

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	2
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL	9
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR LAMPIRAN	15
INTISARI.....	16
ABSTRACT.....	17
BAB I PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang.....	18
1.2 Tujuan Penelitian	22
1.3 Manfaat Penelitian	22
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	23
2.1 Pinus merkusii.....	23
2.1.1 Taksonomi	23
2.1.2 Tempat Tumbuh dan Persebaran	23
2.1.3 Pemanfaatan dan Potensi	24
2.2 Sifat Anatomi Kayu Lunak.....	26
2.2.1 Sel Trakeid.....	26
2.2.2 Sel Jari-Jari	26
2.2.3 Sel Saluran Resin.....	28
2.3 Gravitropisme	30
2.4 Kayu Reaksi.....	32
2.4.1 Kayu Tekan.....	33
2.5 Hormon Tumbuhan.....	42



2.5.1	Hormon Giberelin	43
2.5.2	Hormon Auksin	48
2.5.3	Inhibitor Hormon: Uniconazole-P	54
2.6.1	Definisi Mikrofibril	57
2.6.2	Distribusi Sudut Mikrofibril	57
2.6.3	Pengaruh Sudut Mikrofibril Terhadap Sifat Kayu	59
2.6.4	Sudut Mikrofibril Terhadap Kayu Tekan	60
BAB III METODE PENELITIAN		62
3.1	Hipotesis Penelitian	62
3.2	Rancangan Penelitian	62
3.3	Parameter Penelitian	64
3.4	Analisis Data	65
3.5	Lokasi dan Waktu Penelitian	66
3.6	Bahan dan Alat Penelitian	67
3.6.1	Penelitian di Lapangan	67
3.6.2	Penelitian di Laboratorium	68
3.7	Prosedur Penelitian	70
3.7.1	Penelitian di Lapangan	70
3.7.2	Penelitian di Laboratorium	74
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		80
4.1	Derajat Pemulihan Batang	80
4.2	Pembentukan Kayu Tekan	87
4.2.1	Lebar Zona Kayu Tekan	87
4.2.2	Bentuk Sel	94
4.3	Karakteristik Anatomi Kayu Tekan, Kayu Opposite dan Kayu Normal	98
4.3.1	Sel Trakeid	98
4.3.1.1	Panjang Sel Trakeid	98
4.3.1.2	Diameter Sel Trakeid	103
4.3.1.3	Tebal Dinding Sel Trakeid	109
4.3.2	Sel Jari-Jari	115
4.3.2.1	Tinggi Sel Jari-Jari	115
4.3.2.2	Frekuensi Sel Jari-Jari	122



4.3.3	Sel Saluran Resin.....	125
4.3.3.1	Diameter Sel Saluran Resin.....	125
4.3.3.2	Frekuensi Sel Saluran Resin	131
4.3.4	Proporsi sel	134
4.3.4.1	Proporsi Sel Trakeid	134
4.3.4.2	Proporsi Sel Jari-Jari.....	138
4.3.4.3	Proporsi Sel Saluran Resin	142
BAB V	KESIMPULAN.....	150
5.1	. Kesimpulan.....	150
5.2	Saran	151
DAFTAR PUSTAKA		152
LAMPIRAN		172

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan penelitian kayu tekan semai <i>P. merkusii</i> di lapangan.....	45
Tabel 3.2 Rancangan penelitian tekan semai <i>P. merkusii</i> di laboratorium	46
Tabel 3.3 Analisis varians satu-arah (<i>one-way</i> ANOVA).....	48
Tabel 3.4 Analisis varians dua-arah (<i>two-way</i> ANOVA).	49
Tabel 4.1 Nilai rata-rata sudut pemulihan batang semai <i>P. merkusii</i> pada masing-masing perlakuan selama 3 bulan pengamatan.	64
Tabel 4.2 Nilai rata-rata sudut posisi batang semai <i>P. merkusii</i> pada masing-masing perlakuan selama 3 bulan pengamatan.	65
Tabel 4.3 Hasil pengukuran lebar zona kayu tekan pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari masing-masing perlakuan.....	71
Tabel 4.4 Hasil analisis keragaman lebar zona kayu tekan akibat faktor perlakuan yang berbeda pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini.....	72
Tabel 4.5 Hasil pengukuran panjang sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	82
Tabel 4.6 Hasil analisis keragaman panjang sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	82
Tabel 4.7 Hasil pengukuran diameter sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	86
Tabel 4.8 Hasil analisis keragaman diameter sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	87
Tabel 4.9 Hasil pengukuran tebal dinding sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.....	93
Tabel 4.10 Hasil analisis keragaman tebal dinding sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini.....	93
Tabel 4.11 Hasil pengukuran tinggi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.....	98
Tabel 4.12 Hasil analisis keragaman tinggi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	99

Tabel 4.13 Hasil pengukuran frekuensi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	105
Tabel 4.14 Hasil analisis keragaman frekuensi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	106
Tabel 4.15 Hasil pengukuran diameter sel saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.....	108
Tabel 4.16 Hasil analisis keragaman diameter sel saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini.....	109
Tabel 4.17 Hasil pengukuran frekuensi saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.....	114
Tabel 4.18. Hasil analisis keragaman frekuensi sel saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini.....	115
Tabel 4.19 Hasil pengukuran proporsi sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	117
Tabel 4.20 Hasil analisis keragaman proporsi sel trakeid pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	118
Tabel 4.21 Hasil pengukuran proporsi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	121
Tabel 4.22 Hasil analisis keragaman proporsi sel jari-jari pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	121
Tabel 4.23 Hasil pengukuran proporsi saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.	125
Tabel 4.24 Hasil analisis keragaman proporsi saluran resin pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini	125
Tabel 4.25 Hasil pengukuran MFA pada batang semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan terhadap bagian kayu.....	128
Tabel 4.26 Hasil analisis keragaman MFA pada batang semai <i>P. merkusii</i> dalam penelitian ini.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bahan yang digunakan untuk perlakuan hormonal. (A) Hormon giberelin. (B) Hormon auksin. (C) Inhibitor uniconazole-P	50
Gambar 3.2 Tahap persiapan semai <i>P. merkusii</i> . (A) Perawatan semai selama 2 minggu di lapangan. (B) Persiapan semai untuk 3 bulan pengamatan (pot yang telah diberi strimin untuk perlakuan yang akan dimiringkan secara artifisial sebesar 45°).	54
Gambar 3.3 (A) Gambar 3.3 (A) Pemberian hormon dan inhibitor melalui penyuntikan (takaran 50 ml) pada sampel pengamatan. (B) Penempatan semai dengan sudut kemiringan batang 45°. (C) Semai dari kayu normal (sudut kemiringan batang 0°).	55
Gambar 3.4 Pengukuran derajat pemulihan batang pada salah satu semai <i>P. merkusii</i> dari setiap perlakuan (sudut kemiringan batang 45°) setiap 1 minggu sekali	55
Gambar 3.5 (A) Pengukuran panjang sampel sebelum diambil. (B) Pengambilan sampel melalui pengirisan. (C) Contoh sampel yang telah diiris. (D) Sampel yang telah dimasukkan kedalam larutan <i>glutaraldehyde</i> 4%.....	56
Gambar 3.6 Proses irisan mikrotom. (A) Tanpa bantuan freezing stage. (B) Melalui bantuan <i>freezing stage</i>	58
Gambar 3.7 Proses maserasi. (A) Perebusan sampel kayu dengan larutan franklin. (B) Sampel kayu yang telah swelling.....	59
Gambar 3.8 Proses pembuatan preparat sudut mikrofibril. (A) Perendaman preparat dengan larutan iodine (B) Perubahan warna preparat setelah ditetesi larutan HNO ₃ 65%	60
Gambar 3.9 (A) <i>Software image analysis</i> yaitu <i>Fiji Image-J</i> untuk pengamatan & pengukuran parameter penelitian. (B) Gambar preparat hasil irisan mikrotom. Gambar bintang berwarna hitam menunjukkan bagian kayu tekan. (C) Gambar preparat hasil maserasi. (C) Gambar preparat hasil	

sudut mikrofibril. Skala garis (B dan C) = 1 mm, Skala garis (D) = 0,1 mm..... 61

Gambar 4.1 Perbandingan kenaikan sudut kemiringan batang semai *P. merkusii* pada masing-masing perlakuan dari sudut kemiringan batang 45° selama 90 hari pengamatan. Gambar (A) = Giberelin, (B) = Auksin, (C) = Uniconazole-P, (D) = Kontrol. Simbol (A^o) = kondisi hari pertama pengamatan dan (A^h) = kondisi hari terakhir pengamatan. Garis skala = 30 cm..... 63

Gambar 4.2 Grafik derajat pemulihan batang semai *P. merkusii* dari sudut kemiringan batang 45° pada setiap perlakuan selama 3 bulan pengamatan. Gambar (A) Sudut pemulihan batang per 1 minggu pengamatan. Gambar (B) Sudut posisi batang per 1 minggu pengamatan.....66

Gambar 4.3 Kenampakan irisan penampang melintang batang semai *P. merkusii* yang direkam melalui mikroskop Olympus BX5 dan kamera digital (DP 70 Olympus Corporation) setelah diwarnai dengan pewarna safranin 0,1%. Gambar (A) Giberelin, (B) Auksin, (C) Uniconazole-P, dan (D) Kontrol. Gambar bintang berwarna hitam menunjukkan zona kayu tekan. Garis skala = 1 mm 70

Gambar 4.4 Grafik pola keragaman lebar zona kayu tekan pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 72

Gambar 4.5 Kayu normal dan kayu tekan dari irisan penampang melintang batang semai *P. merkusii* yang direkam melalui mikroskop Olympus BX5 dan kamera digital (DP 70 Olympus Corporation) setelah diwarnai dengan pewarna safranin 0,1%. Gambar (A) Kayu normal (batang lurus) dengan bentuk konsentris, (B) Sel kayu normal, (C) Kayu tekan (batang miring) dengan bentuk eksentrisitas, (D) Sel kayu opposite, dan (E) Sel kayu tekan. Panah kuning menunjukkan ruang antar sel di antara sel trakeid yang membulat. Garis skala (A dan C) = 1 mm, garis skala (B, D dan E) = 50 µm..... 77

- Gambar 4.6 Bentuk sel trakeid pada setiap perlakuan yang diperoleh dari hasil irisan penampang tranversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Garis skala = 50 μm 79
- Gambar 4.7 Sel trakeid dari hasil proses maserasi batang semai *P. merkusii* yang direkam melalui Dino-Lite (AM4115ZTL series). Garis skala = 1 mm..... 81
- Gambar 4.8 Grafik pola keragaman panjang sel trakeid pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 83
- Gambar 4.9 Diameter sel trakeid dari salah satu hasil irisan penampang tranversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Simbol (D) = Diameter sel trakeid, (L) = Lumen sel trakeid, dan (TD) = Tebal dinding sel trakeid. Garis skala = 50 μm86
- Gambar 4.10 Grafik pola keragaman diameter sel trakeid pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 88
- Gambar 4.11 Bentuk dan tebal dinding sel trakeid dari hasil irisan penampang tranversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Garis skala = 50 μm 92
- Gambar 4.12 Grafik pola keragaman tebal dinding sel trakeid pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 94
- Gambar 4.13 Tinggi sel jari-jari dari hasil irisan penampang tangensial batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Panah kuning menunjukkan tinggi sel jari-jari. Garis skala = 500 μm98
- Gambar 4.14 Grafik pola keragaman tinggi sel jari-jari pada batang semai *P. merkusii* akibat interaksi antara perlakuan dan bagian kayu..... 100
- Gambar 4.15 Frekuensi sel jari-jari dari hasil irisan penampang tangensial batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam

melalui mikroskop Olympus BX5. Garis kuning menunjukkan perhitungan frekuensi jari-jari per mm. Garis skala = 500 μm . 105

Gambar 4.16 Diameter sel saluran resin dari hasil irisan penampang transversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Garis kuning menunjukkan diameter sel saluran resin. Garis skala = 500 μm . 108

Gambar 4.17 Grafik pola keragaman diameter sel saluran resin pada batang semai *P. merkusii* akibat interaksi antara perlakuan hormonal dan bagian kayu. 110

Gambar 4.18 Frekuensi sel saluran resin dari hasil irisan penampang transversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Panah kuning menunjukkan perhitungan frekuensi per mm^2 . Garis skala = 500 μm 114

Gambar 4.19 Proporsi tipe sel pada hasil irisan penampang transversal batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan safranin 0,1% dan direkam melalui mikroskop Olympus BX5. Simbol (T) = Trakeid, (R) = Jari-jari, dan (RC) = Saluran resin. Garis skala = 500 μm 117

Gambar 4.20 Grafik pola keragaman proporsi jari-jari pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 122

Gambar 4.21 MFA pada hasil irisan penampang tangensial batang semai *P. merkusii* dengan pewarnaan iodine dan direkam melalui mikroskop polarisasi (Omax seri M813PL). Garis kuning menunjukkan sudut mikrofibril. Garis skala = 0,1 mm 127

Gambar 4.22 Grafik pola keragaman MFA pada batang semai *P. merkusii* yang dipengaruhi oleh faktor perlakuan yang berbeda 129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perubahan Posisi Pemulihan Batang Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	156
Lampiran 2. Besar Kenaikan Sudut Batang Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	157
Lampiran 3. Lebar Zona Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	158
Lampiran 4. Panjang Sel Trakeid Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	159
Lampiran 5. Diameter Sel Trakeid Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	160
Lampiran 6. Tebal Dinding Sel Trakeid Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	161
Lampiran 7. Tinggi dan Frekuensi Sel Jari-Jari Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	162
Lampiran 8. Diameter dan Frekuensi Sel Saluran Resin Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	163
Lampiran 9. Proporsi Sel Trakeid, Sel Jari-Jari, Sel Saluran Resin Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	164
Lampiran 10. <i>Microfibril Angle</i> Kayu Tekan Semai <i>Pinus merkusii</i> Dari Sudut Kemiringan Batang 45°	165