

## Full Length Research Article

### Relationship Between Axial Location and Board Thickness Variation on the Development of Drying Schedule of Cemara Gunung (*Casuarina Junghuhniana* Miq.)

#### Hubungan Letak Aksial dan Variasi Ketebalan Papan terhadap Penyusunan Skedul Pengeringan Kayu Cemara Gunung (*Casuarina Junghuhniana* Miq.)

Hanan Purana Putra, Tomy Listyanto\*

Departemen Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada. Jalan Agro No. 1 Bulaksumur, Sleman, 55281, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

\*Corresponding author. E-mail address: [tomy.listyanto@gadjahmada.edu](mailto:tomy.listyanto@gadjahmada.edu)

#### ARTICLE HISTORY:

Received: 19 July 2020

Peer review completed: 19 August 2020

Received in revised form: 20 September 2020

Accepted: 23 September 2020

#### KEYWORDS:

Axial

Board-thickness

*Casuarina junghuhniana*

Drying-schedule

Terazawa method

© 2021 The Author(s). Published by Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Lampung in collaboration with Indonesia Network for Agroforestry Education (INAFE). This is an open access article under the CC BY-NC license: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

#### ABSTRACT

The research aimed to determine drying characteristics, developing drying schedule, and its relationship to the axial position of the sample on the stem, board thickness, specific gravity, and percentage of heartwood. This research used cemara gunung (*Casuarina junghuhniana* Miq.) as samples with 6 replications and 2 factors that are the axial location (bottom, middle, and top) and board thickness (2 cm, 3 cm, and 4 cm). The drying schedule development followed the Terazawa Method, in which the samples were dried within a temperature of 100°C for 72 h. The proper schedule was then applied and evaluated. The research obtained 11 variations of the drying schedule. The chi-square analysis results indicated that the board thickness and percentage of heartwood were significantly correlated with the development of the drying schedule. The drying schedule using board thickness of 2 cm, 3 cm, and 4 cm can be dried with an initial temperature of 60°C, 50°C, and 47°C, respectively. The wet-bulb depression was 4°C, 2°C, and 2°C, respectively, and the final temperature was 90°C, 80°C, and 65°C, respectively.

## 1. Pendahuluan

Hutan rakyat merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan kebutuhan kayu sekarang dan masa depan. Hutan rakyat telah memasok kayu bulat untuk bahan baku industri di Indonesia sebesar 5.391.275,33 m<sup>3</sup> pada tahun 2014 dan meningkat menjadi 6.072.877,13 m<sup>3</sup> pada tahun 2018 (KLHK 2018). Hal ini mendorong kegiatan perkembangan rehabilitasi lahan/hutan rakyat di Indonesia dari tahun 2014 hingga 2018 sebanyak 1.166.736,13 ha (KLHK 2018). Salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki luas hutan rakyat terbesar adalah Provinsi Jawa Tengah. Luas hutan rakyat di Jawa Tengah mengalami peningkatan dari tahun 2012 sebesar 584.998 ha menjadi 640.394 ha pada tahun 2019 (BPS Jateng 2019).

Kayu cemara gunung (*Casuarina junghuhniana* Miq.) merupakan salah satu jenis kayu yang relatif cepat tumbuh dan belum komersial (*less-commercial*) yang berpotensi untuk dikembangkan saat ini (Hanum et al. 1997). Tanaman cemara gunung telah diusahakan untuk reboisasi dan

program rehabilitasi di pulau Jawa sejak tahun 1900-an. Tanaman cemara gunung merupakan tanaman pionir pada kondisi tanah yang mudah longsor dan pada kondisi tanah dengan asam sulfat yang rendah seperti di Asia Tenggara dan Australia, dimana tanaman tersebut mampu tumbuh dengan baik (Sosef et al. 1999). Tanaman cemara gunung banyak tumbuh di hutan rakyat terutama daerah dataran tinggi dan di sekitar kaki gunung Sumbing dan Sindoro dengan dominasi terbanyak rata-rata kurang lebih 60-80% (Dishutbun Wonosobo 2019).

Informasi pemanfaatan kayu cemara gunung masih terbatas. Selama ini pemanfaatan kayu tersebut pada umumnya hanya untuk kayu bakar. Kayu cemara gunung dengan berat jenis 1,12 dikategorikan dalam kelas awet II dan kelas kuat I yang berarti mampu bertahan sampai 15 tahun keatas dan mampu menahan lentur di atas 1100 kg/cm<sup>2</sup> dan dapat mengantisipasi kuat desak di atas 650 kg/cm<sup>2</sup> (Seng 1964). Aplikasi teknologi yang tepat diperlukan untuk menghasilkan kualitas akhir kayu yang baik, meningkatkan nilai jual kayu, dan menjadi kayu alternatif bagi industri. Kayu cemara gunung dapat direkomendasikan untuk komponen struktural pada perumahan, perkantoran, dan sekolah (Boonyachut et al. 2002). Selain itu, pemanfaatan kayu cemara gunung ini memiliki kecenderungan semakin dibutuhkan seiring dengan pasokan kayu sengon yang berkurang karena terkena serangan tumor karat puru dan pasokan kayu jati yang sangat kurang dibanding kebutuhannya.

Salah satu usaha meningkatkan kualitas kayu adalah dengan pengeringan kayu yang tepat. Pengeringan kayu merupakan proses penting yang wajib dilalui karena kayu yang baru saja ditebang masih dalam kondisi basah atau segar, sedangkan kayu untuk penggunaannya harus dalam keadaan kering dan sesuai dengan lingkungan tempat dimana kayu tersebut digunakan. Kayu dengan kandungan air seimbang dengan kondisi lingkungannya (Kadar Air Seimbang) akan menjamin kestabilan dimensi, kemudahan pengerjaan, dan terhindar dari serangan agen perusak kayu khususnya jamur (Listyanto 2016).

Proses kunci dalam pengeringan kayu adalah mengetahui karakteristik pengeringan dan bagaimana mengatur skedul pengeringan yang tepat, yaitu dengan mengatur suhu dan kelembaban di dalam tanur untuk mengeringkan kayu dengan cepat dan cacat kayu yang minimal (Listyanto 2016). Oleh karena itu, diperlukan informasi mengenai skedul pengeringan kayu cemara gunung yang tepat, sehingga akan meningkatkan kualitas dan mengurangi penurunan rendemen karena cacat kayu yang terjadi selama proses pengeringan. Saat ini, penelitian skedul pengeringan untuk kayu cemara gunung belum ada sehingga perlu adanya penyusunan skedul pengeringan untuk kayu cemara gunung.

Penyusunan skedul suhu pengeringan jenis kayu yang baru atau yang memiliki karakteristik berbeda dapat dilakukan dengan pendekatan jenis kayu yang mirip kondisinya atau juga melakukan metode *trial and error* terhadap kayu yang akan dikeringkan. Karakteristik kayu yang berbeda adalah jenis kayu yang memiliki karakteristik tertentu seperti berdiameter lebih kecil, umurnya lebih muda, cepat tumbuh, atau berasal dari kondisi tapak (jenis tanah, ketinggian, dan iklim) yang berbeda (Listyanto 2016). Namun demikian, metode pendekatan dan *trial and error* mempunyai kekurangan yaitu menyita banyak waktu dan biaya. Salah satu alternatif metode untuk menyusun skedul pengeringan yang relatif cepat dan berbiaya murah dan tepat saat uji aplikasinya adalah metode yang dikembangkan oleh Terazawa, dan dimodifikasi oleh Jankowski (Listyanto et al. 2010, 2016). Metode ini menempatkan beberapa determinan seperti suhu awal, depresiasi bola basah, suhu akhir, klasifikasi cacat seperti retak, *honeycombing*, dan kolaps. Prinsip dari metode ini adalah mengeringkan sampel uji dengan cepat pada suhu 100°C selama 72

jam, dan selanjutnya diamati setiap 2 jam sekali untuk melihat cacat-cacat yang terjadi (Terazawa 1965).

Penyusunan skedul pengeringan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya letak aksial pada batang dan ketebalan papan. Tanaman cemara gunung memiliki batang yang lurus dan tinggi batang bebas cabang yang relatif tinggi sehingga letak aksial pada batang perlu diketahui bagaimana hubungannya terhadap penyusunan skedul pengeringan kayu cemara gunung. Pada kedudukan aksial terjadi perbedaan sifat-sifat kayu bagian pangkal dengan bagian ujung karena waktu pembentukan kayunya yang berbeda (Shmulsky dan Jones 2011). Variasi sifat dasar kayu biasanya mengikuti kedudukannya dalam batang khususnya pada arah aksial (Shmulsky dan Jones 2011). Sifat-sifat kayu yang penting dan berpengaruh terhadap hasil pengolahan adalah kadar air, penyusutan dan pengembangan, kerapatan, dan porositasnya (Listyanto 2016; Marsoem 2011). Penambahan panjang serat dan berat jenis terjadi secara bertahap sesuai dengan riap pertumbuhan kayu sampai batas maksimum di bawah tajuk, dan makin ke atas suatu batang panjang serat dan berat jenis akan menurun sampai batas minimalnya (Shmulsky dan Jones 2011). Umumnya semakin tinggi berat jenis suatu kayu akan semakin lambat laju pengeringan dan semakin besar kemungkinan terjadinya kerusakan pada kayu tersebut (Marsoem 2011).

Selain variasi letak aksial, ketebalan papan juga memberikan pengaruh pada penyusunan skedul pengeringan. Ketebalan papan lebih berpengaruh dari pada panjang papan atau sortimen karena pada arah tebal merupakan arah radial atau lateral pohon sehingga luas permukaan untuk air keluar dari dalam kayu lebih banyak daripada arah panjang papan atau longitudinal pohon meskipun laju keluarnya air lebih cepat namun luas permukaannya lebih sedikit. Kecepatan pengeringan semakin menurun seiring dengan peningkatan ketebalan sortimen, kayu yang lebih tebal akan sulit dikeringkan dibanding kayu yang lebih tipis, oleh karena itu sortimen kayu yang lebih tebal mudah mengalami cacat (Listyanto 2016). Semakin tebal kayu maka lama waktu yang dibutuhkan air untuk bergerak dari dalam kayu sampai permukaan akan semakin lama sehingga proses pengeringan kayu akan berjalan lebih lama, pada keadaan atmosfer yang sama (Skaar dan Babiak 1982). Selanjutnya perlu diuji sejauh mana perbedaan ketebalan berpengaruh pada penyusunan skedul pengeringan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilaksanakan penelitian terkait hubungan letak aksial dan variasi ketebalan papan terhadap penyusunan skedul pengeringan pada kayu cemara gunung (*Casuarina junghuhniana* Miq.). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik pengeringan kayu cemara gunung, penyusunan skedul pengeringan, dan hubungan letak aksial dan variasi ketebalan papan terhadap skedul pengeringan, serta kemungkinan hubungannya dengan variasi berat jenis dan persen kayu teras. Skedul pengeringan yang paling sesuai selanjutnya diaplikasikan pada papan dengan ukuran yang lebih besar dan dievaluasi karakteristik pengeringannya.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan penelitian berupa tiga log yang berasal dari pohon cemara gunung dengan umur 15 tahun, diameter 45-50 cm, dan tinggi batang bebas cabang 10-15 m. Pohon ditebang dari kawasan hutan rakyat, dukuh Jenggeran, Butuh Kidul, Kecamatan Kalikajar, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah yang berasal dari kelompok tani hutan rakyat "Tani Maju". Penebangan pohon cemara gunung dilakukan pada 10 cm di atas tanah, dan setiap log dibelah menjadi papan gergajian

berukuran panjang 150 cm pada tiga bagian aksial (pangkal, tengah, dan ujung) dengan tiga ketebalan (2 cm, 3 cm, dan 4 cm). Penelitian ini dilakukan dengan ulangan sebanyak 6 ulangan.

Pembuatan contoh uji skedul pengeringan dilakukan pada ketiga bagian aksial dan berbagai ketebalan papan, yaitu dengan ukuran 2 cm x 12 cm x 30 cm, 3 cm x 12 cm x 30 cm, dan 4 cm x 12 cm x 30 cm (tebal x lebar x panjang). Sedangkan untuk sampel kadar air (KA) dan berat jenis (BJ) adalah 2 cm x 2 cm x 2 cm (BSI 1957) yang diambil dari dekat ujung papan sampel uji skedul pengeringan. Pengamatan awal yang dilakukan adalah berat awal sampel, dimensi awal (panjang, lebar, dan tebal), cacat awal (retak permukaan, retak ujung, pecah ujung, dan kolaps), dan persen kayu teras. sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 72 jam (tidak termasuk lama waktu pengamatan). Penimbangan berat, perubahan dimensi dan cacat-cacat pengeringan (retak permukaan, retak ujung, pecah ujung dan kolaps) dilakukan setiap 2 jam sekali. Setelah total penngeringan 72 jam, contoh uji dipotong menjadi dua dan diamati terhadap cacat retak dalam atau *honeycombing* berdasarkan metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965).

Penilaian dan pengelompokan cacat retak permukaan dan retak ujung dilakukan seperti pada **Gambar 1** dan **Tabel 1**, sedangkan penilaian dan pengelompokan cacat retak dalam (*honeycombing*) dilakukan seperti pada **Gambar 2** dan **Tabel 1**. Penilaian cacat kolaps berdasarkan **Gambar 3** dan **Tabel 1**. Selain cacat retak, kolaps dan *honeycombing*, sampel uji juga diamati cacat perubahan bentuk yang terjadi selama proses pengeringan. Cacat perubahan bentuk tersebut meliputi cacat membusur (*bowing*), memangkuk (*cupping*), dan memuntir (*twisting*). Pengukuran cacat ini dilakukan dengan mengukur indeks kedalaman lengkungan dibagi panjang antar ujung yang melengkung.

Pembagian kelompok sebaran berat jenis dan persen kayu teras dengan cara menentukan banyaknya kelas yang dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

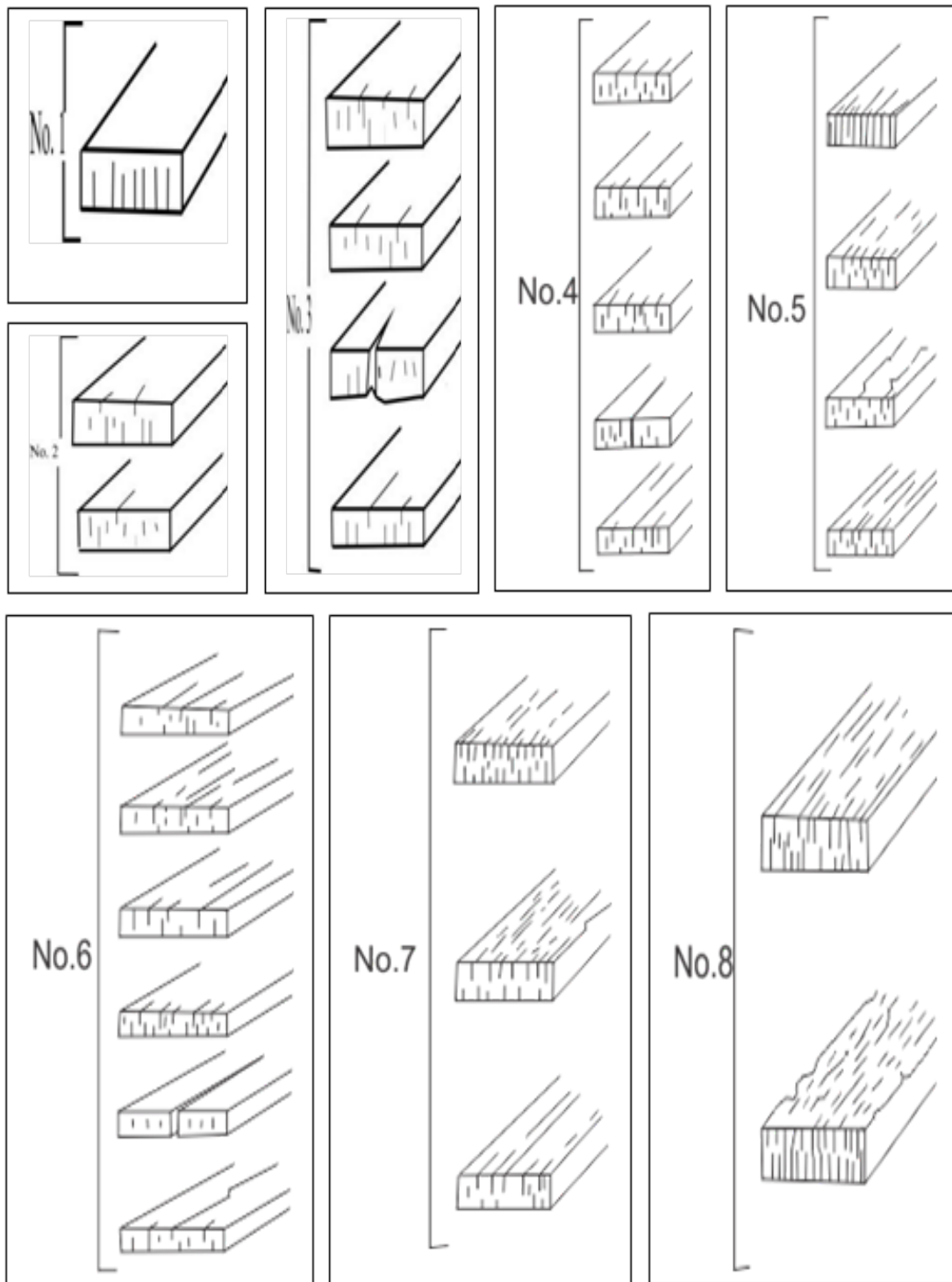
$$N = 1 + 3,3 \log n$$

dimana N adalah banyak kelas dan n adalah jumlah total sampel.

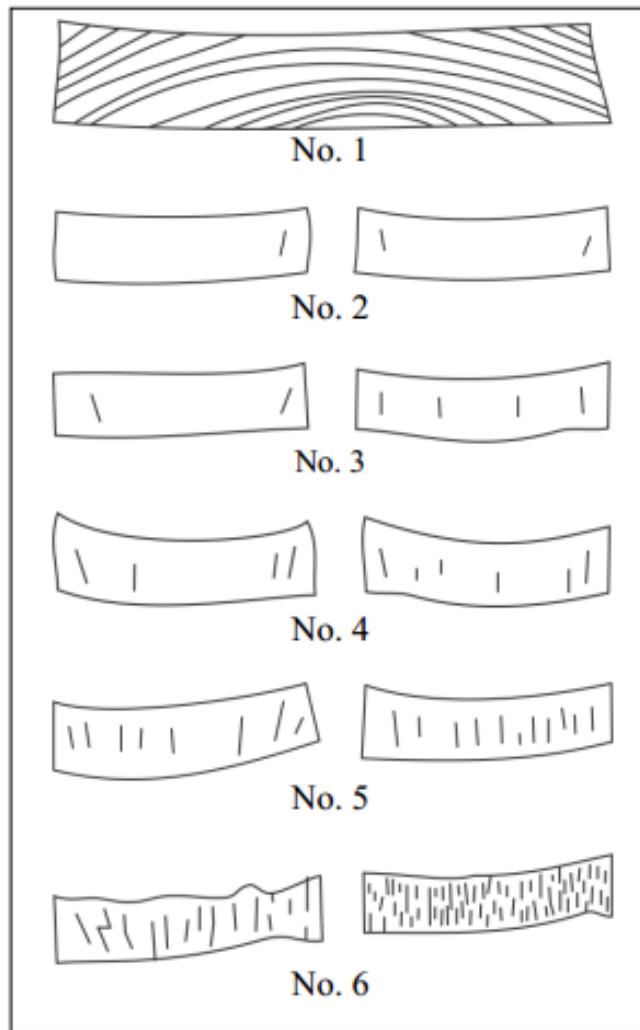
Panjang kelas diperoleh dengan membagi rentang dengan banyak kelas, dimana rentang adalah selisih antara data terbesar dengan data terkecil.

Setelah ketiga nilai cacat diperoleh, lalu dihubungkan sehingga didapatkan kombinasi skedul suhu awal, depresiasi suhu bola basah, dan suhu akhir (**Tabel 2**). Kombinasi terpilih adalah kombinasi pada kondisi cacat paling parah pada ketiga kategori cacat tersebut. Kemudian menentukan klasifikasi kadar air berdasarkan perbedaan kadar air awal (**Tabel 3**) dan perbedaan suhu bola kering dan suhu bola basah (**Tabel 4**). Selanjutnya menentukan pengaturan suhu berdasarkan suhu awal (**Tabel 5**).

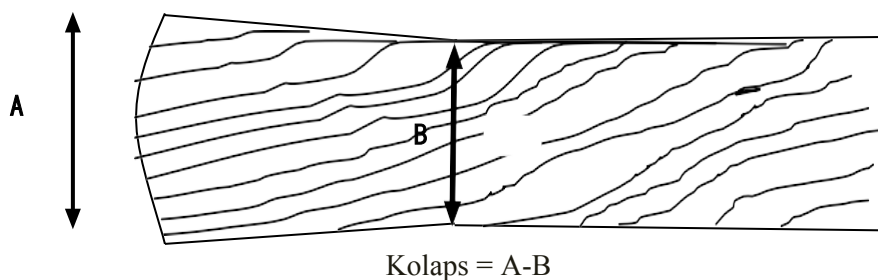
Analisis karakteristik perubahan bentuk dilakukan dengan analisis sidik ragam menggunakan taraf uji 5% atau tingkat kepercayaan 95%. Untuk menguji hubungan letak aksial, ketebalan papan, berat jenis, dan persen kayu teras terhadap skedul pengeringan dilakukan dengan analisis *chi square* menggunakan taraf uji 5% atau tingkat kepercayaan 95%. Skedul pengeringan yang terpilih diaplikasikan menggunakan papan uji berukuran panjang 50 cm, lebar 12 cm, dan tebal 2 cm kemudian dievaluasi karakteristik pengeringannya.



**Gambar 1.** Pengelompokan tingkat keretakan pada contoh uji menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965).



**Gambar 2.** Pengelompokan tingkat cacat *honeycombing* pada contoh uji menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965).



**Gambar 3.** Cara pengukuran cacat kolaps pada contoh uji menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965).

**Tabel 1.** Penilaian cacat sesuai dengan kondisi retakan contoh uji menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965)

Nilai Tingkat Keretakan	Retak		Kolaps (A-B)	Honeycombing
	Retak ujung	Retak Permukaan		
1	Gambar 3 No.1	Gambar 3 No.1	0 – 0,3 mm	Tidak ada
2	Gambar 3 No.2 P<10 mm L<0,8 mm	Gambar 3 No.2 P<50 mm L<0,5 mm	0,3 - 0,5 mm	1 - 2
3	Gambar 3 No.3 P>10 mm L<0,8 mm	Gambar 3 No.3 5 mm< P<100 mm 1 mm<L<1,5 mm	0,5 - 0,8 mm	3 - 4
4	Gambar 3 No.4 P<10 mm 0,8 mm<L<1,5mm	Gambar 3 No.4 P<150 mm L<1,5 mm	0,8 – 1,2 mm	5 - 7
5	Gambar 3 No.5 P>10 mm 0,8 mm<L<1,5mm	Gambar 3 No.5 P>150 mm L>1,5 mm	1,2 - 1,8 mm	8 - 10
6	Gambar 3 No.6 P>10 mm L<0,8 mm	Gambar 3 No.6 P>150 mm L>1,5 mm	1,8 - 2,5 mm	>10
7	Gambar 3 No.7 P>10 mm L<0,8 mm	Gambar 3 No.7 P>150 mm L>1,5 mm	2,5 - 3,5 mm	
8	Gambar 3 No.8 P>10 mm L<0,8 mm	Gambar 3 No.8 P>150 mm L>1,5 mm	> 3,5 mm	

**Tabel 2.** Penyusunan skedul pengeringan berdasarkan tingkat masing-masing jenis cacat berdasarkan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965)

Jenis cacat pengeringan	Kondisi Pengeringan	Tingkat Cacat							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Retak	Suhu awal (°C)	70	65	60	55	53	50	47	45
	Depresiasi bola basah (°C)	6,5	5,5	4,3	3,6	3,0	2,3	2,0	1,8
	Suhu akhir (°C)	95	90	85	83	82	81	80	70
Kolaps	Suhu awal (°C)	70	66	58	54	50	49	48	47
	Depresiasi bola basah (°C)	6,5	6,0	4,7	4,0	3,6	3,3	2,8	2,5
	Suhu akhir (°C)	95	88	83	80	77	75	73	70
Honeycombing	Suhu awal (°C)	70	55	50	49	48	45	-	-
	Depresiasi bola basah (°C)	6,5	4,5	3,8	3,3	3,0	2,5	-	-
	Suhu akhir (°C)	95	83	77	73	71	70	-	-

**Tabel 3.** Klasifikasi kadar air berdasarkan perbedaan kadar air awal menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965)

Tahap No	Klasifikasi Kadar air sesuai kadar air awal (%)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	40-30	50-35	60-40	80-50	100-60	120-68	140-75	170-90	200-110
2	30-28	35-32	40-35	50-43	60-47	68-65	75-60	90-70	110-80
3	28-26	32-29	35-31	43-36	47-40	55-45	60-45	70-55	80-65
4	26-24	29-26	31-32	36-30	40-34	45-38	45-38	55-45	65-50
5	24-22	26-23	27-24	30-25	34-29	38-32	38-32	45-35	50-40
6	22-20	23-20	24-21	25-21	29-24	32-27	32-27	35-27	40-32
7	20-18	20-18	21-18	21-18	24-20	27-22	27-22	27-22	32-25
8	18-16	18-16	18-16	18-16	20-16	22-18	22-18	22-18	25-20
9	16-14	16-14	16-14	16-14	16-14	18-14	18-14	18-14	20-15
10	14-12	14-12	14-12	14-12	14-12	14-12	14-12	14-12	15-12
11	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12

**Tabel 4.** Klasifikasi perbedaan suhu bola kering dan bola basah berdasarkan klasifikasi kadar air awal menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965)

Tahap No	Klasifikasi perbedaan suhu bola kering dan bola basah (°C)								
	a	b	c	d	e	f	g	h	
1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	7	
2	2	3	3,5	4	5	5,5	7,5	10	
3	3	4	5	6	7,5	8	11	14	
4	4	6	7,5	9	11	13	15	20	
5	6	9	11	13	15	17	20	25	
6	9	13	15	17	20	21	25	30	
7	13	18	20	21	25	25	30	30	
8	18	20	25	25	25-30	25-30	30	30	
9	20-25	20-25	25-30	25-30	25-30	25-30	30	30	
10	20-25	20-25	25-30	25-30	25-30	25-30	30	30	
11	20-25	20-25	25-30	25-30	25-30	25-30	30	30	

**Tabel 5.** Pengaturan suhu berdasarkan suhu awal menggunakan Metode Terazawa termodifikasi (Brandao dan Jankowsky 1992; Listyanto et al. 2010; Terazawa 1965)

Kadar Air	Pengaturan suhu berdasar suhu awal (°C)									
	35	40	45	50	55	60	65	70	80	85
Basah – 40	35	40	45	50	55	60	65	70	85	90
40-35	35	40	45	50	55	60	65	75	90	100
35-30	35	40	45	50	58	65	65	80	95	110
30-25	35	43	48	55	63	70	70	85	100	120
25-20	38	48	53	60	68	75	80	95	110	120
20-15	40	53	58	65	70	80	85	105	120	120
15-10	45	60	65	70-80	70-80	80-90	85-90	105	120	120
<10	55	60	65	70-80	70-80	80-90	85-90	105	120	120

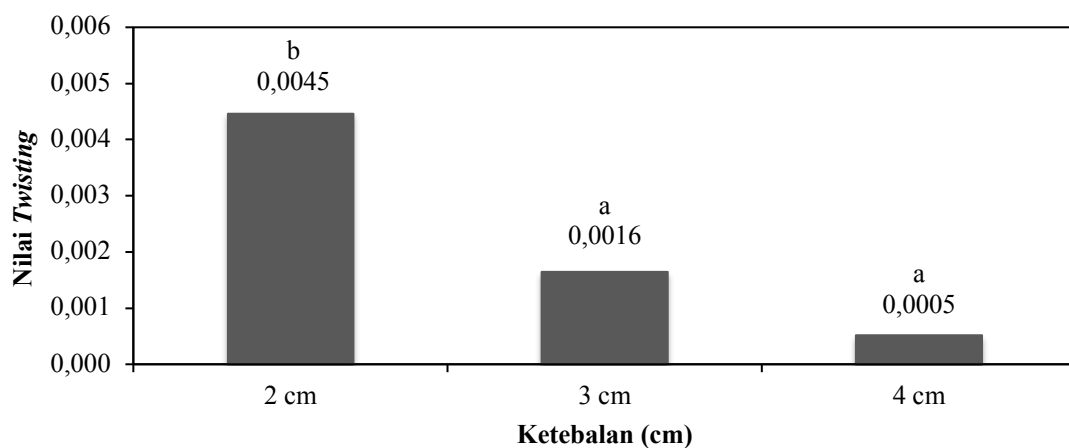


### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Cacat Perubahan Bentuk (*Warping*)

Cacat bentuk adalah berubahnya bentuk papan kayu akibat proses pengeringan (Listyanto 2016). Cacat bentuk yang terjadi pada penelitian ini berupa cacat memangkuk (*cupping*) dan memuntir (*twisting*), sedangkan cacat membusur tidak terjadi. Hasil analisis sidik ragam cacat memangkuk (*cupping*) menunjukkan bahwa faktor letak aksial ( $p$ -value 0,61,  $\alpha$  0,05), ketebalan papan ( $p$ -value 0,60,  $\alpha$  0,05), dan interaksi keduanya ( $p$ -value 0,97,  $\alpha$  0,05) tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Pada cacat memuntir (*twisting*), hasil analisis varian menunjukkan bahwa ketebalan papan memberikan hasil yang berbeda sangat nyata pada taraf uji 0,05, sedangkan letak aksial dan interaksi letak aksial dan ketebalan papan tidak memberikan pengaruh yang nyata. Diagram HSD ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Cacat memuntir terjadi karena ada satu titik yang terangkat ketika kayu gergajian diletakkan rata di atas tanah atau meja kerja dan disebabkan karena adanya serat yang memuntir (Hadikusumo 2011). Hasil pengujian HSD menunjukkan bahwa ketebalan 2 cm berbeda nyata dengan ketebalan 3 cm dan 4 cm, sedangkan ketebalan 3 cm tidak berbeda nyata dengan ketebalan 4 cm terhadap cacat memuntir (*twisting*). Hal ini mengindikasikan bahwa potensi terjadinya cacat memuntir pada papan 2 cm lebih tinggi dibandingkan dengan papan yang lebih tebal yaitu 3 cm dan 4 cm. Cacat memuntir disebabkan adanya serat yang memuntir pada salah satu bagian ujungnya (Listyanto 2016). Pada proses pengeringan perlu diperhatikan untuk melakukan perlakuan agar papan ketebalan 2 cm tidak mudah memuntir.



**Gambar 4.** Pengaruh ketebalan papan terhadap cacat memuntir (*twisting*) papan uji kayu cemara gunung (HSD  $\alpha$  0,01 = 0,0027).

Menurut Listyanto (2016), cacat bentuk (*warping*) dapat diminimalisir dengan penyusunan ganjal, pemberian beban pemberat diatas tumpukan untuk mengurangi pelengkungan dan pembengkokan pada lapisan atas tumpukan. Oleh karena itu, pada proses pengeringan kayu cemara gunung disarankan diberi pemberat yang cukup diatas tumpukan untuk menghindari cacat perubahan bentuk (*warping*) terutama cacat memuntir (*twisting*).

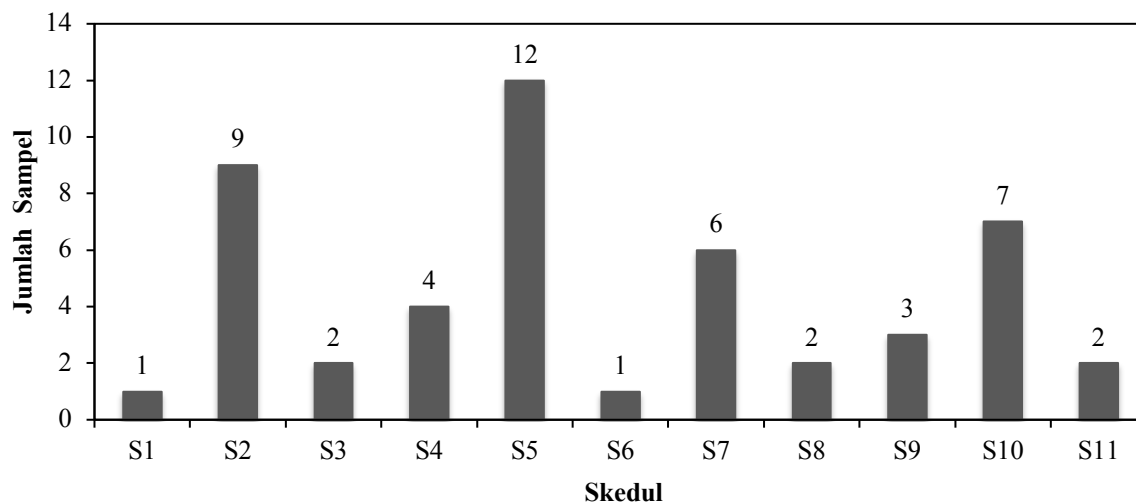
### 3.2. Skedul Pengeringan

Berbagai level skedul pengeringan kayu cemara gunung diperoleh berdasarkan perbedaan karakteristik masing masing sampel uji. Berbagai variasi skedeul pengeringan tersebut selanjutnya dihilangkan faktor kadar air awalnya, sehingga didapatkan 11 variasi skedul pengeringan berdasarkan perbedaan suhu awal, depresiasi bola basah dan suhu akhir. Skedul terlunak diperoleh pada skedul 1 dengan suhu awal 45°C, depresiasi bola basah 1,5°C dan suhu akhir pengeringan 65°C. Sedangkan skedul ke-11 merupakan skedul terkeras dengan suhu awal 65°C, depresiasi bola basah 5°C dan suhu akhir pengeringan 90°C. Pengelompokkan skedul pengeringan lebih detail disajikan pada **Tabel 6**. Banyaknya jumlah sampel yang sesuai pada masing-masing kelompok skedul pada **Tabel 6** dapat dilihat pada **Gambar 5**.

**Tabel 6.** Kelompok skedul pengeringan kayu cemara gunung

No	Kode Skedul	Keterangan		
		Suhu Awal (°C)	Depresiasi Bola Basah (°C)	Suhu Akhir (°C)
1	S1	45	1,5	65
2	S2	47	2	65
3	S3	48	2,5	65
4	S4	49	3	80
5	S5	50	2	80
6	S6	50	3,5	80
7	S7	53	3	80
8	S8	54	4	80
9	S9	55	3,5	80
10	S10	60	4	90
11	S11	65	5	90

Keterangan: S1 =skedul pengeringan pertama (terlunak), S11 = skedul pengeringan kesebelas (terkeras).

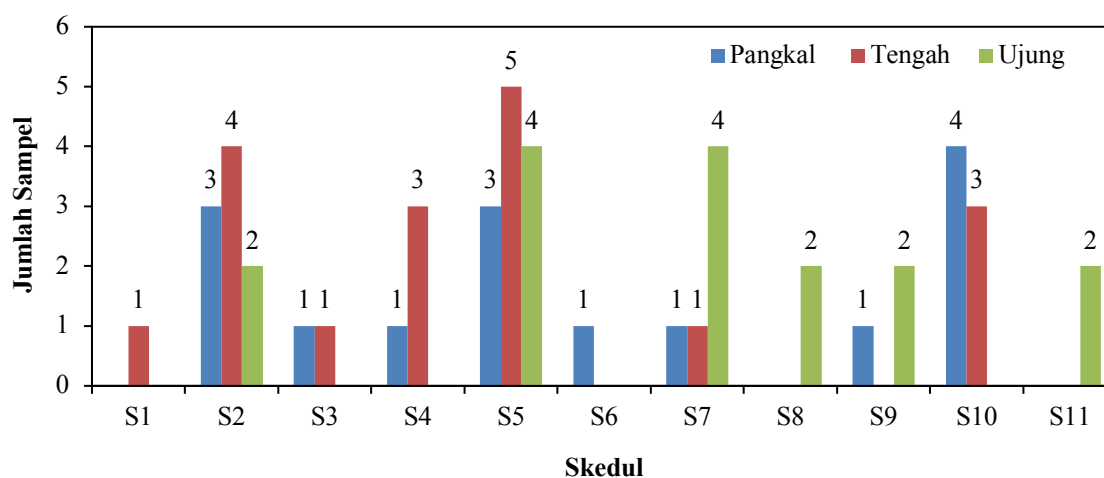


**Gambar 5.** Jumlah sampel pada berbagai kelompok skedul pengeringan kayu cemara gunung.

Setelah skedul pengeringan dikelompokkan seperti diatas, maka dilakukan analisis hubungan letak aksial, ketebalan papan, berat jenis kayu, dan persentase kayu teras terhadap penyusunan skedul pengeringan dengan menggunakan metode analisis *chi square*. Adanya hubungan yang signifikan akan digunakan untuk memberikan rekomendasi pemisahan proses pengeringan.

### 3.3. Hubungan Letak Aksial Batang terhadap Skedul Pengeringan

Skedul pengeringan kayu cemara gunung yang didapat dari masing-masing bagian batang (aksial) pohon kemudian dikelompokkan kedalam 11 variasi skedul pengeringan sesuai pengelompokkan skedul sebelumnya (**Gambar 6**). Berdasarkan hasil analisis *chi square* ( $p$ -value 0,161,  $\alpha$  0,05) menunjukkan tidak ada hubungan yang nyata antara letak aksial batang terhadap penyusunan skedul pengeringan. Adanya hubungan yang tidak nyata tersebut dikarenakan pada letak aksial batang baik bagian pangkal, tengah, maupun ujung diduga memiliki sifat-sifat dasar seperti kadar air dan kerapatan yang tidak berbeda jauh. Oleh karena itu, cacat yang ditimbulkan juga tidak berbeda jauh pula sehingga skedul yang terbentuk juga tidak menunjukkan hubungan yang nyata. Oleh karena itu, ketiga bagian pada letak aksial batang kayu cemara gunung bisa dikeringkan dalam satu oven dengan skedul yang sama.



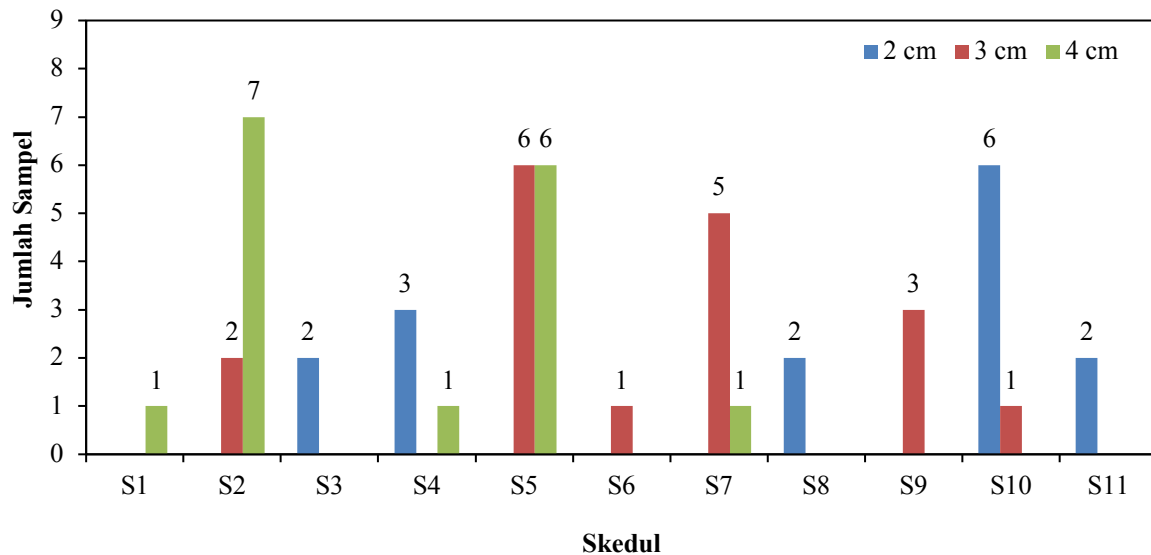
**Gambar 6.** Jumlah sampel pada berbagai kelompok skedul pengeringan berdasarkan letak aksial batang kayu cemara gunung.

### 3.4. Hubungan Ketebalan Papan Terhadap Skedul Pengeringan

Berdasarkan hasil analisis *chi square* ( $p$ -value  $0,001 < 0,05$ ) menunjukkan hubungan yang nyata antara ketebalan papan terhadap penyusunan skedul pengeringan. Pengelompokkan skedul pengeringan berdasarkan ketebalan papan dapat dilihat pada **Gambar 7**. Semakin tebal papan, skedul pengeringan cenderung semakin lunak. Laju pengeringan dipengaruhi oleh ketebalan papan, papan yang lebih tebal akan lebih sulit dikeringkan dari pada kayu yang lebih tipis. Kesulitan ini disebabkan karena kayu yang lebih tebal akan lebih mudah mengalami cacat dibandingkan kayu yang tipis disebabkan karena lamanya laju pengeringan dan panjangnya perjalanan air dari pusat menuju permukaan kayu (Listyanto 2016). Semakin tebal kayu maka lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan air yang bergerak dari dalam kayu ke permukaan akan semakin lama sehingga proses pengeringan akan berjalan lebih lama pada keadaan atmosfer yang sama (Skaar dan Babiak 1982). Spesimen yang lebih tebal memiliki gradien kadar air dari luar ke dalam relatif tinggi, sehingga dengan perlakuan skedul pengeringan yang keras akan menyebabkan perbedaan gradien ini semakin tinggi akibatnya akan muncul cacat retak yang lebih tinggi bahkan kolaps (Listyanto et al. 2010).

Berdasarkan pernyataan di atas, ketiga ketebalan papan tersebut disarankan untuk tidak dikeringkan dalam satu oven. Pengeringan harus dilakukan terpisah pada setiap ketebalan yang berbeda sesuai dengan skedulnya masing-masing supaya diperoleh hasil yang optimal. Hal ini

sejalan dengan penelitian pada kayu mahoni dengan ukuran ketebalan papan yang berbeda menunjukkan hubungan yang signifikan dan disarankan untuk tidak dikeringkan dalam satu oven (Listyanto et al. 2010). Skedul yang disarankan untuk masing-masing ketebalan dapat dilihat pada Tabel 7-9.



**Gambar 7.** Jumlah sampel pada berbagai kelompok skedul pengeringan berdasarkan ketebalan papan kayu cemara gunung.

**Tabel 7.** Skedul pengeringan kayu cemara gunung untuk ketebalan papan 2 cm

Kadar air (%)	Suhu bola kering (°C)	Depresiasi suhu bola basah (°C)	Suhu bola basah (°C)	Kelembaban relatif (%)	Kadar air seimbang (%)
~ -50	60	4	56	81	13,5
50-43	60	5,5	54,5	75	12
43-36	60	8	52	65	10
36-30	65	13	52	50	7,25
30-25	70	17	53	42	5,75
25-21	75	21	54	36	4,75
21-18	80	25	55	30	4
18-16	80	25-30	50-55	30	4
16-12	80-90	25-30	55-60	30	4

**Tabel 8.** Skedul pengeringan kayu cemara gunung untuk ketebalan papan 3 cm

Kadar air (%)	Suhu bola kering (°C)	Depresiasi suhu bola basah (°C)	Suhu bola basah (°C)	Kelembaban relatif (%)	Kadar air seimbang (%)
~ -50	50	2	50	84	15,5
50-43	53	4	49	80	14
43-36	53	6	47	71	11,5
36-30	53	9	44	60	9
30-25	55	13	42	47	7
25-21	60	17	43	38	5,75
21-18	65	21	44	30	4,5
18-16	65	25	40	22	3,5
16-12	70-80	25-30	45-50	25	3,5

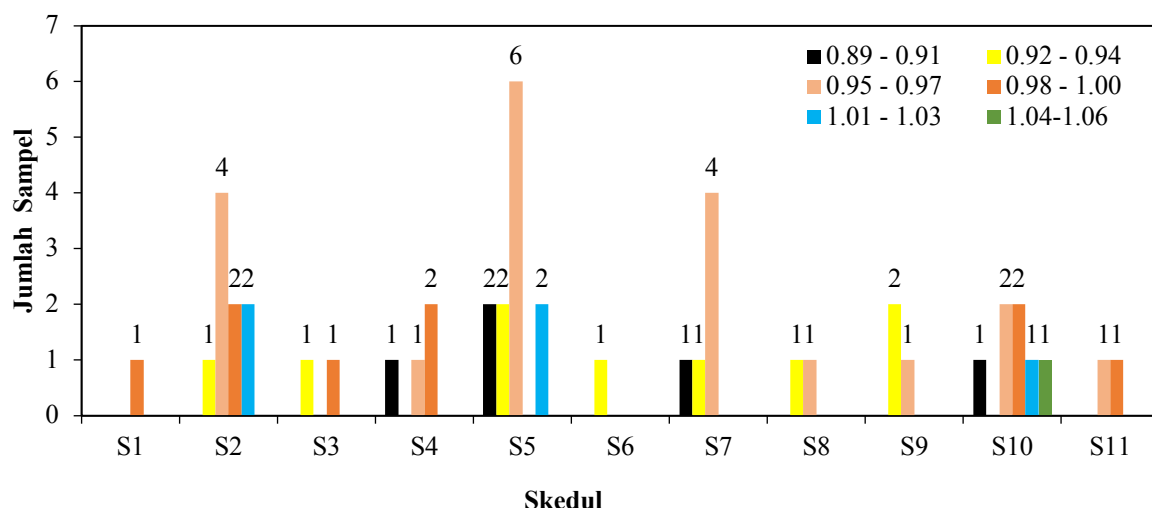
**Tabel 9.** Skedul pengeringan kayu cemara gunung untuk ketebalan papan 4 cm

Kadar air (%)	Suhu bola kering (°C)	Depresiasi suhu bola basah (°C)	Suhu bola basah (°C)	Kelembaban relatif (%)	Kadar air seimbang (%)
~ -50	47	2	45	88	18
50-43	47	3	44	83	15,5
43-36	47	4	43	78	14
36-30	47	6	41	69	11,5
30-25	48	9	39	57	9
25-21	53	13	40	45	7
21-18	58	18	40	34	5
18-16	58	20	38	29	4,5
16-12	65	20-25	40-45	32	5

### 3.5. Hubungan Berat Jenis Kayu terhadap Penyusunan Skedul Pengeringan

Berat jenis kayu cemara gunung yang digunakan pada penelitian ini berkisar antara 0,90 – 1,04 dengan rata-rata sebesar 0,96. Berdasarkan perhitungan didapatkan 6 kelas untuk berat jenis kayu cemara gunung dengan interval 0,02. Pengelompokan skedul pengeringan berdasarkan berat jenis pada kayu cemara gunung disajikan **Gambar 8**.

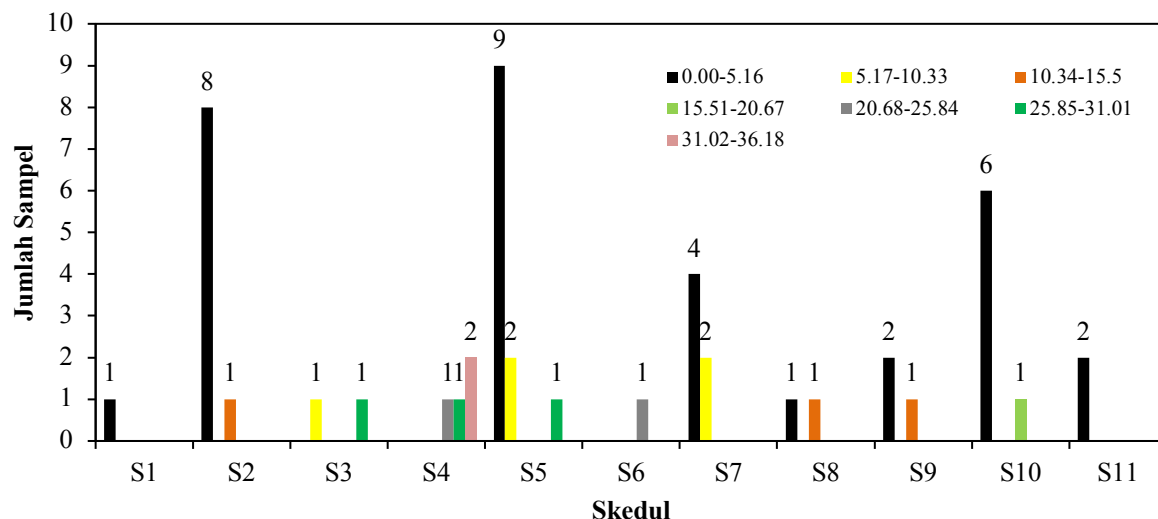
Berdasarkan hasil analisis *chi square* ( $p$ -value 0,761,  $\alpha$  0,05) menunjukkan tidak ada hubungan nyata bahwa antara variasi berat jenis pada sampel yang diteliti terhadap skedul pengeringan yang terbentuk. Hasil yang tidak berhubungan ini dimungkinkan karena variasi berat jenis pada sebaran sampel uji relatif tidak berbeda. Pohon *Quercus teysmannii* dengan berat jenis rata-rata 0,90 menunjukkan hubungan variasi berat jenis yang tidak nyata (Seng 1964). Dengan demikian, pada aplikasinya, variasi berat jenis pada kayu cemara gunung 0,890 -1,06 tidak mensyaratkan skedul pengeringan yang berbeda. Hal ini akan memberikan kemudahan kepada operator tanur pengering yang cukup menjadikan satu *batch* proses pengeringan kayu.



**Gambar 8.** Jumlah sampel pada berbagai kelompok skedul pengeringan berdasarkan variasi berat jenis kayu cemara gunung.

### 3.6. Hubungan Persentase Kayu Teras terhadap Penyusunan Skedul Pengeringan

Pengelompokkan skedul pengeringan berdasarkan persentase kayu teras dapat dilihat pada **Gambar 9**. Hasil analisis *chi square* ( $p\text{-value } 0,002 < 0,05$ ) menunjukkan hubungan yang nyata antara persentase kayu teras dengan skedul pengeringan yang terbentuk. Semakin tinggi persen kayu teras semakin lunak skedul yang didapatkan. Hal ini memberikan sebuah kesimpulan bahwa persen kayu teras perlu dijadikan perhatian ketika akan menerapkan skedul pengeringan (Listyanto et al. 2010).



**Gambar 9.** Jumlah sampel pada berbagai kelompok skedul pengeringan berdasarkan persentase kayu teras cemara gunung.

Kayu teras umumnya mengering lebih lambat dari kayu gubal, karena adanya resin, tannin, dan ekstraktif lainnya yang akan menahan gerakan air dalam kayu teras (Marsoem 2011). Kandungan ekstraktif yang terdapat pada kayu teras serta tilosis, aspirasi noktah bisa mengurangi permeabilitas pada kayu teras sehingga dapat mengakibatkan sukar dikeringkan (Shmulsky dan Jones 2011). Kayu teras lebih sulit dikeringkan dikarenakan ada faktor penghambat aliran seperti adanya ekstraktif minyak, lilin, dan getah yang dapat menyumbat jalan-jalan kecil pada dinding-dinding sel dan tertutupnya pori pada kayu keras oleh kantung sel parenkim yang bergerak ke dalam rongga sel pembuluh yang disebut tilosis (Shmulsky dan Jones 2011). Penelitian pada kayu *red cedar* menunjukkan ada hubungan antara kandungan ekstraktif dengan kolaps (Meyer dan Barton 1971). Tindakan pemisahan pada pelakuan pengeringan kayu gubal dan kayu teras merupakan cara terbaik untuk menghindari cacat-cacat yang tidak diinginkan. Semakin tinggi persentase kayu teras maka skedul pengeringannya akan cenderung semakin lunak. Sebaliknya, semakin rendah persentase kayu teras maka skedul pengeringannya akan cenderung semakin keras.

### 3.7. Aplikasi Skedul Pengeringan

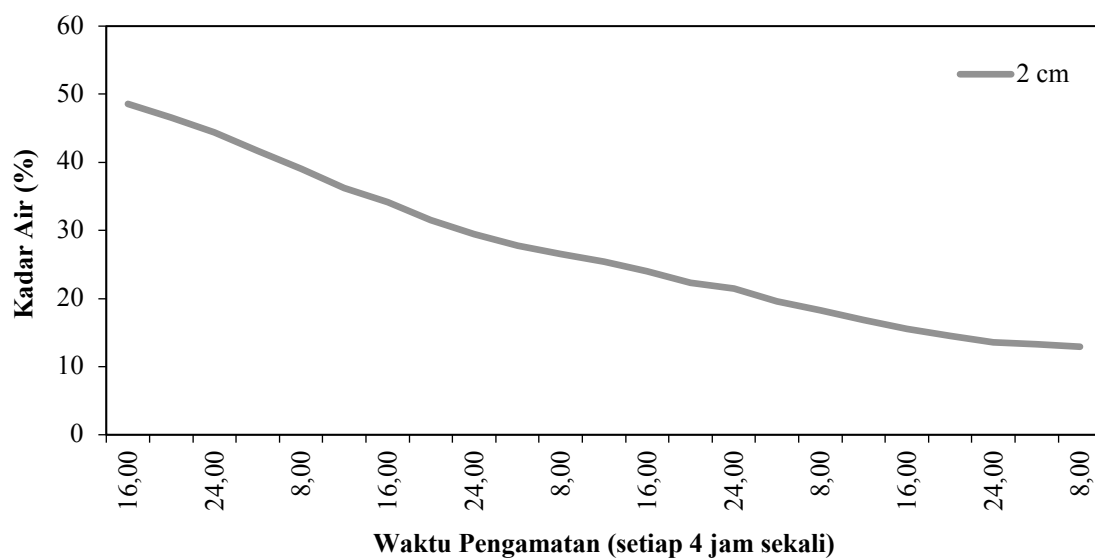
Skedul pengeringan yang telah disusun untuk kayu cemara gunung perlu diaplikasikan pada tanur pengering. Berdasarkan hasil dan analisis tersusun 11 macam variasi skedul yang terbentuk untuk tiga ketebalan yang berbeda kemudian dipilih skedul yang paling banyak didapatkan. Sehingga pada masing-masing ketebalan akan memiliki skedul yang berbeda pula. Berdasarkan **Gambar 7**, papan dengan ketebalan 2 cm diaplikasikan menggunakan skedul ke-10 sedangkan

untuk papan dengan ketebalan 3 dan 4 cm dipilih skedul ke-5. Pertimbangan pemilihan skedul ke-5 untuk mengeringkan papan dengan ukuran ketebalan berbeda tersebut didasarkan pada hasil penelitian yang menunjukkan jumlah sampel yang didapatkan pada skedul tersebut sama banyaknya. Oleh karena itu, diharapkan skedul yang diterapkan tersebut mampu mengeringkan papan kayu cemara gunung dengan dua ketebalan yang berbeda secara bersama.

Parameter yang diamati pada aplikasi skedul pengeringan kayu cemara gunung pada tanur meliputi pengamatan kadar air awal, lama pengeringan, kecepatan pengeringan, penyusutan papan, cacat-cacat pengeringan (retak, kolaps dan *honeycombing*) dan perubahan bentuk atau *warping* (*cupping*, *twisting* dan *bowing*). Hasil evaluasi cacat dan karakteristik pengeringan dari skedul yang diterapkan dapat dilihat pada **Tabel 10**, **Gambar 10** dan **Gambar 11**.

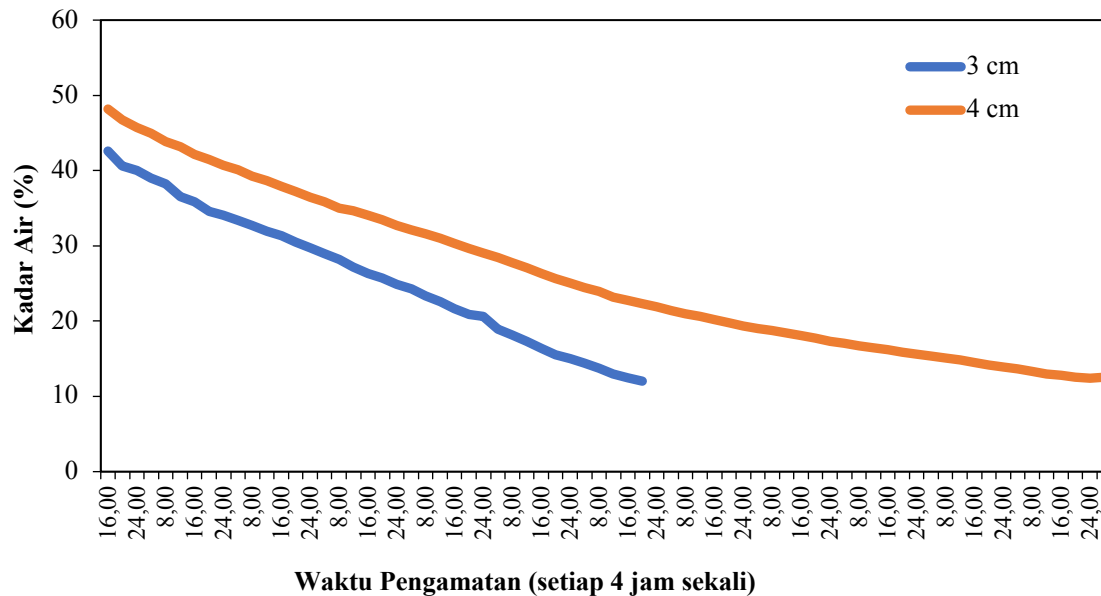
**Tabel 10.** Tingkat cacat dan karakteristik pengeringan aplikasi skedul pengeringan

Ketebalan Papan (cm)	Laju Pengeringan (%/jam)	Tingkat Cacat					
		<i>Cupping</i>	<i>Bowing</i>	<i>Twisting</i>	Retak	Kolaps	<i>Honeycombing</i>
2	0,42	0,0210	0,0099	0,0029	1	1	1
3	0,20	0,0178	0	0,0029	2	1	1
4	0,13	0,0238	0	0,0026	4	1	1



**Gambar 10.** Penurunan kadar air papan ketebalan 2 cm dari kondisi basah sampai 12%.

Hasil aplikasi skedul menunjukkan bahwa papan ketebalan 2 cm memiliki laju pengeringan tertinggi sebesar 0,43%/jam dengan cacat yang minimal. **Tabel 10** membuktikan bahwa papan ketebalan 2 dan 3 cm memiliki tingkat cacat retak, kolaps dan *honeycombing* yang minimal. Namun, papan dengan ketebalan 4 cm lebih cenderung dikeringkan menggunakan skedul ke-2 melihat masih terjadi retak tingkat 4 apabila dikeringkan dalam satu oven yang sama dengan papan ketebalan 3 cm. Cacat *warping* dapat diminimalisir dengan pemberian pemberat di atas tumpukan kayu.



**Gambar 11.** Penurunan kadar air papan ketebalan 3 dan 4 cm dari kondisi basah sampai 12%.

#### 4. Kesimpulan

Kayu cemara gunung memiliki potensi terjadi cacat bentuk yaitu cacat memangkuk (*cupping*) dan memuntir (*twisting*). Penyusunan skedul pengeringan untuk kayu cemara gunung menghasilkan 11 variasi skedul. Faktor letak aksial batang tidak memberikan hubungan nyata terhadap penyusunan skedul pengeringan kayu cemara gunung. Faktor variasi ketebalan papan berhubungan nyata terhadap penyusunan skedul pengeringan kayu cemara gunung. Semakin tebal papan maka skedul pengeringannya cenderung semakin lunak. Papan ketebalan 2 cm dapat dikeringkan dengan suhu awal 60°C, depresiasi suhu bola basah 4°C dan suhu akhir 90°C. Papan ketebalan 3 cm dapat dikeringkan dengan suhu awal 50°C, depresiasi suhu bola basah 2°C dan suhu akhir 80°C. Papan ketebalan 4 cm dapat dikeringkan dengan suhu awal 47°C, depresiasi suhu bola basah 2°C dan suhu akhir 65°C. Faktor variasi berat jenis tidak memberikan hubungan secara nyata terhadap skedul pengeringan yang terbentuk. Sedangkan, faktor persentase kayu teras berhubungan nyata terhadap skedul pengeringan yang terbentuk. Semakin tinggi persentase kayu teras maka skedul pengeringannya cenderung semakin lunak. Pengaplikasian skedul pengeringan yang terpilih menunjukkan keberhasilan dengan tingkat cacat minimal.

#### Daftar Pustaka

- Boonyachut, S., Winai, O., and Sutja, B. 2002. Usage of *Casuarina junghuhniana* Miq as Structural Components. in: *The 20th Conference of the ASEAN Federation of Engineering Organization (CAFEO-20)* Phnom Penh, Cambodia 333–338.
- BPS Jateng. 2019. *Luas Penggunaan Lahan dan Luas Kawasan Hutan Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Tengah 2019*. Badan Pusat Statistik Jawa Tengah, Semarang, Indonesia.
- Brandao, A.T.O., and Jankowsky, I.P. 1992. A Screening to Select Kiln Schedules. *IPEF Internasional, Piracicaba* 2: 22–24.
- BSI. 1957. British Standard (BS) 373:1957. Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.



- British Standards Institution (BSI), London, UK.
- Dishutbun Wonosobo. 2019. *Laporan Realisasi Kegiatan Pembuatan Kebun Bibit Rakyat Kabupaten Wonosobo Tahun 2010-2014*. Wonosobo, Indonesia.
- Hadikusumo, S.A. 2011. *Cacat Pengerangan dan Pengendaliannya. Pengerangan Kayu dan Solusi Permasalahannya. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta*. Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Hanum, L.F., der Maesen, L.J.G., Kang, B.T., Oyen, L.P.A., van den Beldt, R.J., Wessel, M., Westphal, E., and Jansen, P.C.M. 1997. *Plant Resources of South-East Asia No. 11. Auxiliary plants*. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.
- KLHK. 2018. *Statistik Lingkungan Hidup dan Kehutanan*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia.
- Listyanto, T. 2016. *Teknologi Pengerangan kayu dan Aplikasinya di Indonesia*. UGM Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Listyanto, T., Darmawan, Y.S., Pujiarti, R., Hidayati, F., Lukmandaru, G., and Sulistyono, J. 2016. Development of Drying Schedule of Superior and Conventional Teak Wood of Ten Years-old Planted in Blora, Central Java. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 10(1): 65–73.
- Listyanto, T., Lukmandaru, G., Pramadya, C., Siswanto, D., and Hattori, N. 2010. Relationship between Wood Properties and Developed Drying Schedule of Inferior Teak (*Tectona grandis* L.F) and Mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Wood Research Journal* 1(2): 83–88.
- Marsoem, S.N. 2011. *Karakteristik Sifat Fisika, Mekanika dan Kimia Kayu Terhadap Proses dan Kualitas Hasil Pengerangan dalam Pengerangan Kayu dan Solusi Permasalahannya*. Cakrawala Media, Yogyakarta, Indonesia.
- Meyer, R.W., and Barton, G.M. 1971. A Relationship between Collapse and Extractives in Western Red Cedar. *Forest Products Journal* 21(4): 58–60.
- Seng, O.D. 1964. *Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor, Indonesia.
- Shmulsky, R., and Jones, P.D. 2011. *Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition*. *Forest Products and Wood Science An Introduction: Sixth Edition* Wiley-Blackwell. DOI: [10.1002/9780470960035](https://doi.org/10.1002/9780470960035)
- Skaar, C., and Babiak, M. 1982. A Model for Bound-Water Transport in Wood. *Wood Science and Technology* 16(2): 123–138. DOI: [10.1007/BF00351098](https://doi.org/10.1007/BF00351098)
- Sosef, M.S.M., Hong, L.T., and Prawirohatmodjo, S. 1999. *Plant resources of South-East Asia. No. 5(3): Timber trees: lesser-known timbers*. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. DOI: [10.2307/4115843](https://doi.org/10.2307/4115843)
- Terazawa, S. 1965. Methods for Easy Determination of Kiln Drying Schedule of Wood. *Japan Wood Industry* 20(5): 216–226.