berlangsung sehingga pengembangan tebal lebih rendah.

C. Sifat Mekanik Papan Semen

1. *Internal Bond* (IB)

Nilai rata-rata *Internal Bond* (IB) pada papan semen kayu kemiri berkisar antara $0,713 \text{ kgf/cm}^2$ sampai $1,790 \text{ kgf/cm}^2$, dengan rata-rata IB disajikan pada Gambar 15. Untuk mengetahui pengaruh IB terhadap pemberian injeksi CO_2 pada kondisi dan waktu injeksi maka dilakukan analisis ragam.

Hasil analisis ragam (Lampiran 13) menunjukkan bahwa perlakuan dengan kondisi dan waktu CO_2 berpengaruh nyata terhadap IB. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kondisi CO_2 berpengaruh nyata terhadap ID, sedangkan kombinasi perlakuan pada waktu CO_2 serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap IB. Untuk melihat perbedaan di antara kombinasi perlakuan CO_2 maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf $\alpha 1\%$) pada interaksi antara kondisi CO_2 dan waktu CO_2 , sebagaimana disajikan pada Tabel 13, 14 dan 15.

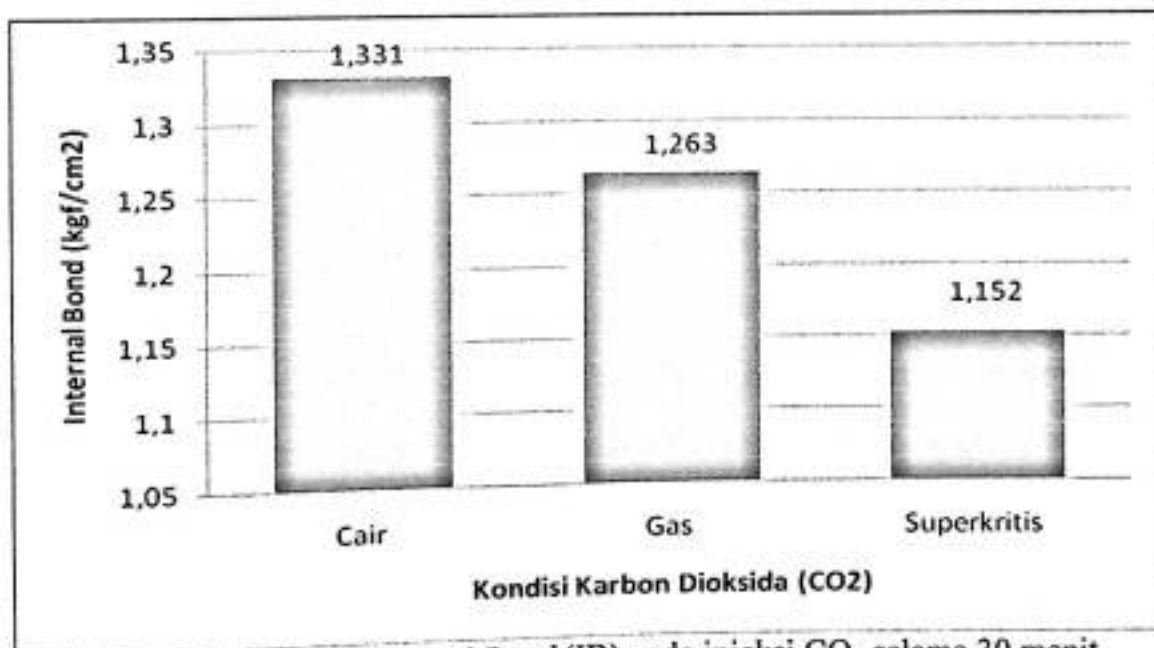


Gambar 23. Histogram *Internal Bond* (IB) pada injeksi CO₂ selama 10 menit.

Tabel 13. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 10 menit Terhadap *Internal Bond* (IB).

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0. 309)
A3B1	1,337	a
A1B1	0,939	b
A2B1	0,812	b

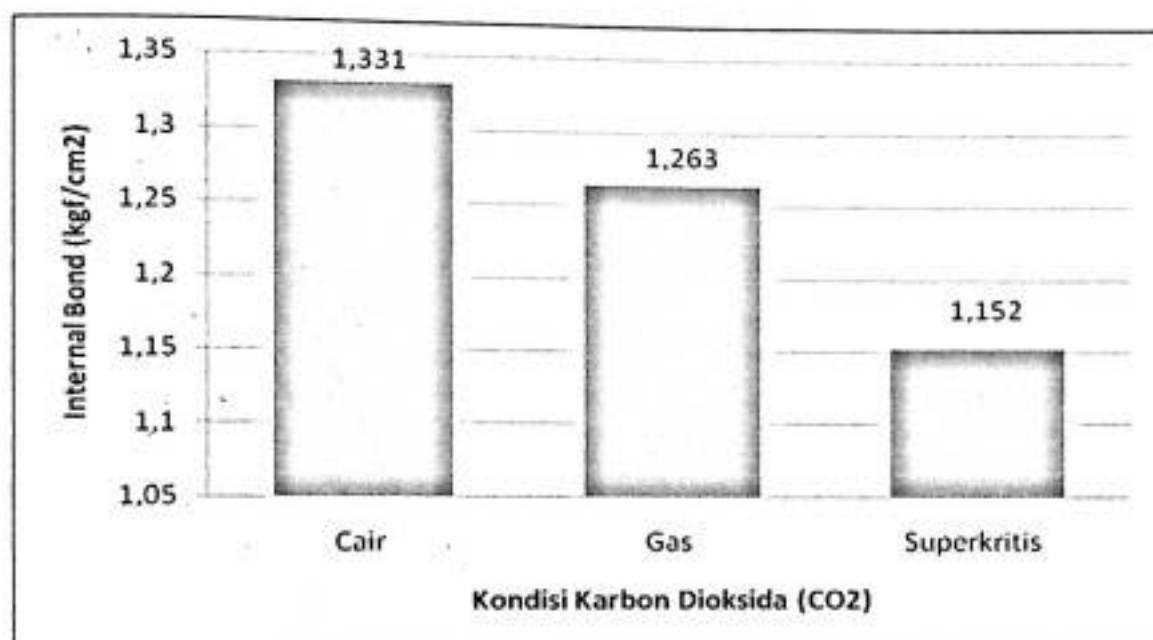
Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata



Gambar 24. Histogram *Internal Bond* (IB) pada injeksi CO₂ selama 30 menit.

Tabel 14. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 30 menit Terhadap *Internal Bond* (IB).

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0,309)
A1B2	1,331	a
A2B2	1,263	a
A3B2	1,152	a



Gambar 25. Histogram *Internal Bond* (IB) pada injeksi CO₂ selama 60 menit.

Tabel 15. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 60 menit Terhadap *Internal Bond* (IB).

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (0,309)
A1B3	1,618	a
A2B3	1,420	a
A3B3	0,932	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 13) menunjukkan bahwa kondisi superkritis CO₂ selama 10 menit berbeda nyata dengan kondisi cair CO₂ dan kondisi gas CO₂. Kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ selama 30 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂ dan superkritis CO₂ selama 30 menit, sebagaimana disajikan pada Tabel 14. Uji BNJ (Tabel 15) menunjukkan bahwa kondisi cair CO₂ selama 60 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi gas CO₂ selama 60 menit, namun berbeda nyata dengan kondisi superkritis CO₂ selama 60 menit.

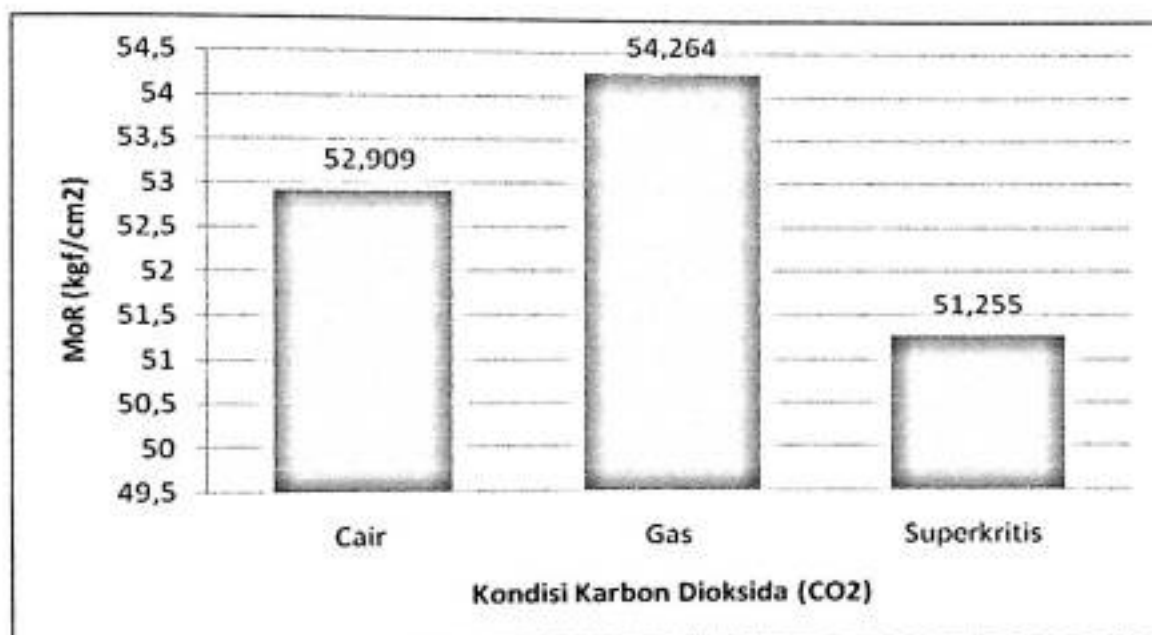
Hasil uji kontras (Lampiran 13) menunjukkan bahwa kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian CO₂, namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda tidak nyata dengan perlakuan pemberian CO₂ terhadap IB.

Mengacu pada histogram Gambar 23, 24 dan 25 dengan nilai rata-rata tertinggi pada IB terdapat pada kondisi cair CO₂ 60 menit dan terendah pada kondisi gas CO₂. Perlakuan injeksi CO₂ pada proses *curing* dapat meningkatkan nilai IB walaupun tidak signifikan. Hal ini terjadi karena pada saat proses *curing* dengan injeksi CO₂ dilakukan, papan sudah mengikat CO₂ di udara sehingga pembentukan kalsium karbonat (CaCO₃) sudah terjadi. Pemberian CO₂ akan menyebabkan pembentukan kalsium karbonat lebih cepat dan lebih sempurna sehingga cenderung menyebabkan IB mengikat walaupun tidak signifikan.

2. *Modulus of Rufture (MoR)*

Hasil perhitungan rata-rata MoR berkisar antara 47,880 kgf/cm² - 62,470 kgf/cm². Nilai rata-rata MoR menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan antara kontrol (K1 dan K2) dengan pemberian CO₂. Nilai MoR tertinggi terdapat pada kondisi gas CO₂ 30 menit dan terendah pada kondisi cair 30 menit. Hal ini berbeda dengan penelitian Hermawan (2001) yang menunjukkan bahwa pada fase superkritis memiliki nilai MoR yang tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan oleh kondisi gas CO₂ cenderung mempercepat pembentukan CaCO₃, menyebabkan ikatan papan semen lebih kuat sehingga meningkatkan kekuatan kayu walaupun perbedaan tersebut cenderung tidak signifikan. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan injeksi CO₂ pada kondisi dan waktu yang berbeda maka dilakukan analisis ragam.

Hasil analisis ragam (Lampiran 15) menunjukkan bahwa perlakuan pemberina injeksi CO₂ dan waktu yang berbeda berpengaruh nyata terhadap MoR. Kombinasi perlakuan antara kondisi dan waktu CO₂ berpengaruh tidak nyata terhadap MoR, namun interaksi antara kondisi dan waktu CO₂ berpengaruh nyata terhadap MoR. Untuk melihat perbedaan antara perlakuan injeksi CO₂, maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 5%) pada interaksi antara kondisi dan waktu CO₂, sebagaimana disajikan pada Tabel 16, 17 dan 18.

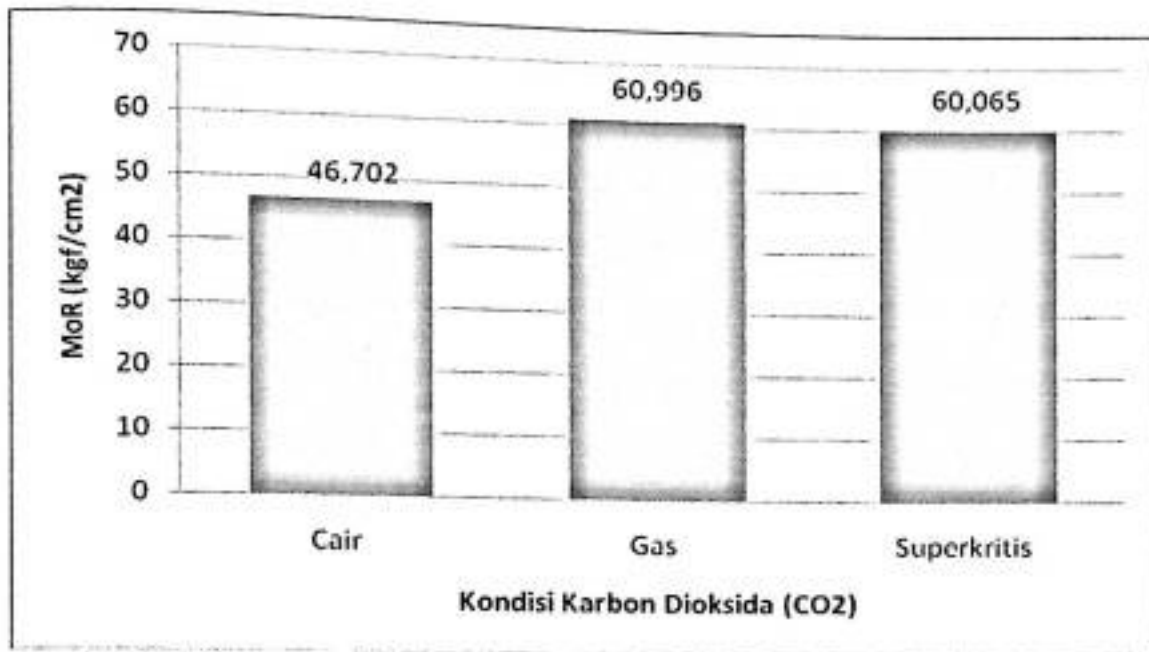


Gambar 26. Histogram MoR pada injeksi CO₂ selama 10 menit.

Tabel 16. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 10 menit Terhadap MoR.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (7,050)
A2B1	54,264	a
A1B1	52,909	a
A3B1	51,255	a

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

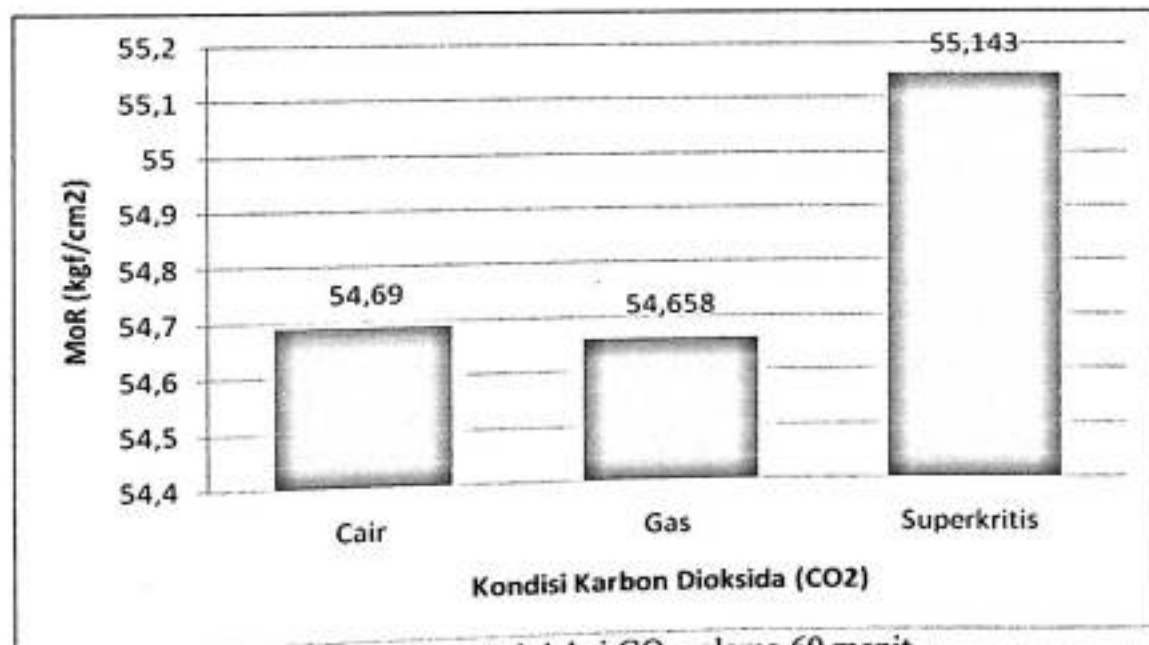


Gambar 27. Histogram MoR pada injeksi CO₂ selama 30 menit.

Tabel 17. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 30 menit Terhadap MoR.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (7,050)
A2B2	60,996	a
A3B2	60,065	a
A1B2	46,702	b

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata



Gambar 28. Histogram MoR pada injeksi CO₂ selama 60 menit.

Tabel 18. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 60 menit Terhadap MoR.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (7,050)
A3B3	55,143	a
A1B3	54,690	a
A2B3	54,658	a

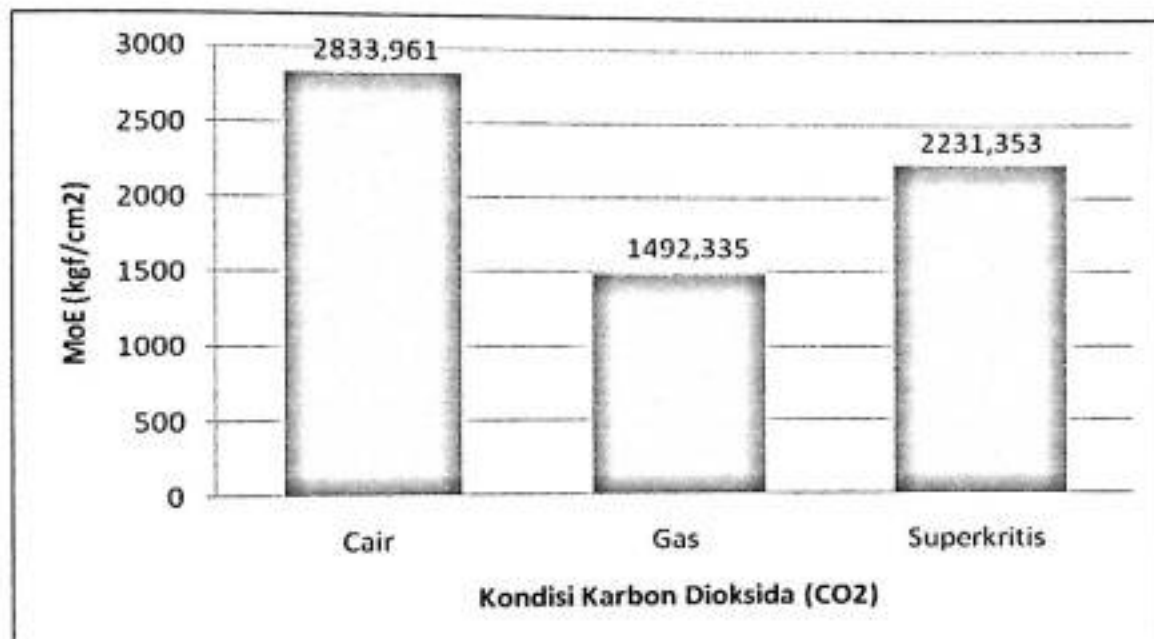
Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 16) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi gas CO₂ selama 10 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ dan kondisi superkritis CO₂ selama 10 menit. Uji BNJ (Tabel 17) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi gas CO₂ selama 30 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi superkritis CO₂ selama 30 menit, namun berbeda nyata dengan kondisi cair CO₂ selama 30 menit. Uji BNJ (Tabel 18) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi superkritis CO₂ selama 60 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi cair CO₂ dan kondisi gas CO₂ selama 60 menit. Hasil uji kontras (lampiran 15) menunjukkan bahwa kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian CO₂, namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda nyata dengan perlakuan pemberian CO₂ terhadap MoR.

3. *Modulus of Elasticity (MoE)*

Hasil perhitungan rata-rata MoE berkisar antara 1492,335 kgf/cm² sampai 6851,195 kgf/cm². Rata-rata MoE tertinggi terdapat pada kondisi cair 30 menit dan yang terendah pada kondisi gas 10 menit. Untuk mengetahui pengaruh antara perlakuan injeksi pada kondisi CO₂ dan waktu yang berbeda maka dilakukan analisis ragam.

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 14) menunjukkan bahwa perlakuan pemberian CO₂ pada kondisi dan waktu yang berbeda berpengaruh sangat nyata terhadap MoE. Kombinasi perlakuan pada kondisi dan waktu CO₂ serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap MoE. Untuk melihat pengaruh perbedaan antara kombinasi maka dilakukan uji lanjut (BNJ taraf α 1%) pada interaksi antara perlakuan antara kondisi CO₂ dan waktu, sebagaimana disajikan pada Tabel 19, 20 dan 21.

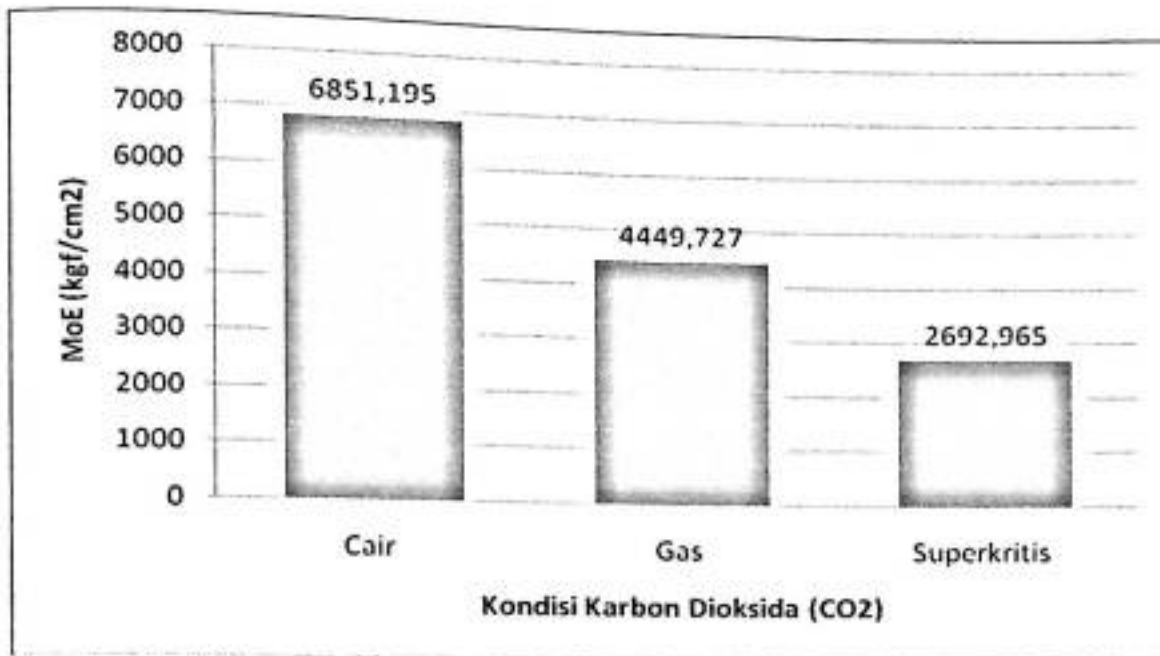


Gambar 29. Histogram MoE pada injeksi CO₂ selama 10 menit.

Tabel 19. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 10 menit Terhadap MoE.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (1447,019)
A1B1	2833,961	a
A3B1	2231,353	a
A2B1	1492,335	a

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

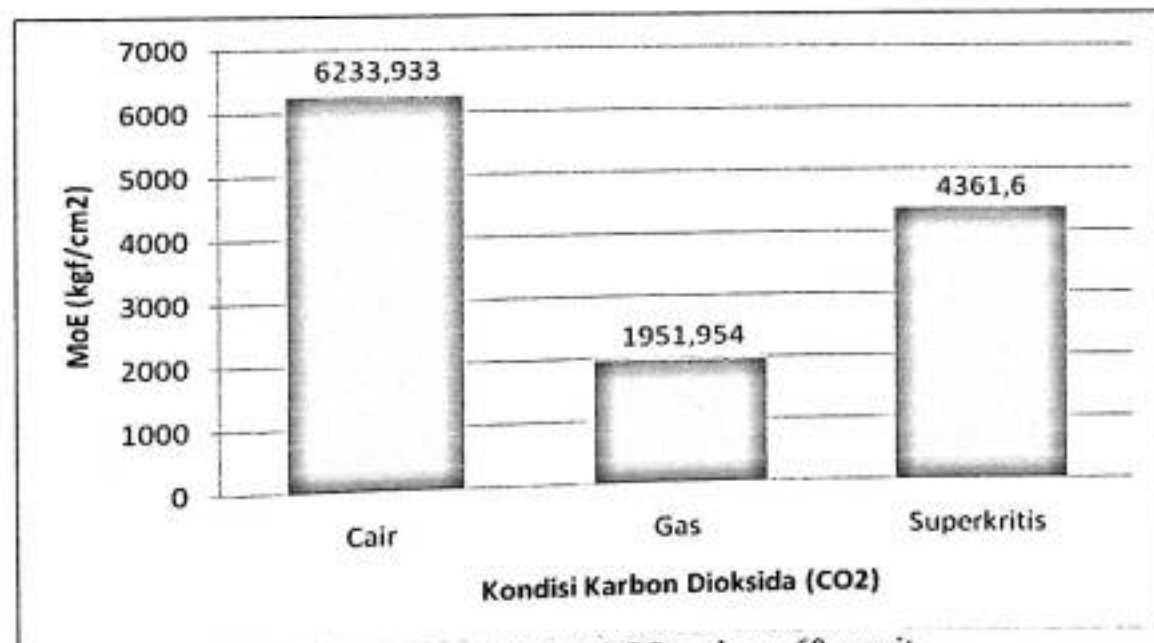


Gambar 30. Histogram MoE pada injeksi CO₂ selama 30 menit.

Tabel 20. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 30 menit Terhadap MoE.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (1447,019)
A1B2	6851,195	a
A2B2	4449,727	b
A3B2	2692,965	c

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata



Gambar 31. Histogram MoE pada injeksi CO₂ selama 60 menit.

Tabel 21. Uji BNJ/Tukey Pengaruh Kombinasi Perlakuan Injeksi CO₂ Selama 60 menit Terhadap MoE.

Perlakuan	Nilai tengah Perlakuan	Uji BNJ (1447,019)
A1B3	6233,933	a
A3B3	4361,600	b
A2B3	1951,954	c

Keterangan: Huruf yang sama berbeda tidak nyata

Hasil uji BNJ (Tabel 19) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ selama 10 menit berbeda tidak nyata dengan kondisi superkritis CO₂ dan kondisi gas CO₂ selama 10 menit. Hasil uji BNJ (Tabel 20) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ selama 30 menit berbeda nyata dengan kondisi gas CO₂ dan kondisi superkritis CO₂ selama 30 menit. Hasil uji BNJ (Tabel 21) menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara kondisi cair CO₂ selama 60 menit berbeda nyata dengan kondisi superkritis CO₂ dan kondisi gas CO₂ selama 60 menit. Hasil uji kontras (Lampiran 14) menunjukkan bahwa kontrol 28 hari berbeda sangat nyata dengan perlakuan pemberian CO₂, namun kontrol suhu 80°C selama 10 jam berbeda nyata dengan perlakuan pemberian CO₂ terhadap MoE.

Mengacu pada histogram Gambar 29, 30 dan 31, nilai MoE yang tertinggi diperoleh pada kondisi cair CO₂. Hal ini disebabkan oleh pembentukan CaCO₃ pada fase cair CO₂ lebih cepat dan lebih sempurna dibandingkan dengan fase CO₂ lainnya yang menyebabkan ikatan antara semen dan partikel menjadi lebih kuat sehingga dapat meningkatkan MoE walaupun tidak signifikan.

D. Gambaran Umum Papan Semen Kayu Kemiri

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan injeksi CO₂ sangat berpengaruh pada proses *curing* dari papan semen, walaupun dari pengujian suhu hidrasi kayu kemiri menurut standar Kamil (1970) tergolong tidak baik. Hal ini sejalan dengan penelitian Sasmito (2007) dan Helmiaty (2007) bahwa papan semen dengan menggunakan partikel kayu kemiri tidak baik digunakan untuk pembuatan papan semen.

Pengujian sifat fisik papan semen kayu kemiri yang di uji antara lain; kerapatan, kadar air, Daya serap air, pengembangan linier dan pengembangan tebal. Pemberian injeksi CO₂ sangat berpengaruh terhadap sifat fisik papan semen, namun tidak berpengaruh terhadap perlakuan pengembangan linier dari papan semen kayu kemiri.

Pengujian sifat mekanik dari papan semen kayu kemiri yang di uji antara lain; *Modulus of rupture* (MoR) dan *internal bond* (IB) dan *modulus of elasticity* (MoE). Perlakuan injeksi CO₂ dengan kondisi dan waktu yang berbeda, berpengaruh terhadap sifat mekanik dari papan semen kayu kemiri. Ringkasan dari semua nilai yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Komposit Kayu Kemiri.

Jenis Papan Semen Komposit

Parameter	Jenis Papan Semen Komposit										
	K1	K2	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3	A3B1	A3B2	A3B3
Kerapatan (g/cm ³)	1,046 *	0,911 *	1,051 *	0,943 *	0,952 *	1,067 *	1,019 *	1,064 *	1,023 *	1,032 *	0,939 *
Kadar Air (%)	9,8158 *	15,731 *	5,221 *	5,557 *	3,366 *	5,194 *	3,316 *	2,740 *	2,960 *	2,913 *	2,053 *
Daya Serap Air 2 jam (%)	57,814	31,560	41,274	44,259	46,231	29,195	33,868	23,914	51,863	30,517	20,411
Daya Serap Air 24 jam (%)	65,109	38,019	54,331	57,263	58,491	38,563	49,405	41,521	54,651	45,518	41,889
Pengembangan Linier 2 jam (%)	1,789	2,079	1,116	0,843	0,884	0,263	0,295	0,266	0,767	0,514	0,652
Pengembangan Linier 24 jam (%)	2,155	1,375	1,195	1,125	1,410	0,315	0,343	0,313	0,862	0,671	0,837
Pengembangan Tebal 2 jam (%)	3,635	3,915	1,596	0,398	0,284	0,317	0,441	0,249	3,502	0,582	0,514
Pengembangan Tebal 24 jam (%)	4,449	7,328	3,866	2,008	0,321	0,556	0,500	0,249	2,798	0,624	0,611
Internal Bond	1,012	0,637	0,939	1,331	1,618	0,812	1,263	1,420	1,337	1,152	0,932
MoR (Kgf/cm ²)	58,640	46,246	52,909	46,702	54,690	54,264	60,996	54,658	51,255	60,065	55,143
MoE (Kgf/cm ²)	3746,057	2168,336	2833,961	6851,19 5	6233,933	1492,335	4449,727	1951,954	2231,353	2692,965	4361,600
Parameter yang memenuhi standar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Keterangan :

- K1 = Kontrol 28 hari
- K2 = Kontrol suhu 80°C Selama 10 Jam
- A1B1 = Kayu Kemiri Perakuan Cair CO₂ Selama 10 menit
- A1B2 = Kayu Kemiri Perakuan Cair CO₂ Selama 30 menit
- A1B3 = Kayu Kemiri Perakuan Cair CO₂ Selama 60 menit
- A2B1 = Kayu Kemiri Perakuan Gas CO₂ Selama 10 menit
- A2B2 = Kayu Kemiri Perakuan Gas CO₂ Selama 30 menit
- A2B3 = Kayu Kemiri Perakuan Gas CO₂ Selama 60 menit
- A3B1 = Kayu Kemiri Perakuan Superkritis CO₂ Selama 10 menit
- A3B2 = Kayu Kemiri Perakuan Superkritis CO₂ Selama 30 menit
- A3B3 = Kayu Kemiri Perakuan Superkritis CO₂ Selama 60 menit
- * = Memenuhi Standar

Parameter yang di cetak miring dlsyaratkan dalam JIS A 5417 1994

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Merujuk pada hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *curing* dengan perlakuan injeksi CO₂ pada pengujian sifat fisik dapat meningkatkan kerapatan walaupun tidak signifikan, dapat mengurangi kadar air, daya serap air dan pengembangan tebal walaupun tidak signifikan, namun tidak mempengaruhi pengembangan linier dari papan semen kayu kemiri.
2. Proses *curing* dengan perlakuan injeksi CO₂ pada pengujian sifat mekanik dapat meningkatkan modulus patah (MoR) dan modulus elastisitas (MoE) dan *internal bond* (IB) walaupun tidak signifikan.

B. Saran

Perlu diadakan penelitian pemberian injeksi CO₂ pada saat pengkleman dengan menggunakan kayu kemiri, dan penambahan waktu klem menjadi beberapa hari serta pemberian CO₂ pada saat proses pengkleman.



DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, 2005. *Pemanfaatan Limbah Kayu sebagai Bahan Baku Komposit Kayu Semen*. Program Studi Ilmu Pertanian, Program Pasca sarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Bakri, E. Gunawan, dan D. Sanusi, 2006. *Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Kayu Semen-Serbuk Gergaji*. Jurnal Perennial Hasil Hutan dan Kehutanan, Jurusan Kehutanan, Universitas Hasanuddin. 2(1):38-41
- Chipperfield, J.R., 1999. *Non-Aqueous Solvent*. Oxford University Press Inc, New York.
- Departemen Kehutanan dan Perkebunan, 1999. *Undang-undang Nomor 41 Tentang Kehutanan*. Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.
- Fadilah, 2007. *Kualitas Papan Semen Komposit dari Ijuk dan Kayu Kemiri*. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. (Tidak dipublikasikan)
- Gaspersz, V., 1991. *Metode Perancangan Percobaan untuk Ilmu-ilmu Pertanian*. Ilmu-ilmu Teknik dan Biologi, CV. Armico, Bandung.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bowyer., 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*. Alih Bahasa; Sutjipto, A. H., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Handayani, S.A., 2006. *Rimba Kalimantan*. Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda. 11(1):69-73
- Helmiati, 2007. *Kualitas Papan Semen Komposit dari Kayu Pinus, Kayu Kemiri dan Kayu Jawa*. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. (Tidak dipublikasikan)
- Hermawan D, T. Hata, K. Umemura, S. Kawa, S. Kaneko, W. Nagadomi, Kuroki and K. Tsunoda., 2000. *New Technology For manufacturing High – Strength Wood Cement Composites By Using Supercritical Fluid of carbon Dioxide*. Wood Research Institute, Kyoto Japan.
- 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.

- Hermawan, D., T. Hatta, K. Umemura, S. Kawai, W. Nagadomi, and Y. Kuroki, 2001. *Rapid Production of High Strength Cement-Bonded Particleboard Using Gaseous or Supercritical Carbon Dioxide*. Japan wood Sci.
- Hermawan, D., T. Hatta, S. Kawai, W. Nagadomi, and Y. Kuroki, 2002. *Manufacturing Oil Palm Fronds Cement-Bonded Board Cured by Gaseous or Supercritical Carbon Dioxide*. Japan wood Sci.
- (JIS) Japanese Industrial Standar A 5417-1992. *Cement Bonded Particle Boards*. Japanese Standards Association, Japan.
- Jufriah, dan E. Rosita, 2004. *Sifat Fisika dan Mekanika Papan Semen Partikel dari Kayu Ketapang (Terminalia cattapa Linn.)*. Proceeding Mapeki VII, 5 – 6 Agustus, Makassar. P : B19 – 36.
- Kadir, A. W., 2000. *Pengembangan Tanaman Kemiri dan Kopi sebagai Sabuk Pengaman Hutan Lindung*. Eboni No. 5. Balai Penelitian Kehutanan, Ujung Pandang.
- Kamil, 1970. *Prospek pendirian Industri Papan Wol Kayu di Indonesia*. Pengumuman No. 95 Lembaga-lembaga Penelitian Kehutanan, Direktorat Jenderal Kehutanan, Departemen Pertanian, Bogor.
- Kitao, G.M., S. Kumar, E.S. Demessic, K.L. Levien, and J.J. Morrell, 1998. *Bending Properties of TCMTB – Treaded Southern Pine Sapwood Using Supercritical Carbon Dioxide Impregnation Processes*. The International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/NP/97-40080.
- Mahyudan. I., 2000. *Pembuatan Papan Semen dari Tandan Kosong dan Sabut Kelapa Sawit dengan Menggunakan Katalis $Ca(OH)_2$, $CaCl_2$ dan $MgCl_2$* . Jurnal Penelitian Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. (Tidak Dipublikasikan)
- Martawijaya A., I. Kartasujana., T. I Mandang., S. A. Prawira dan K. Kadir, 2005. *Atlas Kayu Indonesia*. CV. Media Aksara, Bogor.
- Moslemi, A. A., 1974. *Particleboard*. Southern Illinois University Press. London and Amsterdam.
- Muin, M dan K. Tsunoda, 2003. *Preservative Treatment of Wood-Based Composites with 3-Iodo-Propynyl Butylcarbamate Using Supercritical Carbon Dioxide Impregnation*. Journal of Wood Science 49, 430-436.
- Paimin, F. R. 1997. *Kemiri Budidaya dan Prospek Bisnis*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Paribroto, 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*. Prentice -Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Samekto, W dan Rahmadiyanto, C., 2001. *Teknologi Beton*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sasmito, V, B., 2007. *Kualitas Papan Semen Komposit dari Limbah Kayu Hutan Rakyat*. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. (Tidak dipublikasikan)
- Setyono, P., 2003. *Pengembangan Teknologi Pembuatan Papan Semen Partikel*. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Sunanto, H., 1994. *Budidaya Kemiri Komoditas Ekspor*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sutigno, P., dan I.M. Sulastiningsih. 1986. *Pendugaan Sifat Papan wol Kayu Berdasarkan Suhu Hidratasi*. Lembaga Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.
- Sutini, 2003. *Teknologi Pembuatan Papan Semen Partikel Ringan*. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan)
- Yusran, 2002. *Potensi dan Prospek Pengembangan Hutan Kemiri di Kabupaten Maros dalam Menunjang Otonomi Daerah Prosiding Dialog Kebijakan Hutan Kemasyarakatan "Mengembalikan Kejayaan Hutan Kemiri di Kabupaten Maros"*. Kerjasama Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin dan Ford Foundation, Maros.