



**PENGARUH PERBEDAAN BIOMASSA DAN TEKNIK
PEMBAKARAN KAYU SENGON (*Falcataria moluccana*
Miq.) TERHADAP KEMAMPUAN MENAHAN EMISI
KARBON DAN KUALITAS BIOCHAR SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI BUKU
ILMIAH POPULER**

SKRIPSI

Disusun oleh :

**AVIVATUZ ZAHRA MAULUDIYAH
NIM 130210103100**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PENGARUH PERBEDAAN BIOMASSA DAN TEKNIK
PEMBAKARAN KAYU SENGON (*Falcataria moluccana*
Miq.) TERHADAP KEMAMPUAN MENAHAN EMISI
KARBON DAN KUALITAS BIOCHAR SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI BUKU
ILMIAH POPULER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Biologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Disusun oleh :

**AVIVATUZ ZAHRA MAULUDIYAH
NIM. 130210103100**

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si.

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan penyayang, saya persembahkan skripsi ini dengan segala cinta dan kasih kepada:

1. Ibunda Uswatun Chasanah dan Ayahanda Drs. Abdul Halim yang tiada lelah mendukung setiap langkahku, mendidik dan membesarkanku dengan penuh cinta dan kasih sayang, selalu memberi motivasi, doa serta pengorbanan yang tidak akan pernah bisa ku gantikan dengan apapun, dan dengan ketulusannya dalam meraih tanganku ketika aku terjatuh;
2. Bapak dan ibu guru mulai dari TK, SD, SMP, SMA, hingga perguruan tinggi yang tidak pernah lelah membimbing dan mendidikku serta member bekal ilmu yang bermanfaat dengan sepenuh hati;
3. Serta kepada sahabat serta teman-temanku yang selalu memberi dukungan, dan membantu pada saat penelitian berlangsung.

MOTTO

“Barang siapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan itu adalah untuk dirinya sendiri. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Kaya (tidak memerlukan sesuatu) dari semesta alam”
(Terjemahan Q.S. Al-‘Ankabut [29]: 6)¹

“Barang Siapa Ingin Mutiara Harus Berani Terjun di Lautan Dalam Untuk Mendapatkan Mutiara Itu”
(Ir. Soekarno)²

¹Bachtiar Surin 1978. Terjemahan dan Tafsir Al-Qur’an. Bandung. Fa Sumatra.

²Kata Motivasi Bijak Bung Karno. <http://akinini.com>.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Avivatuz Zahra Mauludiyah

Nim : 130210103100

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas Biochar serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,.....
Yang menyatakan,

Avivatuz Zahra M.
Nim. 130210103100

SKRIPSI

**PENGARUH PERBEDAAN BIOMASSA DAN TEKNIK
PEMBAKARAN KAYU SENGON (*Falcataria moluccana*
Miq.) TERHADAP KEMAMPUAN MENAHAN EMISI
KARBON DAN KUALITAS BIOCHAR SERTA
PEMANFAATANNYA SEBAGAI BUKU
ILMIAH POPULER**

Oleh

Avivatuz Zahra Mauludiyah
NIM. 130210103100

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi Berjudul “Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas Biochar serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer” telah diuji dan disahkan pada.

Hari :

Tanggal :

Tempat :

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D.
NIP. 1963081993021001

Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si.
NIP. 196403221989031001

Anggota I

Anggota II,

Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si.
NIP. 195710281985031001

Dr. Iis Nur Asyiah, S. P., M. P.
NIP. 197306142008012008

Mengesahkan
Dekan FKIP Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph. D.
NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas Biochar serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer; Avivatuz Zahra Mauludiyah; 130210103100; 2017; 54 Halaman; Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pemanasan global merupakan meningkatnya temperature rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Pemanasan global ini disebabkan oleh berbagai hal, salah satunya ialah emisi karbon yang berlebih. Emisi karbon merupakan lepasnya gas karbon ke udara bebas dan karbon-karbon tersebut tersimpan di atmosfer bumi. Penyebab terjadinya emisi karbon sebagian besar dihasilkan dari aktivitas manusia (asap kendaraan, asap rokok, asap industri maupun asap pembakaran sampah). Selain itu, terdekomposisinya sisa-sisa makhluk hidup (hewan dan tumbuhan) di alam. Selain gas karbon, terdapat gas-gas lainnya yang dapat mempengaruhi terjadinya pemanasan global. Jumlah gas karbon yang berlebihan tersebut, nantinya akan menyebabkan sinar matahari terperangkap di bumi dan menyebabkan suhu bumi meningkat. Sinar matahari yang masuk ke bumi, sebagian energi dari sinar tersebut akan terserap ke bumi dan selebihnya akan dipantulkan lagi ke atmosfer bumi dan menyebabkan suhu bumi meningkat.

Adapun beberapa cara yang dapat mencegah terjadinya peningkatan konsentrasi karbon yang terus meningkat diantaranya ialah penyerapan karbon oleh tumbuhan. Secara alami tumbuhan menyerap karbon untuk proses fotosintesis. Usaha mengurangi konsentrasi peningkatan karbon di udara dengan penanaman masih kurang efektif karena sisa-sisa tumbuhan tersebut akan secara cepat terdekomposisi dan melepas CO₂. Usaha lain selain tumbuhan, dapat dilakukan dengan pembuatan *biochar* (arang hayati), usaha pembuatan *biochar* ini bertujuan menyimpan karbon dalam bentuk arang dan lambat terdekomposisi. Biochar memiliki kelebihan dapat menyimpan Karbon secara stabil selama 100-1000 tahun lamanya.

Penelitian ini menggunakan metode RAL (Rancangan Acak Lengkap) factorial, dengan 2 faktor perlakuan (biomassa dan teknik pembakaran) dan

masing-masing perlakuan diulang 4 kali. Perlakuan biomassa dengan 3 taraf (biomassa kering, sedang, basah) dan teknik pembakaran dengan 2 taraf (pembakaran terbuka dan tertutup). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah cabang sengon yang berumur 5 tahun. Alat yang digunakan dalam proses pembakaran terbuka maupun tertutup ialah sama-sama menggunakan drum. Setelah dilakukan proses pembakaran, dilakukan uji kadar karbon dan kualitas *biochar*. Untuk uji kadar karbon menggunakan metode pengabuan dengan tanur, uji nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) dengan proses destilasi dan titrasi, sedangkan untuk uji pH menggunakan pH meter. Uji analisis yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yakni, Anova dan LSD.

Berdasarkan hasil uji Anova menyatakan perlakuan biomassa berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas *biochar* (kadar karbon, KTK, pH) dengan signifikansi ($p=0,000$). Rerata kadar karbon *biochar* tertinggi ialah 63,1% didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata kadar karbon *biochar* terendah ialah 54,7% didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Rerata kapasitas tukar kation (KTK) *biochar* tertinggi ialah 46,2 Cmol.kg^{-1} didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata kapasitas tukar kation (KTK) *biochar* terendah ialah 14 Cmol.kg^{-1} didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Rerata derajat keasaman *biochar* tertinggi ialah 9,8 didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata derajat keasaman *biochar* terendah ialah 8,01 didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Hasil uji LSD menyatakan bahwa perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup menghasilkan jumlah lebih banyak jika dibandingkan dengan kadar karbon yang tersimpan dari perlakuan lainnya, dengan kata lain menghasilkan jumlah emisi terendah.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas Biochar serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada;

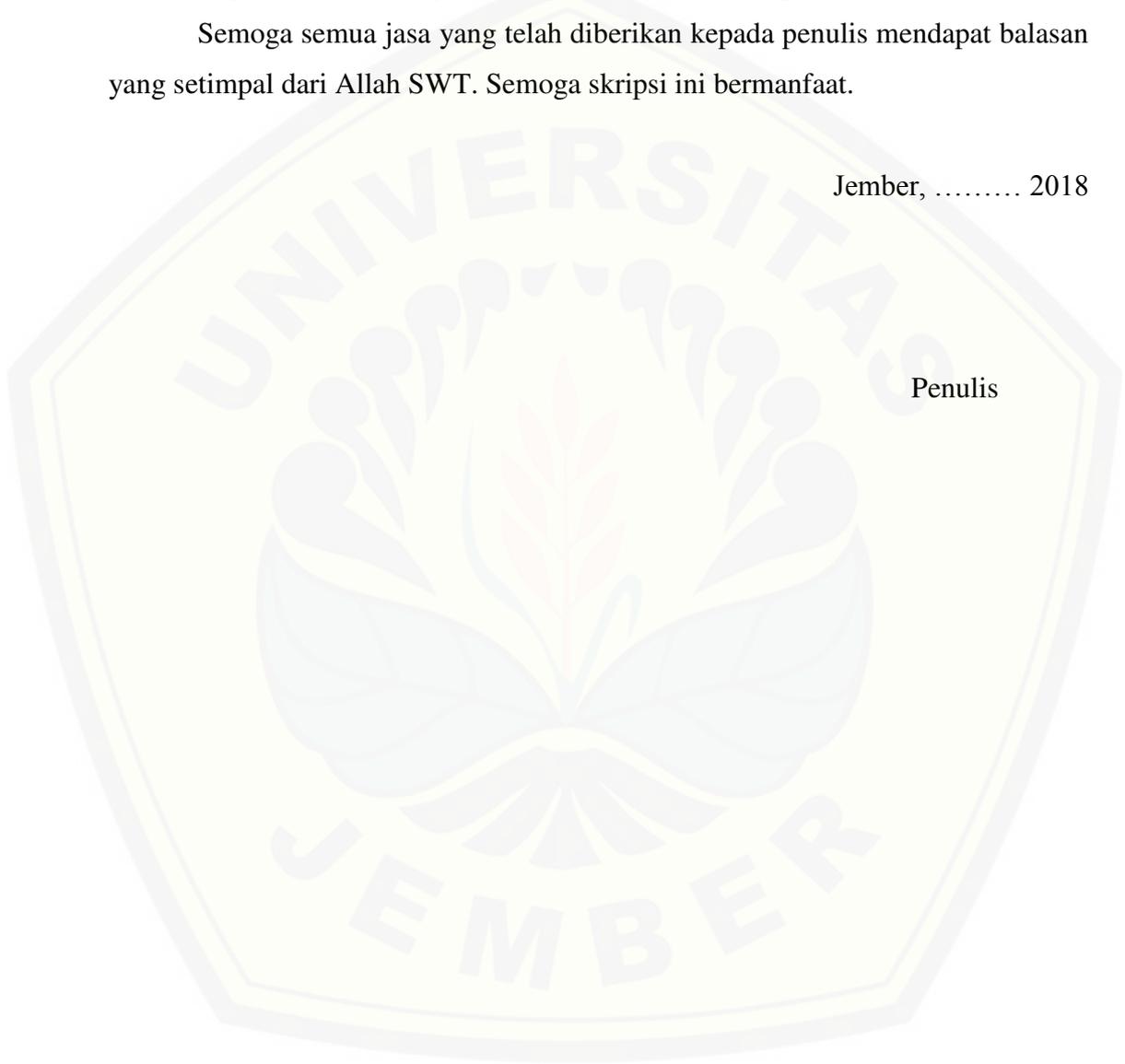
1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. H. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember dan selaku dosen penguji anggota;
4. Drs. Wachju Subchan, M.S., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dan pengarahan yang bermanfaat dalam penulisan skripsi ini;
5. Prof. Dr. H. Joko Waluyo, M.Si. selaku Dosen Penguji;
6. Dra. Pujiastuti, M.Si. dan Ibu Ika Lia N, S.Pd, M.Pd., selaku validator instrumen penelitian dalam skripsi ini;
7. Seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.
8. Staf Laboratorium Fakultas Pertanian Jurusan Ilmu Tanah.
9. Farhan dan Najmi yang sudah membantu selama di Laboratorium.

10. Sahabat-sahabatku tercinta (Beni, Ruroh, Ika, Wahyul, Rini) dan teman-teman kelas A serta seluruh teman-teman biologi angkatan 2013 yang selalu memberikan keceriaan selama kuliah;
11. Indra Arta yang selalu memberi semangat dalam pengerjaan skripsi ini;
12. Pihak-pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga semua jasa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Jember, 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Emisi Karbon.....	6
2.2 Tinjauan tentang Tumbuhan Sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.).....	9
2.2.1 Klasifikasi sengon.....	9
2.2.2 Morfologi Sengon.....	9
2.2.3 Habitat Tumbuhan Sengon.....	10
2.2.4 Manfaat Sengon.....	11
2.3 Arang Hayati (<i>Biochar</i>).....	12
2.3.1 <i>Biochar</i> (Arang Hayati) secara umum.....	12

2.3.2	Pembuatan <i>Biochar</i>	13
2.3.3	Struktur <i>Biochar</i>	16
2.3.4	Faktor yang mempengaruhi kualitas arang.....	16
2.4	Buku ilmiah populer	17
2.5	Kerangka berfikir	19
2.6	Hipotesis	20
BAB 3.	METODE PENELITIAN	21
3.1	Jenis Penelitian	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3	Variabel Penelitian	21
3.4	Definisi Operasional	22
3.5	Populasi dan Sampel	23
3.6	Alat dan Bahan Penelitian	23
3.7	Desain Penelitian	23
3.8	Prosedur Penelitian	25
3.8.1	Pengambilan Cabang sengon.....	25
3.8.2	Pengukuran Biomassa.....	25
3.8.3	Pengukuran kandungan karbon cabang sengon.....	27
3.8.4	Pembakaran cabang pohon sengon.....	27
3.8.5	Pengujian Kualitas <i>Biochar</i>	28
3.9	Penyusunan Karya Ilmiah	29
3.10	Parameter yang Diamati	31
3.11	Analisis Data	31
3.11.1	Analisis data penelitian.....	31
3.11.2	Analisis Validasi Buku Ilmiah Populer.....	31
3.12	Alur Penelitian	33
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Hasil Penelitian	34
4.2	Pembahasan	44
BAB 5	PENUTUP	52
5.1	Kesimpulan	52

5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	60



DAFTAR GAMBAR

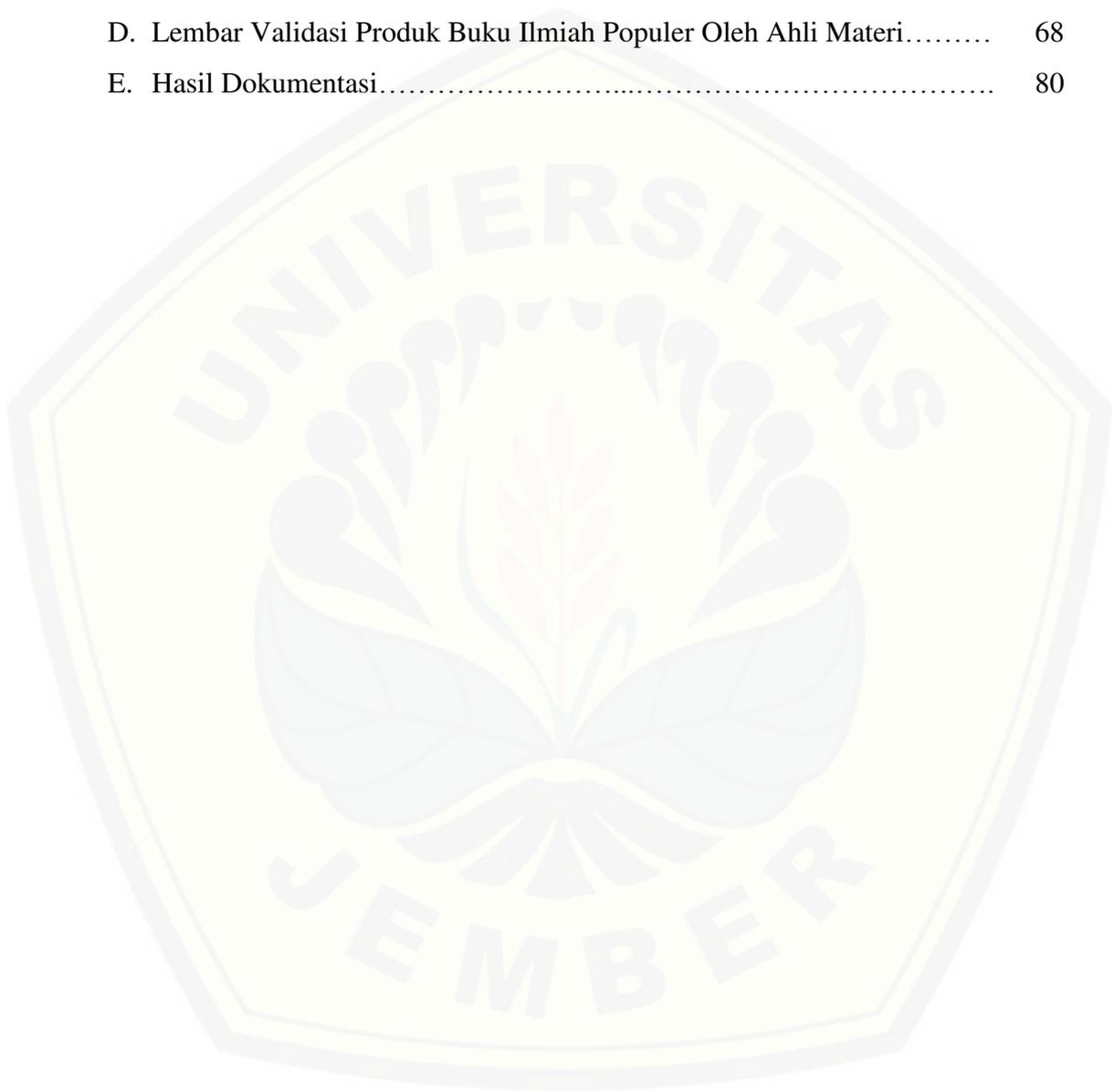
2.1 Skema Siklus Karbon.....	7
2.2 Cabang tumbuhan sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.).....	10
2.3 Struktur Grafit Dan Struktur Umum Karbon Aktif.....	16
2.4 Gambar Diagram Kerangka Berfikir Penelitian.....	19
3.1 Gambar Model Alat yang digunakan untuk Pembakaran Cabang.....	25
3.2 Gambar Alur Penelitian.....	33
4.1 Histogram rerata KTK pada <i>biochar</i>	34
4.2 Penurunan Emisi Karbon pada Teknik Pembakaran.....	35
4.3 Penurunan Emisi Karbon pada Perbedaan Biomassa.....	36
4.4 Histogram rerata pH <i>biochar</i>	38
4.5 Histogram rerata kadar karbn pada <i>biochar</i>	39

DAFTAR TABEL

2.1 Kadar karbon yang berada pada fase pohon, tiang, pancang, dan semai dari tumbuhan sengon.....	11
2.2 Kualitas <i>biochar</i>	17
3.1 Tabel variabel, indicator dan teknik pengambilan data.....	22
3.2 Rancangan Desain Penelitian.....	24
3.3 Validator buku ilmiah populer.....	30
3.4 Rentangan Nilai.....	32
4.1 Hasil Uji Anova	40
4.2 Hasil Uji LSD Perbedaan Biomassa terhadap Kadar Karbon.....	40
4.3 Hasil Uji LSD Teknik Pembakaran terhadap Kadar Karbon.....	41
4.4 Hasil Validasi Karya Ilmiah Populer.....	42
4.5 Komentar Umum dan Saran Validator.....	42
4.6 Revisi Karya Ilmiah Populer.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

A. Matriks Penelitian.....	60
B. Data penelitian.....	63
C. Analisis Data.....	64
D. Lembar Validasi Produk Buku Ilmiah Populer Oleh Ahli Materi.....	68
E. Hasil Dokumentasi.....	80



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan kejadian meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Penyebab utama pemanasan global ini adalah pembakaran bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara yang melepas karbon dioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya yang dikenal sebagai gas rumah kaca ke atmosfer (Sulistyono, 2010). Menurut IPCC suhu rata-rata suhu permukaan global meningkat dengan laju $0,74\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang mengakibatkan perubahan iklim di berbagai tempat termasuk di Indonesia. Dampak perubahan iklim yang terjadi di Indonesia meliputi kenaikan suhu permukaan, perubahan cuaca hujan, kenaikan suhu dan tinggi muka laut, peningkatan kejadian iklim dan cuaca ekstrim (Hilwan, 2014).

Menurut Subchan (2010), Secara alami udara bebas mengandung unsur-unsur kimia seperti CO₂, NO_x, SO_x, dan unsur kimia lainnya. Namun, unsur kimia yang terdapat di udara bebas ada batas toleransinya. Jumlah karbon dioksida (CO₂) di atmosfer dapat dikatakan batas normal sekitar 0,03%. Bila kadar karbon melebihi batas normal hal ini dapat disebut dengan pencemaran udara, Karena dapat merubah fungsi dari udara tersebut. Jika terjadi pencemaran udara, udara dapat mengancam kesehatan masyarakat. Menurut Verlina (2014), Kualitas udara menurun seiring meningkatnya tingkat pembangunan dan tingginya arus transportasi kendaraan bermotor. Menurut Yuniawati dan Suhartana (2014), Akibat dari penebangan pohon atau pemanenan kayu, timbul beberapa permasalahan salah satunya yaitu adanya limbah. Limbah tersebut diantaranya berbentuk tunggak, batang, cabang, dan ranting. Limbah-limbah tersebut akan menyebabkan emisi karbon yang dihasilkan dari proses dekomposisi limbah kayu.

Untuk menahan terjadinya emisi karbon dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya penyerapan karbon oleh tumbuhan dan pembuatan arang hayati (*biochar*). Menurut Atmaja (2015), karbon dioksida di alam secara alami dapat di serap oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Selain dengan proses fotosintesis

dapat juga dengan pembuatan arang hayati (*biochar*). Pembuatan arang hayati (*biochar*) akan lebih baik jika proses pembakarannya secara tertutup (pirolisis). Menurut Chan (2007), *Biochar* yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah banyak ialah *biochar* yang dihasilkan dari Teknik pirolisis (pembakaran meminimalisir penggunaan oksigen). Dan biomassa juga berpengaruh pada kualitas *biochar*, semakin banyak persentase biomassa suatu bahan maka, semakin banyak jumlah karbon yang tersimpan. Menurut Kusumadewi (2012), karbon yang tersimpan pada tumbuhan ialah dalam bentuk biomassa. Menurut Suhartana dan Yuniawati (2014), karbon merupakan komponen utama penyusun biomassa tanaman melalui proses fotosintesis.

Penggunaan *biochar* dari limbah pertanian telah diusulkan sebagai opsi usaha dalam mengurangi terjadinya emisi gas rumah kaca (Zhang *et al*, 2016:25). Konversi biomassa menjadi arang merupakan salah satu pilihan bijak yang efektif dan efisien, karena karbon yang terdapat dalam arang dapat tersimpan dalam waktu yang sangat lama jika dibanding dengan karbon yang berada dalam bentuk kayu. Dengan menubah kayu menjadi arang tentunya dapat meminimalisir terjadinya emisi karbon (Heriansyah, 2005:37). Menurut Komarayati (2013), *biochar* dapat meningkatkan C-organik pada tanah secara berkelanjutan, selain itu *biochar* juga dapat menyimpan karbon secara stabil dalam waktu yang lama sekitar 100-1000 tahun lamanya

Pada penelitian sebelumnya yang melakukan analisis sifat fisiko kimia tempurung kelapa sawit. Arang hayati tempurung kelapa sawit pada penelitian ini memiliki karakteristik antara lain randemen 56,25-75,48%. Hasil analisis yang didapat menunjukkan bahwa tempurung kelapa sawit memiliki kadar air 2,45-3,58%, kadar zat yang tersuspensi 8,83-10,66%, kadar abu 5,38%, dan kadar karbon terikat 82,51-84,21%, daya serap iodine 587,25-878,31 mg/g, daya serap benzena 12,76-20,14%, dan derajat keasaman (pH) 5,70-9,42 (Gustama, 2012).

Dalam penelitian kali ini pembuatan arang hayati (*biochar*) menggunakan bahan dari tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.), dengan perlakuan aktivasi fisika yaitu pirolisis (pembakaran tanpa oksigen) dan pembakaran terbuka (pembakaran menggunakan oksigen). Alasan peneliti memilih cabang dari

tumbuhan sengon, hal ini dikarenakan cabang dari tumbuhan sengon berpotensi besar menghasilkan limbah di hutan dan menyebabkan emisi karbon. Selain itu tumbuhan sengon merupakan tumbuhan tahunan yang memiliki pertumbuhan yang cepat dan memiliki siklus hidup yang pendek. Menurut Munawar dan Wiryono (2014), Tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) merupakan tumbuhan yang memiliki siklus hidup yang pendek, dengan pertumbuhan yang cepat. Tumbuhan yang memiliki potensi daya serap karbon dalam jumlah banyak memiliki ciri dapat tumbuh dan berkembang dalam waktu yang singkat. Menurut Hardiatmi (2010), tumbuhan sengon dengan umur 1 tahun dapat mencapai 7 m, pada umur 3 tahun dapat mencapai tinggi 14,5 m dengan diameter batang 13 cm, sedangkan pada umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39 m dengan diameter 60 cm dan tinggi cabang 10-30 m. pohon yang sudah tua diameternya dapat mencapai 1 m, kadang lebih. Bagian yang paling besar memberikan manfaat dari pohon sengon ialah batang kayunya. Karakteristik dari sengon sangat sesuai dengan kebutuhan industri, Karena ringan dan berwarna putih segar.

Kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai limbah dari tumbuhan (cabang, ranting, daun, dan organ lainnya) yang ditinggalkan di hutan berperan dalam menyumbang terjadinya emisi karbon, Karena itu hasil dari penelitian ini merupakan informasi yang penting untuk didapatkan bagi masyarakat. Sehingga, hasil dari penelitian ini akan di salurkan kepada masyarakat melalui buku ilmiah populer. Berdasarkan uraian di atas, peneliti ingin mengetahui tentang kemampuan tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) dalam menahan emisi karbon. Serta, ingin mengetahui perbedaan kualitas *biochar* (Arang hayati) dari tiga perlakuan yang berbeda, maka peneliti mengajukan judul “Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas *Biochar* serta Pemanfaatannya sebagai Buku Ilmiah Populer”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut.

- a. Adakah pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran kayu sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap kemampuan menahan emisi karbon dan kualitas *biochar*?
- b. Pada perlakuan manakah yang dapat menahan jumlah karbon yang lebih besar?
- c. Apakah buku hasil penelitian yang berjudul “Arang Hayati Tumbuhan Sengon Atasi Emisi Karbon” layak dijadikan buku ilmiah populer?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap kemampuan menahan emisi karbon dan kualitas *biochar*.
- b. Untuk mengetahui perlakuan manakah yang dapat menahan jumlah karbon dalam jumlah yang lebih besar.
- c. Untuk mengetahui kelayakan produk hasil penelitian berupa buku ilmiah populer sebagai sumber bacaan masyarakat.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut.

- a. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai pengaruh perbedaan biomassa cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap jumlah kemampuan menahan terjadinya emisi karbon dan kualitas *biochar*.
- b. Bagi peneliti lain, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian yang lebih lanjut mengenai “Pengaruh cabang pohon sengon

(*Falcataria moluccana* Miq.) untuk menahan terjadinya emisi karbon”.

- c. Bagi masyarakat, hasil penelitian ini dapat memberikan pengetahuan mengenai pentingnya peran tumbuhan untuk menekan terjadinya emisi karbon.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian serta menghindari kesalahan dalam menafsirkan hasil penelitian, maka dibuatlah batasan masalah sebagai berikut.

- a. Pada percobaan kali ini hanya menggunakan cabang dari tumbuhan sengon laut (*Falcataria moluccana* Miq.).
- b. Pada percobaan kali ini hanya terdapat perlakuan perbedaan Biomassa (biomassa basah: 36-45% kadar air, sedang: 21-35% kadar air dan biomassa kering: 10-20%).
- c. Pada penelitian ini menggunakan dua teknik pembakaran yaitu pembakaran terbuka dan pembakaran pirolisis (tertutup).
- d. Pencarian bahan untuk diteliti hanya di area kampus, di jalan Kalimantan X no173.
- e. Penelitian kali ini hanya menguji kualitas *biochar* dengan menghitung KTK,C, dan pH.
- f. Penelitian kali ini hanya sampai membuat produk *biochar* (arang hayati).
- g. Buku ilmiah populer yang akan dibuat hanya sampai pada uji kelayakan buku.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Emisi Karbon

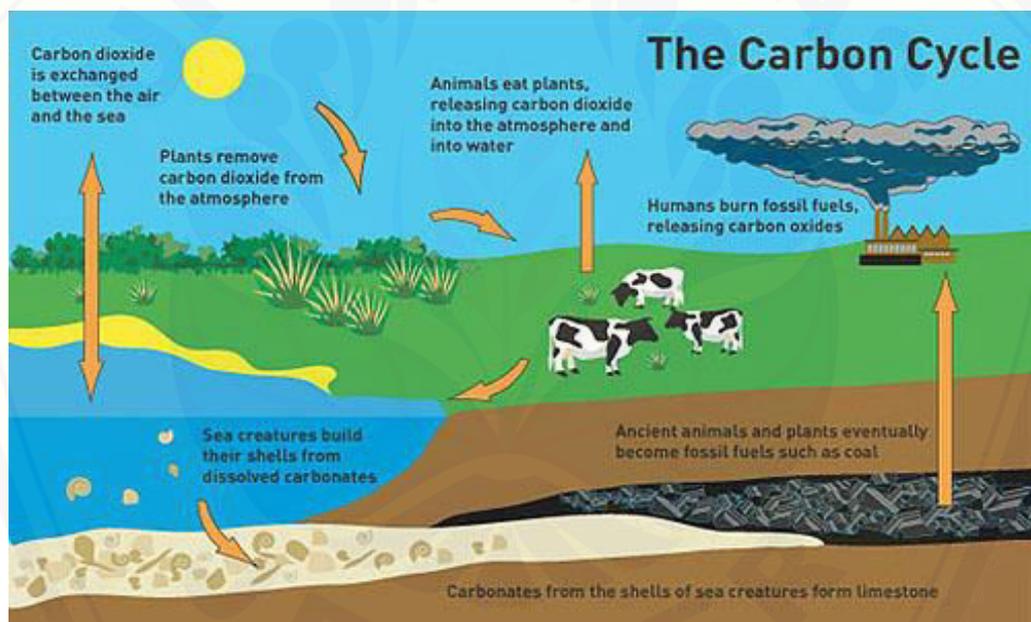
Pemanasan global adalah gejala naiknya suhu udara permukaan bumi karena makin bertambahnya intensitas efek rumah kaca (Basuki *et al*, 2008:102) yang disebabkan oleh bertambahnya jumlah gas-gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Hal ini yang menyebabkan energi panas yang seharusnya dilepas ke luar atmosfer bumi dipantulkan kembali ke permukaan dan menyebabkan temperatur permukaan bumi menjadi lebih panas (Rizki *et al*, 2016:89-90). Secara umum, emisi gas rumah kaca dapat diartikan sebagai lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada suatu area tertentu dan dalam waktu tertentu (Rawung, 2015).

Menurut Wahyono (2011), terdapat enam jenis yang digolongkan dalam GRK (Gas Rumah Kaca), yaitu karbondioksida (CO_2), gas metan (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), sulfurheksafluorida (SF_6), perfluorocarbon (PFCS) dan hidrofluorokarbon (HFCS). Selain itu ada beberapa gas yang juga termasuk dalam GRK yaitu karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), klorofluorokarbon (CFC), dan gas-gas organik non metal *volatile* (senyawa-senyawa kimia organik yang mempunyai molekul yang kecil dan dapat terdistilasi dengan mudah dalam tekanan atmosfer). Menurut Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri, dari ke enam gas-gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global adalah karbondioksida (CO_2), yaitu lebih dari 75%, dimana gas tersebut sebagian besar dihasilkan oleh aktivitas manusia berupa penggunaan bahan bakar fosil pada sektor industri maupun transportasi (Rawung, 2015).

Terjadinya emisi karbon disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya Tumbuhan dan organisme lainnya melepaskan CO_2 ke udara lewat respirasi dan dekomposisi (pelapukan). Pada saat tumbuhan mati, akan terjadi proses dekomposisi oleh bakteri yang melepaskan CO_2 ke atmosfer (Rizki *et al*, 2016:89-90). Secara alamiah udara bebas mengandung unsur-unsur kimia seperti O_2 , NO_x , SO_x dan lain-lain Karena terjadi peningkatan aktifitas di berbagai bidang

diantaranya di bidang industri, transportasi memberikan dampak berupa penambahan unsur-unsur kimia secara berlebihan yang dapat mengakibatkan turunnya kualitas udara bebas, sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Subchan, 2010: 81).

Karbon merupakan salah satu unsur alam yang memiliki lambang “C” dengan nilai atom sebesar 12. Karbon juga merupakan salah satu unsur utama pembentuk bahan organik termasuk makhluk hidup. Hampir setengah dari organisme hidup merupakan karbon. Karenanya secara alami karbon banyak tersimpan di bumi (darat dan laut) daripada di atmosfer. Karbon tersimpan dalam daratan bumi dalam bentuk makhluk hidup (tumbuhan dan hewan), bahan organik mati ataupun sediment seperti fosil tumbuhan dan hewan (Manuri et al, 2011:4).



Gambar 2.1 Skema Siklus Karbon (Sumber: Astrid, 2015).

Menurut Wahyono (2011), pertukaran atau perpindahan karbon dari atmosfer melalui berbagai macam cara, diantaranya: (1) karbon yang berada di atmosfer diserap oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis; (2) di dalam lautan terjadi proses termohalin, CO_2 yang larut dalam air laut akan terbawa dalam massa air di permukaan yang lebih berat kedalaman laut atau interior laut; (3) beberapa organisme laut yang memanfaatkan karbon untuk membentuk jaringan yang mengandung karbon seperti cangkang karbonat dan bagian tubuh lainnya

yang keras; (4) di dalam proses geologi terutama proses pelapukan batuan silikat dan batuan karbonat. Sedangkan karbon dapat kembali ke atmosfer dengan berbagai cara pula, diantaranya: (1) proses pernafasan baik dari tumbuhan maupun hewan yang menghasilkan karbondioksida; (2) proses penguraian/pembusukan binatang dan tumbuhan, dimana jamur dan bakteri akan mengubah senyawa karbon menjadi karbondioksida jika tersedia oksigen; (3) proses pembakaran material organik yang akan mengoksidasi karbon dan menghasilkan karbondioksida; (4) pembuatan semen dengan cara memanaskan batu kapur yang nantinya akan menghasilkan karbondioksida dalam jumlah yang banyak.

Untuk mengurangi terjadinya emisi karbon salah satunya dilakukan dengan cara pendekatan penyerapan karbon oleh vegetasi atau tumbuhan. Sifat alami yang dimiliki vegetasi terutama pohon ialah menyerap karbon yang berada di udara. Penyerapan karbon ini merupakan salah satu cara yang efektif untuk mengurangi emisi karbon atau pun emisi gas rumah kaca (GRK). Dalam hal ini tidak semua tumbuhan dapat menyerap karbon dalam jumlah banyak, akan tetapi hanya tumbuhan-tumbuhan tertentu yang dapat melakukan penyerapan karbon dalam jumlah banyak. Tumbuhan yang dapat menyerap karbon dalam jumlah banyak adalah tumbuhan yang masa pertumbuhannya lebih cepat jika dibandingkan dengan penyerapan karbon dari jenis-jenis tumbuhan yang pertumbuhannya lambat (Rizki *et al.*, 2016: 89-96).

Untuk itu, sebuah keharusan bagi manusia untuk sadar betapa pentingnya hutan bagi kehidupan di bumi ini. Mengingat yang berperan sangat besar dalam mengurangi terjadinya emisi karbon adalah tumbuhan, manusia harus sadar akan bahayanya penebangan pohon di hutan secara liar. Seharusnya, dalam penebangan pohon haruslah sesuai dengan peraturan yang ada. Misalnya penebangan pohon dilakukan terhadap pohon yang sudah tua dan tidak mengalami pertumbuhan lagi. Setelah tumbuhan tersebut ditebang, sebaiknya dilakukan penanaman bibit baru, hal ini dikarenakan pohon yang sedang mengalami pertumbuhan akan lebih efektif menyerap karbon dalam proses fotosintesis dibandingkan dengan pohon-pohon tua yang sudah tidak mengalami pertumbuhan. Oleh Karena itu, melestarikan hutan adalah sebuah keharusan, Karena mengingat fungsi yang

dimiliki oleh keberadaan hutan banyak, antara lain yaitu sebagai penyangga kehidupan yang mencegah banjir, menahan erosi dan tanah longsor, menyerap karbon yang terdapat di udara, dan lain sebagainya (Dodik, 2014: 19-20).

2.2 Tinjauan tentang Tumbuhan Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

2.2.1 Klasifikasi Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

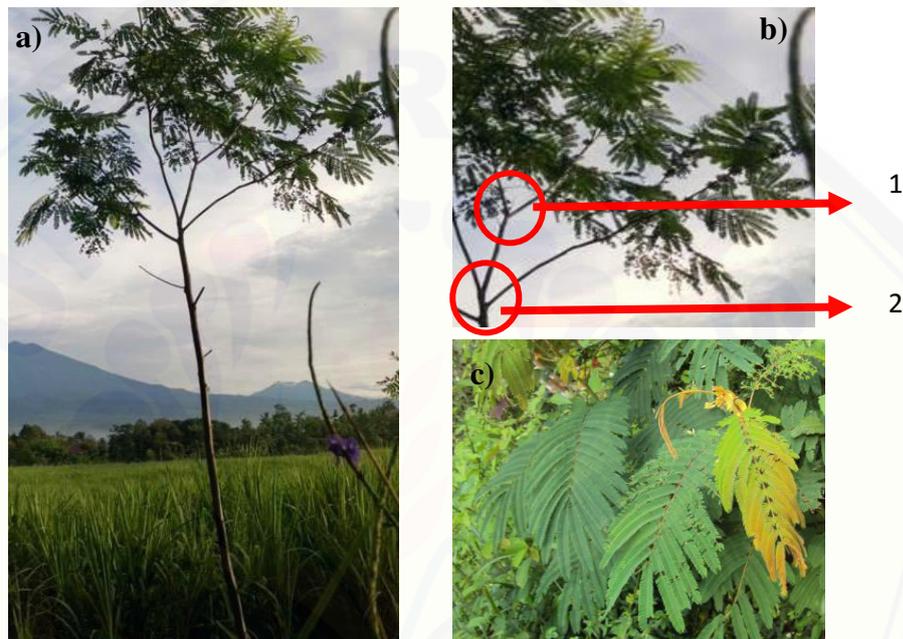
Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: <i>Falcataria</i>
Spesies	: <i>Falcataria moluccana</i> (Miq.) Barneby & Grimes (Sumber ITIS, 2017).

Falcataria moluccana (Miq.) juga dikenal dengan nama sengon laut, merupakan salah satu jenis pionir serbaguna yang sangat penting di Indonesia. Jenis tumbuhan ini memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, dapat beradaptasi dengan jenis tanah dan kayunya dapat diterima untuk industri panel ataupun pertukangan (Krisnawati, *et al.*, 2011). Menurut Hardiatmi (2010), Tumbuhan sengon merupakan tanaman yang memiliki pertumbuhan tercepat di dunia. Tumbuhan sengon dengan umur 1 tahun dapat mencapai tinggi 7 meter, pada umur 3 tahun dapat mencapai tinggi 14,5 meter dengan diameter batang 13 cm, dan pada umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39 meter, dengan diameter 60 cm, dan tinggi cabang 10-30 cm.

2.2.2 Morfologi Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Pohon tumbuhan sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m. diameter pohon dewasa dapat mencapai 100m atau kadang-kadang lebih, dengan tajuk yang lebar mendatar. 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. Anak daunnya memiliki ukuran kecil-kecil, berjumlah banyak, dan berpasangan, terdiri dari 15-20 pasang pada setiap sumbu (tangkai), berbentuk lonjong (panjang 6-12 mm, lebar 3-5 mm) dan pendek kearah ujung. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau pupus dan tidak memiliki bulu (trikoma) sedangkan bagian bawahnya berwarna hijau pucat dengan rambut-rambut halus (Krisnawati, *et al.*, 2011).



Gambar 2.2 Tumbuhan sengon laut (*Falcataria moluccana* Miq.) a) pohon sengon, b) cabang¹ dan ranting sengon², c) daun sengon (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2017).

2.2.3 Habitat Tumbuhan Sengon

Tumbuhan sengon sangat cocok tumbuh di daerah beriklim basah dengan curah hujan antara 1500-4000 mm per tahun. Tumbuhan sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, bahkan pada jenis tanah yang drainasenya jelek atau tandus (Hardiatmi, 2010). Menurut Krisnawati (2011), tumbuhan sengon dapat tumbuh di berbagai jenis tanah, termasuk tanah kering, tanah lembab dan bahkan tanah yang mengandung garam asalkan drainasenya mencukupi. Sengon dapat tumbuh cepat pada jenis tanah latosol, andosol, luvial dan podzolic merah kuning.

Karakter dari tumbuhan sengon, kayunya ringan, lunak sampai agak lunak. Kerapatan kayu berkisar antara 230 dan 500 kg/m³ pada kadar air 12-15 %.

Tabel 2.1 Kadar karbon yang berada pada fase pohon, tiang, pancang, dan semai dari tumbuhan sengon (ton/ha).

Nama pohon	Jumlah Karbon pada Tiap Fase (ton/ha)				
	Pohon	Tiang	Panca	Semai	Total (ton/ha)
Akasia	0,1323529	0,051471	0,0036765	0,0003676	0,1911765
Waru	0,0007353	0,000368	0,0000368		0,0011029
Jati	0,2904412	0,102941	0,0036765		0,3970588
Johar	0,0014706	0,000368	0,0000110		0,0014706
Mahoni	0,0000074	0,000011	0,0000004	0,0000007	0,0000184
Pulai	0,0007353	0,000073	0,0000074		0,0007353
★ Sengon	0,0294118	0,014706	0,0003676		0,0441176
Sono keeling	0,0294118	0,007353	0,0003676	0,0000735	0,0404412
Total (ton/ha)	0,4845660	0,177291	0,0081440	0,0004420	0,6764706

(Sumber: Rizki *et al.*, 2016: 89-96)

Tumbuhan sengon memiliki fase, dimana setiap fasenya memiliki kadar penyerapan karbon yang berbeda-beda. Faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan pohon dalam menyerap karbon adalah umur pohon. Semakin tinggi statifikasinya, maka semakin tua umur suatu pohon. Perbedaan dari ukuran ataupun umur dari suatu pohon dapat dilihat dari diameter dan tinggi pohon (Rizki *et al.*, 2016: 89-96).

2.2.4 Manfaat Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) merupakan tumbuhan yang sering digunakan untuk revegetasi. Tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) merupakan salah satu jenis tanaman yang berpotensi dapat menyimpan CO₂ dalam jumlah banyak melalui aktifitas fotosintesis, karena tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) merupakan tumbuhan yang memiliki siklus hidup yang pendek, dengan pertumbuhan yang cepat sehingga

dapat menyerap karbon dalam jumlah banyak (Munawar dan Wiryono, 2014). Tumbuhan sengon merupakan tumbuhan yang mengikat nitrogen, sengon juga ditanam untuk tujuan reboisasi dan penghijauan guna meningkatkan kesuburan tanah. Daun dan cabang yang jatuh akan mengandung nitrogen, bahan organik dan mineral tanah (Krisnawati, *et al.*, 2011).

Menurut Hardiatmi (2010), sengon merupakan tanaman pohon yang memiliki beragam manfaat dari semua bagian pohonnya, mulai dari daun hingga bagian akarnya. Bagian daun dari tumbuhan sengon merupakan pakan ternak yang sangat baik, mengandung protein tinggi. Tajuknya dimanfaatkan sebagai naungan di areal perkebunan dan wanatani. Akar sebagai hasil simbiosis dengan bakteri *rhizobium*, dapat membantu penyediaan nitrogen (N) dalam tanah. Bintil-bintil akar dapat mengikat nitrogen bebas diudara dan mengubah menjadi ammonia (NH_3). Dan bagian yang memberi manfaat yang paling besar dari pohon sengon adalah bagian dari kayunya. Karakteristik kayu sengon sangat sesuai dengan kebutuhan industri Karena ringan dan warnanya putih segar.

2.3 Arang hayati (*Biochar*)

2.3.1 *Biochar* (Arang hayati) secara Umum

Biochar merupakan arang hayati yang diperoleh dari suatu pembakaran tidak sempurna, sehingga menyisakan unsur hara yang dapat menyuburkan lahan. Akan tetapi, jika pembakaran terjadi secara sempurna maka *biochar* akan berubah menjadi abu dan melepaskan karbon. Teknik pembuatannya disebut juga teknik pirolisis (Destyorini *et al.*, 2010). *Biochar* berpotensi meningkatkan C-organik tanah secara berkelanjutan, retensi air dan hara dalam tanah sehingga dapat dikatakan dapat menyuburkan tanah. Manfaat lain *biochar* ialah dapat menyimpan karbon secara stabil selama 100 tahun bahkan 1000 tahun lamanya. *Biochar* dapat menyuburkan tanah dikarenakan arang hayati/*biochar* mempunyai pori-pori yang dapat menyimpan air dan hara, kemudian air dan hara tersebut akan dikeluarkan kembali sesuai kebutuhan. Di negara maju dan berkembang, *biochar* menjadi keberlanjutan sistem usaha tani, sekaligus untuk mengurangi dampak perubahan iklim global Karena *biochar*/arang hayati bersifat karbon-negatif (Komarayati,

2013). Menurut Mawardiana *et al.* (2013), melaporkan tanah yang diaplikasikan *biochar* 10 ton ha⁻¹ mampu menaikkan pH tanah dari kondisi awal 6,78 menjadi 7,40. *Biochar* lebih efektif menahan unsur hara untuk ketersediaannya bagi tanaman dibandingkan bahan organik lain karena kapasitas tukar kationnya yang tinggi. Menurut Chan (2007), *Biochar* yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah banyak ialah *biochar* yang dihasilkan dari teknik pirolisis (pembakaran tanpa oksigen).

Menurut Basri (2011), *biochar* memiliki beberapa manfaat diantaranya: 1) dapat mengikat dan menyimpan CO₂ dari udara untuk mencegah terlepasnya ke atmosfer. Kandungan karbon yang terikat dalam tanah jumlahnya besar dan tersimpan hingga waktu yang lama; 2) *Biochar*, satu-satunya teknologi yang murah dan bisa diterapkan secara luas dalam skala kecil ataupun luas; 3) *Biochar* dapat memperbaiki kondisi tanah dan meningkatkan produksi tanaman, terutama pada tanah-tanah yang kurang subur; 4) Kemampuan *biochar* dalam menyimpan air dan unsur hara dalam tanah membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat aliran permukaan (*runoff*) dan pencucian (*leaching*), sehingga memungkinkan penghematan pupuk.

2.3.2 Pembuatan *Biochar* (Arang Hayati)

Biochar (arang hayati) dapat dibuat dengan memanfaatkan sisa-sisa kegiatan pertanian seperti ranting kayu, kulit kayu, tempurung kelapa, tandan kelapa sawit dan bermacam produk sisa dari hasil pertanian. Menurut Kvech dan Tull (1988 dalam Verlina, 2014), Pembuatan arang hayati terdapat dua cara, yaitu dengan karbonasi dan aktivasi. Karbonisasi (teknik pirolisis) merupakan proses pengurangan melalui pembakaran bahan dalam ruang dengan meminimalisir penggunaan oksigen dan tanpa bahan kimia lainnya. Sedangkan aktivasi merupakan perlakuan terhadap arang hayati yang bertujuan untuk memperbesar pori dan memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan sehingga arang hayati mengalami perubahan sifat fisika atau kimia.

Proses pembuatan arang hayati dapat dilakukan dengan dua teknik pembakaran, yaitu teknik pembakaran pirolisis (tertutup) dan pembakaran

terbuka. Menurut Putra (2014), pembuatan arang dengan pembakaran pirolisis menghasilkan kualitas arang yang lebih baik jika dibandingkan dengan arang dengan pembakaran terbuka. Pembakaran dengan keadaan tanpa oksigen akan menghasilkan 3 substansi, yaitu: metana dan hidrogen yang dapat dijadikan bahan bakar, *bio oil* yang dapat diperbaharui dan arang hayati (*biochar*). Secara umum pembakaran merupakan proses atau reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan panas atau nyala. Reaksi pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut:



Keterangan: ΔH = Perubahan entalpi (Gustafsson, 2013).

Pirolisis merupakan proses termokimia dimana selulosa dan lignin dirombak dari struktur rantai karbon yang panjang menjadi pendek. Gas pirolisis mengandung *bio-oil* dan gas sintetis yang mengandung struktur karbon yang panjang, metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida. Zat padat yang dihasilkan disebut sebagai *biochar* yang ditujukan untuk kegiatan pertanian. Suhu pada proses pirolisis merupakan parameter penting dalam proses pembentukan *biochar*. Pada saat pirolisis berlangsung, hemiselulosa akan terurai pertama kali, dimana pada suhu 220 dan 315 °C. Selulosa mulai terurai pada suhu 315 - 400 °C. Lignin penguraiannya lambat tapi stabil mulai suhu 160 hingga 900 °C. Mineral tersebut tetap dalam *biochar* namun disebut sebagai abu (Gustafsson, 2013).

Proses pembakaran padatan terdiri dari beberapa tahap yaitu pemanasan, pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang hayati (karbonisasi). Selama proses devolatilisasi, kandungan volatile akan keluar dalam bentuk gas seperti: CO, CO₂, CH₄ dan H₂. Karbonisasi merupakan suatu proses untuk mengkonversi bahan organik menjadi arang hayati, pada proses karbonisasi akan melepaskan zat yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂, formaldehid, metana, formik dan acetyl acid serta zat yang tidak terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang tinggi dan dapat

digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Menurut Nugraha (2005 dalam Fauziah, 2009), menyatakan bahwa pirolisis ialah salah satu proses pengarangan yang mendekomposisi material organik tanpa mengandung oksigen. Apabila ada oksigen pada saat proses pirolisis maka akan ada reaksi dengan material lain yang pada akhirnya akan menghasilkan abu. Pada proses pirolisis terhadap kayu, lignin terdegradasi sebagai akibat kenaikan suhu sehingga dihasilkan senyawa-senyawa karakteristik sesuai dengan jenis kayu. Perkembangan terakhir dari pirolisis biomassa tanaman telah terbukti mampu menjadi salah satu pilihan yang bisa memberikan kontribusi yang substansial sebagai sumber energi. Faktor yang berpengaruh pada proses pirolisis adalah: kondisi operasi (temperatur, *refluks*, dan waktu reaksi) dan kondisi umpan (jenis, ukuran dan kadar air) (Iskandar, 2012).

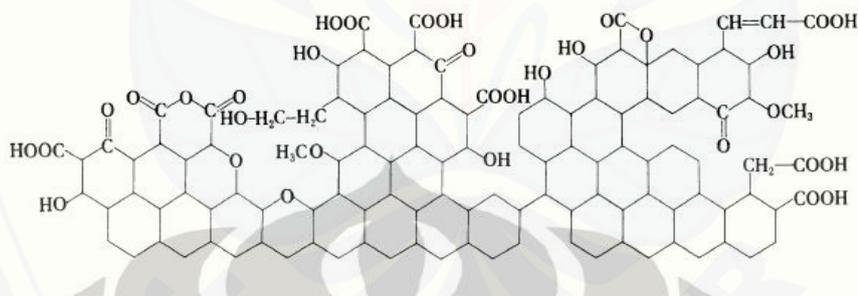
Biomassa dapat dijadikan untuk menentukan kualitas *biochar*. Oleh karena itu, mungkin akan terjadi perbedaan antara beberapa jenis *biochar* ketika diaplikasikan ke lahan. Hal ini dapat dikarenakan pada saat pembuatan *biochar* biomassanya berbeda. Biomassa dapat dibedakan menjadi 3, yaitu biomassa basah, biomassa sedang dan biomassa kering. karbon yang tersimpan pada tumbuhan ialah dalam bentuk biomassa.. Pada kondisi produksi terkontrol, karbon biomassa diikat dalam *biochar* dengan produk samping berupa bioenergi dan bio-produk lainnya. Secara teoritis, dalam *biochar* tersimpan hingga 50% karbon bahan baku dalam bentuk arang hayati kayu berpori. Karbon tanah (bahan organik tanah) memengaruhi indikator fisik, kimia dan biologi tanah, seperti stabilitas agregat (fisik), retensi, ketersediaan hara (kimia), siklus hara (biologi) dan merupakan indikator terhadap kualitas tanah itu sendiri (Kusumadewi, 2012).

Aplikasi *biochar* ke dalam tanah berpengaruh terhadap meningkatnya kesuburan tanah. Hal ini dimungkinkan karena *biochar* yang berpori menjadi tempat berkembangnya organisme tanah yang berguna untuk mendaur bahan organik di dalam tanah, dan tingginya daya tahan *biochar* di dalam tanah yaitu bisa mencapai 1000 tahun untuk terurai memicu bertambahnya populasi organisme tanah sehingga ketersediaan unsur hara dapat terus dipertahankan

dalam jangka waktu yang lama. Meningkatnya jumlah organisme tanah terutama organisme penambat N diharapkan mampu menunjang pertumbuhan tanaman (Haryadi, 2016). Pembuatan *biochar* secara tradisional yaitu menggunakan drum. Teknik tradisional untuk memproduksi *biochar* ini terdiri dari tiga tahap yang dapat diidentifikasi dengan melihat warna asap. Asap putih menunjukkan pengeringan biomasa, asap kuning menunjukkan proses pirolisis dan asap biru menunjukkan proses telah selesai (Gustafsson, 2013).

2.3.3 Struktur *Biochar*

Struktur *biochar* menyerupai struktur grafit. Grafit mempunyai susunan seperti plat-plat yang sebagian besar terbentuk dari atom karbon yang berbentuk heksagonal. Jarak antara atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah sebesar 1,42 Å. Pada grafit, jarak antara plat-plat lebih dekat dan terikat lebih teratur daripada struktur *biochar*. Gambar 1 struktur grafit dan struktur umum *biochar* (Verlina, 2014).



Gambar 2.3 Struktur Grafit dan Struktur Umum *Biochar* (Sumber: Miranti, 2012).

2.3.4 Faktor yang mempengaruhi kualitas arang hayati

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas *biochar* diantaranya yaitu ditentukan oleh karakteristik bahan baku (Amonette dan Joseph dalam Nursyamsi dan Maftua'ah, 2015:777) dan metode karbonisasi (tipe alat pembakaran, temperatur). *Biochar* memiliki kandungan C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn dan mineral lainnya. Mutu *biochar* sangat tergantung pada bahan baku dan proses pembuatan (pirolisis). Pirolisis yang dilakukan pada kondisi rendah oksigen biasanya menghasilkan kualitas *biochar* yang tinggi, baik dari segi

kandungan C, kadar abu, maupun unsur kimia lainnya, karena pada pirolisis ini proses pembentukan arang tinggi, kehilangan C dan volatil rendah, serta sedikit terbentuk abu (Brown dalam Latupono, 2011:5).

Menurut Smisek dan Cerny (1970) dalam Pari *et al.* (2006), Arang hayati yang berkualitas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut: 1) Mempunyai kandungan arang hayati di atas 75%; 2) Cukup keras ditandai dengan tidak mudah dan hancur; 3) Kadar abunya tidak lebih dari 5%; 4) Kadar zat menguapnya tidak lebih dari 15%; 5) Kadar airnya tidak lebih dari 15%; 6) Tidak tercemar oleh unsur-unsur yang membahayakan atau kotoran lainnya.

Tabel 2.2 Kualitas *Biochar*

Komponen analisis	Satuan	Nilai	Pengharharkatan
pH	-	8,4-9,7	Tinggi
KTK	Cmol(+)kg ⁻¹	27,04-28,03	Tinggi
Karbon	%	38,54-48,5	Sangat tinggi
Luas permukaan	Cm ² g ⁻¹	1547,00-2144,00	Luas

(Sumber: Latupono, 2011).

2.4 Buku Ilmiah Populer

Buku ilmiah populer adalah karangan yang mengandung unsur ilmiah berdasarkan fakta dan aktualisasi yang tidak mengikat. Dalam karya ilmiah populer yang dipentingkan bukan keindahan bahasanya tetapi lebih kepada sisi ilmiahnya (mengajarkan atau menerangkan sesuatu) (Revolta dalam Sujarwo, 2006:6-7). Suatu tulisan dapat dikatakan sebagai karya ilmiah jika tulisan tersebut mengandung kebenaran secara objektif yang didukung oleh informasi yang telah diuji kebenarannya (dengan data pengamatan yang tidak subyektif) dan disajikan dengan penalaran serta analisis hingga dasar masalah. Karya ilmiah menurut dalman (2012: 113-114), karya ilmiah populer memiliki ciri yang dapat di kaji minimal dari empat aspek sebagai berikut.

a. Struktur

Struktur kajian ilmiah sangat ketat yang terdiri atas bagian awal, bagian inti dan bagian penutup. Bagian awal merupakan bagian pengantar ke bagian inti, sedangkan inti merupakan sajian gagasan pokok yang ingin disampaikan.

b. Komponen dan substansi

Komponen karya ilmiah adalah obyektif, yang disampaikan dengan menggunakan kata atau gaya Bahasa impersonal.

c. Sikap penulis

Sikap penulis karya ilmiah adalah objektif, yang disampaikan dengan menggunakan kata atau gaya bahasa imperasional.

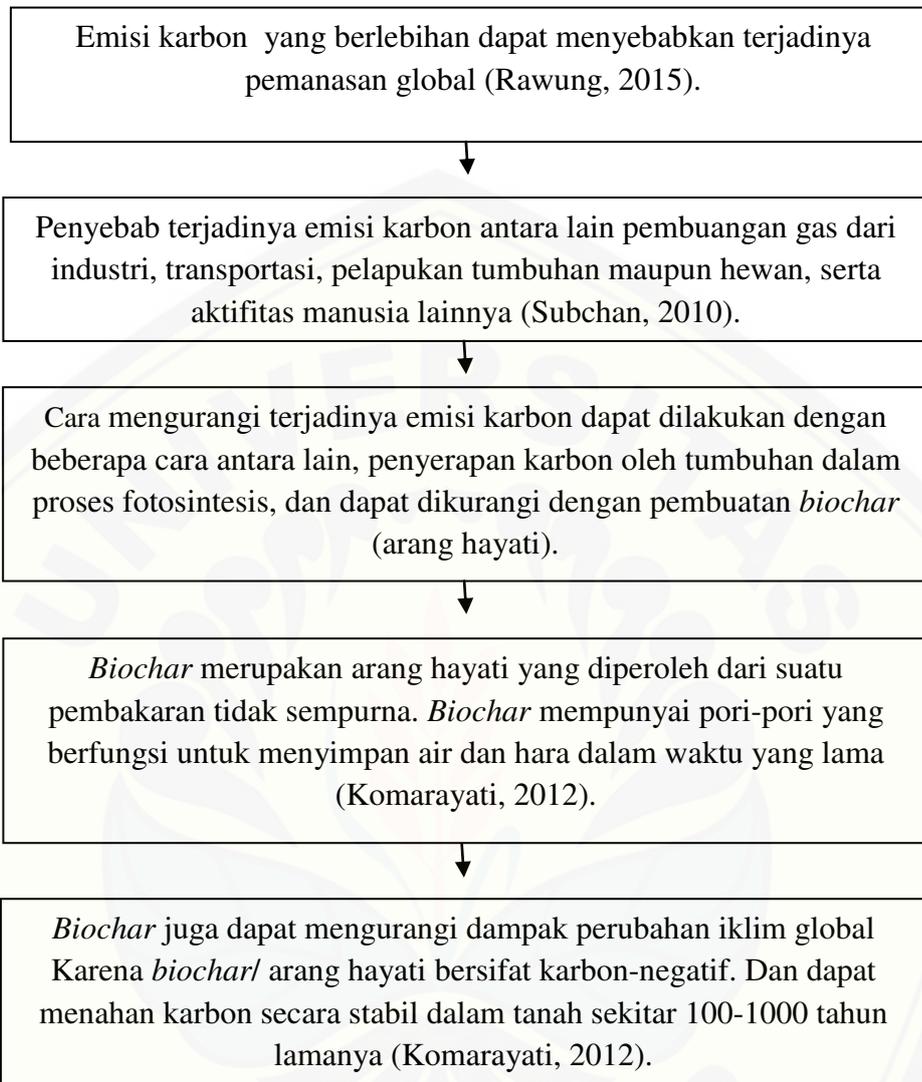
d. Penggunaan Bahasa

Bahan yang digunakan dalam karya ilmiah adalah baku yang tercermin daripilihan kata atau istilah, dan kalimat-kalimat yang efektif dengan struktur yang baku.

Elemen *layout* dibagi menjadi tiga, yaitu elemen teks, elemen visual, dan *invisible elemen*. Elemen teks merupakan bagian yang terdiri atas tulisan atau kata-kata, misalnya: judul, *deck* atau gambaran singkat, isi, *caption*, *header and footer*, dan lain-lain. Bagian visual merupakan bagian bukan teks biasanya berupa foto, gambar yang berfungsi sebagai acuan penempatan semua *element* merupakan fondasi atau kerangka yang berfungsi sebagai acuan penempatan semua elemen *layout*, contohnya margin. Tujuan adanya *layout* adalah untuk menyampaikan informasi dengan lengkap dan tepat, serta kenyamanan dalam membaca termasuk kemudahan mencaei informasi yang dibutuhkan serta estetika (Wiana, 2010: 58).

Langkah-langkah pembuatan karya ilmiah populer secara umum adalah 1) menentukan ide, tema atau topik (pokok permasalahan yang akan di tulis); 2) pengembangan tema berupa kajian mendalam terkait dengan tema dengan observasi, penelitian maupun kajian referensi; 3) *outlining*, membuat garis besar tentang apa saja yang akan ditulis Karena membuat proses penyelesaian penulisan karya ilmiah; 4) membuat rancangan tulisan (*drafft*); serta 5) proses *editing* (Romli, 2011 dalam Kuswati, 2014: 24).

2.5 Kerangka Berfikir



Gambar 2.4 Diagram Kerangka Berfikir Penelitian

2.6 Hipotesis

Berdasarkan dari tujuan yang telah disampaikan di atas, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Terdapat pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kualitas *biochar* dari ranting sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) dalam mengurangi terjadinya emisi karbon.
- b. Jumlah karbon yang lebih besar tertahan didapat dari hasil pembakaran secara pirolisis dengan biomassa (KA: 10-20%).
- c. Buku hasil penelitian tentang kemampuan arang hayati dari ranting sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) dalam mengurangi emisi karbon layak digunakan sebagai buku bacaan masyarakat.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratoris. Perlakuan yang digunakan sebanyak enam perlakuan dengan ulangan sebanyak empat kali dimana setiap pengulangan menggunakan cabang dengan massa 50 g. Penelitian ini menggunakan metode RAL (Rancangan Acak Lengkap).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Kesuburan Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

b. Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai dari 23 Mei 2017 sampai tanggal 29 Juni 2017.

3.3 Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbedaan perlakuan teknik pembakaran yaitu pembakaran terbuka dan tertutup, serta perbedaan biomassa cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) yaitu biomassa kering (kadar air 10-20%), biomassa sedang (kadar air 21-35%), biomassa basah (kadar air 36-45%).

b. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah kemampuan menahan emisi karbon dan kualitas *biochar* serta buku ilmiah populer.

c. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah tempat penelitian, jenis pohon, ukuran dan masa cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.).

Tabel 3.1 Tabel variabel, indikator dan teknik pengambilan data

Variabel	Indikator	Teknik pengambilan data	Sumber data
a. (1) Variabel bebas: Perbedaan biomassa kadar air.	Biomassa cabang sengon	Pengukuran massa dari cabang sengon.	Hasil pengukuran massa bahan.
(2) Teknik pembakaran	Kualitas arang	Pembakaran terbuka dan tertutup	Hasil pengarangan
b. Variabel terikat:			
(1) kemampuan <i>Biochar</i> menahan karbon	Jumlah karbon terikat dalam <i>Biochar</i>	Uji karbon terikat	Data karbon tertahan dalam <i>biochar</i>
(2) Buku karya tulis ilmiah	Bahasa mudah dipahami, bentuk menarik (warna, gambar, bentuk, dll), tulisan jelas, judul menarik, isi sesuai dengan tema/judul.	Validasi uji produk menggunakan validator ahli materi dan ahli media.	Rerata hasil prosentase hasil uji produk validator.

3.4 Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan suatu rumusan yang dijadikan sebagai suatu pedoman untuk melakukan suatu kegiatan maupun pekerjaan penelitian atau dapat juga disebut sebagai alur penelitian. Adapun definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Emisi karbon adalah pelepasan gas karbon ke udara bebas atau atmosfer bumi.
- b. Cabang merupakan bagian batang kayu yang tumbuh dari pokok atau dahan pohon.
- c. *Biochar* atau yang disebut arang hayati merupakan arang hayati yang diperoleh dari suatu pembakaran tidak sempurna.
- d. Pirolisis merupakan, proses pembakaran yang mendekomposisi material organik dengan meminimum keterlibatan oksigen.

- e. Buku ilmiah populer akan divalidasi oleh dua validator dosen (yang merupakan ahli dalam materi dan ahli media) dan satu orang masyarakat umum sebagai respon terhadap buku.

3.5 Populasi dan Sampel

Populasi tumbuhan sengon dan sampel penelitian (cabang sengon) yang digunakan dalam penelitian ini adalah cabang sengon yang berada di sekitar kampus Universitas Jember di jalan Kalimantan X no. 173. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) yang berumur 5 tahun.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian kali ini kami membutuhkan alat dan bahan untuk melakukan eksperimen. Adapun alat dan bahan yang kami butuhkan antara lain.

a. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah kompor pirolisis, oven, penggaris, pemotong kayu, penjepit, beaker glass, pipet tetes, tabung pakum, spektrofotometer, destilasi, murfle, timbangan analitik, kamera dan alat tulis.

b. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cabang sengon, asam sulfat, bikromat, glukosa, aquades, air, minyak tanah.

3.7 Desain Penelitian

Penelitian yang kami lakukan adalah jenis penelitian eksperimental laboratoris dengan menggunakan metode faktorial. Dengan menggunakan dua faktor yaitu faktor pembakaran terdapat dua taraf (pembakaran terbuka dan pembakaran tertutup) dan faktor biomassa terdapat tiga taraf yaitu kadar air biomassa basah (36-45%) , kadar air biomassa sedang (21-35%), kadar air biomassa kering (10-20%)dengan empat kali pengulangan, sehingga diperoleh $2 \times 3 \times 4 = 24$ sampel.

Tabel 3.2 Rancangan Desain Penelitian

Ulangan (U)	Perlakuan (P)	1	2	3
1	PB	U1.PB.P1	U1.PB.P2	U1.PB.P3
2		U2.PB.P1	U2.PB.P2	U2.PB.P3
3		U3.PB.P1	U3.PB.P2	U3.PB.P3
4		U4.PB.P1	U4.PB.P2	U4.PB.P3
1	PT	U1.PT.P1	U1.PT.P2	U1.PT.P3
2		U2.PT.P1	U2.PT.P2	U2.PT.P3
3		U3.PT.P1	U3.PT.P2	U3.PT.P3
4		U4.PT.P1	U4.PT.P2	U4.PT.P3

Keterangan :

Faktor 1 : Kondisi Pembakaran

PB : Perlakuan dengan pembakaran terbuka

PT : Perlakuan dengan pembakaran tertutup

Faktor 2 : Perbedaan kadar air

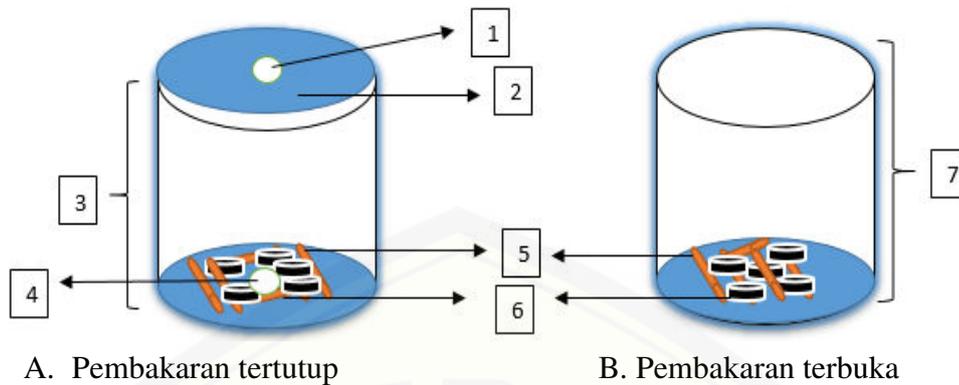
P1 : Perlakuan dengan kadar air 10-20% dari berat total

P2 : Perlakuan dengan kadar air 21-35% dari berat total

P3 : Perlakuan dengan kadar air 36-45% dari berat total

U : Ulangan

Tempat perlakuan cabang sengon menggunakan oven untuk mengurangi kadar air yang terdapat di cabang sengon sampai kadar airnya berada dalam keadaan konstan. Setelah didapat kadar air konstan selanjutnya akan dilakukan pembakaran pada ranting sengon tersebut. Proses pembakaran dilakukan menggunakan alat pirolisis yang terbuat dari kaleng besi dengan tinggi 50 cm dan diameter 30 cm seperti pada Gambar 3.1. Desain alat pembakaran cabang sengon sebagai berikut.



Gambar 3.1 Desain Alat Pembakaran Cabang Pohon Sengon

Keterangan:

- 1 : lubang keluar asap
- 2 : Penutup tungku
- 3 : Tungku pirolisis
- 4 : Lubang masuknya O₂
- 5 : Cabang pohon kering sebagai bahan bakar
- 6 : Cabang sengon (Bahan penelitian)
- 7 : Tungku pembakaran terbuka

3.8 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa perlakuan dengan langkah-langkah berikut.

3.8.1 Pengambilan Cabang Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Pertama-tama mempersiapkan bahan yang akan diteliti dengan menggunakan teknik *Random Sampling*. Bahan yang akan di gunakan yaitu cabang pohon dari tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.). tempat pengambilan pahan penelitian ini di area kampus UNEJ, Jln. Kalimantan X no. 173. Cabang yang digunakan yaitu pada tumbuhan sengon yang berusia 5 tahun.

3.8.2. Pengukuran Biomassa

Setelah pengambilan sampel cabang pohon sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) maka dilakukan pengukuran biomassa. Pada penelitian ini terdapat 3 perlakuan kadar air biomassa yaitu kadar air biomassa basah (36-45%), kadar air biomassa sedang (21-35%), dan kadar air biomassa kering (10-20%). Kadar air dengan biomassa basah di dapat dari bahan yang baru di potong dari pohonnya

sehingga masih segar, sedangkan kadar air biomassa sedang diperoleh dari cabang pohon yang sudah dijemur selama 3-4 hari, dan kadar air biomassa kering diperoleh dari cabang pohon sengon yang sudah dijemur selama 6-8 hari. Untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam bahan penelitian dilakukan dengan mengukur kadar airnya. Adapun tahapan dalam mengukur kadar air yang terkandung dalam sampel sebagai berikut.

- a. Menyiapkan sampel cabang tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)
- b. Menggergaji cabang sengon dengan tujuan mendapatkan serbuk gergajian dari cabang sengon tersebut.
- c. Menimbang serbuk gergajian dari cabang sengon tersebut 5 gram.
- d. Memasukkan serbuk gergajian cabang sengon tadi ke dalam pinggan alumunium.
- e. Menimbang massa pinggan alumunium yang berisi gergajian cabang tumbuhan sengon.
- f. Memasukkan pinggan alumunium yang berisi gergajian tadi ke dalam oven dengan suhu 80 °C selama 24 jam.
- g. Mendinginkan serbuk gergajian cabang sengon ke dalam eksikator.
- h. Mengukur massa serbuk gergajian yang baru keluar dari ovenan. Massa yang hilang menyatakan jumlah kadar air yang terdapat pada sampel cabang sengon.
- i. Mengukur kadar air dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$KA = \frac{Bo - Bkc}{Bkc} \times 100\% \quad (\text{Padmudji, 2011})$$

Keterangan :

KA = Kadar air contoh uji (%)

Bo = Berat Awal sampel (gram)

Bkc = Berat kering sampel (gram).

- j. Memasukkan kembali serbuk gergajian cabang sengon ke dalam oven, dengan tujuan untuk mendapatkan kadar air yang konstan.

3.8.3 Pembakaran cabang pohon sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Setelah pengukuran kadar air dan biomassa cabang pohon sengon, maka dilakukan proses pembakaran menjadi Arang Hayati (*biochar*) dengan 6 perlakuan dari dua macam pembakaran yaitu pembakaran pirolisis dan pembakaran tertutup. Pembakaran pirolisis pada sampel dengan kadar air biomassa basah, kadar air biomassa sedang, dan kadar air biomassa kering. Dan pembakaran terbuka pada sampel yang sama, yaitu sampel dengan kadar air biomassa basah, kadar air biomassa sedang, dan kadar air dengan biomassa kering. Masing-masing perlakuan menggunakan cabang tumbuhan sengon dengan massa 50 gram. Untuk mempermudah proses pembakaran maka dibantu dengan cabang kering dan jerami sebagai bahan bakar. Selama proses pembakaran sering dilihat atau diintip, hal ini bertujuan agar bahan yang dibakar tidak sampai menjadi abu. Ketika bahan cabang pohon sengon tersebut sudah menjadi arang segera dikeluarkan dari alat pembakaran dan di siram dengan air, hal ini bertujuan agar bahan tersebut menjadi arang dan tidak mengalami pembakaran secara sempurna berlanjut menjadi abu.

3.8.4 Pengukuran Kadar Karbon *Biochar* Cabang Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Uji kandungan karbon menggunakan metode pengabuan. Menurut Eviati dan Sulaeman (2009:118-119) cara mengukur kandungan karbon dengan metode pengabuan yaitu memasukkan sampel *biochar* ke dalam tanur, kemudian diabukan pada suhu 300°C selama 1,5 jam dan selanjutnya pada suhu 550-600°C selama 2,5 jam. Mematikan tanur dan membiarkan semalam lalu mendinginkan sampel dalam desikator kemudian menghitung massanya. Massa bahan yang hilang merupakan bahan organik yang dapat dikonversi menjadi kadar C-organik setelah dikalikan faktor 0,58 dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$fk = ((w-w_1))/w \times 100$$

Keterangan :

Fk : Faktor koreksi kadar air (%)

W : Berat contoh (gram)

W2 : Kadar abu (gram)

$$fki = w_1/w \times 100$$

Keterangan :

- Fki : Faktor koreksi bahan ikutan (%)
 W : Berat contoh (gram)
 W2 : Kadar abu (gram)

$$\text{Kadar abu} = w_2/w \times fk \times fki \times 100$$

Keterangan :

- W : Berat contoh (gram)
 W2 : Kadar abu (gram)
 Fk : Faktor korelasi kadar air (%)
 Fki : Faktor koreksi bahan ikutan (%)

$$Bo = ((w-w_2)/w) \times fk \times fki \times 100$$

Keterangan:

- W : Berat contoh (gram)
 W2 : Kadar abu (gram)
 Fk : Faktor korelasi kadar air
 Fki : Faktor koreksi bahan ikutan (%)
 Bo : Bahan Organik

$$\text{C-Organik} = Bo \times 0,58$$

Keterangan :

- Bo : Bahan Organik
 0,58 : faktor korelasi bahan organik ke karbon

3.8.5 Pengujian Kualitas *Biochar*

Setelah proses pembakaran selesai dan di dapat arang hayati (*biochar*) maka dilakukan uji parameter guna mengetahui kualitas *biochar*. Parameter yang akan diukur meliputi uji kandungan karbon terikat, uji pH, dan uji KTK. Adapun cara mengukur parameter tersebut akan di jabarkan sebagai berikut.

a. Uji Kapasitas Tukar Kation

Cara mengukur kapasitas tukar kation yaitu dengan cara menimbang 2,5 g bahan yang berukuran sekitar 2,0 mm dan dimasukkan ke botol lalu digojok, setelah itu ditambahkan 50 ml larutan ammonium asetat pH 7 dan digojok selama 30 menit. Setelah 30 menit hasil campuran di diamkan sampai diperoleh ekstrak. Ekstrak cair diambil sebanyak 1 ml, dimasukkan ke dalam tabung reaksi

kemudian ditambahkan 9 ml aquadest. Sisa ekstrak cair disimpan di botol gojok lain. Endapan *biochar* pada botol digojok dan dicuci sebanyak empat kali menggunakan 25 ml alkohol 95% lalu digojok, didiamkan dan dibuang ekstrak cairnya.

Setelah itu ditambahkan 25 ml KCl 10% digojok, didiamkan dan ekstrak cairnya, dicuci dengan alkohol dan diulangi sebanyak empat kali ulangan. Setelah itu filtrate dimasukkan seluruhnya ke dalam labu destilasi dan dicuci dengan air destilasi. Setelah itu ditambahkan 20 ml NaOH 40% kemudian didestilasi. Hasil destilasi ditampung pada erlenmeyer 200 ml yang didalamnya berisi 15 ml asam borak 2% dan 2-3 tetes indikator campuran merah jambu. Destilasi diakhiri sampai volume destilasi sekitar 60-70 ml (warna laruta hijau). Distilasi dititrasi menggunakan larutan standar 0,1 N H₂SO₄ sampai warna berubah menjadi merah jambu. Setelah itu hasil uji kapasitas tukar kation dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{KTK (me/100 g tanah)} = \frac{(S-B) \times N \times 100}{W} \quad (\text{Winarso dan Setiawati, 2016})$$

Keterangan :

S = Volume H₂SO₄ dalam titrasi contoh tanah

B = Volume H₂SO₄ dalam titrasi blanko

N = Normalitas H₂SO₄

W = Berat tanah kering mutlak (g)

b. Uji pH

Uji pH dilakukan menggunakan pH meter. Pertama sampel ditimbang dua kali sebanyak 10 g, masing-masing dimasukkan ke dalam botol gojok. Botol pertama ditambahkan 25 ml air (pH H₂O) dan botol kedua ditambahkan 25 ml KCl 1 M (pH KCl). Setelah itu dikocok selama 30 menit dan disuspensi dengan pH meter yang sudah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 7,00 dan pH 4,00 (Winarso dan Setiawati, 2016).

3.9 Penyusunan Buku Ilmiah Populer

Penyusunan buku ilmiah populer sebagai buku bacaan bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada masyarakat awam mengenai kemampuan

tumbuhan sengon dalam penyerapan karbon dan kemampuan *biochar* mengurangi terjadinya emisi karbon. Penyusunan buku karya ilmiah populer sebagai buku bacaan meliputi beberapa tahapan sebagai berikut.

1) Tahap pendahuluan

Tahap pendahuluan berisikan tentang teori-teori dari literature yang digunakan sebagai bahan dalam membuat buku karya tulis ilmiah populer yang terkait dengan hasil penelitian.

2) Pengembangan buku karya ilmiah populer

Pengembangan buku karya ilmiah populer terkait dengan penentuan struktur buku ilmiah populer serta desain yang digunakan di dalam buku bacaan.

Adapun buku ilmiah populer yang dibuat disusun sebagai berikut.

- a) Halaman judul
- b) Kata pengantar
- c) Daftar isi
- d) Bagian isi, terdiri dari uraian mengenai tumbuhan sengon dan *biochar*.
- e) Kesimpulan
- f) Daftar pustaka
- g) Glosarium
- h) Biografi penulis

3) Validasi buku karya ilmiah populer

Validasi dilakukan untuk memberikan penilaian terhadap buku bacaan yang merupakan buku karya ilmiah populer sehingga dihasilkan karya buku yang baik dan layak digunakan sebagai buku bacaan masyarakat. Validasi dilakukan oleh 2 orang validator yang meliputi ahli media dan dosen ahli materi dari Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Jember.

Tebel 3.3 Validator buku ilmiah populer

Validator	Peran
Dosen biologi 1	Dosen ahli materi
Dosen biologi 2	Dosen ahli media dan pengembangan
Masyarakat	Respon pengguna buku ilmiah populer

4) Revisi Produk

Produk yang dikembangkan perlu adanya masukan-masukan dan saran dari validator sehingga revisi produk dilakukan dengan memperhatikan masukan dan saran tersebut supaya buku ilmiah yang dikembangkan dapat menjadi buku bacaan yang baik dan layak digunakan oleh masyarakat.

3.10 Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Kemampuan menahan emisi karbon dengan menghitung selisih antara kadar karbon yang didapat dari tiap perlakuan.
- b. KTK dari arang hayati (*biochar*).
- c. pH dari arang hayati (*biochar*).

3.11 Analisis Data

3.11.1 Analisis data penelitian

Setelah proses pengambilan data selesai, maka dilakukan uji analisis. Uji analisis yang digunakan sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan biomassa dan perbedaan perlakuan teknik pembakaran dilakukan uji Anova di SPSS.
- b. Untuk mengetahui kualitas karbon dari perbedaan perlakuan biomassa dan teknik pembakaran digunakan uji *Duncan*.
- c. Untuk mengetahui kelayakan buku ilmiah populer menggunakan uji validasi.

3.11.2 Analisis Validasi Buku Ilmiah Populer

Analisis validasi buku karya ilmiah populer diperoleh dari data validator yang berupa data kuantitatif dari hasil penjumlahan skor. Adapun rumus pengolahan data sebagai berikut:

$$P = \frac{\text{Skor yang did apat}}{\text{Skor maksimum}} \times 100\%$$

Keterangan: P = Persentasi penilaian

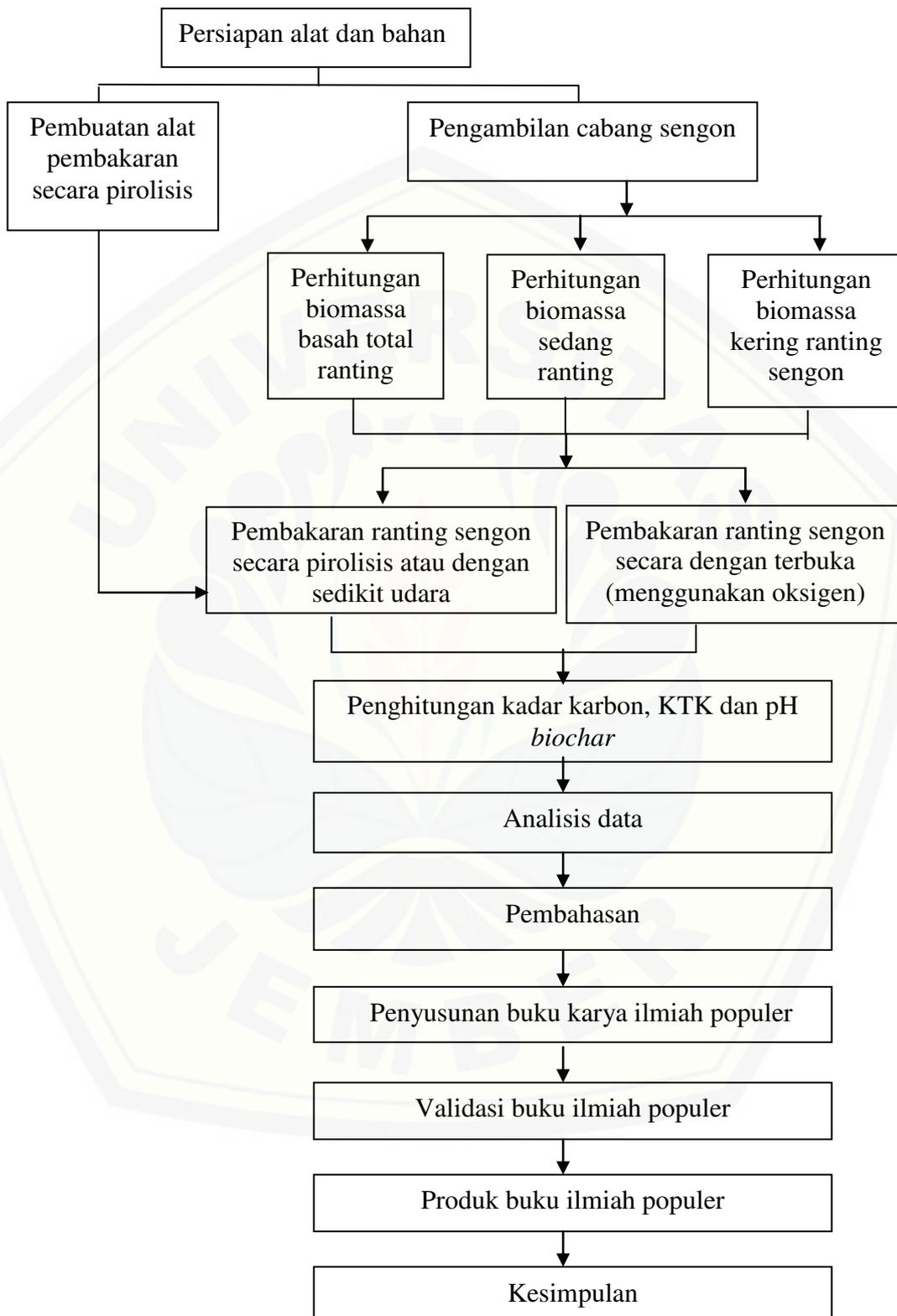
Persentase penilaian yang diperoleh selanjutnya diubah dalam data kuantitatif deskriptif yang menggunakan kriteria validasi seperti pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Rentang Nilai untuk Tiap Kategori

Rentang nilai (%)	Kriteria	Keterangan
81,25-100	Sangat Layak	Sangat layak, jika semua unsur dalam karya ilmiah populer sesuai dan tidak ada kekurangan sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat.
62,50-81,24	Layak	Layak, jika unsur yang terdapat dalam karya ilmiah sesuai walaupun ada sedikit kekurangan dan perbaikan dalam produk ini tapi masih dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat.
43,75-61,29	Cukup Layak	Cukup layak, jika semua unsur dalam produk kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan perlu untuk diperbaiki agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat.
25,00-43,74	Kurang Layak	Kurang layak, jika unsur dalam produk kurang sesuai dan banyak terdapat kekurangan sehingga sangat dibutuhkan pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

(Sujarwo dalam Rahmawati, 2016).

3.12 Alur Penelitian



Gambar 3.2 Alur penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

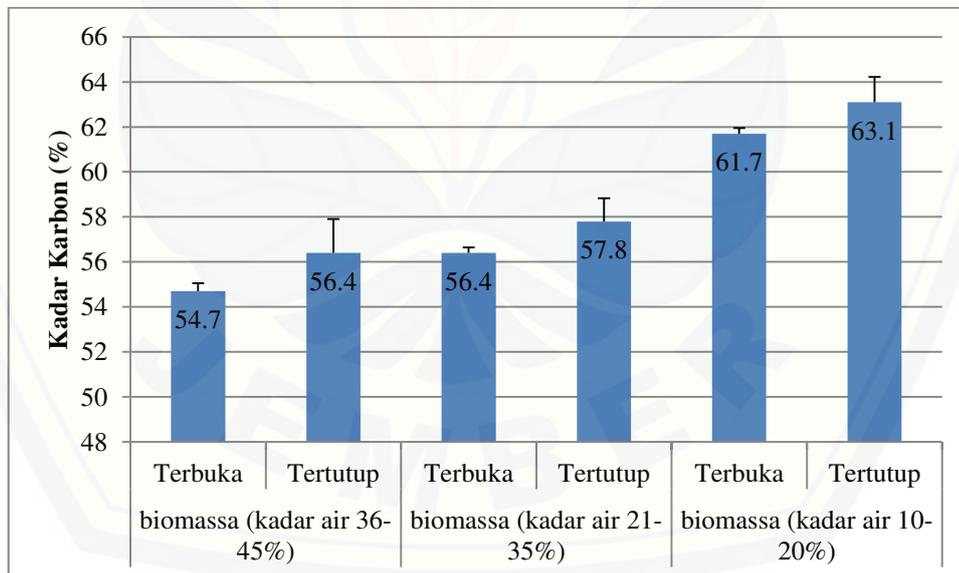
4.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini menguji pengaruh dari perbedaan perlakuan biomassa dan teknik pembakaran cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap kemampuan menahan emisi karbon dan kualitas *biochar*. Penelitian ini dilakukan di luar ruangan dan di dalam laboratorium, adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari; karbon, KTK dan pH pada *biochar*.

4.1.1 Pengaruh Perlakuan Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Cabang Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas *Biochar*

a. Kadar Karbon

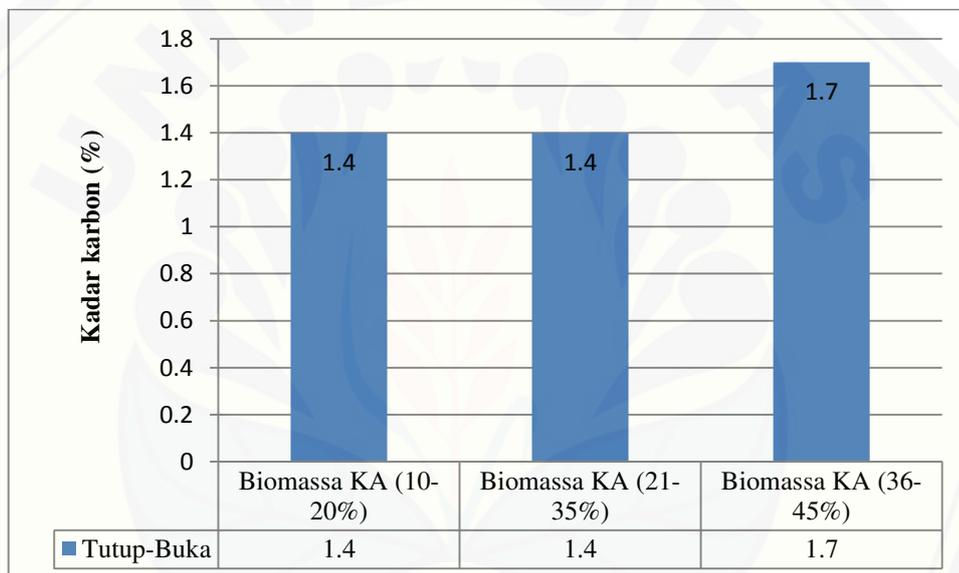
Berdasarkan hasil uji Anova mengenai kadar karbon *biochar* cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) didapatkan hasil rerata sebagai berikut.



Gambar 4.1 Histogram rerata kadar karbon pada *biochar* cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa kandungan karbon pada *biochar* didapatkan data yang berbeda-beda dari tiap perlakuan. Persentase kadar karbon yang diperoleh dari perlakuan pembakaran terbuka dengan tiga biomassa berbeda-beda. Pembakaran terbuka dengan biomassa (kadar air: 10-20%)

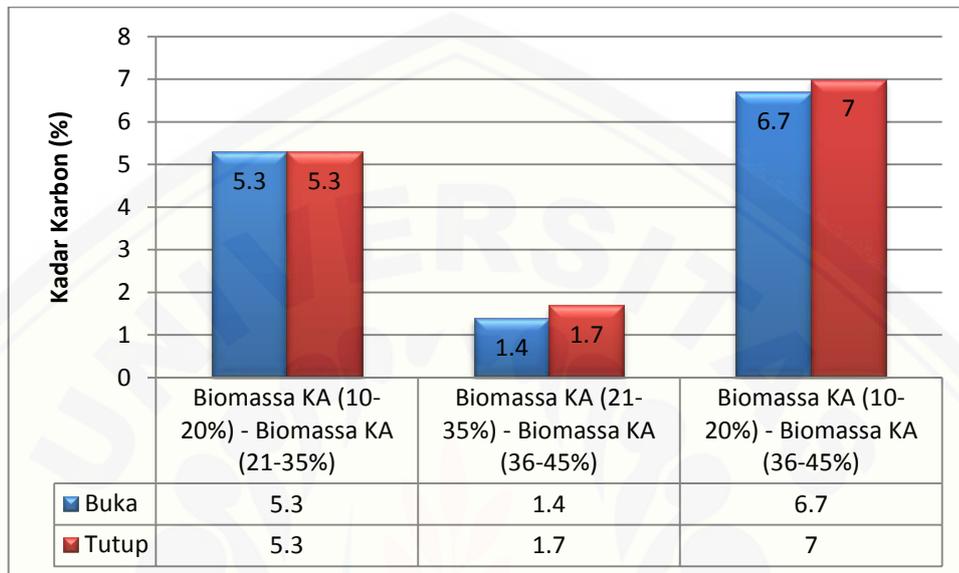
didapatkan persentase kadar karbon 61,7%; untuk biomassa (kadar air 21-35%) didapatkan persentase kadar karbon 56,4%; dan untuk biomassa (kadar air 36-45%) didapatkan persentase kadar karbon sebesar 54,7%. Sedangkan untuk kadar karbon yang di dapatkan dari perlakuan teknik pembakaran tertutup dengan tiga biomassa yang berbeda-beda. Untuk pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 10-20%), didapatkan persentase kadar karbon sebesar 63,1%; untuk biomassa (kadar air: 21-35%), didapatkan persentase kadar karbon sebesar 57,8%; dan untuk perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 36-45%), didapatkan persentase kadar karbon sebesar 56,4%.



Gambar 4.2 Penurunan emisi karbon pada pembakaran tertutup

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat penurunan emisi karbon pada pembakaran tertutup jika dibandingkan dengan pembakaran terbuka. Rerata penurunan emisi karbon ialah bersisar 1,4-1,7%. Pada perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa (KA: 10-20%) mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 1,4%, jika dibandingkan dengan perlakuan pembakaran terbuka dengan biomassa (KA: 10-20%). Perbandingan antara perlakuan pembakaran tertutup dan terbuka dengan biomassa (KA: 21-35%), memiliki nilai penuruanan emisi karbon yang sama yakni sebesar 1,4%. Dan untuk perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa (KA: 36-45%) mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 1,7%, jika dibandingkan dengan

perlakuan pembakaran terbuka dengan biomassa (KA: 36-45%). Jika dilihat dari Gambar 4.2, menunjukkan bahwa penurunan emisi karbon terbesar terdapat pada perbandingan pembakaran tertutup dengan biomassa (KA: 36-45%) dan pembakaran terbuka dengan biomassa (KA: 36-45%), yakni 1,7%.



Gambar 4.3 Penurunan Emisi Karbon pada Berbagai Kadar Air Biomassa

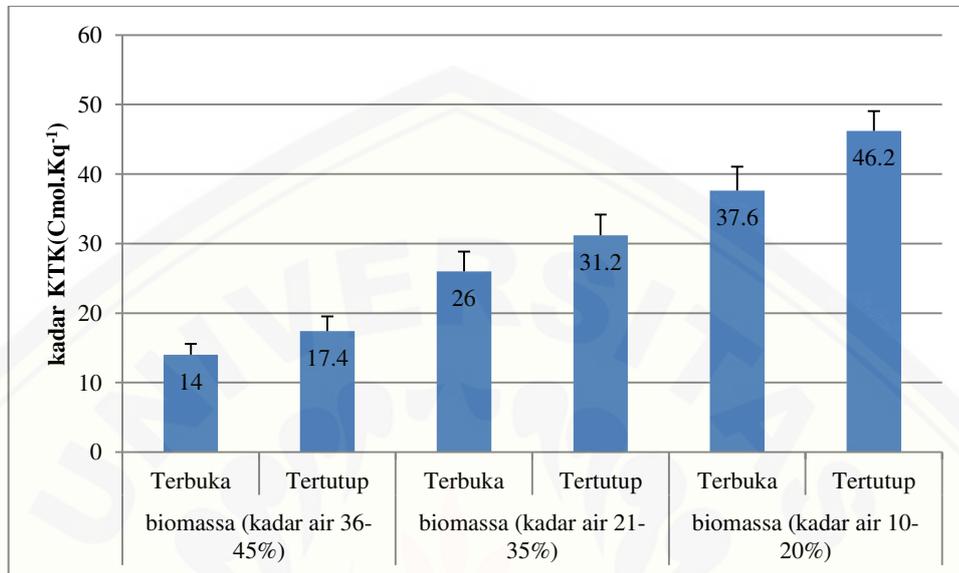
Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat penurunan emisi karbon jika dibandingkan antara perlakuan biomassa (KA: 10-20%), biomassa (KA: 21-35%) dan biomassa (KA: 36-45%) terhadap penurunan emisi karbon. Rerata penurunan emisi karbon sekitar 1,4 - 7 %. Pada perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dengan pembakaran tertutup mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 5,3%, jika dibandingkan dengan perlakuan biomassa (KA: 21-35%) dengan pembakaran tertutup; Perbandingan antara perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dan biomassa (KA: 21-35%) dengan pembakaran terbuka, memiliki nilai penurunan emisi karbon yang sama yakni sebesar 5,3%. Untuk perlakuan biomassa (KA: 21-35%) dengan pembakaran tertutup mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 1,4 %, jika dibandingkan dengan perlakuan biomassa (KA: 36-45%) dengan pembakaran tertutup; perlakuan biomassa (KA: 21-35%) dengan pembakaran terbuka mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 1,7 %, jika dibandingkan dengan perlakuan biomassa (KA: 36-45%) dengan pembakaran terbuka. Untuk perlakuan biomassa (KA: 10-20%)

dengan pembakaran tertutup mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 7%, jika dibandingkan dengan perlakuan biomassa (KA: 36-45%) dengan pembakaran tertutup; dan untuk perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dengan pembakaran terbuka mampu mengurangi emisi karbon lebih banyak sebesar 6,7%, jika dibandingkan dengan perlakuan biomassa (KA: 36-45%) dengan pembakaran terbuka. Dari perjabaran ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang dapat mengurangi emisi karbon terbanyak di peroleh dari perbandingan antara perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dan biomassa (KA: 36-45%) dengan pembakaran tertutup, dengan nilai penurunan emisi karbonnya sebesar 7%.

Berdasarkan hasil uji Anova mengenai pengaruh perbedaan perlakuan biomassa dan teknik pembakaran dapat dilihat pada Table 4.1. Pada Tabel 4.1 didapatkan data yang menyatakan bahwa perlakuan biomassa berpengaruh sangat signifikan terhadap kadar karbon pada *biochar*, dengan signifikansi ($p=0,000$). Untuk perlakuan teknik pembakaran, didapatkan data yang menyatakan bahwa perlakuan teknik pembakaran berpengaruh sangat signifikan dengan signifikansi ($p=0,001$), namun untuk interaksi antara perlakuan biomassa dan teknik pembakaran didapatkan data yang tidak signifikan ($p=0,923$), hal ini menandakan tidak terdapat interaksi antara perlakuan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kadar karbon *biochar*.

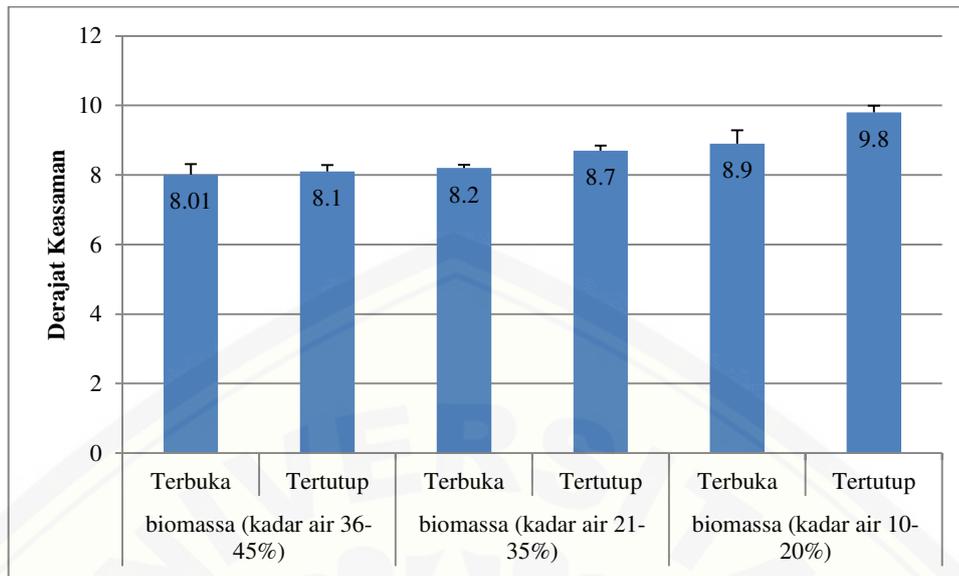
b. Kualitas *Biochar*

Kualitas *biochar* dalam penelitian ini diukur dari data rerata yaitu sebagai berikut.



Gambar 4.4 Histogram rerata nilai KTK pada *biochar* cabang sengon (*Falcataria muloccana* Miq.)

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai KTK pada *biochar* didapatkan data yang berbeda-beda dari tiap perlakuan. Persentase nilai KTK yang diperoleh dari perlakuan pembakaran terbuka dengan tiga biomassa berbeda-beda. Pembakaran terbuka dengan biomassa (kadar air: 10-20%) didapatkan nilai KTK 37,58 Cmol.Kq⁻¹; untuk biomassa (kadar air 21-35%) didapatkan nilai KTK 25,97 Cmol.Kq⁻¹; dan untuk biomassa (kadar air 36-45%) didapatkan nilai KTK sebesar 14,00 Cmol.Kq⁻¹. Sedangkan untuk nilai KTK yang didapatkan dari perlakuan teknik pembakaran tertutup dengan tiga biomassa yang berbeda-beda. Untuk pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 10-20%), didapatkan nilai KTK sebesar 46,20 Cmol.Kq⁻¹; untuk biomassa (kadar air: 21-35%), didapatkan nilai KTK sebesar 31,20 Cmol.Kq⁻¹; dan untuk perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 36-45%), didapatkan nilai KTK sebesar 17,40 Cmol.Kq⁻¹.



Gambar 4.5 Histogram rerata nilai pH pada *biochar* cabang sengon (*Falcataria mulocana* Miq.)

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai pH pada *biochar* didapatkan data yang berbeda-beda dari tiap perlakuan. Persentase nilai pH yang diperoleh dari perlakuan pembakaran terbuka dengan tiga biomassa berbeda-beda. Pembakaran terbuka dengan biomassa (kadar air: 10-20%) didapatkan nilai pH sebesar 8,935; untuk biomassa (kadar air 21-35%) didapatkan nilai pH sebesar 8,198; dan untuk biomassa (kadar air 36-45%) didapatkan nilai pH sebesar 8,01. Sedangkan untuk nilai pH yang di dapatkan dari perlakuan teknik pembakaran tertutup dengan tiga biomassa yang berbeda-beda. Untuk pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 10-20%) didapatkan nilai pH sebesar 9,75; untuk biomassa (kadar air: 21-35%) didapatkan nilai pH sebesar 8,68; dan untuk perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa (kadar air 36-45%) didapatkan nilai pH sebesar 8,12.

Berdasarkan hasil uji Anova mengenai pengaruh perbedaan perlakuan biomassa dan teknik pembakaran dapat dilihat pada Tabel 4.1. Pada Tabel 4.1 didapatkan data yang menyatakan bahwa perlakuan biomassa berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas *biochar* (KTK dan pH) dengan signifikansi ($p=0,000$). Untuk perlakuan teknik pembakaran, data yang didapat menyatakan bahwa teknik pembakaran berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas *biochar* (KTK dan pH) dengan signifikansi ($p=0,000$). Sedangkan untuk interaksi

antara perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran didapatkan data yang tidak signifikan ($p=0,175$), yang menandakan tidak terdapat interaksi antara perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap nilai KTK *biochar*. Sedangkan untuk parameter pH *biochar*, didapatkan data yang signifikan ($p=0,031$) yang menandakan terdapat interaksi antara perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap pH *biochar*.

Tabel 4.1 Hasil uji Anova pengaruh perbedaan biomassa dan pembakaran terhadap kadar karbon dan kualitas *biochar* cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

Keterangan	Variabel terikat	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	P
Intercept	Karbon	81685,334	1	81685,334	1,016E5	0,000
	KTK	19801,292	1	19801,292	2,710E3	0,000
	pH	1780,204	1	1780,204	3,070E4	0,000
Biomassa	Karbon	204,225	2	102,113	127,020	0,000
	KTK	2743,642	2	1371,821	187,761	0,000
	pH	6,914	2	3,457	59,614	0,000
Pembakaran	Karbon	13,650	1	13,650	16,980	0,001
	KTK	198,548	1	198,548	27,175	0,000
	pH	1,297	1	1,297	22,373	0,000
Biomassa *	Karbon	0,130	2	0,065	0,081	0,923
	Pembakaran	KTK	28,078	2	14,039	1,922
Error	pH	0,494	2	0,247	4,259	0,031
	Karbon	14,470	18	0,804		
	KTK	131,512	18	7,306		
	pH	1,044	18	0,058		

Keterangan: db= Derajat Kebebasan, F= Hasil Uji Fischer, p= Probabilitas

4.1.2 Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran yang dapat Menahan Emisi Karbon Paling Besar

Hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) mengenai pengaruh perbedaan biomassa terhadap kadar karbon pada *biochar* sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji LSD (*Least Significant Difference*) pengaruh perbedaan biomassa terhadap kadar Karbon pada *biochar* cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

(I) Biomassa	(J) Biomassa	Perbedaan nilai rerata (I-J)	Std. Error	P
Biomassa (KA: 10-20%)	Biomassa (KA: 21-35%)	5,247*	0,448	0,000
	Biomassa (KA: 36-45%)	6,824*	0,448	0,000
Biomassa (KA: 21-35%)	Biomassa (KA: 10-20%)	-5,247*	0,448	0,000
	Biomassa (KA: 36-45%)	1,576*	0,448	0,002

Biomassa (KA: 36-45%)	Biomassa (KA: 10-20%)	-6,824*	0,448	0,000
	Biomassa (KA: 21-35%)	-1,576*	0,448	0,002

Dari hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) pada Tabel 4.2 mengenai perbedaan biomassa menunjukkan bahwa biomassa kering berbeda secara nyata terhadap biomassa sedang dengan signifikansi ($p=0,000$), biomassa kering memiliki rerata lebih tinggi jika dibandingkan dengan biomassa sedang dengan selisih perbedaan sebesar 5,247; biomassa sedang berbeda nyata terhadap biomassa basah dengan signifikan ($p=0,002$), biomassa sedang memiliki rerata yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan biomassa basah dengan selisih perbedaan sebesar 1,576; dan untuk biomassa kering terhadap biomassa basah berbeda secara nyata dengan signifikansi ($p=0,000$), biomassa kering memiliki rerata lebih tinggi jika dibandingkan dengan biomassa basah dengan selisih perbedaan sebesar 6,824. Semakin rendah kadar karbon tersimpan maka semakin besar jumlah emisi yang dikeluarkan. Jumlah kadar karbon terbanyak didapatkan dari biomassa kering. Dan jumlah kadar karbon terendah didapat dari perlakuan biomassa kering.

Tabel 4.3 Hasil Uji LSD (*Least Significant Difference*) pengaruh perbedaan perlakuan teknik pembakaran terhadap kadar karbon pada *biochar* cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.)

(I) Pembakaran	(J) Pembakaran	Perbedaan nilai rerata (I-J)	Std. Error	P
Terbuka	Tertutup	-1,508*	0,366	0,001
Tertutup	Terbuka	1,508*	0,366	0,001

Dari hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kandungan karbon pada perbedaan perlakuan teknik pembakaran didapatkan hasil yang berbeda-beda. Dari dua teknik pembakaran yang berbeda yakni pembakaran tertutup dan pembakaran terbuka, didapatkan data yang menyatakan bahwa perlakuan teknik pembakaran tertutup didapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik pembakaran terbuka dengan selisih sebesar 1,508, dengan signifikansi ($p= 0,001$), hal ini menunjukkan bahwa

perlakuan perbedaan teknik pembakaran tertutup dan terbuka berpengaruh sangat signifikan.

4.1.3 Hasil Validasi Buku Ilmiah Populer

Hasil penelitian mengenai Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran Kayu Sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas *Biochar* disusun dalam bentuk karya ilmiah populer. Uji validasi buku karya ilmiah populer dilakukan oleh 5 validator yaitu 2 dosen FKIP Pendidikan Biologi dan 3 mahasiswa. Hasil uji validasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Hasil Validasi Karya Ilmiah Populer

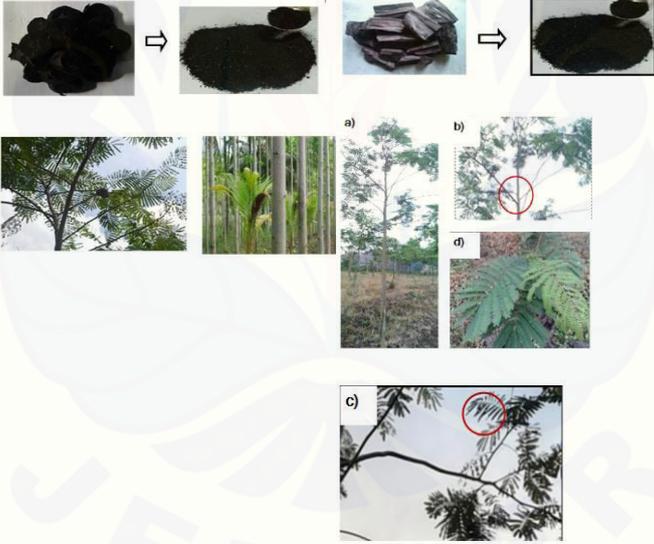
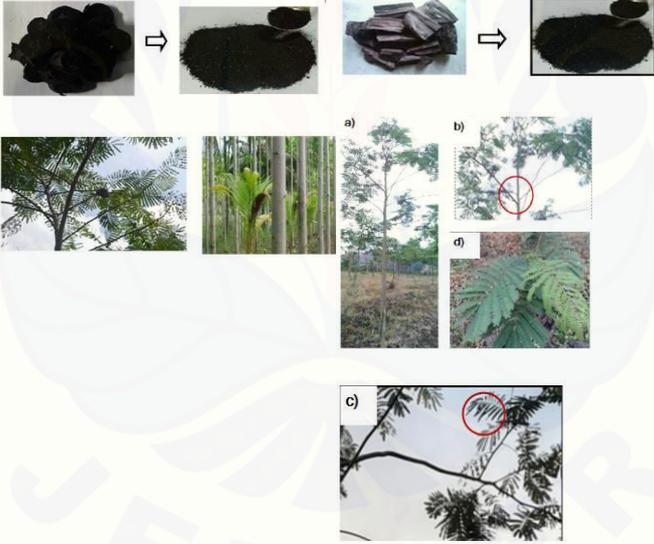
Validator	Nilai Validasi	Katagori
Dosen Biologi 1	83,93	Sangat layak
Dosen Biologi 2	75	Layak
Mahasiswa	83,83	Sangat layak
Mahasiswa	85,29	Sangat layak
Mahasiswa	86,76	Sangat layak
Rerata	82,952	Sangat layak

Berdasarkan hasil validasi tersebut, karya ilmiah populer ini dinyatakan sangat layak, namun karya ilmiah populer ini masih memerlukan perbaikan lebih lanjut berdasarkan saran dan komentar yang telah disampaikan oleh validator.

Tabel 4.5 Komentar Umum dan Saran dari Validator

Validator	Komentar Umum	Saran
Dosen Biologi 1	a. Ada beberapa salah tulis b. Judul disampul kurang melingkupi semua isi buku	a. Hindari salah tulis b. Judul ditambahkan nama tumbuhan
Dosen Biologi 2	a. Halaman masih kurang benar penempatannya b. Secara keseluruhan baik	a. Halamannya dilakukan setting ulang dan halaman berada di samping kanan dan kiri
Mahasiswa	a. Nomer halaman lebih diperkecil	b. Ditambahkan indeks
Mahasiswa	Isi buku sudah cukup baik	
Mahasiswa	Isi buku sudah cukup baik	a. Tambahkan indeks untuk lebih disempurnakan. b. Pada cover penulisan program studi dibetulkan.

Tabel 4.6 Revisi Karya Ilmiah Populer

Aspek	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi	Keterangan
Cover			Memperbaiki desain cover dengan mengubah tatanan gambar dan mengubah judul
Lay out			Mengubah lay out buku
Gambar dalam buku			Merubah komposisi gambar dan menambah gambar-gambar pada buku agar lebih menarik
Konsep isin buku	<p>Halaman sampul Kata pengantar Daftar isi BAB 1 Emisi Karbon BAB 2 Arang hayati (biochar) BAB 3 Tumbuhan Sengon BAB 4 Penutup Daftar Pustaka Glosarium</p>	<p>Halaman sampul Kata pengantar Daftar isi BAB 1 Emisi Karbon BAB 2 Arang hayati (biochar) BAB 3 Tumbuhan Sengon BAB 4 Arang Hayati Tumbuhan Sengon BAB 5 Penutup Daftar Pustaka Glosarium Biografi Penulis</p>	Merubah konsep isi buku karena kurang tepat

4.2 Pembahasan

Pemanasan global merupakan meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Pemanasan global ini disebabkan oleh berbagai hal salah satunya ialah emisi karbon (lepasnya gas karbon ke udara bebas). Secara alami udara bebas mengandung unsur-unsur kimia seperti CO₂, NO_x, SO_x dan unsur kimia lainnya. Namun unsur kimia yang berada di udara bebas ada batas toleransinya. Jika jumlah unsur-unsur kimia tersebut berlebih dapat menyebabkan pencemaran udara bahkan dapat menyebabkan pemanasan global. Cara untuk menekan terjadinya pemanasan global dapat dilakukan berbagai cara, diantaranya dilakukannya revegetasi, ataupun pembuatan *biochar*.

Usaha revegetasi memang sangat membantu dalam upaya menekan terjadinya emisi karbon. Hal ini dikarenakan vegetasi-vegetasi menyerap senyawa karbon dan digunakan untuk proses fotosintesis. Akan tetapi, melihat kondisi lahan di bumi yang semakin lama semakin sedikit. Lahan-lahan tersebut sebagian besar digunakan sebagai rumah penduduk maupun bangunan-bangunan industri cara ini kurang efektif. Usaha lainnya yaitu pembuatan *biochar* (arang hayati), usaha dengan membuat *biochar* ini bertujuan menyimpan karbon dalam bentuk arang yang tersimpan di dalam tanah. *Biochar* memiliki kelebihan dapat menyimpan karbon secara stabil selama 100 tahun bahkan 1000 tahun lamanya. Sehingga karbon tersebut tidak lepas ke udara bebas.

Produk *Biochar* sangat menguntungkan bagi para petani, selain *biochar* dapat mengurangi terjadinya emisi karbon, *biochar* juga dapat menyuburkan tanah dikarenakan *biochar* mempunyai pori-pori yang dapat menyimpan air dan unsur hara, selain itu *biochar* dapat meningkatkan derajat keasaman (pH) tanah, dan meningkatkan nilai KTK tanah, sehingga menyuburkan tanah. Karena memiliki keuntungan sedemikian, maka mulai banyak yang melakukan penelitian mengenai *biochar*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan biomassa dan teknik pembakaran pada cabang tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) terhadap kualitas *biochar* dengan parameter kadar karbon, KTK dan pH.

4.2.1 Pengaruh perbedaan biomassa (kadar air) dan teknik pembakaran terhadap kemampuan cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) menahan emisi karbon dan kualitas *biochar*

a. Kemampuan Menahan Emisi Karbon

Kadar karbon yang terdapat di *biochar* menunjukkan kemampuan cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.) dalam menahan emisi karbon. Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan bahwa perlakuan biomassa memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kemampuan menahan emisi karbon, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.1. Pada Tabel 4.1, juga menunjukkan bahwa perlakuan teknik pembakaran memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kemampuan menahan emisi karbon. Untuk interaksi antar perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran didapat kan data yang tidak signifikan terhadap kadar karbon arang hayati. Rerata kadar karbon yang didapat dari hasil uji dapat dilihat pada Gambar Histogram 4.1. pada Gambar Histogram 4.1, dapat dilihat bahwa rerata tertinggi didapat dari perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dengan pembakaran tertutup.

Menurut Kusumadewi (2012), Semakin rendah persentase kadar air bahan maka, semakin tinggi persentase bahan organik pada bahan. Komponen utama dari biomassa ialah karbon. Pamudji (2011), menyatakan bahwa kandungan karbon tersimpan pada suatu vegetasi dapat diketahui dengan cara mengetahui biomassa vegetasi tersebut. Hasil fotosintesis umumnya disimpan di dalam batang, sehingga menyebabkan kandungan lignin tinggi yang merupakan salah satu zat penyusun kayu lebih mendominasi dibandingkan dengan kandungan air. Kadar air berpengaruh secara langsung terhadap biomassa bahan, semakin rendah kadar air maka semakin tinggi konsentrasi penyusun kayu. Bahan penyusun kayu terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin (Widyasari, *et al.* 2010). Semakin tinggi konsentrasi penyusun menyebabkan kandungan biomasanya lebih tinggi.

Pada Tabel 4.1 menunjukkan data bahwa perbedaan biomassa berpengaruh secara signifikan terhadap kandungan karbon pada *biochar* cabang sengon. Hal ini dikarenakan, salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas *biochar* ialah bahan yang digunakan. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa perlakuan dengan teknik pembakaran tertutup menghasilkan kualitas *biochar* lebih baik jika dibandingkan

dengan *biochar* yang dihasilkan dari teknik pembakaran terbuka. Hal ini disebabkan, pada pembakaran tertutup (*pirolisis*) terjadi pembakaran lambat (*slow pirolisis*), sehingga dengan pembakaran yang lambat menyebabkan gas CO₂ yang dihasilkan semakin rendah. Menurut Chan (2007) *Biochar* yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah banyak ialah *biochar* yang dihasilkan dari teknik *pirolisis* (pembakaran tanpa oksigen). Menurut Wijayanti (2012), proses *slow pirolisis* laju pemanasan yang digunakan sangat lambat, sehingga gas yang dihasilkan semakin rendah dan arang yang dihasilkan semakin baik. Hasil uji Anova mengenai interaksi antara perlakuan biomassa dan teknik pembakaran didapatkan data untuk kadar karbon tidak signifikan, yang menyatakan tidak terdapat interaksi antara perlakuan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kadar karbon *biochar*.

b. Kualitas *Biochar*

Pada penelitian ini, peneliti juga menghitung kualitas *biochar* dari cabang tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq). Parameter yang digunakan diantaranya nilai KTK dan pH dari arang hayati (*biochar*) dari cabang tumbuhan sengon (*Falcataria moluccana* Miq). Berdasarkan hasil yang didapatkan dari uji Anova menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan biomassa berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas arang hayati cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq). Untuk perlakuan teknik pembakaran berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai KTK dan pH *biochar*. Namun, mengenai hasil data yang diperoleh dari uji Anova mengenai interaksi antara perlakuan teknik pembakaran dan perbedaan biomassa didapatkan hasil tidak signifikan. Hal ini dikarenakan bahan yang digunakan dari satu organ tumbuhan yang sama, sehingga jumlah lignin, selulosa maupun hemiselulosanya sama. Selain itu, dalam pembuatan *biochar* faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas *biochar* ialah suhu *pirolisis*, akan tetapi peneliti tidak mengontrol suhu pembakaran. Menurut Gustafsson (2013), *pirolisis* merupakan proses termokimia dimana selulosa dan lignin dirombak dari struktur rantai karbon yang panjang menjadi pendek. Gas *pirolisis* mengandung *bio-oil* dan gas sintesis yang mengandung struktur karbon yang panjang, metan, hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida. Zat padat yang dihasilkan

disebut sebagai *biochar* yang ditujukan untuk kegiatan pertanian. Suhu pada proses *pirolisis* merupakan parameter penting dalam proses pembentukan *biochar*. Pada saat *pirolisis* berlangsung, hemiselulosa akan terurai pertama kali, dimana pada suhu 220 dan 315 °C. Selulosa mulai terurai pada suhu 315 - 400 °C. Lignin penguraiannya lambat tapi stabil mulai suhu 160 hingga 900 °C. Mineral tersebut tetap dalam *biochar* namun disebut sebagai abu. *Biochar* dengan kualitas baik dihasilkan dari pembakaran dengan kondisi suhu yang tinggi dan keberadaan oksigen terbatas (Brantley, *et al.*, 2015).

Menurut Siringorongo, *et al.* (2011), menyatakan bahwa nilai KTK menyangga fluktuasi dalam ketersediaan unsur hara dan pH tanah. Nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan relatif dari unsur-unsur hara. Pemberian *biochar* dapat meningkatkan pH pada tanah, semakin banyak takaran *biochar* yang diperlakukan pada tanah, maka pH tanah semakin tinggi. Selain itu, pemberian *biochar* yang konsentrasi kalsium oksida tinggi, diberikan ke tanah akan memiliki efek seperti pengapuran yang efektif untuk mengatasi keasaman tanah (Endriani, 2013). Dengan menambahkan *biochar* nilai KTK tanah akan semakin meningkat pula pH tanah, semakin meningkatnya nilai KTK dan pH akan berpengaruh terhadap kesuburan tanah. Menurut Puspitasari, *et al* (2012), KTK memiliki hubungan yang sangat erat dengan kesuburan tanah. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi seperti di desa banjar. Berdasarkan nilai korelasi terlihat bahwa peningkatan nilai KTK berbanding terbalik dengan jumlah spora *Glomus* dan *Acalospora*, dimana dengan adanya peningkatan KTK maka jumlah spora *Glomus* dan *Acalospora* akan mengalami penurunan, sedangkan jumlah spora *Acalospora* mengalami sedikit penurunan.

Menurut Siringorongo, *et al.* (2011), semakin tinggi KTK tanah semakin banyak kation-kation basa yang dapat ditahan oleh tanah. Sehingga semakin besar kemungkinan tanah akan memiliki tingkat kesuburan yang lebih tinggi, dan sebaliknya jika KTK dalam tanah rendah, maka tanah tidak dapat menahan unsur-unsur hara dengan baik, sehingga unsur hara yang terdapat di tanah tidak akan dengan mudah tercuci oleh air. KTK juga berpengaruh bagi infeksi jamur pada perakaran tanaman. Menurut Saputra (2015), kapasitas tukar kation (KTK)

diketahui dapat berpengaruh terhadap presentasi infeksi jamur MVA pada perakaran tanaman secara tidak langsung. Jumlah KTK yang tinggi maka presentase infeksi jamur MVA semakin menurun, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan semakin nilai KTK tinggi maka menandakan tanah semakin subur. Kondisi tanah yang subur menyebabkan penurunan aktivitas jamur MVA pada perakaran tanaman.

Nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan relatif dari unsur-unsur hara. Pada pH tanah rendah, toksisitas Al dapat timbul dan menyebabkan kerusakan terhadap pertumbuhan tanaman. Pemberian *biochar* dapat meningkatkan pH pada tanah, semakin banyak takaran *biochar* yang diperlakukan pada tanah, maka pH tanah semakin tinggi. *Biochar* juga dapat mengatasi racun dari tanah asam, selain itu, pemberian *biochar* yang konsentrasi kalsium oksida tinggi, diberikan ke tanah akan memiliki efek seperti pengapuran yang efektif untuk mengatasi keasaman tanah (Endriani, 2013). Menurut Siringorigo *et al.* (2011), aplikasi arang dapat meningkatkan pH dan mengurangi kejenuhan Al (aluminium) pada tanah-tanah masam yang seringkali merupakan kendala utama dalam hal produktivitas tanaman pada tanah yang sangat lapuk di daerah tropis basah. Peningkatan pH tanah merupakan kontribusi paling penting dalam hal perbaikan kualitas tanah.



Biochar dengan *pirolisis* tinggi lebih tahan terhadap dekomposisi sehingga lebih baik dalam menyimpan karbon lebih lama. Selain itu, *biochar* dengan *pirolisis* tinggi juga efektif dan produktif di atas tanah (Biederman *et al.* 2013). Sehingga dapat diketahui bahwa *biochar* dengan *pirolisis* yang tinggi menghasilkan kadar pH yang tinggi yang baik bagi tanah. Karena semakin tinggi nilai pH, maka semakin baik bagi ketersediaan unsur hara tanah dan penyerapan toksisitas Al dari tanah yang bersifat asam.

4.2.2 Perlakuan yang dapat Menahan Kadar Karbon Terbanyak

Berdasarkan hasil uji LSD pada Tabel 4.2 didapatkan hasil bahwa perlakuan yang dapat menahan jumlah karbon terbanyak didapatkan dari

perlakuan biomassa (KA: 10-20%). Perlakuan biomassa (KA: 10-20%) memiliki konsentrasi kandungan bahan organik lebih tinggi jika dibandingkan dengan biomassa (KA: 21-35%) maupun biomassa (KA: 10-20%), hal ini dikarenakan Semakin rendah persentase kadar air bahan maka, semakin tinggi persentase bahan organik pada bahan (Kusumadewi, 2012). Menurut Suhartana dan Yuniawati (2014), karbon merupakan komponen utama penyusun biomassa tanaman melalui proses fotosintesis. Menurut Ariani *et al* (2014), menyatakan bahwa kadar karbon dengan biomassa suatu tanaman. Penyimpanann biomassa secara langsung menggambarkan simpanan karbon. Hal ini dikarenakan karbon merupakan pecahan dari CO₂ yang nantinya akan diserap oleh tumbuhan hijau yang kemudian dipecah menjadi biomassa dan disimpan dalam bentuk karbon.

Bahan cabang sengon yang digunakan dalam proses penelitian ini ialah cabang dengan tiga perbedaan biomassa (kadar air), yakni biomassa (KA: 10-20%), (KA: 21-35%), (KA: 36-45%). Dari ketiga perbedaan biomassa tersebut, peneliti menggunakan massa yang sama yakni 50 gram untuk setiap perlakuan. Kadar karbon yang paling tinggi, didapatkan dari perlakuan biomassa (KA: 10-20%) yang merupakan bahan dengan kadar air paling rendah. Hal ini dikarenakan, bahan dengan biomassa (kadar air) paling rendah menandakan bahwa bahan tersebut memiliki konsentrasi bahan organik yang tinggi. Semakin tinggi konsentrasi bahan organik (penyusun kayu) menandakan semakin tinggi kadar karbon yang terkandung dalam bahan, begitupun sebaliknya semakin tinggi konsentrasi kadar air maka rendah konsentrasi bahan organik menandakan semakin rendah kandungan karbon dalam bahan. Semakin rendah persentase kadar air bahan maka, semakin tinggi persentase bahan organik pada bahan (Kusumadewi, 2012). Untuk rerata kadar karbon dapat dilihat pada Gambar (4.1).

Hasil uji LSD mengenai teknik pembakaran dapat dilihat pada Tabel 4.3. Perlakuan teknik pembakaran secara *pirolisis* (tertutup) menghasilkan kadar karbon yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar karbon yang diperoleh dengan perlakuan pembakaran terbuka. Hal ini dikarenakan pada pembakaran *pirolisis* akan terjadi (*slow pyrolysis*), sehingga dengan pembakaran yang lambat menyebabkan gas CO₂ yang dihasilkan semakin rendah. Menurut Wijayanti

(2012), Untuk menghasilkan arang yang memiliki kualitas tinggi, metode *pirolisis* sangat sesuai digunakan. Pada pembakaran *pirolisis* terjadi proses *slow pirolisis*, laju pemanasan yang digunakan sangat lambat, sehingga gas yang dihasilkan semakin rendah dan arang yang dihasilkan semakin baik. Menurut Chan (2007) *Biochar* yang dapat menyimpan karbon dalam jumlah banyak ialah *biochar* yang dihasilkan dari teknik *pirolisis* (pembakaran tanpa oksigen).

Dengan menambahkan *biochar* selain untuk menahan terjadinya emisi karbon, *biochar* dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah. Menurut penelitian Barus (2015), kadar karbon tanah meningkat sekitar 7% dengan penambahan *biochar*. Menurut Shalsabila *et al* (2017), kadar karbon tanah dapat meningkatkan mikroorganisme dan menstabilkan agregat tanah. Karena bahan organik memiliki kemampuan mengikat partikel-partikel membentuk agregat-agregat tanah sehingga membantu pembentukan pori makro dan pori mikro di dalam tanah. Sehingga, dengan adanya *biochar* kadar karbon dalam tanah meningkat, total ruang pori tanah meningkat, dan kepadatan tanah menurun serta dapat menyebabkan kemampuan mengikat air dalam tanah tinggi. Kandungan karbon yang terkandung dalam tanah dapat menggambarkan unsur hara lainnya dalam tanah yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur yang penting dalam mengelola tanah. Selain itu, *biochar* juga dapat dijadikan cadangan karbon untuk tanah.

Dari penjabaran diatas, dapat disimpulkan bahwa pembuatan *biochar* dengan perlakuan biomassa (KA: 10-20%) dan pembakaran *pirolisis* (tertutup) dapat menahan jumlah karbon paling banyak jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

4.2.3 Tingkat Kelayakan Buku Ilmiah Populer

Penyusunan karya ilmiah populer pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, seperti menentukan ide, tema atau topik (pokok permasalahan yang akan ditulis), penentuan tema dapat mempermudah dalam pengumpulan data yang harus ditetapkan kemudian dilakukan pengembangan tema yang berupa kajian mendalam terkait dalam tema observasi penelitian maupun kajian referensi, tahapan selanjutnya *outlining* yaitu membuat garis besar tentang apa saja yang

ditulis kedalam karya ilmiah populer, hal ini membantu proses penyelesaian penulisan agar tidak tersendat-sendat. Tahap selanjutnya yaitu membuat rancangan tulisan (*draf*) yang akan disusun dalam karya ilmiah populer. Tahapan terakhir yaitu proses *editing* dan uji kelayakan keterbacaan buku saja.

Proses penyusunan karya ilmiah populer ini selengkapnya sebagai berikut yaitu pertama menentukan judul yang sesuai dengan isi buku. Tahapan selanjutnya mencari referensi atau materi terkait dengan penelitian. Tahapan selanjutnya penyusunan *draf*, kemudian pembuatan desain, pemilihan gambar dan font penulisan, kemudian memasukkan materi dan referensi, setelah itu proses *editing*. Tahap akhir dari penyusunan karya ilmiah ini yaitu melakukan uji kelayakan keterbacaan karya ilmiah populer oleh validator. Adapun validator terdiri dari lima orang seperti yang sudah di jelaskan pada 4.1.4. validator diberikan *print out* berupa karya ilmiah populer dan lembaran validasi.

Hasil validasi karya ilmiah populer dari lima validator didapatkan rata-rata yakni 82,95% artinya karya ilmiah populer sangat layak digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa, jika semua *item* pada unsure sangat besar dan tidak ada kekurangan sehingga dapat digunakan sebagai bacaan masyarakat. Namun, masih terdapat beberapa yang perlu diperbaiki sesuai dengan komentar dan saran yang diberikan oleh validator. Perbaikan yang dilakukan meliputi sampul buku, judul, pengaturan tata letak gambar dan ukuran gambar, penulisan dan konsep isi buku. Revisi yang telah dilakukan terlihat pada Tabel 4.6. berdasarkan hasil validasi karya ilmiah populer berjudul “ARANG HAYATI TUMBUHAN SENGON KURANGI EMISI KARBON” sangat layak digunakan sebagai buku bacaan masyarakat awam.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh perbedaan biomassa dan teknik pembakaran cabang sengon (*Falcataria moluccana* Miq.), maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- a. Perbedaan biomassa dan teknik pembakaran berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas *biochar*. Semakin kering biomassa bahan dan pembakaran tertutup maka semakin tinggi kadar karbon dan kualitas *biochar* semakin baik. Rerata kadar karbon *biochar* tertinggi ialah 63,1% didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata kadar karbon *biochar* terendah ialah 54,7% didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Rerata kapasitas tukar kation (KTK) *biochar* tertinggi ialah 46,2 Cmol.kq⁻¹ didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata kapasitas tukar kation (KTK) *biochar* terendah ialah 14 Cmol.kq⁻¹ didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Rerata derajat keasaman *biochar* tertinggi ialah 9,8 didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran tertutup dan rerata derajat keasaman *biochar* terendah ialah 8,01 didapat dari perlakuan biomassa basah dengan pembakaran terbuka. Perlakuan pembakaran tertutup dengan biomassa basah mampu mengurangi emisi karbon terbanyak, sebesar 1,7%. Untuk interaksi antara perbedaan
- b. Perlakuan yang dapat menyimpan jumlah karbon lebih banyak dan menyebabkan paling sedikit terjadi emisi karbon didapat dari perlakuan biomassa kering dengan pembakaran terbuka, dengan kadar karbon tertahan sebesar 63,1%.
- c. Buku karya ilmiah populer dengan judul “Arang Hayati Tumbuhan Sengon Atasi Emisi Karbon” layak untuk dijadikan sebagai buku bacaan bagi masyarakat umum dengan rerata skor validasi yang diperoleh 82,95

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
Bagi peneliti lain, sebaiknya pada pembakaran tertutup tidak terlalu sering membuka tutup alat pirolisis pada perlakuan pembakaran tertutup.



DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, A. Sudhartono dan A. Whid. 2014. Biomassa dan Karbon Tumbuhan Bawah Sekitar Danau Tambing pada Kawasan Taman Nasional Lore Rindu. *Warta Rimba*. Vol.2(1):164-170.
- Atmaja I.G.D. 2015. Industri Semen dan Emisi *Carbon Dioxide* (CO₂) di Pulau Jawa. *Media Bina Ilmiah*. Vol. 9 (2): 63.
- Astrid M. 2015. *Bubbly Bio*. [online] <http://bubblybio.tumblr.com/2.a.3.September/> [19 mei 2017]
- Barus J. 2015. Efektifitas Dolomit dan Biochar Sekam Terhadap Produksi Produktivitas Dua Vub Padi Rawa. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*.
- Basri A.B. dan Abdul A. 2011. Arang Hayati (*Biochar*) Sebagai Bahan Pembenhah Tanah. *Serambi Pertanian*. Vol.5 (5).
- Basuki, T.M., H. D. Riyanto., dan S. Sukresno. 2008. Kajian kuantifikasi kandungan karbon pada hutan tanaman jati (*Tectona grandis* LINN). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. Vol 5 (1).
- Biederman, L and W. S. Harpole. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *Department of Ecology, Evolution, and Organismal Biology, Iowa State University*. 5:202-214.
- Brantley, K.E., K. R. Brye, M. C. Savin, dan D. E. Longer. 2015a. Biochar Source and Application Rate Effects on Soil Water Retention Determined Using Wetting Curves. *Soil Science*, 2015 (5) : 1-10.
- Chan K.Y., Zwieten L.V., Meszaros I., Downie A. Joseph S. 2007. Agronomic Values of greenwaste biochar as soil amendment. *Austalian jouenal of Soil Research*.629-634.
- Dalman. 2012. *Menulis Karya Ilmiah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Destyorini, F., A. Suhandi, A. Subhan, dan N. Indayaningsih. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur Dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Fisika*, 10(2) : 122- 133.
- Dodik N.R. dan Abdullah L. 2014. Memanfaatkan Hutan Mengurangi Emisi. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. Vol.1 (1): 19-20.

- Endriani, Sunarti, Ajidirman. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Soil Amandement Ultisol Sungai Bahar-Jambi. *Jurnal penelitian Universitas Jambi Seri sains*.
- Fauziah N. 2009. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit Acacia mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Adsorben. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Intitut Pertanian Bogor.
- Field. J.L., C.M.H. Keske, G.L. Brich, M.W.Defoort dan F. Cotrufo. 2013. Distributed biochar and bioenergy coproduction: a regionally specific case study of environmental benefits and economic impacts. *GCB Bioenergy*. 5:177-191.
- Finishwellunbiologi. 2015. <https://finishwellunbiologi.wordpress.com/proses-yang-terjadi-pada-daur-biogeokimia-2/> [20 April 2017]
- Gustafsson, M. 2013. Pyrolysis for Heat Production. *Tesis*. University of Gävle.
- Gustama A. 2012. Pembuatan Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit sebagai Adsorben dalam Pemurnian Biodiesel. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Intitut Pertanian Bogor.
- Hardiatmi S.J.M. 2010. Investasi Tanaman Kayu Sengon dalam Wanatani Cukup Menjanjikan. *Jurnal Inovasi Pertanian*. Vol.9(2).
- Hardjana A.F. 2010. Potensi Biomassa dan Karbon pada Hutan Tanaman *Acacia mangium* Di Hti Pt. Surya Hutania Jaya, Kalimantan Timur. *Jurnal penelitian sosial dan ekonomi kehutanan*. Vol.7(4). Hal: 237-249.
- Haryadi A. 2016. *Pengaruh Residu Biochar Terhadap Pertumbuhan dan Serapan N dan K Tanaman Kedelai (Glycine Max L.) Pada Topsoil Dan Subsoil Tanah Ultisol* [skripsi]. Lampung: Universitas Lampung.
- Heriansyah, I. 2005. Potensi pengembangan energi dari biomassa hutan di Indonesia. *Jurnal Inovasi*. Vol 5 (17): 34-38.
- Hilwan I., dan Nurjannah A.S. 2014. Potensi Simpanan Karbon pada Tegakan Revegetasi Lahan Pasca Tambang di PT. Jorong Barutama Greston, Kalimantan Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika*. Vol.05(3). Hal: 188-195.
- Iskandar T. 2012. Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol Jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis. *Jurusan Teknik Kimia*. Vol: 7(1).
- Jalaludin, Gani A., Darmadi. 2013. Analisis Karakteristik Emisi Gas Buang Pada Sarana Transportasi Roda Dua Kota Banda Aceh. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*. Vol.1 (4): 152-153.

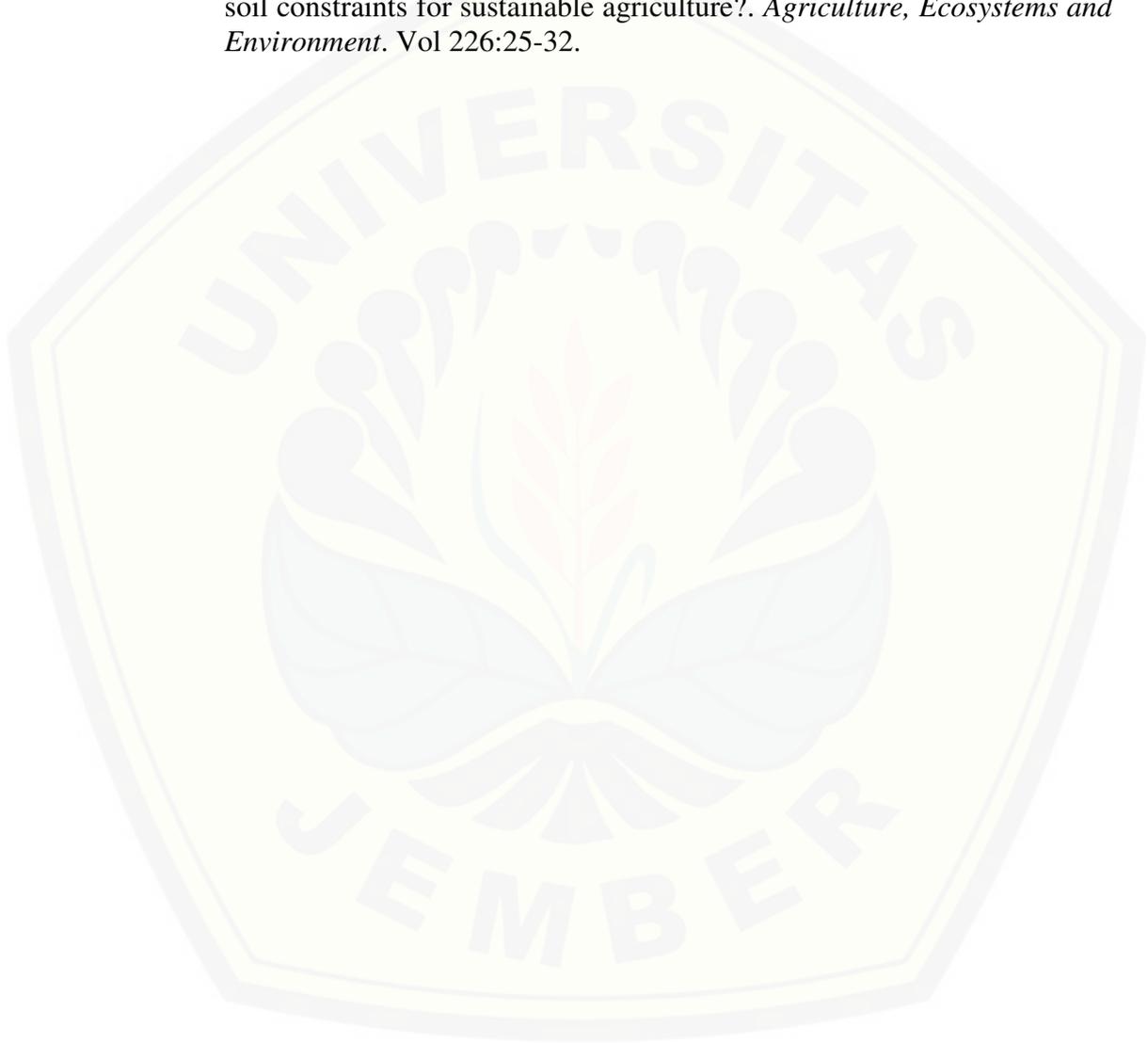
- Jamilatun S. dan Setyawan M. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*. Vol.12 (1).
- Jaya F.T. 2014. Adsorpsi Emisi Gas CO, NO, dan NO_x menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*) pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. *Skripsi*. Makasar: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
- Krisnawati H., Varis E., Kallio M., Kanninen M. 2011. *Paraserianthes falcataria (L.) Nisen, Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. Cifor: Bogor.
- Komarayati S., Gusmailina dan Pari. 2013. Arang dan Cuka Kayu: Produk Hasil Hutan Bukan Kayu untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman dan Serapan Hara Karbon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol.31 (1).
- Kusumadewi F. 2012. Analisis Karbon Terikat di atas Permukaan Tanah pada Tegakan Pohon Mahoni dan Jati di Lahan Reklamasi Bekas Tambang Pasir Gumulung Tonggoh, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kuswati. 2014. Uji Patogenesis *Steinernema Sp.* dan *Heterhabditis Sp.* Terhadap Rayap Tanah *Microtermes Sp.* serta Pemanfaatannya Sebagai buku Ilmiah Popular. *Skripsi*. Jember: Fkip Biologi Universitas Jember.
- Laird D.A., Brown R.C., and Amonette J.E. 2009. Review of The Pyrolysis Platform for Coproducing Bio-Oil And Biochar. *Biofor*. 547-562.
- Latupono, H., D. Shiddieq, A. Syukur, dan E. Hanudin. 2011. Pengaruh Biochar dari Limbah Sagu Terhadap Pelindian Nitrogen di Lahan Kering Masam. *Agronomika*, 11(2) : 144-155.
- Liu, X.H. dan X.C. Zhang. 2012. Effect of biochar on pH Alkaline Soils in the Loess Plateau: Results from Incubation Experiments. *IJAB*, 4(2012) : 745-750.
- Manuri, S., C.A.S. Putra., dan A. D. Saputra. 2011. Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. Palembang: MRRP-GIZ.
- Masitah I. 2013. Menipisnya Lapisan Ozon. *Jurnal Menipisnya Ozon*. E1A012016. Hal: 1-11.
- Mawardiana, Sufardi, dan E. Husen. 2013. Pengaruh Residu Biochar Dan Pemupukan NPK Terhadap Sifat Kimia Tanah Dan Pertumbuhan Serta

- Hasil Tanaman Padi Musim Tanam Ketiga. *Konservasi Sumber Daya Lahan*, 1 (1) : 16-23.
- Miranti S.T. 2012. Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H₃PO₄ dan KOH. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia Departemen Teknik Kimia.
- Munawar A. dan Wiryono. 2014. Serapan Kaarbon oleh Mangium dan Sengon Berumur Empat Tahun pada Lahan Pascatambang yang Sudah Direklamasi. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol.16 (1): 43-44.
- Nursyamsi dan Maftu'ah, E. 2015. Potensi Berbagai Bahan Organik Rawa sebagai Sumber Biochar. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indo*. Vol.1 (4): 776-781.
- Pamudji W.H. 2011. Potensi SerPAN Karbon pada Tegekan Akasia. *Skripsi*. Bogor: institut Pertanian Bogor.
- Pari G, Hendra D, Pasaribu R.A. 2006. Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kulit kayu Acacia mangium. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24(1): 33-46.
- Pari G., Gusmailina dan Komarayati S. 2013. Arang dan Cuka Kayu: Produk Hasil Hutan Bukan Kayu untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman dan Serapan Hara Karbon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol.31 (1).
- Plantamor. 2017. *Albizia falcataria Fosberg atau Paraserianthes falcataria L. Nielsen*. [serial online]. <http://www.plantamor.com/>. [13 februari 2017].
- Puspitasari D., Purwani K.I., Muhibuddin A. 2012. Eksplorasi Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Indigenous pada Lahan Jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol.1 (1).
- Putra E.E. 2014. Modifikasi dan Uji Kinerja Kiln Metal Tipe Drum Venturi untuk Pengarangan Limbah Pertanian. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rawung F.C. 2015. Efektifitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Mereduksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kawasan Perkotaan Boroko. *Media Matrasain*. Vol.12 (2): 17-18.
- Rizki G.M., Bintoro A. dan Hilmanto R. Perbandingan Emisi Karbon dengan Karbon Tersimpan di Hutan Rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. Vol. 4(1): 89-96.
- Rumidatul A. 2006. Efektifitas Arang Aktif Sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Saputra B., Linda R. Dan Lovardi I. 2015. Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* L. var. nipah) Di Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*. Vol 4 (1).
- Shalsabila F., Prijono S. dan Kusuma Z. 2017. Pengaruh Aplikasi Biochar Kulit Kakao terhadap Kemantapan Agregat dan Produksi Tanaman Jagung pada Ultisol Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya lahan*. Vol.4 (1): 476-479.
- Siringoringo H.H. dan Siregar C.A. 2011. Pengaruh Aplikasi Arang Terhadap Pertumbuhan Awal *Michelia Montana* Blume dan Perubahan Sifat Kesuburan Tanah pada Tiptanah Latosol (The Effect of Biochar Application on Early Growth of *Michelia montana* Blume and Change in Soil Fertility of Latosol Soil Type). *Jurnal penelitian hutan dan konservasi alam*. Vol.8(1).
- Subchan W. 2010. *Ilmu pengetahuan Lingkungan*. Jember: Unej press.
- Sujarwo. 2006. *Penyusunan Karya Tulis Ilmiah Populer*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sutaryo D. 2009. *Perhitungan Biomassa sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Verlina O.V. 2014. Potensi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Emisi Gas Co, No, Dan Nox pada Kendaraan Bermotor. *Skripsi*. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- Wahyono I.B. 2011. Kajian Biogeokimia Perairan Selat Sunda dan Barat Sumatra ditinjau dari Pertukaran Gas Karbon dioksida (CO₂) antara Laut dan Udara. *Tesis*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Wiana, W. 2010. *Karya Tulis Ilmiah Populer*. <http://file-upi-direktori/fptk-jur-prnd-kesejahteraan-keluarga-197101101998022-winwin-wiana-karya-tulis-ilmiahpopuler.pdf>. [06 juli 2017].
- Widyasari, N.A.E., B.H. Saharjo, Solichin dan Istomo. 2010. Pendugaan biomassa dan potensi karbon terikat di atas permukaan tanah pada hutan rawa gambut bekas terbakar di Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 15(1):41-49.
- Wijayanti W. dan Sasongko M.N. 2012. Reduksi Volume dan Pengurangan Kotoran Sapi dengan Metode Pirolisis. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Vol.3 (3).

Yuniawati dan Sona S. 2014. Potensi karbon pada limbah pemanenan kayu acacia crassicarpa (Carbon Potential of Waste Timber Harvesting Acacia Crassicarpa). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.12 (1).

Zhang, D., M. Yan., Y. Niu., X. Liu., L.V. Zwieten., D. Chen., R. Bian., K. Cheng., L. Li., S. Joseph., J. Zheng., X. Zheng., D. Crowley., T.R. Filley., dan G. Pan. 2016. Is current biochar research addressing global soil constraints for sustainable agriculture?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol 226:25-32.



LAMPIRAN A

MATRIKS PENELITIAN

LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN

Judul	Rumusan Masalah	Tujuan	Variabel	Indikator	Sumber Data	Metode Penelitian	Hipotesis
<p>“PENGARUH PERBEDAAN BIOMASSA CABANG SENGON (<i>FALCATARIA MOLUCCANA</i> (MIQ.)) TERHADAP JUMLAH KEMAMPUAN MENAHAN EMISI KARBON DAN KUALITAS <i>BIOCHAR</i> SERTA PEMANFAATAN SEBAGAI BUKU</p>	<p>1. Adakah pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kemampuan kayu sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.) dalam menahan emisi karbon dan kualitas biochar? 2. Pada perlakuan manakah yang dapat</p>	<p>1. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kemampuan cabang sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.) menahan emisi karbon dan kualitas biochar. 2. Untuk mengetahui perlakuan manakah yang dapat menahan</p>	<p>1. Variabel bebas: a. Biomassa cabang sengon b. Teknik pembakaran 2. Variable terikat: a. Kemampuan <i>biochar</i> menahan karbon b. Buku karya tulis ilmiah</p>	<p>1.a. biomassa cabang sengon b. kualitas <i>biochar</i> 2.a jumlah karbon yang terikat dalam <i>biochar</i>. b. Bahasa mudah dipahami, bentuk menarik (warna, gambar, bentuk,dll), tulisan jelas, judul menarik, isi sesuai dengan tema/judul.</p>	<p>1.a.Hasil pengukuran massa cabang sengon. b.hasil pengurangan karbon tertahan dalam <i>biochar</i> 2. a. Data hasil uji produk validator b. Rerata hasil prosentase hasil uji produk validator</p>	<p>1. Jenis Penelitian Eksperimen Laboratoris 2. Analisis data: - Analisis data yang digunakan untuk mendapatkan kualitas <i>biochar</i> dari cabang sengon laut (<i>Falcataria moluccana</i> (Miq)) dengan kadar air dalam cabang berbeda-beda, yaitu : kadar air basah (35-50%), kadar air sedang (21-34%) dan kadar air kering (5-20%) Uji yang digunakan ialah</p>	<p>1. Terdapat pengaruh perlakuan perbedaan biomassa dan teknik pembakaran terhadap kualitas biochar dari ranting sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.) dalam mengurangi terjadinya emisi</p>

<p>ILMIAH POPULER”.</p>	<p>menahan karbon dalam jumlah yang lebih besar? 3. Apakah buku hasil penelitian tentang Pengaruh Perbedaan Biomassa dan Teknik Pembakaran kayu Sengon (<i>Falcataria Moluccana</i> Miq.) terhadap Kemampuan Menahan Emisi Karbon dan Kualitas Biochar serta Pemanfaata</p>	<p>jumlah karbon dalam jumlah yang lebih besar. 3. Untuk mengetahui kelayakan produk hasil penelitian berupa buku ilmiah populer sebagai sumber bacaan masyarakat.</p>				<p>Analisis factorial. Sedangkan untuk mengetahui apakah perbedaan biomassa dan perlakuan bukadan tutup berpengaruh nyata terhadap kemampuan mengurangi emisi karbon dan kualitas <i>biochar</i> dengan menggunakan uji <i>Duncan</i>. - Produk karya Ilmiah populer dianalisis menggunakan analisis data presentase.</p>	<p>karbon. 2. Jumlah karbon yang lebih besar tertahan didapat dari perlakuan teknik pembakaran secara pirolisis (pembakara n dengan meminimalisir oksigen) dan dari bahan ranting yang masih basah (kadar air</p>
-------------------------	--	---	--	--	--	--	--

	<p>nya sebagai Buku Ilmiah Populer layak dijadikan buku ilmiah populer?</p>					<p>35-50%).</p> <p>3. Buku hasil penelitian tentang kemampuan arang hayati dari ranting sengon (<i>Falcataria moluccana</i> Miq.) dalam mengurangi emisi karbon layak digunakan sebagai buku bacaan masyarakat.</p>
--	---	--	--	--	--	---

LAMPIRAN B. PENGARUH PERLAKUAN BIOMASSA DAN PEMBAKARAN TERHADAP KADAR KARBON DAN KUALITAS *BIOCHAR* CABANG SENGON (*Falcataria moluccana* Miq) TERHADAP KUALITAS *BIOCHAR*.

Perlakuan	Ulangan	Kualitas <i>biochar</i>				
		Kadar Karbon Terikat	PH	KTK		
Pembakaran Tertutup	K	1	63,21	9,52	46,80	
		2	64,61	9,87	44,4	
		3	62,21	9,65	50,00	
		4	62,28	9,95	43,60	
	S	1	59,29	8,53	34,80	
		2	57,67	8,57	29,20	
		3	57,29	8,75	28,40	
		4	56,98	8,85	32,40	
	B	1	57,52	8,13	20,40	
		2	56,21	8,28	16,40	
		3	57,52	7,85	15,60	
		4	54,34	8,20	17,20	
	Pembakaran Terbuka	K	1	61,65	8,84	40,31
			2	61,96	8,75	40,80
			3	61,65	9,50	34,40
			4	61,34	8,65	34,80
S		1	56,37	8,13	23,60	
		2	56,77	8,21	29,98	
		3	56,37	8,12	24,40	
		4	56,19	8,33	25,88	
B	1	54,49	8,12	12,40		
	2	54,51	8,15	13,20		
	3	54,51	7,55	16,00		
	4	55,22	8,21	14,40		

LAMPIRAN C. ANALISIS DATA

C.1 Tabel Hasil Analisis Anova Pengaruh Perlakuan Biomassa dan Teknik Pembakaran Terhadap Kadar Karbon Cabang Sengon (*Falcataria moluccana* Miq).

Descriptive Statistics					
	BIOMASSA	PEMBAKAR AN	Mean	Std. Deviation	N
C-Organik	kering	terbuka	61.6500	.25311	4
		tertutup	63.0775	1.11873	4
		Total	62.3637	1.07054	8
	sedang	terbuka	56.4250	.24515	4
		tertutup	57.8075	1.02783	4
		Total	57.1162	1.01222	8
	basah	terbuka	54.6825	.35846	4
		tertutup	56.3975	1.50427	4
		Total	55.5400	1.36572	8
	Total	terbuka	57.5858	3.10330	12
		tertutup	59.0942	3.20355	12
		Total	58.3400	3.17925	24
KTK	kering	terbuka	37.5775	3.44780	4
		tertutup	46.2000	2.87518	4
		Total	41.8888	5.46622	8
	sedang	terbuka	25.9650	2.83842	4
		tertutup	31.2000	2.95748	4
		Total	28.5825	3.87705	8
	basah	terbuka	14.0000	1.56631	4
		tertutup	17.4000	2.10396	4
		Total	15.7000	2.50029	8
	Total	terbuka	25.8475	10.35318	12
		tertutup	31.6000	12.51966	12
		Total	28.7237	11.61292	24
pH	kering	terbuka	8.9350	.38458	4
		tertutup	9.7450	.19604	4
		Total	9.3400	.51702	8
	sedang	terbuka	8.1975	.09708	4
		tertutup	8.6750	.15089	4
		Total	8.4363	.28096	8
	basah	terbuka	8.0075	.30729	4
		tertutup	8.1150	.18699	4
		Total	8.0612	.24240	8
	Total	terbuka	8.3800	.49319	12
		tertutup	8.8450	.72461	12
		Total	8.6125	.65104	24

C.2 RERATA KUALITAS *BIOCHAR* DARI PERLAKUAN PERBEDAAN BIOMASSA DAN TEKNIK PEMBAKARAN PADA CABANG SENGON (*Falcataria moluccana* Miq).

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	C-Organik	218.006 ^a	5	43.601	54.236	.000
	KTK	2970.267 ^b	5	594.053	81.308	.000
	pH	8.705 ^c	5	1.741	30.024	.000
Intercept	C-Organik	81685.334	1	81685.334	1.016E5	.000
	KTK	19801.292	1	19801.292	2.710E3	.000
	pH	1780.204	1	1780.204	3.070E4	.000
f1	C-Organik	204.225	2	102.113	127.020	.000
	KTK	2743.642	2	1371.821	187.761	.000
	pH	6.914	2	3.457	59.614	.000
f2	C-Organik	13.650	1	13.650	16.980	.001
	KTK	198.548	1	198.548	27.175	.000
	pH	1.297	1	1.297	22.373	.000
f1 * f2	C-Organik	.130	2	.065	.081	.923
	KTK	28.078	2	14.039	1.922	.175
	pH	.494	2	.247	4.259	.031
Error	C-Organik	14.470	18	.804		
	KTK	131.512	18	7.306		
	pH	1.044	18	.058		
Total	C-Organik	81917.810	24			
	KTK	22903.071	24			
	pH	1789.952	24			
Corrected Total	C-Organik	232.476	23			
	KTK	3101.779	23			
	pH	9.749	23			

a. R Squared = .938 (Adjusted R Squared = .920)

b. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .946)

c. R Squared = .893 (Adjusted R Squared = .863)

C.3 Tabel Hasil Analisis LSD (*Least Significans Difference*) Pengaruh Perlakuan Biomassa Terhadap Kadar Karbon Cabang Sengon (*Falcataria moluccana* Miq).

Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) Biomassa	(J) Biomassa	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
C-Organik	kering	sedang	5.247*	.448	.000	4.306	6.189
		basah	6.824*	.448	.000	5.882	7.766
	sedang	kering	-5.247*	.448	.000	-6.189	-4.306
		basah	1.576*	.448	.002	.634	2.518
	basah	kering	-6.824*	.448	.000	-7.766	-5.882
		sedang	-1.576*	.448	.002	-2.518	-.634

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

C.4 Tabel Hasil Analisis LSD (*Least Significans Difference*) Pengaruh Perlakuan Teknik Pembakaran Terhadap Kadar Karbon *Cabang Sengon (Falcataria moluccana* Miq).

Dependent Variable	(I) Pembakaran	(J) Pembakaran	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
C-Organik	terbuka	tertutup	-1.508*	.366	.001	-2.277	-.739
	tertutup	terbuka	1.508*	.366	.001	.739	2.277

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

LAMPIRAN D

D.1 Lembar Validasi Buku Ilmiah Populer Oleh Ahli

LEMBAR VALIDASI PRODUK BUKU ILMIAH POPULER
OLEH AHLI MEDIA

Petunjuk:

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.
3. Mohon bapak/ibu memberikan tanggapan pada bagian kesimpulan dengan menlingkarisalah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku ilmiah populer yang telah disusun.
4. Keterangan penilaian:
 - 1 = tidak valid
 - 2 = kurang valid
 - 3 = valid
 - 4 = sangat valid

I. KOMPONEN KELAYAKAN ISI

Sub Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
A. qArtistik dan Estetika	1. Komposisi buku sesuai dengan tujuan penyusunan			✓	
	2. Penggunaan teks dan grafis proporsional				✓
	3. Kemenarikan <i>lay out</i> dan tata letak				
	4. Pemilihan warna yang menarik			✓	
	5. Kecerahan teks dan grafis				✓
	6. Tata letak unsur grafika estetis, dinamis, dan menarik serta menggunakan ilustrasi yang memperjelas pemahaman materi/isi			✓	

	buku				
B. Fungsi keseluruhan	7. Produk membantu mengembangkan pengetahuan pembaca			✓	
	8. Produk bersifat informatif				✓
	9. Secara keseluruhan produk buku menumbuhkan rasa ingin tahu pembaca			✓	

Kelayakan produk buku ilmiah populer sebagai buku bacaan masyarakat diketahui dengan mengkonversikan skor kedalam bentuk prosentase sebagai berikut.

$$\text{Prosentase skor (P)} : \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

Prosentase Skor = ~~$\frac{27}{36} \times 100 = 75,4$~~ $\frac{27}{36} \times 100 = 75\%$

Kualifikasi	Skor* (%)	Keputusan
Kurang Layak	25 – 43	Masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk ini sehingga sangat dibutuhkan pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Cukup Layak	44 – 62	Semua item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk ini dan perlu pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Layak	63 – 81	Semua item pada unsur yang dinilai sesuai, meskipun ada sedikit kekurangan dan perlu pembenaran dengan produk ini, namun tetap dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Sangat Layak	82-100	Semua item pada item yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada

kekurangan dengan produk buku sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

(Sumber: Diadaptasi dari Soejarwo, 2006)

Saran dan komentar perbaikan Produk Buku Ilmiah Populer:

- Pada cover, logo UNEJ kecilkan sedikit
- Halaman setting lagi ya (berada di ujung kanan kiri)
- Halaman 19, gambar e tv beri keterangan
- Hal 21, kurang konsisten. Begitu juga hal 24
- Secara keseluruhan, sudah lebih baik dari sebelumnya.

Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian diatas, maka produk buku ini:

- a. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- b. Dapat digunakan dengan revisi
- c. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember, 31 Oktober 2017

Validator Media


Ika Gra Novenda, S.Pd., M.Pd

D.2 Lembar Validasi Buku Ilmiah Populer Oleh Ahli Materi

**LEMBAR VALIDASI PRODUK BUKU ILMIAH POPULER
OLEH AHLI MATERI**

Petunjuk:

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian pada setiap aspek dengan memberi tanda check list (√) pada kolom skor yang telah disediakan.
2. Jika perlu diadakan revisi, mohon memberikan revisi pada bagian saran atau langsung pada naskah yang divalidasi.
3. Mohon bapak/ibu memberikan tanggapan pada bagian kesimpulan dengan melingkari salah satu pilihan yang tersedia guna keberlanjutan produk buku ilmiah populer yang telah disusun.
4. Keterangan penilaian:
 - 1 = tidak valid
 - 2 = kurang valid
 - 3 = valid
 - 4 = sangat valid

I. KOMPONEN KELAYAKAN ISI

Sub Komponen	Butir	Skor			
		1	2	3	4
A. Cakupan Materi	1. Kejelasan tujuan penyusunan buku			✓	✗
	2. Keluasan materi sesuai dengan tujuan penyusunan buku			✓	✗
	3. Kedalaman materi sesuai dengan tujuan penyusunan buku				✓
	4. Kejelasan materi			✓	
A. Akurasi materi	5. Akurasi fakta dan data				✓
	6. Akurasi konsep/teori			✓	✗
	7. Akurasi gambar atau ilustrasi			✓	

B. Kemutakhiran materi	8. Kesesuaian dengan perkembangan terbaru ilmu pengetahuan saat ini				✓
------------------------	---	--	--	--	---

II. KOMPONEN KELAYAKAN PENYAJIAN

A. Teknik penyajian	9. Konsistensi sistematika sajian			✓	
	10. Keiogisan penyajian dan keruruan konsep				✓
	11. Penyajian materi dilakukan secara runtun, bersistem, lugas, serta mudah digunakan dan dipahami			✓	
B. Pendukung Penyajian Materi	12. Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			✓	
	13. Pembangkit motivasi pembaca				✓
	14. Ketepatan pengetikan dan pemilihan gambar			✓	
JUMLAH SKOR KESELURUHAN				47	

(Sumber : Diadaptasi dari Puskurbuk, 2014)

Kelayakan produk buku ilmiah populer sebagai buku bacaan masyarakat diketahui dengan mengkonversikan skor kedalam bentuk prosentase sebagai berikut.

$$\text{Prosentase skor (P)} : \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

Prosentase Skor = $\frac{47}{56} \times 100 = 83,93$

Kualifikasi	Skor* (%)	Keputusan
Kurang Layak	25 – 43	Masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk ini sehingga sangat dibutuhkan pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Cukup Layak	44 – 62	Semua item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk ini dan perlu pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Layak	63 – 81	Semua item pada unsur yang dinilai sesuai, meskipun ada sedikit kekurangan dan perlu pembenaran dengan produk ini, namun tetap dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Sangat Layak	82-100	Semua item pada item yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk buku sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

(Sumber: Diadaptasi dari Soejarwo, 2006)

Saran dan komentar perbaikan produk Buku Ilmiah Populer

- Hindari salah tulis
- Tuliskan di sampul / judul Atz bahan / sumberan yg di pahami dan
- Cek nama sumberan drg bertanggung kepada Lembaga yg berwenang (LIP/Kelembagaan)

Kesimpulan:

Berdasarkan penilaian diatas, maka produk buku ini:

- a. Belum dapat digunakan dan masih memerlukan konsultasi
- b. Dapat digunakan dengan revisi
- c. Dapat digunakan tanpa revisi

Jember, 22 September 2017

Validator Materi


Dra. Pujiastuti M.Si

D.3 Lembar Validasi Buku Ilmiah Populer oleh Masyarakat Umum

III. Identitas Responden

Nama : Sih Masrunoh
 Alamat : Jl Nias 2 NO 23
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Pekerjaan : Mahasiswa

IV. Rubrik Skor Penilaian

No.	Kriteria	Skor	Rubrik Penilaian
1.	Sangat Baik	4	Jika masing-masing unsur-unsur yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk Buku Ilmiah Populer tersebut.
2.	Baik	3	Jika masing-masing unsur-unsur yang dinilai sesuai dan ada sedikit kekurangan dengan produk Buku Ilmiah Populer tersebut.
3.	Cukup	2	Jika masing-masing unsur-unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit atau banyak kekurangan dengan produk Buku Ilmiah Populer tersebut.
4.	Kurang	1	Jika masing-masing unsur-unsur yang dinilai tidak sesuai dan kekurangan dengan produk Buku Ilmiah Populer tersebut.

V. Petunjuk

1. Mohon Bapak/Ibu memberikan penilaian dengan melingkari angka pada masing-masing item yang dinilai.
2. Jika perlu diadakan revisi dan saran pada produk Buku Ilmiah Populer silahkan menuliskan pada kotak saran yang telah disediakan di akhir instrumen validasi.

VI. Instrumen Penilaian Buku Ilmiah Populer

NO.	URAIAN	SKOR			
A. KETENTUAN DASAR					
1.	Mencantumkan nama pengarang/penulis atau editor	1	2	3	4
B. CIRI BUKU ILMIAH POPULER					
1.	Berisi informasi yang akurat, berdsarkan fakta (tidak menekankan pada opini dan pandangan penulis)	1	2	3	4
2.	Berisi banyak gambar atau ilustrasi mengenai masalah atau gejala yang sedang dibahas di dalam Buku Ilmiah Populer	1	2	3	4
3.	Mencantumkan deskripsi singkat mengenai gejala atau masalah yang sedang dibahas di dalam Ruku Ilmiah Populer	1	2	3	4
4.	Sumber tulisan berasal dari karya ilmiah akademik seperti hasil penelitian, paper, skripsi, tesis	1	2	3	4
C. KOMPONEN BUKU					
1.	Ada bagian awal (prakata/pengantar dan daftar isi)	1	2	3	4
2.	Ada bagian isi atau materi	1	2	3	4
3.	Ada bagian akhir (daftar pustaka, glosarium, lampiran, atau indeks sesuai dengan keperluan)	1	2	3	4
D. PENILAIAN BUKU ILMIAH POPULER					
1.	Materi/isi buku mengaitkan dengan kondisi aktual dan berhubungan dengan kegiatan sehari-hari	1	2	3	4
2.	Isi buku ilmiah populer memperkenalkan temuan baru	1	2	3	4
3.	Isi buku sesuai dengan perkembangan ilmu yang mutakhir, sah, dan akurat	1	2	3	4
4.	Materi/isi menghindari masalah SARA, bias <i>gender</i> , serta pelanggaran HAM	1	2	3	4
5.	Penyajian materi/isi dilakukan secara runtun, bersistem,	1	2	3	4

lugas dan mudah dipahami oleh masyarakat					
6.	Penyajian materi/isi menumbuhkan motivasi untuk mengetahui lebih jauh	1	2	3	4
7.	Ilustrasi (gambar, foto, diagram atau tabel) yang digunakan sesuai dengan proporsional	1	2	3	4
8.	Istilah yang digunakan menggunakan bahasa ilmiah dan baku	1	2	3	4
9.	Bahasa (ejaan, kata, kalimat dan paragraf) digunakan dengan tepat, lugas, dan jelas sehingga mudah dipahami masyarakat awam	1	2	3	4
TOTAL SKOR					

VII. Analisis Skor

Kelayakan produk buku ilmiah populer sebagai buku bacaan masyarakat diketahui dengan mengkonversikan skor kedalam bentuk presentase sebagai berikut.

$$\text{Presentase skor (P)} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Skor} = \frac{59}{68} \times 100 = 86,76$$

Kualifikasi	Skor* (%)	Keputusan
Kurang Layak	25 – 43	Masing-masing item pada unsur yang dinilai tidak sesuai dan ada kekurangan dengan produk ini sehingga sangat dibutuhkan pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Cukup Layak	44 – 62	Semua item pada unsur yang dinilai kurang sesuai dan ada sedikit kekurangan dan atau banyak dengan produk ini dan perlu pembenaran agar dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Layak	63 – 81	Semua item pada unsur yang dinilai sesuai, meskipun ada sedikit kekurangan dan perlu pembenaran dengan produk ini, namun tetap dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat
Sangat Layak	82-100	Semua item pada item yang dinilai sangat sesuai dan tidak ada kekurangan dengan produk buku sehingga dapat digunakan sebagai buku bacaan masyarakat

(Sumber: Diadaptasi dari Soejarwo, 2006)

VIII. Komentar Umum dan Saran:

- ① Nomor halaman terlalu besar fontnya
- ① ditambah indeks.



IX. Simpulan Akhir

Dilihat dari semua aspek, apakah buku ini layak atau tidak layak untuk digunakan sebagai buku bacaan masyarakat?

Layak

Tidak Layak

Jember, 23 October 2017

Validator

SK Masruroh



LAMPIRAN E. HASIL DOKUMENTASI



Gambar 1. Pembakaran Terbuka



Gambar 2. Pembakaran Tertutup



Gambar 3. Pengabuan



Gambar 4. Pengujian pH



Gambar 6. Proses Destilasi



Gambar 7. Proses Titrasi