

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN

### KETAHANAN API KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) YANG DIAWETKAN DENGAN METODE PERENDAMAN DINGIN DAN BAHAN PENGAWET BORAKS ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Diajukan oleh:

**ZAINUL ARIFIN, S.Hut.MP**  
**IRVIN DAYADI, S.Hut.MP**  
**Prof.Dr.Ir. EDY BUDIARSO**  
**Prof.Dr.Ir.H. AGUS SULISTYO BUDI, M.Agr**  
**Dr. ERWIN, S.Hut.MP**  
**Ir.Hj. NANI HUSIEN, M.Sc**  
**DOMINIKUS AHOM**  
**CHRISTIANUS RENALDY**



Diajukan kepada  
**Program Bantuan Akademik**  
**Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman**  
**Tahun 2021**

**LABORATORIUM BIOLOGI DAN PENGAWETAN KAYU**  
**FAKULTAS KEHUTANAN**  
**UNIVERSITAS MULAWARMAN**  
**SAMARINDA**  
**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : KETAHANAN API KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) YANG DIAWETKAN DENGAN METODE PERENDAMAN DINGIN DAN BAHAN PENGAWET BORAKS ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Nama Ketua Tim : ZAINUL ARIFIN, S.Hut.MP

NIP : 197409011999031003

Fakultas : KEHUTANAN

### Menyetujui:

**Ketua Tim Peneliti,**



**Zainul Arifin, S.Hut.MP**  
**NIP. 197409011999031003**

**An. Dekan**

**Wakil Dekan I Fakultas Kehutanan  
Universitas Mulawarman**



**Prof. Dr. R.R. Harlinda Kuspradini, S.Hut.MP**  
**NIP. 197504282001122001**

**Disetujui Tanggal :**

## DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
RINGKASAN	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pengawetan Kayu	5
B. Tujuan Pengawetan Kayu	5
C. Bahan Pengawet Kayu	7
D. Pengawetan dengan Metode Perendaman Dingin	15
E. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Retensi dan Penetrasi	16
F. Peristiwa Pirolisis pada Kayu	18
G. Risalah Bahan Penelitian	20
BAB III. ROADMAP PENELITIAN DOSEN	25
BAB IV. METODE	26
A. Desain Penelitian	26
B. Tempat Penelitian	32
C. Bahan dan Alat Penelitian	32
D. Pengolahan dan Analisis Data	33
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
A. Kadar Air dan Kerapatan	36
B. Retensi Bahan Pengawet	38
C. Intensitas Bakar, Suhu Maksimum dan Lama Pembaraan	45
BAB VI. PENUTUP	52
REFERENSI	54
LAMPIRAN	57

## RINGKASAN

### **KETAHANAN API KAYU SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) YANG DIAWETKAN DENGAN METODE PERENDAMAN DINGIN DAN BAHAN PENGAWET BORAKS ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )**

Salah satu permasalahan utama dalam pemakaian kayu sebagai bahan bangunan adalah bahwa kayu merupakan bahan yang bersifat *combustible* (dapat terbakar), yang akan terjadi jika kayu dikenai suhu yang tinggi misalnya oleh api. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas bahan pengawet Boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai bahan pengawet penghambat/tahan api terhadap kayu Sengon dengan perlakuan lama perendaman dan konsentrasi yang berbeda.

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda. Penelitian dilakukan selama kurang lebih 2 bulan efektif. Seluruh data diolah menggunakan pola percobaan Faktorial Acak Lengkap  $3 \times 3$  dengan 10 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah lama perendaman 1 hari, 3 hari dan 5 hari dan konsentrasi 5%, 10% dan 15%. Pengujian ketahanan api menggunakan sungkup pembakaran. Parameter yang diukur adalah retensi, intensitas bakar, efektifitas, suhu maksimum dan lama pembaraan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar air kering udara pada kayu Sengon diperoleh nilai 14,081%, kerapatan kering udara  $0,326 \text{ g/cm}^3$  dan kerapatan kering tanur  $0,295 \text{ g/cm}^3$ . Nilai rata-rata retensi tertinggi pada perendaman 5 hari dengan konsentrasi 15% sebesar  $38,044 \text{ kg/m}^3$  dan terendah pada perendaman 1 hari dengan konsentrasi 5% sebesar  $5,999 \text{ kg/m}^3$ . Nilai intensitas bakar tertinggi pada perendaman 1 hari dengan konsentrasi 5% sebesar 20,933% dan terendah pada perendaman 5 hari dengan konsentrasi 10% sebesar 11,405%. Pengawetan kayu Sengon menggunakan Boraks pada konsentrasi 5%, 10% dan 15% serta perendaman 1 hari, 3 hari dan 5 hari kurang efektif menahan laju api, karena nilai keefektifannya masih belum memenuhi standar ASTM E69 (2002) yaitu  $\geq 7,5$ . Suhu maksimum pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) lebih tinggi dari pada contoh uji yang diberi perlakuan yaitu pada contoh uji tanpa perlakuan  $291,16^\circ\text{C}$  sedangkan yang diberi perlakuan yaitu  $179,0-226,7^\circ\text{C}$ . Lama pembaraan pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) lebih pendek dari pada contoh uji yang diberi perlakuan yaitu pada contoh uji tanpa perlakuan 209,6 detik sedangkan yang diberi perlakuan yaitu 276.0-520.9 detik.

**Kata kunci :** Kayu Sengon, Boraks, perendaman dingin, sungkup pembakaran

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan kayu semakin meningkat tidak hanya segi kuantitas melainkan juga segi kualitas, dilain pihak kebutuhan kayu yang berkualitas tidak dapat memenuhi laju permintaan yang terus meningkat, akibat langsung adalah semakin mahalnya harga kayu, sehingga sebagian masyarakat banyak yang menggunakan kayu dengan kualitas yang lebih rendah dengan usia pakai yang relatif pendek. Kiranya perlu menjadi bahan pemikiran bersama, bagaimana cara memenuhi kebutuhan kayu berkualitas tanpa merusak ekosistem lingkungan atau tidak semata-mata melakukan penebangan untuk mencari keuntungan tanpa memberi solusi melalui penelitian.

Salah satu cara untuk meningkatkan usia pakai kayu adalah dengan proses pengawetan yang sekaligus dapat berfungsi meningkatkan ketahanan kayu terhadap api, melalui cara perlakuan bahan penghambat api terhadap kayu (**Effendi, 2007**).

Mudah terbakarnya kayu adalah salah satu alasan utama bahwa terlalu banyak peraturan dan standar bangunan yang sangat membatasi penggunaan kayu sebagai bangunan bahan. Syarat utama untuk peningkatan penggunaan kayu untuk bangunan yaitu membuat kayu yang tahan api/menghambat api yang memadai untuk memberikan rasa aman (**Östman et al, 2001**).

Data kebakaran pemukiman yang telah diperoleh dari BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) dalam kurun waktu 2010-2019 total ada 1.206 kasus kebakaran pemukiman di seluruh Indonesia. Sedangkan untuk Kalimantan Timur jumlah kebakaran pemukiman yaitu 153 kasus. Dampaknya yaitu 117 orang meninggal, 529 orang luka-luka

dan 30.042 orang kehilangan tempat tinggal. Kerugiannya kerusakan bangunan yaitu 8.401 rumah, 30 bangunan fasilitas pendidikan, 27 bangunan tempat ibadah, dan 15 bangunan fasilitas kesehatan.

Sifat *combustible* kayu ini disebabkan oleh sifat alami komponen kayu yang tersusun atas 50% karbon, 6% hidrogen, dan 44% oksigen yang memang mudah terbakar. Dalam kondisi cukup udara dan adanya api, unsur kimia ini mudah terurai menjadi komponen gas mudah terbakar, seperti CO (Karbon monoksida), CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida), H<sub>2</sub> (Hidrogen), dan CH<sub>4</sub> (Metana) (ASTM, 2002). Permasalahan lainnya di dalam pemakaian kayu sebagai bahan bangunan di Indonesia adalah rendahnya tingkat keawetan alami kayu yang dipergunakan dan tingginya tingkat serangan organisme perusak kayu. Menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH), dari 3.132 jenis kayu yang telah diklasifikasikan keawetannya hanya 14,3% yang memiliki keawetan tinggi, sisanya sebanyak 85,7% mempunyai keawetan rendah (Antara, 2007).

Kayu Sengon banyak digunakan sebagai material untuk membuat kuda-kuda karena dapat menghemat biaya hampir sekitar 40-50% dibandingkan jika menggunakan material baja. Selain itu, kayu Sengon juga banyak digunakan untuk pembangunan tiang pancang, konstruksi ringan, dan lainnya. Namun, untuk penggunaan kayu Sengon sebagai material konstruksi bangunan harus memenuhi persyaratan teknis terlebih dahulu. Untuk menggunakan kayu Sengon sebagai bahan struktur bangunan, beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain kekuatan dan keawetan kayu. Karena tentu tujuan utama para

pemilik bangunan ataupun arsitek adalah untuk membuat bangunan yang aman dan kuat **(Anonim, 2018)**.

Penelitian ini menggunakan kayu Sengon karena kayu tersebut termasuk kedalam kelas kurang awet yaitu, kelas awet IV-V dan kelas kuat IV-V sehingga kayu Sengon perlu diawetkan agar menambah umur pemakaian kayu dan menambah nilai jual pada kayu Sengon. Tanaman ini sangat potensial untuk dipilih sebagai salah satu komoditas dalam pembangunan hutan tanaman, karena memiliki nilai ekonomis tinggi dan ekologis yang luas. Keunggulan ekonomi pohon Sengon adalah jenis pohon kayu cepat tumbuh (*fast growing species*), pengelolaan relatif mudah dan permintaan pasar yang terus meningkat **(Nugroho dan Salamah, 2015)**.

Salah satu bahan penghambat api yang mudah didapat, murah dan aman bagi lingkungan adalah Boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). Perlunya suatu penelitian untuk menguji efektifitas penggunaan Boraks sebagai bahan penghambat api pada kayu Sengon dengan variasi perlakuan lama perendaman dan konsentrasi menjadi penting untuk menentukan sejauh mana optimasi penggunaan Boraks pada kayu Sengon sebagai bahan penghambat/tahan api.

Tujuan umum kegiatan penelitian ini adalah untuk memberikan masukan bagi berbagai pihak khususnya masyarakat pengguna kayu dalam rangka pemanfaatan kayu secara efektif dan efisien dalam penggunaan Boraks sebagai bahan penghambat/tahan api, serta pengembangan produk kayu tahan api di masa mendatang.

Tujuan khusus kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas bahan pengawet Boraks sebagai bahan pengawet penghambat/tahan api terhadap kayu Sengon dengan perlakuan lama perendaman dan konsentrasi yang berbeda.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengawetan Kayu

Pengawetan kayu adalah perlakuan kimia atau perlakuan fisik terhadap kayu untuk memperpanjang masa pakai kayu (*service life*). Kayu yang dimaksud pengawetan kayu adalah proses memasukkan bahan kimia yang digunakan dalam perlakuan tersebut di atas adalah bahan pengawet kayu (**Hunt dan Garrat, 1986**).

Upaya pencegahan kerusakan kayu sangat penting dalam rangka peningkatan mutu dan masa pakai. Salah satu metoda yang dapat diterapkan dalam memperpanjang umur pakai atau mempertahankan umur komponen kayu adalah melalui penerapan teknologi pengawetan kayu. Dengan demikian, penggunaan kayu-kayu yang diawetkan akan mengurangi laju pergantian kayu sehingga hal ini akan memperlambat atau mengurangi laju penebangan hutan (**Barly dan Subarudi, 2010**).

Menurut **Duljapar (2001)**, pengawetan kayu hanya memperbaiki mutu sifat keawetannya saja dan tidak dapat memperbaiki sifat keteguhan ataupun kekerasannya. Pengawetan kayu dapat dilakukan dengan banyak cara, mulai dari cara yang sederhana sampai dengan cara yang sempurna.

### B. Tujuan Pengawetan

Menurut **Hunt dan Garrat (1986)**, tujuan utama dari pengawetan kayu ialah untuk memperpanjang umur pemakaian bahan, dengan demikian mengurangi biaya akhir dari

produk itu dan menghindari penggantian yang terlalu sering dalam konstruksi yang permanen dan semi permanen.

Sedangkan menurut **Dumanauw (2001)**, tujuan dari pengawetan kayu adalah memperbesar keawetan kayu sehingga kayu yang mulanya memiliki umur pakai yang tidak panjang menjadi lebih panjang dalam pemakaiannya. Memanfaatkan pemakaian jenis-jenis kayu yang berkelas awet rendah dan sebelumnya belum pernah digunakan dalam pemakaian, mengingat sumber kayu di Indonesia memiliki potensi hutan yang cukup luas dan banyak aneka jenisnya. Adanya industri pengawetan kayu akan memberi lapangan pekerjaan sehingga mengurangi pengangguran.

Selanjutnya **Dumanauw (2001)**, menyebutkan bahwa alasan manusia melakukan pengawetan kayu karena:

1. Kayu memiliki kelas keawetan alami tinggi sangat sedikit, sulit didapatkan dalam jumlah yang banyak dan selain itu harganya cukup mahal.
2. Kayu berkelas keawetan III sampai dengan V cukup banyak dan mudah didapat dan cara pengerjaannya lebih mudah. Selain itu segi keindahannya cukup tinggi, hanya faktor keawetan saja yang kurang sehingga lebih efisien bila diawetkan terlebih dahulu.
3. Di lain pihak pengawetan kayu orang berusaha mendapatkan keuntungan finansial.

Selanjutnya, tujuan penelitian pengawetan tahan api menurut **Hunt dan Garrat (1986)**:

1. Merancang pengujian yang akan mengukur dengan teliti sifat tahan api dari kayu yang diawetkan dan tidak diawetkan.
2. Meneliti efektifitas berbagai zat kimia.

3. Mempelajari cara mengurangi sifat mudah terbakarnya kayu.
4. Merancang formula-formula bahan pengawet tahan api yang murah, efektif dan memuaskan.

### **C. Bahan Pengawet**

Bahan pengawet kayu adalah bahan yang bersifat racun terhadap serangga perusak kayu, tahan terhadap jamur dan tahan api. Sedangkan pengawet kayu adalah perlakuan kimia atau fisiknya terhadap kayu sehingga lebih tahan lama terhadap semua perusak kayu, dimana tujuan untuk mencegah atau mengurangi kerusakan kayu dari serangga, jamur, api, dll. Sehingga akan menambah umur pemakaiannya. Bahan pengawet kayu adalah bahan-bahan yang apabila diterapkan secara baik pada kayu akan membuat kayu itu tahan terhadap serangan cendawan, serangga atau cacing-cacing kapal maupun terhadap api (**Hunt dan Garrat, 1986**).

#### **1. Syarat-syarat bahan pengawet kayu**

Suatu bahan pengawet yang baik untuk penggunaan komersial umumnya, harus beracun terhadap perusak-perusak kayu, permanen, mudah meresap, aman untuk digunakan, tidak merusak kayu dan logam, banyak tersedia, dan murah. Sedangkan untuk mengawetkan kayu-kayu bangunan atau barang-barang kerajinan, atau untuk tujuan-tujuan khusus lainnya diperlukan juga bersih, tidak berwarna, tidak berbau, dapat dicat, tidak mengembangkan kayu, tahan api, kalis lembab atau mempunyai kombinasi-kombinasi tertentu dari sifat-sifat ini (**Hunt dan Garrat, 1986**).

Menurut **Kasmudjo (2010)**, terdapat beberapa persyaratan bahan pengawet yang baik agar pengawetan memberikan hasil yang optimal, yaitu:

1. Beracun terhadap organisme perusak kayu namun tidak berbahaya bagi manusia dan hewan.
2. Mudah masuk ke dalam kayu dengan daya penetrasi yang tinggi.
3. Bersifat permanen dan tidak mudah luntur atau menguap.
4. Bersifat netral terhadap bahan lain misalnya logam, perekat, cat dan sebagainya.
5. Tidak merusak kayu baik secara fisik, mekanik maupun kimia dan kayu tetap mudah di-finishing.
6. Tidak mempertinggi bahaya kebakaran.
7. Mudah dikerjakan, diangkut, diperoleh dan bila mungkin harganya murah.

## **2. Macam-macam bahan pengawet kayu**

Menurut **Hunt dan Garrat (1986)**, bahan pengawet dibagi dalam tiga golongan yaitu:

### **a. Bahan pengawet berupa minyak (kreosot)**

Kreosot dihasilkan dari destilasi batu bara dan bahan ini mengandung berbagai macam senyawa yang beberapa diantaranya sangat efektif terhadap faktor-faktor perusak kayu. Bahan pengawet ini telah digunakan lebih dari 100 tahun dan memberikan hasil yang baik. Kreosot mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan antara lain sangat beracun terhadap cendawan (jenis jamur), serangga bor laut, permanen, juga didalam air asin, dapat digunakan dalam berbagai metode pengawetan, tidak bersifat korosif terhadap metal, penetrasi mudah dikontrol, dan harganya murah. Disamping sifat-sifat yang menguntungkan, kreosot juga mempunyai kekurangan-kekurangan seperti baunya tidak

enak, mempunyai tendensi meleleh terutama bila disingkapkan terhadap sinar matahari, kayu menjadi tidak dapat dicat, merangsang kulit dan komposisi kimianya sangat bervariasi.

#### **b. Bahan pengawet larut minyak**

Banyak yang bersifat sangat beracun terhadap organisme perusak kayu, akan tetapi umumnya sangat mahal serta tidak baik digunakan secara tunggal. Beberapa bahan pengawet ini sangat mudah menguap (*volatile*) sehingga tidak tahan lama di dalam kayu. Selain itu karena bersifat korosif terhadap metal, tidak stabil pada penyingkapan di udara terbuka, resistensinya rendah terhadap pelunturan, berbahaya terhadap manusia dan binatang, bau yang keras dan lain sebagainya. Dari berbagai macam bahan pengawet golongan ini baru 3 macam yang efektif berdasarkan *American Wood Preservers Association (AWPA) Standard* dalam **Hunt dan Garrat (1986)** yaitu *pentachlorophenol (PCP)*, *coppernaphthenate*, dan *copper-8-guinalinolate*. Sayangnya meskipun PCP mempunyai sifat-sifat yang lebih baik, penggunaan PCP sudah sejak lama dilarang karena sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

#### **c. Bahan pengawet larut air**

Dapat diangkut dalam bentuk padat atau dalam konsentrasi tertentu ketempat penggunaan. Pada umumnya murah, Formulasinya mudah diatur agar bersifat racun terhadap cendawan atau serangga. Kayu awetan tetap bersih dan dapat dicat, Umumnya tidak berbau. Tidak meningkatkan sifat mudah terbakar dan dapat dikombinasikan dengan bahan penghambat api (*fire retardant*). Keburukan dari bahan pengawet ini adalah bahan ini membasahkan kembali kayu sehingga menimbulkan perubahan dimensi

kayu. Karena itu diperlukan pengeringan kembali setelah kayu diawetkan. Kelemahan lain bahan pengawet larut air adalah pada umumnya mudah tercuci atau mudah luntur.

### 3. Bahan pengawet tahan api

Bahan-bahan tertentu dapat digunakan untuk menghambat terbakarnya kayu oleh api. Bahan-bahan tersebut sebagian merupakan bahan pengawet dan dimasukkan ke dalam kayu sebagaimana proses pengawetan dilakukan, sehingga dapat dikatakan sebagai "pengawetan tahan api" (**Hadikusumo, 2003**).

Bahan penghambat api harus dimasukkan ke dalam kayu dengan retensi yang sangat tinggi. Retensi yang dipersyaratkan oleh *American Wood Preserver's Association (AWPA)* C20-63 sebesar 2,5-3,0 pcf atau setara 42-50 kg/m<sup>3</sup> untuk papan setebal 5 cm atau kurang dan kedalaman perespan minimum 1,27 cm; untuk kayu lapis, absorpsi minimum 2,5 pcf atau 42 kg/m<sup>3</sup> atau retensi 3 pcf untuk penggunaan eksterior. Secara umum, retensi ditetapkan antara 1,5 sampai 3 pcf atau 25-50 kg/m<sup>3</sup> (**Hadikusumo, 2003**).

Bahan penghambat api adalah senyawa kimia yang diberikan kepada suatu bahan melalui perlakuan (*treatment*) tertentu, sehingga bahan tersebut meningkat daya tahannya terhadap api. **Friedman (1996)**, mengatakan bahwa bahan penghambat api adalah bahan kimia yang dapat mengubah sifat terbakarnya suatu bahan, bila diterapkan pada suatu bahan, maka bahan tersebut menjadi lebih lama tersulut (*ignited*), dan bila tersulut bahan akan terbakar secara perlahan, dibandingkan dengan bahan yang tidak diberi perlakuan bahan penghambat api.

Pendapat **Lyons (1995)**, Bahan penghambat api adalah bahan yang mampu menurunkan sifat penyalaan (*ignitability*), membuat lambat terbakar dan tidak menyebarkan

api secara cepat. Beberapa jenis bahan penghambat api mampu menahan nyala lanjut dari terbakarnya kayu. Tetapi perlu diingat bahwa tidak satupun bahan penghambat api dapat mencegah pembakaran (*combustion*), terutama bila dihadapkan pada pancaran panas radiasi atau pada kondisi dimana konsentrasi oksigen cukup tinggi.

Bahan penghambat api adalah suatu senyawaan kimia yang dapat digunakan dan berfungsi untuk mengurangi sifat kecepatan perambatan api atau tidak menyebarkan api secara cepat akan tetapi pada akhirnya akan dikonsumsi oleh api atau menyerap sebagian energi panas sedemikian rupa sehingga suhu menjadi turun atau lebih rendah dari titik nyala kayu. Jenis bahan penghambat api mengandung unsur kimia antara lain silikat, boraks, phosphor, nitrogen, sulfur, chlor dan brom. Masuknya bahan penghambat api ke dalam kayu akan mengurangi kemampuan kayu untuk menyebarkan api dimana proses perubahan kayu menjadi arang tidak disertai dengan penyebaran bara dan lidah api serta mengurangi pelepasan gas yang mudah terbakar. Mekanisme penguraian kayu karena panas dan interaksinya dengan bahan penghambat api merupakan salah satu pendekatan terhadap upaya pencegahan terjadinya bahaya kebakaran yang lebih besar (**Nurhayati, 1999**).

Menurut **Effendi (2007)**, bahan kimia yang biasa digunakan sebagai bahan penghambat api antara lain jenis garam monoammonium dan diammonium fosfat, ammonium sulfat, seng khlorida, sodium tetraborat dan asam borat yang tersusun dalam suatu formula tertentu. Secara keseluruhan bahan penghambat api berpusat pada lima unsur kimia yaitu phosphor, antimon, khlor, brom dan nitrogen. Salah satu contoh bahan penghambat api adalah minalit yang terdiri atas campuran diammonium fosfat, ammonium sulfat, boraks dan asam borat dengan perbandingan 1:6:1:2. Zat *additive* sering ditambahkan

untuk mencegah karat, misalnya sodium dichromat. Sedangkan untuk mencegah kelunturan ditambahkan beberapa bahan seperti melamine, urea, asam fosfor dan formaldehide. Keuntungan bahan tersebut disamping membuat bahan yang diberi perlakuan menjadi tahan terhadap api, juga merupakan bahan pengawet. Selain itu dapat pula meningkatkan kayu terhadap pelapukan yang disebabkan oleh kelembaban dan air. Kerugiannya bahan menjadi bersifat korosif terutama terhadap logam.

Sifat-sifat bahan penghambat api menurut **Hadikusumo (2003)**:

1. Garam-garam higroskopis yang terdapat di dalam rumus bahan penghambat api akan menyerap lembab dan menyebabkan karat pada logam. Karenanya kayu yang diawetkan dengan bahan penghambat api yang higroskopis jangan diletakkan di tempat-tempat dengan kelembaban relatif di atas atau sama dengan 80% untuk periode yang lama.
2. Perlu dicari kombinasi yang cocok dengan perekat untuk perekatan.
3. Kayu-kayu yang diawetkan dengan garam tahan api akan lebih sukar digergaji.
4. Senyawa arsenat dan arsenit, meskipun sangat efektif terhadap api, tidak dianjurkan, karena menimbulkan gas yang berbahaya bagi manusia apabila terkena suhu tinggi.
5. Bahan penghambat api tidak tahan terhadap pencucian.
6. Pengeringan terhadap kayu yang sudah diawetkan dengan bahan penghambat api di dalam oven harus berhati-hati agar tidak terjadi pencucian dan perwarnaan. Gunakan kelembaban yang rendah dan suhu maksimum 160 F.
7. Cat tahan api harus tebal pelapisannya antara 100-175 ft/galon dan digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap api pada bangunan yang sudah ada saja.

8. Ammonium fosfat dan seng chlorida merupakan pencegah nyala yang efektif, tetapi menghasilkan asap yang tebal. Keduanya korosif dan terjadi sedikit pengarangn apabila produk terkena suhu yang relatif tinggi.
9. Ammonium sulfat (paling murah) mencegah nyala tanpa asap yang tebal.
10. Boraks mengurangi nyala tanpa dekomposisi permulaan, tetapi tidak mencegah pembaraan. Tambahkan asam borat untuk mencegah pembaraan dan memudahkan kelarutannya di dalam air.
11. Na Cr 0 ditambahkan untuk mengurangi sifat korosif, tetapi kalau terlalu banyak akan menyebabkan pembaraan.
12. Tembaga atau Cu akan menyebabkan pembaraaan.

Menurut **Hadikusumo (2003)**, dalam menghambat terbakarnya kayu oleh api ada beberapa macam teori atau hipotesis yang dikemukakan sebagai berikut:

1. Bahan penghambat api akan membentuk cairan atau lapisan seperti kaca yang akan menghambat keluarnya gas-gas yang mudah terbakar/ menyala dan menghambat udara luar mencapai kayu.
2. Bahan penghambat api membentuk pelapisan, glasir atau busa yang mengisolir kayu.
3. Bahan penghambat api menaikkan konduksi panas dan mempercepat hilangnya panas.
4. Terbentuk gas-gas yang tidak terbakar dan gas-gas ini mengencerkan gas-gas yang terjadi karena pirolisis kayu (terurainya kayu setelah kayu terkena suhu tinggi atau api) dan membentuk campuran gas yang tidak terbakar.
5. Bahan penghambat api mengalami perubahan fisika dan kimia yang menghasilkan cukup panas sehingga menghambat kayu mencapai suhu bakar.

6. Bahan penghambat api melepaskan ion-ion radikal tertentu pada suhu pirolisis yang menghambat nyala campuran gas-gas yang mudah terbakar.
7. Kebanyakan bahan penghambat api kecuali Na-tetraborat merendahkan suhu pirolisis, membentuk gas-gas yang kurang mudah terbakar dan terdapat pembentukan arang dan air yang lebih banyak.

Banyak bahan pelapis kayu memberikan efek tahan api dalam berbagai tingkat keawetan kayu. Seperti dalam perawatan impregnasi tingkat perlindungan yang disediakan oleh bahan pelapis terkait dengan sifat yang melekat pada produk, jumlah dan ketelitian aplikasi dan tingkat keparahan paparan api. Pelapis tahan api bahkan mendapat pengakuan lebih sedikit dari perawatan impregnasi karena kurangnya standar yang memungkinkan pembeli untuk tahu apakah dia membeli produk yang efektif dan tahan lama (**Truax, 1956**).

Efek tahan api yang baik pada kayu dapat diperoleh dengan kedua impregnasi dan aplikasi pelapisan. Untuk konstruksi baru dan perbaikan struktur yang ada, impregnasi tekanan dengan bahan kimia tahan api yang efektif tampaknya untuk menawarkan kemungkinan terbaik untuk mendapatkan efek tahan api yang tahan lama pada kayu struktur. Jumlah bahan yang digunakan dan biaya awal relatif tinggi dan kemungkinan berdampak buruk pada kekuatan dan lainnya sifat kayu lebih besar daripada dengan pelapis. Untuk struktur yang ada aplikasi permukaan menawarkan cara utama untuk meningkatkan daya tahan terhadap api. Lapisan lebih bersifat sementara tetapi efeknya kemungkinan lebih kecil untuk mempengaruhi kayu (**Truax, 1956**).

#### **D. Pengawetan dengan Metode Perendaman Dingin**

Teknik atau cara pengawetan akan berpengaruh terhadap hasil atau umur pemakaian kayu. Pemilihan cara pengawetan kayu selain dari faktor tempat kayu nantinya akan digunakan perlu juga pertimbangan faktor ekonominya (**Dumanauw, 2001**).

Menurut **Dumanauw (2001)**, ada beberapa macam metode rendaman antara lain, rendaman dingin, rendaman panas, serta rendaman panas dingin biasa dilakukan dalam bak dari logam.

Cara melakukan perendaman yaitu kayu direndam di dalam bak larutan bahan pengawet yang telah ditentukan konsentrasi bahan pengawet dan larutannya, selama beberapa jam atau beberapa hari. Waktu pengawetan (perendaman) seluruh kayu harus terendam, jangan sampai ada yang terapung karena itu diberi pemberat pada stik kayu. Setelah kayu siap dengan bahan pemberat dan lain sebagainya, maka bahan pengawet siap dimasukkan ke dalam bak yang berisi kayu tersebut (**Suranto, 2002**).

Metode pengawetan dengan perendaman menurut **Hunt dan Garrat (1986)** memiliki beberapa keuntungan antara lain :

1. Proses pengawetan dapat berlangsung lebih cepat sehingga dapat mengawetkan kayu dalam jumlah yang banyak.
2. Penetrasi dapat lebih dalam dan absorpsi kayu terhadap bahan pengawet lebih baik sehingga akan menghasilkan perlindungan yang efektif terhadap kayu.
3. Mudah dikontrol sehingga retensi dan penetrasi dapat di atur sesuai dengan keinginan dan pemakaian bahan pengawet dapat lebih efisien.

## E. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Retensi dan Penetrasi

**Duljapar (2001)**, Mengatakan bahwa kemampuan suatu jenis kayu dalam menyerap bahan pengawet pada periode tertentu disebut Retensi. Retensi dapat dihitung berdasarkan selisih berat kayu sebelum dan sesudah diawetkan. Penetrasi adalah kemampuan bahan pengawet menembus ke dalam sel-sel kayu yang diawetkan. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap retensi dan penetrasi adalah:

### 1. Persiapan kayu

Kayu digunakan dalam bentuk kayu bulat harus dikuliti terlebih dahulu agar nantinya mempermudah bahan pengawet masuk ke dalam kayu setelah itu kayu dikeringkan baik secara alami maupun buatan. Bentuk, ukuran dan pembagian kelompok kayu juga harus diperhatikan agar dalam proses pengawetan hasil yang didapat lebih baik (**Duljapar, 2001**).

### 2. Kadar air kayu

Umumnya bahan pengawet terhalang masuk ke dalam kayu jika rongga-rongga sel masih banyak mengandung air, kadar air optimum tidak dapat ditentukan karena hal ini berbeda bagi berbagai jenis kayu, bahan pengawet dan metode pengawetan. Kadar air kayu yang diawetkan dengan baik harus dibawah titik jenuh serat atau dibawah 30% (**Yoesoef, 1977**).

### 3. Kerapatan kayu

Menurut **Hunt dan Garrat (1986)**, bahwa kerapatan kayu ikut berpengaruh terhadap penyerapan bahan pengawet, kerapatan ini tergantung sekali pada kadar air dan

bahan penyusun di dalam dinding sel. Jika kayu cukup kering maka kerapatannya diperkirakan banyaknya rongga-rongga udara (rongga sel) yang ada untuk diisi bahan pengawet, untuk bahan pengawet larut air masuk ke dalam dinding sel selama proses pengawetan, sedangkan bahan pengawet larut minyak hanya terbatas pada rongga sel. Semakin besar rongga sel dalam kayu kering atau semakin rendah kerapatannya, maka akan besar absorpsi yang akan dicapai cairan bahan pengawet jika rongga terisi.

#### 4. Anatomi kayu

Pembuluan pori-pori yang berbentuk pipa berfungsi sebagai saluran alami pada zat ekstratif dan tilosis. Serabut umumnya dikatakan bukan faktor penting dalam penetrasi, inisial dari bahan pengawet, walaupun permeabilitas relatif mungkin berpengaruh nyata terhadap penyebaran lanjut cairan dalam pori-pori (**Hunt dan Garrat, 1986**).

#### 5. Arah serapan

Jika kayu diimpregnasi dengan bahan pengawet, resapan yang diperoleh dari ujung-ujung (sejajar serat) jauh lebih baik dari samping kayu (tegak lurus serat) namun dengan mudah bahan pengawet keluar dari ujung dari pada sisi samping kayu. Pembuluh-pembuluh dan saluran resin partikel yang tidak terganggu merupakan saluran untuk mengeluarkan longitudinal dari bahan pengawet sedangkan serabut dan trakeid juga membantu gerakan dalam hal ini (**Nicholas, 1987**).

#### 6. Cacat-cacat kayu

Hasil penelitian bertahun-tahun dari banyak ahli dan industri pengawetan menunjukkan bahwa cacat kayu umumnya menurun kekuatan kayu tetapi absorpsi bahan

pengawet pada kayu akan meningkat dan bisa menurun tergantung pada cacat kayu. Absorpsi meningkat menurut panjang dan garisnya retak atau semakin beratnya pelapukan, sebaiknya absorpsi sangat menurun pada mata kayu (**Nicholas, 1987**).

## 7. Waktu pengawetan

Waktu pengawetan adalah lama waktu yang diperlukan dalam proses pengawetan. Retensi atau penetrasi bahan pengawet akan meningkat apabila waktu yang digunakan dalam proses pengawetan semakin lama (**Yoesoef, 1977**).

Menurut **Kollmann dan Cote (1968)**, bahwa retensi atau penetrasi bahan pengawet akan meningkat apabila waktu yang digunakan dalam proses pengawetan semakin lama. Proses pengawetan berlangsung dalam tiga fase, yaitu:

Fase 1 : Larutan merembes dari pori permukaan ke bagian pori dalam kayu absorpsi berlangsung cepat.

Fase 2 : Kadar air permukaan kayu mencapai kadar air keseimbangan dan selanjutnya pori bagian dalam kayu, kecepatan absorpsi mendekati konstan dan bertambah.

Fase 3 : Kadar air permukaan kayu mencapai titik jenuh, kecepatan absorpsi menjadi lebih lambat sekali, sehingga seluruh pori bagian kayu mencapai titik jenuh dan proses absorpsi akhir.

## F. Peristiwa Pirolisis pada Kayu

Kayu memiliki kelebihan dibanding dengan logam pada saat terbakar oleh api. Apabila kayu terkena api, kayu tidak serta merta menjadi rusak atau runtuh. Logam, misalnya

tiang jembatan atau bangunan, manakala terkena api, setelah logam menjadi panas, logam akan memuai dan melengkung. Akibatnya tiang logam tidak mampu lagi menahan beban dan bangunanpun runtuh. Sebaliknya kayu, apabila terkena api, terdapat tahapan-tahapan dalam peristiwanya, sebelum kayu menjadi terbakar. Bahkan untuk kayu dengan kerapatan sedang sampai tinggi dan berukuran besar, setelah terbakar, kayu tidak akan habis terbakar. Kayu hanya terbakar di bagian luarnya saja menjadi arang. Arang di lapisan luar ini akhirnya menjadi isolator terhadap api, sehingga bagian dalam kayu menjadi tidak terbakar. Kayu tetap tegak dan mampu menyangga bebannya (**Hadikusumo, 2003**).

Menurut **Hadikusumo (2003)**, Peristiwa-peristiwa dalam terbakarnya kayu diuraikan sebagai berikut.

- Sampai suhu 100°C: penguapan air dari dalam kayu.
- Suhu 90-150°C: terbentuknya gas-gas dari bahan-bahan asing
- 150-200°C: perkembangan lambat dan menjadi sangat panasnya gas-gas yang mudah terbakar
- 200-370°C: nyala, pembaraan dan pengarangan; nyala terjadi pada saat dekomposisi selulosa dan bara terjadi pada saat dekomposisi lignin.
- 370-510°C: nyala cepat gas-gas yang mudah terbakar dan membaranya arang kayu.

Tingkat kerusakan dan transmisi panas melalui kayu dapat ditingkatkan sedikit dengan perawatan tahan api tetapi manfaat yang paling signifikan datang dalam mengurangi atau menunda penyebaran api (**Truax, 1956**).

Beberapa pengawet menambahkan sifat tahan api pada kayu tetapi tidak terlalu signifikan kecuali jika retensi secara substansial melebihi yang normal untuk perlindungan terhadap pembusukan dan serangga. Boraks, asam borat, seng klorida, dan sebagian besar senyawa arsenik adalah dari jenis bahan pengawetan tahan api saat ini. Beberapa kombinasi semacam itu tersedia secara komersial atau telah dipatenkan (**Truax, 1956**).

Salah satu pertanyaan yang lebih penting dimana informasi lebih lanjut diperlukan untuk perawatan semacam itu adalah sifat permanen dari sifat tahan api. Umumnya diasumsikan bahwa, ketika terkena hujan efektivitas penghambat api kayu yang diolah secara bertahap berkurang melalui pencucian bahan kimia (**Truax, 1956**).

## **G. Risalah Bahan Penelitian**

### **1. Jenis Kayu Sengon (*Paraseranthes falcataria* (L.) Nielsen)**

Nama botanis: *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Fabales

Famili: Fabaceae

Sub Famili: Mimosoideae

Genus: *Paraserianthes*

Pohon sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100

cm atau kadang-kadang lebih, dengan tajuk lebar mendatar. Pohon sengon pada umumnya tidak berbanir meskipun di lapangan kadang dijumpai pohon dengan banir kecil. Permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel memanjang. Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan Panjang sekitar 23-30 cm. Bunga sengon tersusun dalam malai berukuran panjang 12 mm, berwarna putih kekuningan dan sedikit berbulu, berbentuk seperti saluran atau lonceng. Bunganya biseksual, terdiri dari bunga jantan dan bunga betina. Buah sengon berbentuk polong, pipih, tipis, tidak bersekat-sekat dan berukuran panjang 10-13 dan lebar 2 cm. Berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi kuning sampai coklat kehitaman jika sudah tua, agak keras dan berlilin (**Soerianegara dan Lemmens, 1993**).

Sifat makroskopis kayu sengon yaitu warna kayu teras hampir putih atau coklat muda dan warna kayu gubal umumnya tidak berbeda dengan kayu teras. Tekstur agak kasar dan merata. Permukaan licin dan mengkilat (**Martawijaya et al, 1987**). Kayu sengon pada umumnya ringan, lunak sampai agak lunak. Kayu terasnya berwarna putih sampai coklat muda pucat atau kuning muda sampai coklat kemerahan. Pada pohon yang masih muda, warna kayu teras dan kayu gubal tidak begitu jelas perbedaannya (berwarna pucat), tetapi pada kayu yang lebih tua perbedaannya cukup jelas (**Soerianegara dan Lemmens 1993**).

Sifat mikroskopis kayu sengon yaitu porinya berbentuk bulat sampai oval, tersebar, soliter dan gabungan pori yang terdiri dari 2-3 pori, jumlah sedikitnya 4-7 per mm<sup>2</sup>, diameter tangensialnya 160-340 mikron, bidang perforasi sederhana, parenkim umumnya menyinggung pori sepihak (*scanty*) sampai selubung (*vasincenteric*). Kebanyakan parenkim apotrakeal sebar yang terdiri dari 1-3 sel membentuk garis-garis tangensial diantara jari-jari.

Jari-jari umumnya sempit terdiri dari 1-2 seri jumlahnya terdiri dari 6-12 per mm arah tangensial dan komposisi seragam (homoseluler) yang terdiri dari sel baring (**Pandit dan Ramdan, 2002**)

Kerapatan kayu berkisar antara 230 dan 500 kg/m<sup>3</sup> pada kadar air 12-15%. Serat kayunya lurus atau saling bertautan dan teksturnya cukup kasar tetapi seragam. Kayu sengon tidak tahan lama ketika digunakan di tempat terbuka; sangat rentan terhadap berbagai jenis serangan serangga dan jamur. Hasil pengujian kayu di Indonesia menunjukkan bahwa kayu sengon rata-rata dapat bertahan (tidak rusak) selama 0,5-2,1 tahun apabila diletakkan di atas permukaan tanah. Meskipun demikian, kayu yang telah diberi bahan pengawet bisa lebih tahan hingga 15 tahun di daerah beriklim tropis (**Soerianegara dan Lemmens 1993**).

Kayu sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan konstruksi ringan (misalnya langit-langit, panel, interior, perabotan dan kabinet), bahan kemasan ringan (misalnya paket, kotak, kotak cerutu dan rokok, peti kayu, peti teh dan pallet), korek api, sepatu kayu, alat musik, mainan dan sebagainya. Kayu sengon juga dapat digunakan untuk bahan baku triplek dan kayu lapis, serta sangat cocok untuk bahan papan partikel dan papan blok. Kayu sengon juga banyak digunakan untuk bahan rayon dan pulp untuk membuat kertas dan mebel (**Soerianegara dan Lemmens 1993**).

Sebagai jenis pengikat nitrogen, sengon juga ditanam untuk tujuan reboisasi dan penghijauan guna meningkatkan kesuburan tanah. Daun dan cabang yang jatuh akan meningkatkan kandungan nitrogen, bahan organik dan mineral tanah. Sengon sering ditumpangsarikan dengan tanaman pertanian seperti jagung, ubi kayu dan buah-buahan. Sengon sering pula ditanam di pekarangan untuk persediaan bahan bakar (arang) dan

daunnya dimanfaatkan untuk pakan ternak ayam dan kambing. Di Ambon (Maluku), kulit pohon sengon digunakan untuk bahan jaring penyamak, kadang-kadang juga digunakan secara lokal sebagai pengganti sabun (Soerianegara dan Lemmens 1993).

**Tabel 1.** Sifat Fisis, Mekanis dan Komponen Kimia (P3HH, 2008)

No.	Sifat	Besaran
<b>A</b>	<b>Sifat Fisis dan Mekanis</b>	
1	Berat jenis	0,33 (0,24-0,49)
2	Kelas kuat	IV-V
<b>B</b>	<b>Penyusutan (%)</b>	
	• Penyusutan sampai kering tanur	2,5% (R) dan 5,2% (T)
<b>C</b>	<b>Keteguhan Lentur Statis (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	• Tegangan pada batas proporsi	b 262            k 316
	• Tegangan pada batas patah	b 465            k 526
	• Modulus Elastisitas	b 33.000k 44.500
<b>D</b>	<b>Keteguhan Pukul (kgm/dm<sup>3</sup>)</b>	
	• Radial	b 23,8            k 24,1
	• Tangensial	b 26,5            k 23,6
<b>E</b>	<b>Keteguhan Tekan Sejajar Arah Serat, Tegangan Maksimum (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>b 215            k 283</b>
<b>F</b>	<b>Kekerasan (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	• Ujung	b 160            k 222
	• Sisi	b 112            k 119
<b>G</b>	<b>Keteguhan Geser (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	• Radial	b 29,0            k 44,5
	• Tangensial	b 36,6            k 49,9
<b>H</b>	<b>Keteguhan Belah (kg/cm)</b>	
	• Radial	b 24,7            k 33,6
	• Tangensial	b 27,9            k 36,4
<b>I</b>	<b>Keteguhan Tarik Tegak Lurus Arah Serat (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
	• Radial	b 14,7            k 25,5
	• Tangensial	b 17,9            k 27,5
<b>J</b>	<b>Komponen Kimia (%)</b>	
	• Selulosa	49,4
	• Lignin	26,8
	• Pentosan	15,6
	• Abu	0,6
	• Silika	0,2
	• Kelarutan dalam:	
	Alkohol-benzena	3,4
	Air dingin	3,4
	Air panas	4,3
	NaOH 1%	19,6

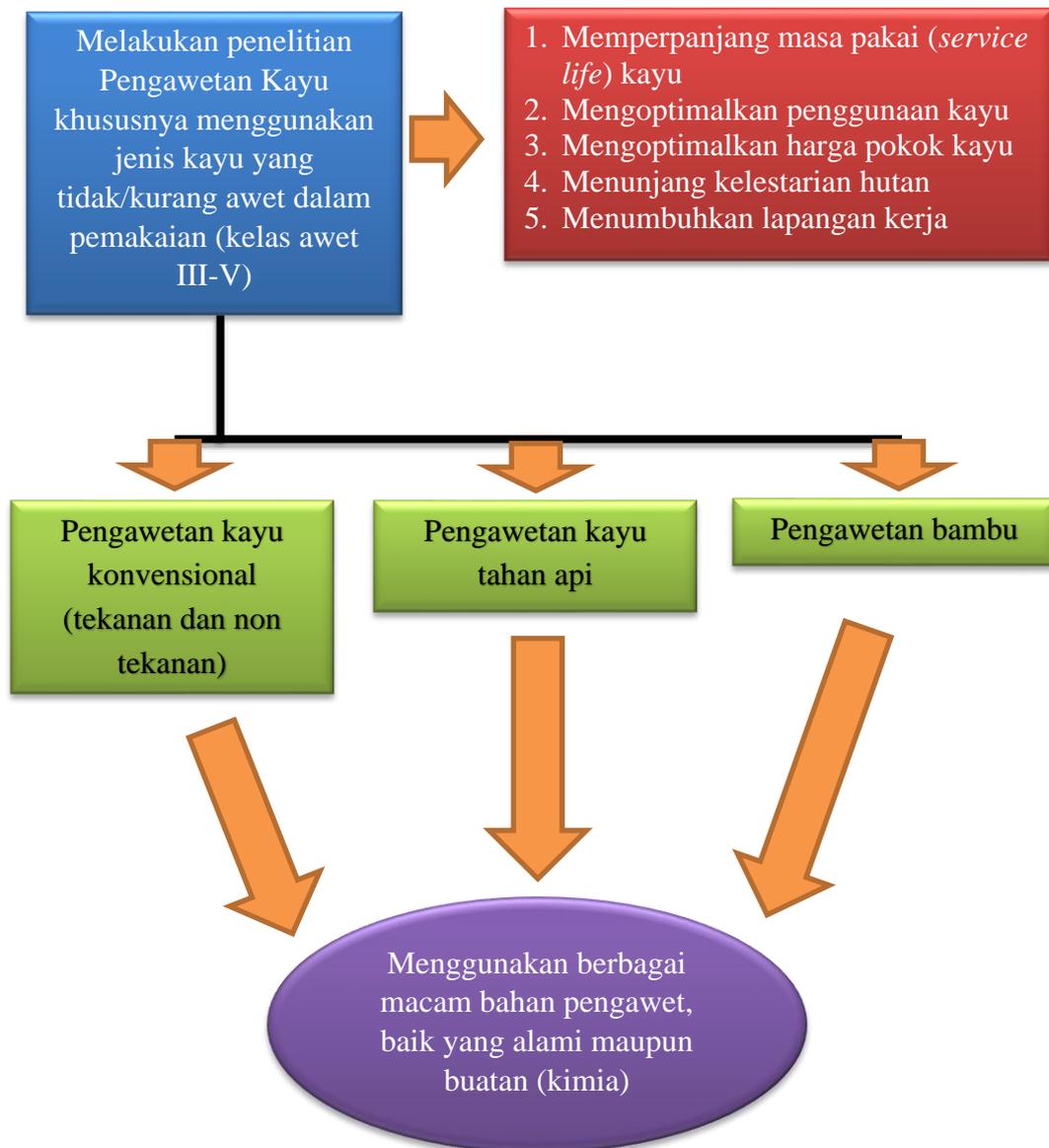
## 2. Bahan Pengawet Boraks

Boraks adalah persenyawaan tetraborat dengan sepuluh molekul air kristal, terdapat dalam alam sedangkan secara lokal dikenal sebagai bleng, mudah larut dalam air dan mudah sekali larut dalam gliserin. Larutan boraks berupa alkalis yang dibuat dengan permurnian boraks alam. Rumus kimia boraks adalah  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  atau Natrium Tetraboraks Dekahidrat (**Anonim, 1989**).

Menurut **Hunt dan Garrat (1989)**, Boraks dan Asam Borat ini secara terpisah atau bersama-sama beracun terhadap serangga dan cendawan perusak kayu, akan tetapi bahan pengawet tidak tahan terhadap kelunturan. Boraks juga digunakan dalam jumlah besar sebagai formula-formula bahan pengawet penghambat api untuk memperkecil mudah terbakarnya kayu dan bahan-bahan organik lainnya. Boraks dan Asam Borat beracun terhadap cendawan tetapi tidak efektif terhadap rayap (anai-anai), selain itu dapat mengauskan paku dan logam lainnya (**Yoesoef, 1977**).

Menurut **Abdurrahim (1994)**, Indonesia yang memiliki iklim tropis dianjurkan agar retensi bahan pengawet Boraks yang dipergunakan sebesar  $8,7 \text{ kg/m}^3$ . Sedangkan penembusan (penetrasi) yang dianjurkan untuk Asam Boraks untuk kayu perumahan dan gedung adalah 10 mm.

### III. ROADMAP PENELITIAN DOSEN



**Gambar 1.** Roadmap Penelitian Dosen

## IV. METODE

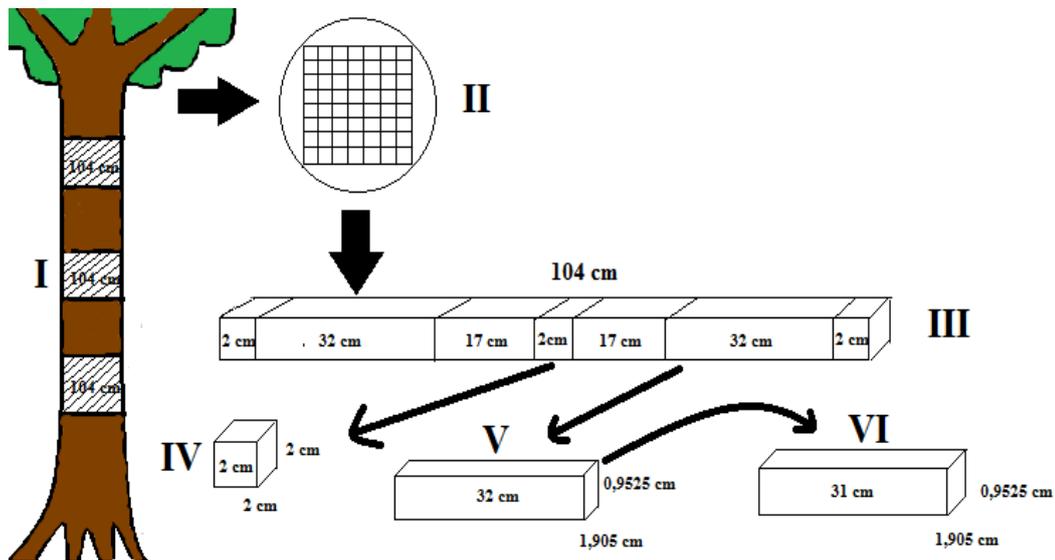
### A. Desain Penelitian

#### 1. Pembuatan contoh uji

Dalam penelitian menggunakan kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) sebagai bahan yang akan diawetkan dengan bahan pengawet natrium silikat yang telah dipersiapkan. Pelaksanaan pembuatan contoh uji diuraikan sebagai berikut:

- Pohon Sengon dengan diameter  $\pm 42$  cm dan tinggi bebas cabang 8 m, kemudian dipotong menjadi 3 bagian di bawah bagian bebas cabang dengan ukuran panjang masing-masing  $\pm 104$  cm.
- Setelah menjadi potongan dengan panjang  $\pm 104$  cm batang tersebut dipotong menjadi persegi lalu dipotong kembali menjadi dua bagian sama sisi untuk mempermudah pada saat membawanya.
- Potongan tersebut kemudian dibuat stik dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 104 cm. Kemudian kayu dipotong untuk uji retensi dengan ukuran 0,9525 cm x 1,905 cm x 32 cm. Berdasarkan **ASTM E69** untuk contoh uji tahan api ukurannya yaitu 3/8" x 3/4" x 40" (0,9525 cm x 1,905 cm x 101,6 cm). Tapi dilakukan sedikit modifikasi sesuai penelitian **Fouladi et al, (2015)** untuk uji ketahanan api ukurannya yaitu 0,9525 cm x 1,905 cm x 31 cm sebanyak 100 buah. Untuk sampel kadar air dan kerapatan dibuat ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm sebanyak 30 buah.

Proses pembuatan contoh uji secara jelas dapat dilihat pada Gambar 2:



**Gambar 2.** Cara Pengambilan dan Pemotongan Contoh Uji

Keterangan:

- I : Pengambilan contoh uji pada batang pohon Sengon.
- II : Cara menggergaji menjadi stik 2 cm x 2 cm x 100 cm
- III : Pembagian stik menjadi contoh uji
- IV : Contoh uji kadar air dan kerapatan 2 cm x 2 cm x 2 cm
- V : Contoh uji retensi 0,9525 cm x 1,905 cm x 32 cm
- VI : Contoh uji ketahanan api 0,9525 cm x 1,905 cm x 31 cm

## 2. Pengukuran kadar air dan kerapatan kayu

Pengukuran kadar air dan kerapatan contoh uji menurut **(DIN 52183-77)**:

- Contoh uji ukuran 2 cm x 2 cm x 2 cm, ditimbang dan diukur dimensinya untuk mengetahui massa kering udara dan volume kering udara.
- Lalu contoh uji dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam.
- Contoh uji dikeluarkan dari oven, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
- Selanjutnya contoh uji ditimbang dan diukur dimensinya untuk memperoleh massa dan volume kering tanur.

Kadar air kering udara dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Ku_n = \frac{Mu - Mo}{Mo} \times 100(\%)$$

Dimana:

- Ku = Kadar air kering udara (%)  
 Mu = Massa kering udara (g)  
 Mo = Massa Kering tanur (g)

Kerapatan kering udara dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_u = \frac{Mu}{V_u}$$

Dimana:

- $\rho_u$  = Kerapatan kering udara (g/cm<sup>3</sup>)  
 Mu = Massa kering udara (g)  
 V<sub>u</sub> = Volume kering udara (cm<sup>3</sup>)

Kerapatan kering tanur dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_o = \frac{Mo}{V_o}$$

Dimana:

- $\rho_o$  = Kerapatan Kering Tanur (g/cm<sup>3</sup>)  
 Mo = Massa Kering Tanur (g)  
 Vo = Volume Kering Tanur (cm<sup>3</sup>)

### 3. Persiapan larutan pengawet

Dalam penelitian ini disiapkan bahan pengawet berupa Boraks (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O) yang berbentuk butiran padat untuk dibuat larutan pengawet dengan cara mencampurkan bahan pengawet dengan pelarut yaitu air, menjadi tiga (3) konsentrasi bahan pengawet yaitu: 5%, 10% dan 15%. Ketiga konsentrasi tersebut disiapkan dengan cara sebagai berikut:

- Konsentrasi 5%

Konsentrasi pengawet 5% dalam satu liter larutan dibuat dengan mencampurkan 50 gram Boraks dalam 950 ml air.

- Konsentrasi 10%

Konsentrasi pengawet 10% dalam satu liter larutan dibuat dengan mencampurkan 100 gram Boraks dalam 900 ml air.

- Konsentrasi 15%

Konsentrasi pengawet 15% dalam satu liter larutan dibuat dengan mencampurkan 150 gram Boraks dalam 850 ml air.

#### 4. Proses pengawetan

Proses pengawetan metode perendaman dingin dengan tahapan sebagai berikut:

- Sebelum diawetkan contoh uji dicat permukaan transversalnya lalu disimpan dalam ruangan sampai dengan kadar air berkisar 12%.
- Setelah tercapai kadar air kering udara, kemudian ditimbang dan diukur dimensinya, diperoleh massa atau berat sebelum pengawetan ( $B_1$ ) dan volume kayu ( $V$ ).
- Contoh uji disusun dalam bak-bak pengawet dengan stik kecil bantalan diantara contoh uji, agar bahan pengawet dapat meresap ke semua permukaan contoh uji dan juga diberi pemberat di atasnya. Larutan pengawet dimasukkan ke dalam bak sesuai dengan konsentrasi dengan waktu perendaman 1, 3 dan 5 hari.
- Contoh uji diangkat sesuai waktu yang ditetapkan dan ditiriskan (tidak menunggu sampai kayu kering).
- Kemudian contoh uji ditimbang untuk mengetahui berat setelah diawetkan ( $B_2$ )

Retensi dihitung berdasarkan selisih berat contoh uji setelah diawetkan dan sebelum contoh uji diawetkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (**Peek, 1989**).

$$R = \frac{B_2 - B_1}{V} \times \frac{C}{100} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Dimana:

- R = Retensi bahan pengawet (kg/m<sup>3</sup>)
- B<sub>1</sub> = Berat contoh uji sebelum diawetkan (kg)
- B<sub>2</sub> = Berat contoh uji setelah diawetkan (kg)
- C = Konsentrasi bahan pengawet (%)
- V = Volume kayu yang diawetkan (m<sup>3</sup>)

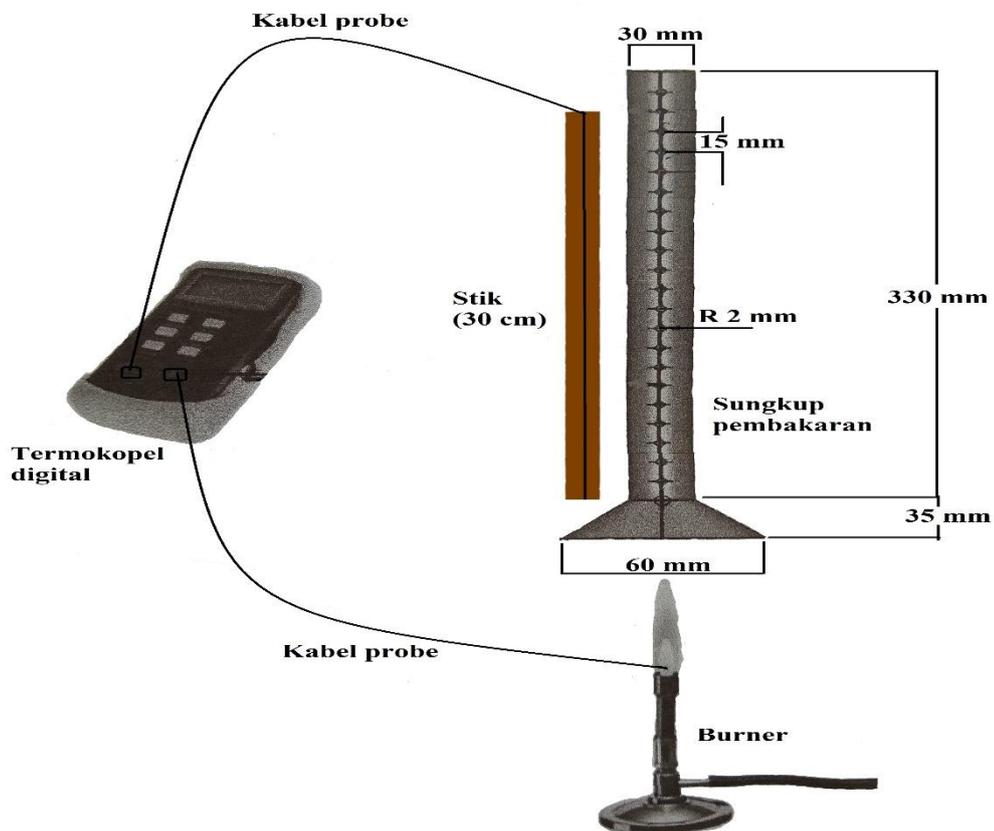
## 5. Pengujian contoh uji

Pengujian sifat ketahanan api berdasarkan standar **ASTM E69 (2002)** yang dimodifikasi oleh **Fouladi, et al (2015)**, yaitu dengan alat sungkup pembakaran.

Tahap pengujian sebagai berikut:

- Setelah uji retensi, panjang stik dipotong menjadi 0,9525 cm x 1,905 cm x 31 cm.
- Contoh uji dioven dulu dengan suhu 103±2°C (kering tanur) selama 48 jam agar memperoleh kadar air kering tanur.
- Contoh uji dikeluarkan dari oven, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit.
- Lalu timbang contoh uji untuk mengetahui berat awal (mb).
- Masukkan contoh uji berukuran 0,9525 cm x 1,905 cm x 31 cm ke dalam sungkup pembakaran (**Fouladi et al, 2015**).
- Pada pengujian ini contoh uji diletakkan dengan posisi tegak lurus atau vertikal terhadap sungkup pembakaran.
- Lalu pasang probe termokopel pada contoh uji dan pada api dari Burner.

- Suhu pembakaran yang digunakan dalam penelitian yaitu  $\pm 700^{\circ}\text{C}$ . Dengan lama pembakaran selama 4 menit dengan tinggi titik api dengan ujung bawah contoh uji sejauh 4 cm.
- Lalu setelah 4 menit pembakaran di hentikan, setelah itu catat suhu maksimum dan lama pembakaran tiap contoh uji menggunakan stopwatch.
- Setelah itu penimbangan berat contoh uji setelah pembakaran (ms) serta dilakukan perhitungan data intensitas bakar (persen pengurangan berat).



**Gambar 3.** Termokopel digital, Kabel probe, Stik (30 cm), Sungkup pembakaran dan Burner.

Intensitas bakar dapat dihitung dari selisih antara berat sesudah pengujian dengan berat sebelum kayu diujikan dengan rumus:

$$\alpha = \frac{mb - ms}{mb} \times 100 (\%)$$

Dimana:

$\alpha$  = Kehilangan berat (%)

ms = Massa contoh uji sesudah diujikan (g)

mb = Massa contoh uji sebelum diujikan (g)

- Untuk setiap benda uji pelaksanaannya sama seperti di atas.
- Untuk mengetahui efektifitas bahan pengawet, maka dilakukan perhitungan jika nilai  $W \geq 7,5$  maka sampel dapat dikatakan efektif menggunakan rumus standar **ASTM E69 (2002)**:

$$W = 10 \times (1-E/A)$$

Keterangan :

W = Efektivitas bahan pengawet tahan api

E = Rataan kehilangan berat (diberi perlakuan)

A = Rataan kehilangan berat (kontrol)

## B. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu, Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman, Samarinda.

## C. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen), sedangkan bahan pengawet yang digunakan adalah Boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) yang berbentuk butiran padat.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: gergaji bundar, gergaji besi, penyerut/ketam, keranjang contoh uji kayu, kaliper digital dan manual, oven pengeringan, desikator, timbangan analitik, masker, kaos tangan, gelas ukur,

corong, bak pengawetan, pemberat, kain lap, paku, bor, kalkulator, stopwatch, korek api, air, alkohol, sungkup pembakaran, burner spiritus, LCD Digital Termokopel 6802 k-type dual channel sensor probe dan alat tulis-menulis.

#### D. Pengolahan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini data yang dianalisis adalah pengaruh lama perendaman dan konsentrasi bahan pengawet terhadap retensi dan intensitas bakar.

Analisis data penelitian menggunakan Rancangan Percobaan Acak Lengkap 3 x 3 dengan menggunakan dua faktor yaitu faktor lama perendaman dan konsentrasi bahan pengawet masing-masing 3 level dengan 10 kali ulangan dengan faktor-faktor sebagai berikut:

1. Faktor lama perendaman (W) yang terdiri dari:

W1 : Perendaman 1 hari

W2 : Perendaman 3 hari

W3 : Perendaman 5 hari

2. Faktor konsentrasi bahan pengawet Natrium silikat (K) yang terdiri dari:

K1 : Konsentrasi 5%

K2 : Konsentrasi 10%

K3 : Konsentrasi 15%

Model umum matematika yang digunakan **Haeruman (1972)** adalah:

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

Dimana:

$Y_{ijk}$  = Nilai faktor pengamatan

$\mu$  = Rataan umum populasi

$\alpha_i$  = Pengaruh Lama Perendaman (W)

$\beta_j$  = Pengaruh Konsentrasi Bahan Pengawet (K)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi  
 $\epsilon_{ijk}$  = Kesalahan pengujian

Data-data hasil penelitian yang diperoleh akan dianalisis keragamannya dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), seperti pada Tabel 2:

**Tabel 2.** Analisis Sidik Ragam (ANOVA)

Sumber Variasi	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rataan (KR)	F Hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Lama perendaman (W)	DBW = W-1	JKW	KRW= JKW/DBW	KRW/K RE		
Konsentrasi (K)	DBK = K-1	JKK	KRK= JKK/DBK	KRK/K RE		
Interaksi (WK)	DBWK = (W-1) (K-1)	JKWK	KRWK= JKWK/DBWK	KRWK/ KRE		
Error	DB Total - (W-1) - (K-1) - (W-1) (K-1)	JKE	KRE= JKE/DBE	-		
Total	(M.W.r)-1	JKT	-	-		

Jika dalam perhitungan lebih lanjut dengan sidik ragam terdapat pengaruh yang berbeda ( $F$  hitung  $>$   $F$  tabel), maka diadakan dengan uji lanjut LSD (*Least Significant Difference*) dengan uji beda signifikan terkecil 5% dan 1% untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dan menentukan perlakuan yang terbaik dengan menggunakan rumus (Haeruman, 1972).

$$LSD = t(DBE) \cdot Se$$

Keterangan:

LSD = Beda nyata terkecil  
 $t(DBE)$  = Nilai t-tabel untuk pengujian pada taraf beda nyata dengan derajat bebas kekeliruan percobaan DBE;  
 Se = Kekeliruan baku (Standar error) sesuai dengan pengaruh diselidiki nyatanya, yaitu:

a. Pengaruh faktor (W)

$$Se = \sqrt{2 KRE / r \cdot k}$$

b. Pengaruh faktor (K)

$$Se = \sqrt{2 KRE / r \cdot w}$$

## c. Pengaruh interaksi faktor (WK)

$$Se = \sqrt{2KRE/r}$$

Keterangan:

KRE = Kuadrat rata-rata error percobaan yang diselidiki

k = Banyaknya perlakuan pada W

b = Banyaknya perlakuan pada K

r = Banyaknya ulangan.

## BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Kadar Air dan Kerapatan

Kadar air dan kerapatan kayu merupakan bagian penting dalam menentukan keberhasilan proses pengawetan kayu. Berdasarkan hasil dari penelitian pada kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) diperoleh rata-rata kadar air kayu kering udara, kerapatan kering udara dan kering tanur seperti pada tabel berikut:

**Tabel 3.** Nilai Rataan Kadar Air dan Kerapatan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

Sifat	Rataan	Koefisien Variasi (%)
Kadar air kering udara (%)	14,081	3,552
Kerapatan kering udara (g/cm <sup>3</sup> )	0,326	6,074
Kerapatan kering tanur (g/cm <sup>3</sup> )	0,295	6,211

#### 1. Kadar air kering udara

Berdasarkan Tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kadar air kering udara pada kayu Sengon sebelum dilakukan proses pengawetan adalah 14,081%, nilai kadar air ini masih berada dibawah kadar air titik jenuh serat (<30%), sehingga sangat baik jika dilakukan proses pengawetan karena bahan pengawet akan lebih mudah masuk ke dalam kayu. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat **Suprpto** dan **Bahrin (1981)**, menyatakan kadar air kayu untuk dapat diawetkan dengan baik harus berada di bawah titik jenuh serat atau di bawah 30%. Menurut **Suranto (2002)**, bahwa kadar air memegang peranan penting dalam penembusan bahan pengawet. Pada umumnya larutan bahan pengawet akan terhalang masuk apabila rongga-rongga sel masih terlalu banyak mengandung air. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa besar kecilnya kadar air akan sangat berpengaruh terhadap retensi.

## 2. Kerapatan kayu

Nilai kerapatan kayu yang diukur dalam penelitian ini meliputi kerapatan kering udara dan kerapatan kering tanur. Berdasarkan hasil pengukuran nilai kerapatan kayu menunjukkan bahwa nilai kerapatan menunjukkan bahwa nilai rata-rata kerapatan kering udara dan kerapatan kering tanur kayu Sengon masing-masing sebesar  $0,326 \text{ g/cm}^3$  dan  $0,295 \text{ g/cm}^3$ , ini membuktikan bahwa kerapatan kayu Sengon termasuk ke dalam kelas kayu berkerapatan rendah. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh **Dumanauw (2001)**, bahwa kayu yang memiliki berat jenis kurang dari  $0,6 \text{ g/cm}^3$  termasuk dalam klasifikasi kayu dengan berat jenis (kerapatan) rendah.

Kerapatan kayu sangat mempengaruhi penyerapan bahan pengawet yang digunakan dalam proses pengawetan kayu. Kayu yang memiliki kerapatan rendah umumnya tersusun atas sel yang besar dibandingkan dengan kayu-kayu yang berkerapatan tinggi sehingga dapat menerima lebih baik peresapan bahan pengawet (**Haygreen dan Bowyer, 1989**).

Dalam proses pengawetan kayu, bahan pengawet akan sangat mudah menembus bagian permukaan dari kayu-kayu yang memiliki kerapatan rendah, sehingga kelompok kayu ini memiliki tingkat permeabilitas yang lebih baik, hal ini didukung oleh **Hunt dan Garrat (1986)**, bahwa kayu yang berkerapatan rendah mempunyai pembuluh-pembuluh yang terbuka dan besar sehingga kayu ini memiliki kemampuan menyerap bahan pengawet lebih baik jika dibandingkan dengan kayu yang berkerapatan tinggi.

## B. Retensi Bahan Pengawet

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai rata-ran retensi pengawet Boraks pada kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Nilai Rataan Retensi Pengawet Boraks pada Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

Lama Perendaman (hari)	Konsentrasi Larutan (%)						Rataan (kg/m <sup>3</sup> )
	K1 (5%)		K2 (10%)		K3 (15%)		
	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	KV (%)	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	KV (%)	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	KV (%)	
W <sub>1</sub> (1 hari)	5.999	17.616	13.943	13.119	19.018	15.255	12.986
W <sub>2</sub> (3 hari)	10.833	26.965	23.599	27.744	33.162	14.561	22.531
W <sub>3</sub> (5 hari)	13.629	10.555	27.640	20.217	38.044	11.648	26.437
Rataan	10.153	-	21.727	-	30.074	-	20.651

Keterangan: KV = Koefisien Variasi

Berdasarkan Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa nilai retensi bahan pengawet Boraks berdasarkan konsentrasi dan lama perendaman yang berbeda mempunyai nilai retensi yang berbeda pula. Semakin besar konsentrasi bahan pengawet dan semakin lama perendaman yang dilakukan maka semakin tinggi nilai retensi yang didapat. Nilai rata-ran retensi tertinggi terdapat pada konsentrasi 15% dengan lama perendaman 5 hari (K3W3) sebesar 38.044 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan nilai rata-ran retensi terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan lama perendaman selama 1 hari (K1W1) sebesar 5,999 kg/m<sup>3</sup>. Selanjutnya untuk melihat pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya menunjukkan hubungan yang signifikan atau tidak terhadap nilai retensi maka dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) seperti terlihat pada Tabel 5:

**Tabel 5.** Analisis Sidik Ragam (ANOVA) Nilai Retensi Bahan Pengawet Boraks pada Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

Sumber variasi	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-ran	F.Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Konsentrasi (K)	2	6004.8600	3002.430	192.288**	3.109	4.877

Sumber variasi	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F.Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Lama Perendaman (W)	2	2872.762	1436.381	91.992**	3.109	4.877
Interaksi (WK)	4	368.657	92.164	5.902**	2.484	3.559
Error/Galat	81	1264.748	15.614	-	-	-
Total	89	10511.028	-	-	-	-

Keterangan : \*\* = Berpengaruh sangat signifikan

Setelah dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) diperoleh hasil bahwa lama perendaman (W), konsentrasi bahan pengawet (K) dan interaksinya menunjukkan adanya pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai retensi. Oleh karena itu dilakukan uji lanjut LSD (*Least Significant Difference*).

### 1. Pengaruh lama perendaman terhadap retensi

Untuk mengetahui perbedaan lama perendaman terhadap retensi maka dilakukan uji beda terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini:

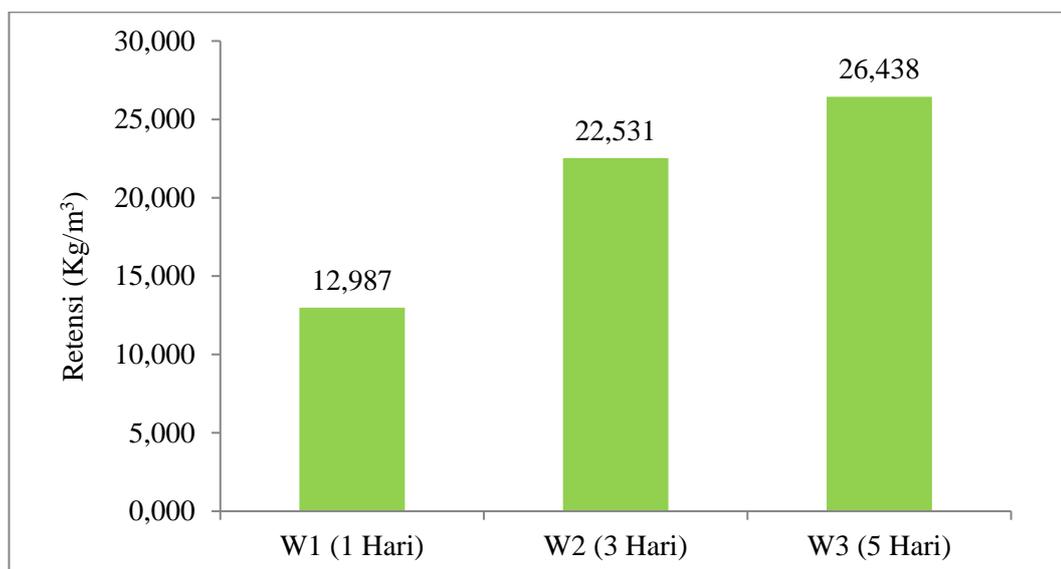
**Tabel 6.** Uji Beda Signifikan Terkecil (LSD) Pengaruh Lama Perendaman (W) yang Berbeda Terhadap Nilai Retensi.

Lama perendaman (W)	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih perlakuan (kg/m <sup>3</sup> )			LSD	
		W1	W2	W3	0.05%	0.01%
W1 (1 Hari)	12.987	-	9.5448**	13.451**	0.847	2.079
W2 (3 Hari)	22.531	-	-	3.907**		
W3 (5 Hari)	26.438	-	-	-		

Keterangan : \*\* = berbeda sangat signifikan; \* = berbeda signifikan

Menurut hasil uji lanjutan LSD pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata retensi bahan pengawet Boraks pada kayu Sengon berdasarkan lama perendaman berbeda sangat signifikan, yaitu nilai rata-rata tertinggi pada W3 menghasilkan nilai retensi sebesar 26.438 kg/m<sup>3</sup> kemudian pada W2 sebesar 22,531 kg/m<sup>3</sup>, dan nilai terendah pada W1 sebesar 12,987 kg/m<sup>3</sup>.

Untuk dapat melihat gambaran rata-rata nilai retensi yang diberikan karena adanya pengaruh lama perendaman pada bahan pengawet Boraks pada Kayu Sengon dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Nilai Rataan Retensi pada Lama Perendaman (W) yang Berbeda dengan Bahan Pengawet Boraks.

Berdasarkan Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa semakin lama kayu direndam dan semakin banyak udara yang keluar dari rongga-rongga sel maka akan menyebabkan nilai retensi bahan pengawet akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan **Hunt dan Garrat (1986)**, yang menyatakan bahwa semakin lama kayu dapat tetap di dalam larutan bahan pengawet maka semakin baik pengawetan yang diperoleh.

## 2. Pengaruh konsentrasi bahan pengawet terhadap retensi

Untuk mengetahui perbedaan konsentrasi bahan pengawet terhadap retensi maka dilakukan uji beda signifikan terkecil (LSD) yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

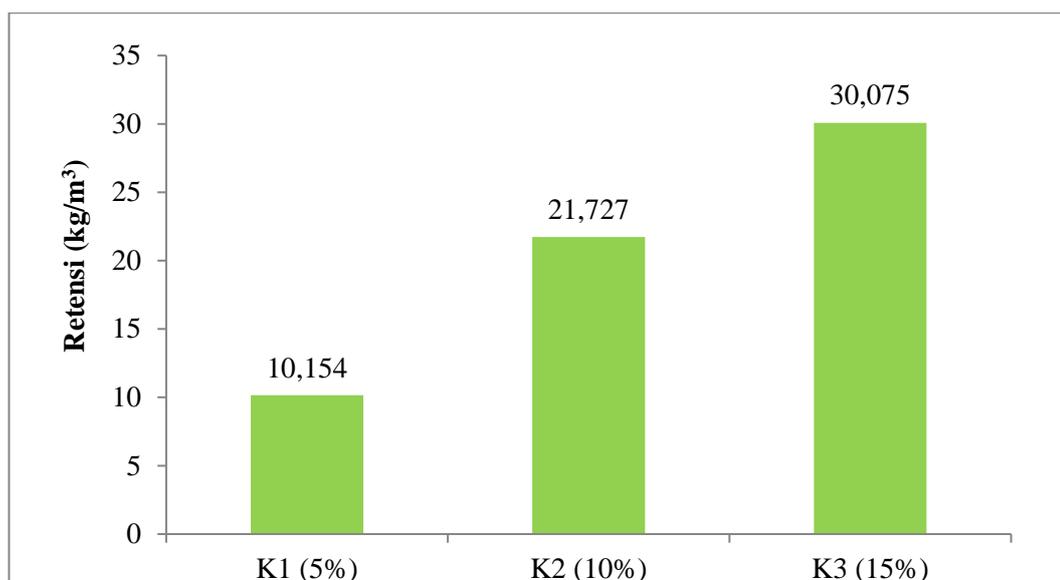
**Tabel 7.** Uji Beda Signifikan Terkecil (LSD) Pengaruh Konsentrasi Bahan Pengawet (K) Boraks Terhadap Nilai Retensi

Konsentrasi (K)	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih perlakuan (kg/m <sup>3</sup> )			LSD	
		K1	k2	k3	0.05%	0.01%
K1 (5%)	10.154	-	11.574**	19.921**	0.847	2.079
K2 (10%)	21.727	-	-	8.347**		
K3 (15%)	30.075	-	-	-		

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat signifikan

Menurut hasil uji lanjut LSD yang tercantum pada Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai rataan retensi bahan pengawet Boraks pada Kayu Sengon berdasarkan masing-masing konsentrasi (5%, 10%, dan 15%) berbeda sangat signifikan, yaitu nilai rataan tertinggi pada konsentrasi K<sub>3</sub> (15%) menghasilkan nilai retensi sebesar 30,075 kg/m<sup>3</sup> kemudian pada konsentrasi K<sub>2</sub> (10%) 21,727 kg/m<sup>3</sup> dan nilai terendah pada konsentrasi K<sub>1</sub> (5%) sebesar 10,154 kg/m<sup>3</sup>.

Untuk melihat gambaran rataan nilai retensi yang diberikan karena adanya pengaruh konsentrasi pada bahan pengawet Boraks pada kayu Sengon dengan masing-masing konsentrasi (5%, 10%, dan 15%) dapat dilihat pada Gambar 5.

**Gambar 5.** Grafik Nilai Rataan Retensi pada Konsentrasi Bahan Pengawet (K) yang Berbeda.

Berdasarkan Gambar 5 tersebut terlihat bahwa nilai rata-ran retensi pada konsentrasi (K) bahan pengawet yang berbeda menghasilkan nilai retensi yang berbeda, konsentrasi K3 (15%) menghasilkan nilai retensi yang lebih tinggi sedangkan nilai rata-ran retensi terendah terdapat pada konsentrasi K1 (5%). Namun secara umum dapat dikatakan bahwa pada konsentrasi yang lebih tinggi memiliki kandungan bahan pengawet yang lebih banyak (dengan jumlah larutan pengawet yang sama) akan menyebabkan nilai retensi bahan pengawet semakin tinggi dibandingkan dengan capaian retensi pada konsentrasi yang lebih rendah.

Konsentrasi bahan pengawet menunjukkan jumlah atau banyaknya bahan pengawet yang digunakan dalam suatu proses pengawetan kayu, sehingga semakin tinggi konsentrasi bahan pengawet yang digunakan dalam volume larutan yang sama umumnya kandungan senyawa kimia bahan pengawet akan lebih banyak terakumulasi dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih rendah, sehingga lebih banyak bahan pengawet yang diserap pada konsentrasi tinggi. Sejalan dengan itu, **Eskani dan Utamaningrat (2019)** menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi bahan pengawet dan semakin lama waktu perendaman maka nilai retensi akan semakin besar.

Selanjutnya didukung oleh pernyataan **Nicholas (1987)** bahwa bahan pengawet dengan konsentrasi tinggi dapat lebih meningkatkan laju retensi, sehingga pada waktu yang sama bahan pengawet dengan konsentrasi tinggi akan lebih banyak masuk ke dalam kayu dibandingkan dengan bahan pengawet konsentrasi rendah.

### 3. Pengaruh interaksi lama perendaman dengan konsentrasi bahan pengawet terhadap retensi

Untuk mengetahui perbedaan lama perendaman dan konsentrasi bahan pengawet terhadap nilai retensi, maka dilakukan uji beda terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

**Tabel 8.** Uji Beda Signifikan Terkecil (LSD) Pengaruh Interaksi Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi (K) Terhadap Retensi.

Interaksi	Nilai Rataan	Perbandingan Perlakuan (W) & (K)									LSD	
		W1K1	W2K1	W3K1	W1K2	W2K2	W3K2	W1K3	W2K3	W3K3	0,05	0,01
W1K1	5,999	-	7,943**	13,018**	4,833**	17,599**	27,162**	7,629**	21,640**	32,044**		
W2K1	13,943	-	-	5,075**	3,110*	9,655**	19,219**	0,314ns	13,697**	24,100**		
W3K1	19,018	-	-	-	8,185**	4,580**	14,144**	5,389**	8,622**	19,025**		
W1K2	10,833	-	-	-	-	12,765**	22,329**	2,796*	16,807**	27,210**		
W2K2	23,599	-	-	-	-	-	9,563**	9,969**	4,041**	14,445**	1,466	3,601
W3K2	33,162	-	-	-	-	-	-	19,533**	5,522**	4,881**		
W1K3	13,629	-	-	-	-	-	-	-	14,011**	24,414**		
W2K3	27,640	-	-	-	-	-	-	-	-	10,403**		
W3K3	38,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat signifikan; ns = Berbeda non signifikan; \* = Berbeda signifikan

W1 = Perendaman 1 hari

K1 = Konsentrasi 5%

W2 = Perendaman 3 hari

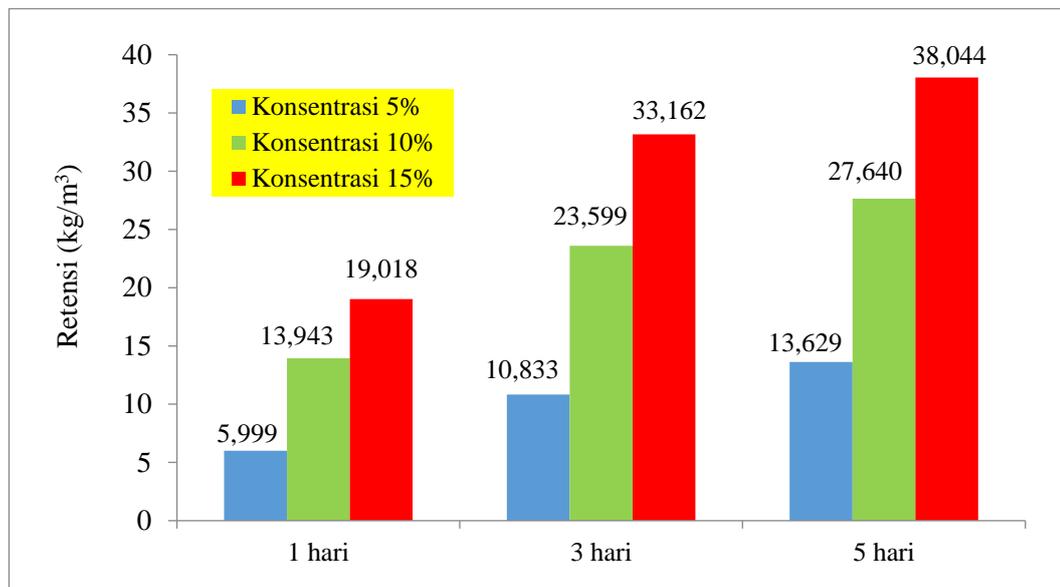
K2 = Konsentrasi 10%

W3 = Perendaman 5 hari

K3 = Konsentrasi 15%

Berdasarkan Tabel 8 di atas terlihat bahwa interaksi antara perlakuan lama perendaman (W) dan konsentrasi bahan pengawet (K) menghasilkan retensi yang berbeda sangat signifikan pada sebagian besar perlakuan, berbeda signifikan hanya ada satu perlakuan dan non signifikan ada empat perlakuan.

Untuk dapat melihat gambaran rata-rata nilai retensi yang diberikan karena adanya pengaruh interaksi antara lama perendaman dan konsentrasi bahan pengawet Boraks pada Kayu Sengon dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Nilai Retensi Rataan Pengaruh Interaksi Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi (K) Bahan Pengawet Boraks.

Secara umum interaksi antara lama perendaman dan konsentrasi memberikan pengaruh terhadap nilai retensi, dimana semakin lama kayu direndam dan semakin tinggi konsentrasi maka menyebabkan retensi akan semakin tinggi. Pertimbangan ini sesuai dengan pendapat **Yoesoef (1977)**, bahwa konsentrasi yang tinggi dari suatu bahan pengawet meningkatkan absorpsi kayu yang diawetkan, sehingga nilai retensinya akan lebih besar. Ini didukung oleh pernyataan **Nicholas (1987)**, bahwa bahan pengawet dengan konsentrasi tinggi dapat lebih meningkatkan laju retensi, sehingga pada waktu yang sama bahan pengawet dengan konsentrasi tinggi akan lebih banyak masuk ke dalam kayu dibandingkan dengan bahan pengawet dengan konsentrasi rendah. Selanjutnya menurut **Vachlepi et.al. (2015)**, jumlah bahan pengawet yang terserap ke dalam kayu akan menentukan tingkat perlindungan terhadap kayu dari serangan organisme perusak kayu.

Nilai retensi yang diperoleh belum memenuhi standar *American Wood Preserver's Association* (AWPA) sebesar 2,5-3,0 pcf atau setara 42-50 kg/m<sup>3</sup>. Karena penelitian ini menggunakan metode pengawetan tanpa tekanan, maka retensi yang diperoleh tidak besar yaitu 5,999 kg/m<sup>3</sup>-38,044 kg/m<sup>3</sup>.

### C. Intensitas Bakar, Suhu Maksimum dan Lama Pembaraan

#### 1. Intensitas bakar

Berdasarkan hasil pengujian pada kayu Sengon selama  $\pm 1$  minggu penelitian di laboratorium, pada contoh uji yang telah diberi Boraks terlihat lebih sedikit terbakarnya dibandingkan kontrol. Berikut ini merupakan nilai rata-rata persentase intensitas bakar pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) dan yang diawetkan dengan bahan pengawet Boraks menggunakan metode **ASTM E69 (2002)**.

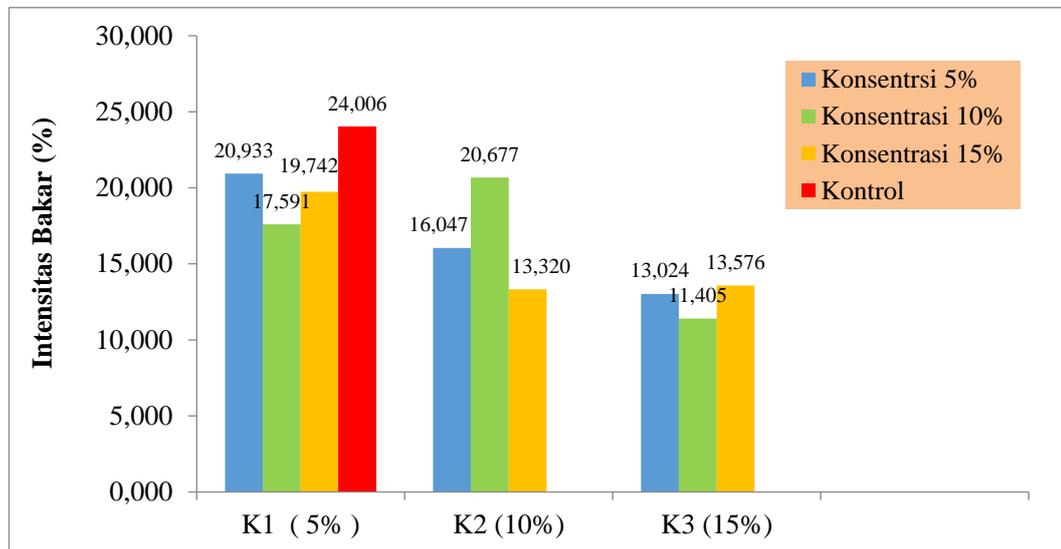
**Tabel 13.** Nilai Rataan Persentase Intensitas Bakar pada Kontrol dan Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Konsentrasi (%)	Lama perendaman (Hari)						Rataan (%)	Rataan Kontrol (%)	KV (%)
	W1 (1 Hari)		W2 (3 Hari)		W3 (5 Hari)				
	Rataan (%)	KV (%)	Rataan (%)	KV (%)	Rataan (%)	KV (%)			
<b>K1 (5%)</b>	20.933	24.760	16.047	17.620	13.024	37.952	16.668	24.006	6,797
<b>K2 (10%)</b>	17.591	25.189	20.677	121.677	11.405	25.546	16.557		
<b>K3 (15%)</b>	19.742	24.489	13.320	42.366	13.576	29.189	15.546		
<b>Rataan (%)</b>	19.422	-	16.681	-	12.668	-	-		

Keterangan : KV = Koefisien Variasi

Berdasarkan Tabel 13 di atas dapat dilihat nilai rata-rata dari persentase intensitas bakar (%) yang diperoleh dari pengujian contoh uji Sengon baik kontrol maupun yang sudah diberi perlakuan pengawetan tahan api. Nilai persentase atau intensitas bakar paling besar adalah pada contoh uji yang tidak diberi perlakuan bahan pengawet Boraks (Kontrol) sebesar 24,006%, sedangkan nilai intensitas

bakar terkecil yaitu pada perlakuan K2W3 yaitu 11,405% dan nilai intensitas bakar yang memberikan nilai tertinggi yaitu 20,933 % pada konsentrasi K1W1.



**Gambar 9.** Grafik Persentase Intensitas Bakar (%) Contoh Uji Pengujian Ketahanan Api Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K) Boraks.

Intensitas bakar cenderung meningkat jika kayu tidak diberikan bahan pelindung/penahan yang bisa menambah sifat tidak mudah terbakar, apalagi ditambah faktor di luar kayu seperti angin yang bertiup kencang dan lain-lain. Hal ini didukung pernyataan **Hunt** dan **Garrat (1986)**, bahwa kayu yang tidak diawetkan akan lebih mudah terbakar daripada kayu yang diawetkan, terutama pada kondisi-kondisi saat berlangsungnya kebakaran seperti angin kencang atau terus bersentuhan dengan bahan-bahan lain yang mudah menyala.

Selanjutnya untuk melihat masing-masing faktor (perlakuan) dari interaksi tersebut menunjukkan pengaruh yang signifikan atau tidak terhadap nilai intensitas bakar maka dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA), terlihat pada Tabel 14 berikut ini.

**Tabel 14.** Analisis Sidik Ragam (ANOVA) Nilai Intensitas Bakar Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Sumber variasi	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat rata-rata	F.Hitung	F. Tabel	
					0,05	0,01
Konsentrasi (K)	2	22.9488	11.4744	0.1305ns	3.109	4.877
Lama Perendaman (W)	2	692.299	346.149	3.9370*	3.109	4.877
Interaksi (WK)	4	336.513	84.1283	0.9568ns	2.484	3.560
Error/Galat	81	7121.668	87.9218	-	-	-
Total	89	8173.4295	-	-	-	-

Keterangan \* = Berpengaruh signifikan; ns = Berbeda non signifikan

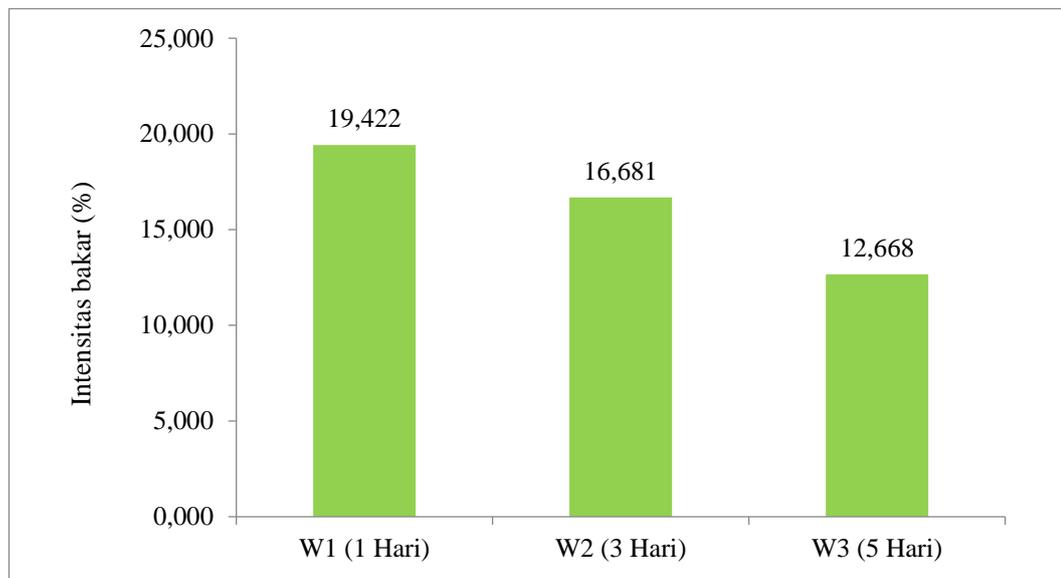
Setelah dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) terlihat bahwa konsentrasi dan interaksinya menunjukkan adanya pengaruh yang non signifikan, sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut LSD (*Least Significant Difference*). Sedangkan lama perendaman menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap nilai intensitas bakar sehingga perlu dilakukan uji LSD (*Least Significant Difference*).

**Tabel 15.** Uji Beda Signifikan Terkecil (LSD) Pengaruh Lama Perendaman (W) Boraks Terhadap Intensitas Bakar.

Lama perendaman (W)	Rataan (kg/m <sup>3</sup> )	Selisih perlakuan (kg/m <sup>3</sup> )			LSD	
		W1	W2	W3	0.05%	0.01%
W <sub>1</sub> (1 Hari)	19.422	-	2.740**	6.754**	2.008	2.079
W <sub>2</sub> (3 Hari)	16.681	-	-	4.013**		
W <sub>3</sub> (5 Hari)	12.668	-	-	-		

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat signifikan

Menurut hasil uji lanjut LSD yang tercantum pada Tabel 15 menunjukkan bahwa nilai rata-rata intensitas bakar pada perendaman 1 hari (W<sub>1</sub>) berbeda signifikan dengan perendaman 2 hari (W<sub>2</sub>) dan 3 hari (W<sub>3</sub>). Rataan nilai intensitas bakar yang diperoleh karena adanya pengaruh lama perendaman bahan pengawet Boraks pada kayu Sengon dapat dilihat pada Gambar 8:



**Gambar 9.** Grafik Nilai Rataan Intensitas Bakar pada Lama Perendaman (W) yang Berbeda Menggunakan Boraks.

Berdasarkan Gambar 9 nilai rata-rata intensitas bakar pada lama perendaman 1 hari, 2 hari dan 3 hari menghasilkan nilai intensitas bakar yang selisihnya cukup kecil. Secara umum dapat dikatakan bahwa lama perendaman memberikan peran terhadap intensitas bakar.

Hal ini mungkin dikarenakan sifat kayu yang kompleks dipengaruhi berbagai faktor. Didukung oleh pernyataan **Subyakto dan Prasetyo (2006)**, cepat tidaknya kayu terbakar sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dan sifat fisik, seperti struktur anatomi atau konstruksi dasar. Sebagai contoh, kayu sengon akan cepat terbakar dibandingkan dengan kayu jati karena berat jenis kayu sengon lebih kecil dibanding kayu jati dalam kondisi basah, apalagi dalam kondisi kering. Bahkan kayu yang berasal dari satu pohon memiliki sifat yang agak berbeda, jika dibandingkan bagian ujung dan pangkalnya.

Untuk mengetahui efektifitas bahan pengawet, maka dilakukan perhitungan standar efektifitas yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 16 berikut:

**Tabel 16.** Nilai Rataan Efektifitas Bahan Pengawet Menurut Standar **ASTM E69 (2002)**

Perlakuan	Intensitas Bakar ( $\alpha$ )		Efektifitas (W)
	Rataan Perlakuan (%)	Kontrol (%)	
K1W1	20.933	24.006	1.280
K1W2	16.047		3.315
K1W3	13.024		4.575
K2W1	17.591		2.672
K2W2	20.677		1.387
K2W3	11.405		5.249
K3W1	19.742		1.776
K3W2	13.320		4.451
K3W3	13.576		4.345

Keterangan : Uji efektifitas ketahanan api (W)  $\geq 7,5$

W1 = Perendaman 1 hari

K1 = Konsentrasi 5%

W2 = Perendaman 3 hari

K2 = Konsentrasi 10%

W3 = Perendaman 5 hari

K3 = Konsentrasi 15%

Berdasarkan Tabel 16 di atas terlihat bahwa nilai tertinggi efektifitas bahan pengawet dicapai pada K2W3 yaitu 5,249 yang lebih mendekati standar ( $\geq 7,5$ ) dan nilai terendah yaitu K1W1 yaitu 1,280. Dengan hasil efektifitas tersebut, maka secara keseluruhan belum memenuhi standar **ASTM E69 (2002)** tentang keefektifan bahan pengawet tahan api.

## 2. Suhu maksimum dan lama pembaraan

Berikut ini merupakan nilai rataan suhu maksimum dan lama pembaraan pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) dan yang diawetkan dengan bahan pengawet Boraks menggunakan metode **ASTM E69 (2002)**.

**Tabel 17.** Nilai Rataan Suhu Maksimum dan Lama Pembaraan Tiap Perlakuan dan Kontrol.

Perlakuan	Nilai Rataan ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nilai Rataan (detik)	Nilai Rataan kontrol ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nilai Rataan kontrol (detik)
K1/W1	179.0	276.0	291.16	209.6
K1/W2	193.5	342.7		
K1/W3	197.5	422.6		
K2/W1	202.4	368.1		
K2/W2	197.8	520.9		
K2/W3	223.0	404.5		
K3/W1	223.8	512.4		
K3/W2	210.1	512.0		
K3/W3	226.7	437.5		

Keterangan : W1 = Perendaman 1 hari                      K1 = Konsentrasi 5%  
                  W2 = Perendaman 3 hari                      K2 = Konsentrasi 10%  
                  W3 = Perendaman 5 hari                      K3 = Konsentrasi 15%

Berdasarkan Tabel 17 diperoleh hasil yaitu nilai rata-ran tiap perlakuan dan kontrol suhu maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ) yaitu nilai rata-ran kontrol suhu maksimum  $291,16^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari nilai suhu maksimum stik yang diberi perlakuan ( $179,0-226,7^{\circ}\text{C}$ ). Berarti bahan pengawet Boraks mampu menurunkan suhu maksimum pada kayu sengon. Pemberian Boraks pada kayu sengon akan meningkatkan sifat ketahanan terhadap api yang diindikasikan dengan kemampuan untuk menurunkan suhu pembakaran maksimal (**Santoso dan Hamidah, 2012**).

Sedangkan untuk lama pembaraan (detik) terlihat bahwa nilai rata-ran kontrol lebih pendek waktunya yaitu 209,6 detik, sedangkan untuk yang diberi perlakuan pembaraan menjadi lebih lama ( $276,0-520,9$  detik). Dari data tersebut menunjukkan bahwa penambahan Boraks secara signifikan justru akan memperbesar lama pembaraan. Jika dipandang dari aspek lama pembaraan maka Boraks kurang efektif untuk meningkatkan sifat ketahanan terhadap api, namun suhu maksimum akan menurun sehingga nilai intensitas bakar akan menurun.

Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian **Santoso dan Hamidah (2012)** tentang efektivitas Boraks sebagai bahan pengawet anti api dan anti rayap pada kayu meranti merah yaitu pada suhu maksimum pada kontrol  $461,8^{\circ}\text{C}$  dan diberi perlakuan berkisar  $199,6-248,8^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk lama pembaraan kontrol 8,66 menit dan diberi perlakuan berkisar 17,80-19,99 menit.

Selain itu menurut **Hadikusumo (2003)**, kemungkinan bahan pengawet Boraks apabila terkena panas (terbakar) akan membentuk cairan atau lapisan seperti

kaca di permukaan kayu yang akan menghambat keluarnya gas-gas yang mudah terbakar/menyala dan menghambat udara luar mencapai kayu.

## BAB V. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian pengawetan kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) terhadap retensi dan uji ketahanan api dengan bahan pengawet Boraks pada berbagai lama perendaman dan konsentrasi dapat disimpulkan:

1. Nilai rata-rata kadar air kering udara pada kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) diperoleh nilai sebesar 14,081%, kerapatan kering udara diperoleh 0,326 g/cm<sup>3</sup> dan kerapatan kering tanur diperoleh nilai sebesar 0,295 g/cm<sup>3</sup>.
2. Lama perendaman, konsentrasi bahan pengawet dan interaksinya berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai retensi bahan pengawet, semakin lama dilakukan perendaman dan semakin besar konsentrasi pengawet Boraks (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O) yang digunakan, maka semakin tinggi nilai retensinya. Retensi tertinggi dicapai pada perendaman 5 hari dengan konsentrasi 15% sebesar 38.044 kg/m<sup>3</sup> dan yang terendah pada perendaman 1 hari dengan konsentrasi 5% sebesar 5,999 kg/m<sup>3</sup>. Nilai retensi yang diperoleh belum memenuhi standar *American Wood Preserver's Association* (AWPA) sebesar 2,5-3,0 pcf atau setara 42-50 kg/m<sup>3</sup>.
4. Perlakuan pengawetan secara umum sudah cukup baik untuk menahan intensitas bakar dari pada kayu yang tanpa perlakuan (kontrol). Hasil uji kayu yang diawetkan dengan lama perendaman 5 hari dengan menggunakan konsentrasi 10% menghasilkan nilai intensitas bakar terkecil sebesar 11,405% dan nilai efektifitasnya 5,249, sedangkan nilai intensitas bakar terbesar terjadi

pada lama perendaman 1 hari dengan menggunakan konsentrasi 5% sebesar 20,933% dan nilai efektifitasnya 1,280. Perlakuan pengawetan dengan variasi lama perendaman dan konsentrasi bahan pengawet memperlihatkan kecenderungan terjadinya intensitas bakar kayu yang secara umum masih berada di bawah contoh uji kontrol. Tapi dari hasil perhitungan efektifitas bahan pengawet nilai tersebut belum memenuhi standar **ASTM E69** tentang keefektifan bahan pengawet.

5. Suhu maksimum pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) lebih tinggi dari pada contoh uji yang diberi perlakuan yaitu pada contoh uji tanpa perlakuan 291,16 °C sedangkan yang diberi perlakuan yaitu 179,0-226,7°C.
6. Lama pembaraan pada contoh uji tanpa perlakuan (kontrol) lebih pendek dari pada contoh uji yang diberi perlakuan yaitu pada contoh uji tanpa perlakuan 209,6 detik sedangkan yang diberi perlakuan yaitu 276.0-520.9 detik.

## REFERENSI

- Anonim. 2009.** Sodium Silicates Retrived by OXY, from <http://www.oxy.com/OurBusinesses/Chemicals/ResponsibleCare/Documents/Liquid%20Sodium%20Silicates.pdf>. diakses pada 30 April 2019.
- Anonim. 2018.** Kayu Sengon, Kayu Yang Ekonomis. <https://www.greenwood.id/kayu-sengon/>diakses pada 30 April 2019.
- Antara. 2007.** Teknologi Pengawetan Kayu Mampu Hemat Konsumsi Kayu 7 Juta m<sup>3</sup> Tiap Tahun. Kantor Berita Antara 7 Agustus 2007, Jakarta.
- ASTM. 2002.** ASTM E69: Standard Method for Combustible Properties of Treated Wood by The Fire-Tube Apparatus. ASTM Internationa. West Conshohocken. United States.
- Barly dan Subarudi. 2010.** Kajian industri dan kebijakan pengawetan kayu: sebagai upaya mengurangi tekanan terhadap hutan. Vol T, No.1, April 2010: 63-80. Bogor: Pusat Penelitian Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Duljapar K. 2001.** Pengawetan Kayu. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Dumanauw J.F. 2001.** Mengenal Kayu. Edisi 2 Cetakan 2. Jakarta: PT. Gramedia.
- Effendi A.H., 2007.** Boraks dan Unsur Boron Sebagai Bahan Penghambat Api Aman Lingkungan, E-Jurnal Balitbang PU Vol. 2 No.2 Sep 2007.
- Eskani IN, Utamaningrat IMA. 2019.** Pengaruh konsentrasi, waktu perendaman, dan jenis kayu pada pengawetan alami kayu menggunakan ekstrak daun sambiloto. Dinamika Kerajinan dan Batik. 36(1):61-70.
- Fouladi M.H., Namasivayam S.N., Hwa C.C., Xin P.Z., Xin S.Y.P., Ghassem M., Najafabadi H.S. 2015.** Enhancement of Coir Fiber Fire Retardant Property. Journal of Engineering Science and Technoloy. School of Engineering, Taylor's University.
- Friedman R. 1996.** Principles of Fire Protection Chemistry, Association, NewYork.
- Hadikusumo S. 2003.** Pengawetan Kayu. Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Haeruman H. 1972.** Prosedur Analisa Rancangan Percobaan Bagian I. Bagian Manajemen Fakultas Kehutanan. Bogor. IPB. Bogor.
- Haygreen J.G and J.L Bowyer. 1989.** Forest Products and Wood Science. Iowa State University Press, USA.
- Hunt G. M. dan George A. Garrat. 1986.** Pengawetan Kayu. Edisi 1 cetakan 1: Penerjemah Mohamad Yusuf. Jakarta: Akademika Pressindo.

- Kasmudjo. 2010.** Teknologi Hasil Hutan. Cakrawala Media. Yogyakarta. 60
- Kollmann F.FP. and W.A. Cote. 1968.** Principle of Wood Science and Technology I. Solid Wood. Springer Verlag New York Heidelberg. Berlin.
- Lyons J.W. 1995.** The Chemistry and Uses of Fire Retardant, John Wiley and Sons Inc., New York
- Martawijaya, A. dan S. Abdurrohman. 1984.** Spesifikasi Pengawetan Kayu untuk Perumahan. Edisi Ketiga. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Martawijaya A., Kartasujana I., Mandang Y.I., Prawira S.A., Kadir K. 1987.** Atlas Kayu Jilid II. Bogor: Balai Penelitian Hasil Hutan.
- Nicholas, D.D. 1987.** Kemunduran (Deteriorasi) Kayu dan Pencegahannya dengan Perlakuan-perlakuan Pengawetan Jilid I dan II. Airlangga University Press. Yogyakarta.
- Nugroho, T.A. dan Z. Salamah. 2015.** Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). JUPEMASIPBIO, Vol. 9 No. 3. Reports (tema khusus). Winrock International, Morrilton, Arkansas, AS.
- Nurhayati T. 1999.** Pengaruh jenis kayu dan dahan penghambat api terhadap sifat perambatan api. Buletin Penelitian Hasil Hutan Vol. 16 No.4 (1999) pp.209- 218.
- Östman B, Voss A, Hughes A, Hovde PJ, Grexa O. 2001.** Durability of fire retardant treated wood products at humid and exterior conditions – review of literature. Fire Mater. 25:95-104.
- P3HH. 2008.** Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia. INDONESIA SAWMILL AND WOODWORKING ASSOCIATION (ISWA) ITTO Project PD 286/04 Rev. 1 (I) “Strengthening the Capacity to Promote Efficient Wood Processing Technologies in Indonesia”
- Pandit, IKN dan Ramdan H. 2002.** Anatomi Kayu Pengantar Sifat Kayu Sebagai Bahan Baku. Bogor: Yayasan Penerbit Fakultas Kehutanan IPB.
- Peek. R.D. 1989.** Wood Protection in Indonesia with Reference to Special Conditions in East Kalimantan.
- Santoso, M dan Hamidah, N. 2012.** Efektivitas Natrium Silikat Sebagai Bahan Pengawet Anti Api Dan Anti Rayap Pada Kayu Meranti Merah. Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Palangka Raya.
- Soerianegara, I. dan Lemmens, R.H.M.J. 1993.** Plant resources of South-East Asia 5(1): Timber trees: major commercial timbers. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Belanda.
- Subyakto dan Prasetyo K.W. 2006.** Kayu Tahan Api. UPT Biomaterial LIPI.

- Suprpto, B. dan M.R. Bahrn, 1981.** Studi tentang Penembusan Tanalith CT 106 terhadap 15 Jenis Kayu yang Dipergunakan oleh Masyarakat Samarinda dan Sekitarnya. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Suranto, Y. 2002.** Bahan dan Metode Pengawetan Kayu, Kanisius. Yogyakarta.
- Truax T. 1956.** Making wood fire retardant. Forest product laboratory, forest service, U.S. Departement of agriculture, Madison 5, Wiscosin.
- Yamaguchi H. 2001.** Silicic Acid: Boric Acid Complexes as Wood Preservatives: Ability of Treated Wood Resist to Termites and Combustion, *Journal of Wood Science and Technology* 37 (2003): 287-297, Springer – Verlag.
- Yoesoef. 1977.** Pengawetan Kayu I. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Vachlepi A., Suwardin D., Hanifarianty S. 2015.** Pengawetan kayu karet menggunakan bahan organik dengan teknik perendaman panas. *J. Penelit. Karet.* 33 (1): 57-64.

**Lampiran 1.** Data Hasil Pengukuran Kadar Air Kering Udara (%) Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

No Sampel	Berat Kering Udara (g)	Berat Kering Tanur (g)	Kadar Air (%)
1	2.72	2.38	14.286
2	2.72	2.37	14.768
3	2.69	2.35	14.468
4	2.69	2.36	13.983
5	2.61	2.29	13.974
6	2.92	2.54	14.961
7	2.52	2.20	14.545
8	2.52	2.21	14.027
9	3.00	2.63	14.068
10	2.69	2.34	14.957
11	2.77	2.42	14.463
12	2.67	2.33	14.592
13	2.93	2.56	14.453
14	2.69	2.35	14.468
15	2.66	2.33	14.163
16	2.47	2.17	13.825
17	2.67	2.34	14.103
18	2.62	2.31	13.420
19	2.89	2.53	14.229
20	2.86	2.50	14.400
21	2.93	2.58	13.566
22	2.50	2.21	13.122
23	2.96	2.61	13.410
24	2.70	2.36	14.407
25	2.66	2.34	13.675
26	2.51	2.20	14.091
27	2.67	2.36	13.136
28	2.73	2.40	13.750
29	3.04	2.68	13.433
30	2.74	2.41	13.693
<b>Jumlah</b>			<b>422.436</b>
<b>Rataan</b>			<b>14.081</b>
<b>Maksimum</b>			<b>14.961</b>
<b>Minimum</b>			<b>13.122</b>
<b>Simpangan Baku</b>			<b>0.500</b>
<b>Koefisien Variasi (%)</b>			<b>3.552</b>

**Lampiran 2.** Data Hasil Pengukuran Kerapatan Kering Udara ( $\text{g/cm}^3$ ) Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

No Sampel	Berat Kering Udara (gr)	Dimensi Kering Udara				Kerapatan Kering Udara ( $\text{g/cm}^3$ )
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Volume ( $\text{cm}^3$ )	
1	2.72	2.088	2.025	2.013	8.511	0.320
2	2.72	2.017	2.009	2.032	8.234	0.330
3	2.69	2.040	2.005	2.022	8.270	0.325
4	2.69	2.077	1.974	2.044	8.380	0.321
5	2.61	2.054	2.033	2.028	8.468	0.308
6	2.92	2.050	2.026	1.938	8.049	0.363
7	2.52	2.050	2.004	2.045	8.401	0.300
8	2.52	2.067	1.975	2.040	8.328	0.303
9	3.00	2.070	1.993	2.021	8.338	0.360
10	2.69	2.081	2.028	1.997	8.428	0.319
11	2.77	2.068	1.974	2.052	8.377	0.331
12	2.67	2.078	1.963	2.018	8.232	0.324
13	2.93	2.074	1.995	2.018	8.350	0.351
14	2.69	2.067	1.953	2.013	8.126	0.331
15	2.66	2.097	1.976	2.025	8.391	0.317
16	2.47	2.064	2.042	1.966	8.286	0.298
17	2.67	2.042	2.012	2.029	8.336	0.320
18	2.62	2.102	1.971	2.043	8.464	0.310
19	2.89	2.085	1.988	2.027	8.402	0.344
20	2.86	2.100	2.045	2.020	8.675	0.330
21	2.93	2.073	2.037	1.998	8.437	0.347
22	2.50	2.068	1.976	2.000	8.173	0.306
23	2.96	2.053	1.982	2.034	8.276	0.358
24	2.70	2.095	2.017	2.019	8.532	0.316
25	2.66	2.099	1.972	2.056	8.510	0.313
26	2.51	2.078	2.044	2.025	8.601	0.292
27	2.67	2.072	2.006	2.018	8.388	0.318
28	2.73	2.088	2.037	1.991	8.468	0.322
29	3.04	2.076	1.986	2.016	8.312	0.366
30	2.74	2.072	1.970	2.007	8.192	0.334
<b>Total</b>						<b>9.777</b>
<b>Rataan</b>						<b>0.326</b>
<b>Maksimum</b>						<b>0.366</b>
<b>Minimum</b>						<b>0.292</b>
<b>Simpanan Baku</b>						<b>0.020</b>
<b>Koefisien Variasi (%)</b>						<b>6.074</b>

**Lampiran 3.** Data Hasil Pengukuran Kerapatan Kering Tanur ( $\text{g/cm}^3$ ) Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).

No Sampel	Berat Kering Tanur (gr)	Dimensi Kering Tanur			Volume ( $\text{cm}^3$ )	Kerapatan Kering Tanur ( $\text{g/cm}^3$ )
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)		
1	2.38	2.038	2.005	1.999	8.168	0.291
2	2.37	2.001	1.976	2.017	7.975	0.297
3	2.35	2.030	1.976	2.006	8.047	0.292
4	2.36	2.069	1.947	2.030	8.178	0.289
5	2.29	2.045	2.019	1.998	8.249	0.278
6	2.54	2.043	1.988	1.921	7.802	0.326
7	2.20	2.033	1.971	2.032	8.142	0.270
8	2.21	2.043	1.941	2.026	8.034	0.275
9	2.63	2.062	1.958	2.002	8.083	0.325
1	2.34	2.075	1.997	1.982	8.213	0.285
1	2.42	1.995	1.935	2.035	7.856	0.308
1	2.33	2.068	1.933	2.005	8.015	0.291
1	2.56	2.062	1.963	2.001	8.099	0.316
1	2.35	2.057	1.923	2.001	7.915	0.297
1	2.33	2.079	1.944	2.012	8.132	0.287
1	2.17	2.048	2.025	1.938	8.037	0.270
1	2.34	2.033	1.997	1.997	8.108	0.289
1	2.31	2.085	1.942	2.028	8.212	0.281
1	2.53	2.069	1.953	2.011	8.126	0.311
2	2.50	2.083	2.012	2.003	8.395	0.298
2	2.58	2.057	2.019	1.963	8.153	0.316
2	2.21	2.058	1.949	1.988	7.974	0.277
2	2.61	2.044	1.946	2.017	8.023	0.325
2	2.36	2.084	1.985	1.995	8.253	0.286
2	2.34	2.086	1.941	2.040	8.260	0.283
2	2.20	2.073	2.015	2.012	8.404	0.262
2	2.36	2.053	1.980	2.002	8.138	0.290
2	2.40	2.067	2.000	1.974	8.161	0.294
2	2.68	2.064	1.953	1.998	8.054	0.333
3	2.41	2.057	1.936	1.992	7.933	0.304
<b>Total</b>						<b>8.846</b>
<b>Rataan</b>						<b>0.295</b>
<b>Maksimum</b>						<b>0.333</b>
<b>Minimum</b>						<b>0.262</b>
<b>Simpanan Baku</b>						<b>0.018</b>
<b>Koefisien Variasi (%)</b>						<b>6.211</b>

**Lampiran 4.** Data Retensi ( $\text{kg/m}^3$ ) Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dengan Bahan Pengawet Boraks Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
1 Hari	5.657	11.922	15.112
	5.712	13.399	14.312
	7.757	7.277	13.776
	6.014	12.999	13.917
	4.821	10.243	14.811
	7.908	15.569	11.872
	4.884	6.016	11.196
	5.465	12.007	12.866
	5.589	8.957	12.766
	6.186	9.938	15.660
<b>Total</b>	<b>59.994</b>	<b>108.325</b>	<b>136.288</b>
<b>Rataan</b>	<b>5.999</b>	<b>10.833</b>	<b>13.629</b>
<b>Maksimal</b>	<b>7.908</b>	<b>15.569</b>	<b>15.660</b>
<b>Minimal</b>	<b>4.821</b>	<b>6.016</b>	<b>11.196</b>
<b>Simpangan Baku</b>	<b>1.057</b>	<b>2.921</b>	<b>1.439</b>
<b>KV (%)</b>	<b>17.616</b>	<b>26.965</b>	<b>10.555</b>
3 Hari	12.964	25.025	25.494
	14.530	21.655	23.989
	17.295	20.023	30.219
	10.607	20.748	22.989
	13.355	27.552	29.969
	15.936	21.187	39.912
	14.554	37.101	32.885
	12.680	25.036	22.127
	13.967	26.170	24.517
	13.544	11.489	24.303
<b>Total</b>	<b>139.433</b>	<b>235.986</b>	<b>276.404</b>
<b>Rataan</b>	<b>13.943</b>	<b>23.599</b>	<b>27.640</b>
<b>Maksimal</b>	<b>17.295</b>	<b>37.101</b>	<b>39.912</b>
<b>Minimal</b>	<b>10.607</b>	<b>11.489</b>	<b>22.127</b>
<b>Simpangan Baku</b>	<b>1.829</b>	<b>6.547</b>	<b>5.588</b>
<b>KV (%)</b>	<b>13.119</b>	<b>27.744</b>	<b>20.217</b>
5 Hari	24.865	30.851	31.149
	18.941	39.957	42.975
	17.943	41.246	36.025
	16.953	37.846	36.455
	19.441	29.130	44.195
	15.933	34.219	36.338
	16.525	29.865	35.462
	23.305	28.521	33.986
	18.520	29.228	40.474
	17.753	30.760	43.381
<b>Total</b>	<b>190.181</b>	<b>331.624</b>	<b>380.438</b>
<b>Rataan</b>	<b>19.018</b>	<b>33.162</b>	<b>38.044</b>
<b>Maksimal</b>	<b>24.865</b>	<b>41.246</b>	<b>44.195</b>

## Laporan Akhir Penelitian Bantuan Program Akademik

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
Minimal	15.933	28.521	31.149
Simpangan Baku	2.901	4.829	4.431
KV (%)	15.255	14.561	11.648

**Lampiran 5.** Data Hasil Intensitas Bakar (%) Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dengan Bahan Pengawet Boraks Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
1 Hari	20.155	18.427	18.616
	22.877	18.429	17.725
	23.753	15.272	11.426
	22.002	19.542	15.292
	15.084	16.833	15.303
	21.552	15.338	14.011
	12.572	15.538	10.019
	25.645	12.299	1.617
	15.975	10.728	10.518
29.709	18.067	15.712	
<b>Total</b>	<b>209.328</b>	<b>160.473</b>	<b>130.239</b>
<b>Rataan</b>	<b>20.932</b>	<b>16.047</b>	<b>13.024</b>
<b>Maksimal</b>	<b>29.709</b>	<b>19.542</b>	<b>18.616</b>
<b>Minimal</b>	<b>12.572</b>	<b>10.728</b>	<b>1.617</b>
<b>Simpangan Baku</b>	<b>5.1830</b>	<b>2.828</b>	<b>4.943</b>
<b>KV(%)</b>	<b>24.760</b>	<b>17.620</b>	<b>37.952</b>
3 Hari	22.057	20.866	16.937
	21.478	13.667	12.818
	19.189	15.641	13.720
	16.378	24.589	12.965
	19.376	11.524	10.898
	24.170	14.069	7.629
	11.042	6.458	7.632
	11.346	10.871	9.599
	15.417	14.108	12.253
15.459	11.607	9.595	
<b>Total</b>	<b>175.912</b>	<b>143.400</b>	<b>114.045</b>
<b>Rataan</b>	<b>17.591</b>	<b>14.430</b>	<b>11.405</b>
<b>Maksimal</b>	<b>24.170</b>	<b>24.589</b>	<b>16.937</b>
<b>Minimal</b>	<b>11.042</b>	<b>6.458</b>	<b>7.629</b>
<b>Simpangan Baku</b>	<b>4.431</b>	<b>5.158</b>	<b>2.913</b>
<b>KV(%)</b>	<b>25.189</b>	<b>35.970</b>	<b>25.546</b>
5 Hari	26.254	18.575	19.479
	19.681	18.225	13.519
	21.248	17.509	18.446
	22.032	15.304	16.948
	16.919	11.572	13.831
	26.920	11.450	14.559
	14.833	8.434	7.000
	14.528	18.359	9.666
	21.950	13.001	11.390
13.050	0.769	10.921	
<b>Total</b>	<b>197.415</b>	<b>133.201</b>	<b>135.759</b>
<b>Rataan</b>	<b>19.742</b>	<b>13.320</b>	<b>13.576</b>
<b>Maksimal</b>	<b>26.920</b>	<b>18.575</b>	<b>19.479</b>

## Laporan Akhir Penelitian Bantuan Program Akademik

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
Minimal	13.050	0.769	7.000
Simpangan Baku	4.834	5.643	3.963
KV%	24.489	42.365	29.189

**Lampiran 6.** Data Hasil Intensitas Bakar Pada Contoh Uji Kayu Sengon *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Tanpa Perlakuan (Kontrol)

No Kontrol	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kehilangan Berat (%)
1	25.43	18.58	26.937
2	21.19	16.33	22.935
3	22.87	17.21	24.749
4	20.33	15.39	24.299
5	21.88	16.78	23.309
6	22.74	17.08	24.890
7	23.88	18.17	23.911
8	22.68	16.90	25.485
9	24.66	19.23	22.019
10	25.51	20.02	21.521
<b>Total</b>			<b>240.055</b>
<b>Rataan</b>			<b>24.006</b>
<b>Maksimal</b>			<b>26.937</b>
<b>Minimal</b>			<b>21.521</b>
<b>Simpangan Baku</b>			<b>1.632</b>
<b>Koefisien Variasi (%)</b>			<b>6.797</b>

**Lampiran 7.** Data Suhu Maksimum (°C) Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dengan Bahan Pengawet Boraks Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
1 Hari	175.3	202.3	234.7
	251.9	200.3	240.6
	171.3	209.6	214.1
	170.2	183.4	240.9
	153.8	226.6	213.9
	189.3	260.5	234.1
	137.2	138.5	220.9
	220.8	159.7	205.1
	109.3	215.6	218.7
	210.5	227.2	214.7
<b>Total</b>	<b>1789.6</b>	<b>2023.7</b>	<b>2237</b>
<b>Rataan</b>	<b>179.0</b>	<b>202.4</b>	<b>223.8</b>
2 Hari	184.2	209.1	209.2
	230.3	130.5	230.3
	201.7	200.98	218.6
	147.9	243.9	206.5
	202.9	147.2	205.3
	251.3	205.1	171.5
	176.2	185.7	208.1
	188.7	229.9	220.3
	175.6	210.7	214.1
	175.9	214.6	216.9
<b>Total</b>	<b>1934.7</b>	<b>1977.68</b>	<b>2100.8</b>
<b>Rataan</b>	<b>193.5</b>	<b>197.8</b>	<b>210.1</b>
3 Hari	207.1	208	203.1
	161.4	299.7	228.3
	215.3	299.9	217.9
	173.6	194.5	241.0
	206.9	235.5	277.8
	218.5	204.1	233.1
	203.5	210.9	193.2
	184.8	188.5	203.2
	192.4	179.7	253.4
	211.3	209.1	215.9
<b>Total</b>	<b>1974.8</b>	<b>2229.9</b>	<b>2266.9</b>
<b>Rataan</b>	<b>197.5</b>	<b>223.0</b>	<b>226.7</b>

**Lampiran 8.** Data Lama Pembaraan (detik) Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dengan Bahan Pengawet Boraks Berdasarkan Lama Perendaman (W) dan Konsentrasi Bahan Pengawet (K).

Lama Perendaman (W)	Konsentrasi (K)		
	5%	10%	15%
1 Hari	298	438	772
	215	395	547
	279	388	381
	193	383	608
	227	342	444
	242	429	499
	192	183	411
	336	251	462
	307	438	547
	471	434	453
<b>Total</b>	<b>2760</b>	<b>3681</b>	<b>5124</b>
<b>Rataan</b>	<b>276</b>	<b>368.1</b>	<b>512.4</b>
2 Hari	233	649	352
	377	421	356
	474	446	564
	230	635	507
	329	190	624
	557	528	564
	293	582	624
	252	502	530
	430	539	472
	252	717	527
<b>Total</b>	<b>3427</b>	<b>5209</b>	<b>5120</b>
<b>Rataan</b>	<b>342.7</b>	<b>520.9</b>	<b>512</b>
3 Hari	414	490	216
	204	575	248
	402	400	713
	347	436	598
	411	496	313
	558	599	617
	525	455	411
	474	130	337
	342	407	357
	549	570	565
<b>Total</b>	<b>4226</b>	<b>4045</b>	<b>4375</b>
<b>Rataan</b>	<b>422.6</b>	<b>404.5</b>	<b>437.5</b>

**Lampiran 9.** Data Suhu Maksimum dan Lama Pembaraan Pada Contoh Uji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) Tanpa Perlakuan (Kontrol).

<b>No kontrol</b>	<b>Suhu Maksimum (°C)</b>	<b>Lama Pembaraan (Detik)</b>
<b>1</b>	295.2	230
<b>2</b>	280.3	189
<b>3</b>	297.1	190
<b>4</b>	287.9	178
<b>5</b>	288.3	199
<b>6</b>	297.8	221
<b>7</b>	291.3	241
<b>8</b>	299.1	213
<b>9</b>	289.7	221
<b>10</b>	284.9	214
<b>Total</b>	<b>2911.6</b>	<b>2096</b>
<b>Rataan</b>	<b>291.160</b>	<b>209.600</b>

