



TUGAS AKHIR TK 145501

Pembuatan Pengawet Bambu Asap Cair Grade C dari Proses Pirolisis Limbah Pengrajin Bambu

IMAN AKBAR
NRP. 2312030 010

RAHADIAN PRIAMBODO
NRP. 2312030 100

Dosen Pembimbing
Ir. Elly Agustyani, M.Eng

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR TK 145501

BAMBOO PRESERVATIVE PRODUCTION WITH C GRADE OF BAMBOO VINEGAR FROM PYROLISIS PROCESS FROM THE WASTE OF BAMBOO CRAFTMEN

IMAN AKBAR
NRP. 2312030 010

RAHADIAN PRIAMBODO
NRP. 2312030 100

Dosen Pembimbing
Ir. Elly Agustyani, M.Eng

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
Pembuatan Pengawet Bambu Asap Cair Grade C dari
Proses Pirolisis Limbah Pengrajin Bambu

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Elly Agustiani, M.Eng.
NIP. 19580819 198503 2 003

Mengetahui,

Ketua Program Studi
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 27 Juli 2016 untuk tugas akhir dengan judul "**Pembuatan Pengawet Bambu Asap Cair Grade C dari Proses Pirolisis Limbah Pengrajin Bambu**", yang disusun oleh :

IMAN AKBAR

(NRP 2312 030 010)

RAHADIAN PRIAMBODO

(NRP 2312 030 100)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji



Ir. Imam Syafril MT

Ir. Agus Surono MT

NIP. 19570819 198601 1 001

NIP. 19590727 198701 1 001

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS

Dosen Pembimbing



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT

Ir. Elly Agustiani, M.Eng

NIP. 19830308 201012 2 007

NIP. 19580819 198503 2 003

PEMBUATAN PENGAWET PADA BAMBU DENGAN PIROLISIS ASAP CAIR DAN BACILLUS SUBTILIS

Nama : 1. Iman Akbar NRP. 2312 030 010
2. Rahadian Priambodo NRP. 2312 030 100
Program Studi : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Elly Agustiani, M.Eng

ABSTRAK

*Kendala yang sering dihadapi masyarakat dalam bambu adalah serangan kumbang bubuk yang disebut *dinoderus minutus*. Pencegahan dengan cara pengawetan merupakan tindakan yang paling efektif untuk mengurangi serangan kumbang bubuk pada bambu. Oleh karena itu tujuan inovasi produk ini adalah mengetahui pengaruh asap cair dari pirolisis bambu terhadap pengawetan bambu.*

*Prosedur pengawetan yaitu pertama mempersiapkan bahan baku berupa bambu apus dan bambu ori yang sudah dikeringkan/dikurangi kadar airnya dengan ukuran 5-15 cm, LPG yang digunakan untuk memanaskan reactor pirolisis, air sebagai bahan pendingin/kondensor asap dari bambu. Tahap kedua yaitu menyiapkan bakteri *bacillus subtilis*. Tahap ketiga yaitu dengan membuat pengawetan bambu dengan asap cair dengan cara menyiapkan potongan bambu ori, dan apus tanpa diberi pengawet sebagai blanko, selanjutnya menyiapkan potongan bambu Ori dan apus untuk diawetkan. Kemudian menyemprotkan asap cair dan *bacillus subtilis* pada potongan bambu yang akan diawetkan, tunggu hingga waktu tertentu, amati yang terjadi setelah disemprot asap cair bambu.*

*Alat pirolisis ini beroperasi pada suhu 140-300°C. Alat ini mampu menampung kapasitas bambu yang menjadi bahan utama dalam pembuatan asap cair hingga 4 kg. Perbandingan pemberian bakteri *bacillus subtilis* dan asap cair terhadap bambu secara fisik memberikan efek yang sama terhadap tingkat mortalitas kumbang bubuk pada bambu tersebut.*

Kata kunci: *dinoderus minutus, bacillus subtilis, bambu ori, bambu apus, pirolisis, asap cair.*

BAMBOO PRESERVATIVE PRODUCTION WITH C GRADE OF BAMBOO VINEGAR FROM PYROLISIS PROCESS FROM THE WASTE OF BAMBOO CRAFTSMEN

Name : 1. Iman Akbar NRP. 2312 030 010
2. Rahadian Priambodo NRP. 2312 030 100
Department : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Lecturer : Ir. Elly Agustiani, M.Eng

ABSTRAK

*Problem that people often faced on bamboo is attack of beetle powder that called *dinoderus minutus*. The prevention by preservation is the most effective way to reduce the attack of beetle powder to bamboo. So the purpose of this product innovation is to know the effect bamboo vinegar from bamboo pyrolysis to bamboo preservation*

*Procedure of preservative is the first step prepare the cutted bamboo apus and bamboo ori that already dried and the size is 5 until 15 cm, LPG is use for heating the pyrolysis reactor, the water is for cooler the vapor of bamboo. the second step is prepare *bacillus subtilis* bacteria. the third step is make bamboo preservative with bamboo vinegar by prepare cutted bamboo ori and apus without preservator as blanko and than prepare cutted bamboo ori and apus to be preserved. And than give bamboo vinegar and *bacillus subtilis* bacteria to cutted bamboo ori and apus that for preservation and wait for a few time ,and observe what is happen after gived by bamboo vinegar.*

*This pyrolysis tool is operated on temerature 140°C until 300°C. this tool can contain bamboo as main ingridients for bamboo vinegar production until 4 kg. the comparison of giving *bacillus* bacteria and bamboo vinegar for bamboo as physic effect is the same to the level of beetle powder to that bamboo*

Kata kunci: *dinoderus minutus, bacillus subtilis, bamboo ori, bamboo apus, pyrolysis, bamboo vinegar.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-2
I.3. Batasan Masalah	I-2
I.4. Tujuan Inovasi Produk	I-2
I.5. Manfaat Inovasi Produk	I-2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Bambu	II-1
II.2. Pengawetan	II-8
II.3. Bakteri Penyerang pada <i>Dinoderus Minutus</i>	II-11
II.4. Kelebihan dan kekurangan Bakteri <i>Baillus</i>	II-11
II.5. Pengertian Pirolisis	II-12
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
III.1. Tahap Pelaksanaan	III-1
III.2. Bahan yang Digunakan	III-1
III.3. Peralatan yang Digunakan	III-1
III.4. Variabel yang Digunakan	III-2
III.5. Prosedur Pembuatan	III-2
III.6. Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi	III-2
III.9. Gambar Proses Percobaan	III-5
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1. Hasil Percobaan	IV-1
IV.2. Pembahasan.....	IV-2
BAB V NERACA MASSA DAN PANAS	
V.1. Neraca Massa	V-1
V.2. Neraca Panas	V-3
BAB VI ANALISA BIAYA	
VI.1. <i>Fixed Cost</i>	VI-1

VI.2. <i>Variable Cost</i>	VI-2
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
VII.1. Kesimpulan	VII-1
VII.2. Saran	VII-1
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN :	
1. APPENDIKS A NERACA MASSA	A-1
2. APPENDIKS B NERACA PANAS	B-1
3. APPENDIKS C HASIL ANALISA	C-1
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1.1 Masa Panen Bambu	II-3
Gambar II.1.3 Aplikasi Bambu apus dan bambu ori	II-5
Gambar II.2.2 Kerusakan pada bambu	II-9
Gambar II.2.3 <i>Dinoderus Minutus</i>	II-9
Gambar II.2 Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	II-12
Gambar II.5 Peralatan Pirolisis.....	II-13
Gambar IV.1 Inovasi alat teknologi pirolisis bambu.....	IV-3

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan Fenol dengan Suhu Praktikum..... IV-2

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Klasifikasi Bambu.	II-2
Tabel II.1.2	Sifat fisis dan mekanis bambu hitam dan bambu apus.....	II-4
Tabel II.1.3	Nilai Fisis dan Mekanis bambu	II-4
Tabel II.1.4	Jenis Bambu menurut penggunaannya.....	II-7
Tabel II.1.5	Jenis bambu menurut daerahnya.....	II-14
Tabel IV.1	Hasil Analisa Kadar Fenol Menurut SNI (06-6989-21-2004)	IV-1
Tabel IV.2	Hasil data uji fisik pengawetan bambu oleh bakteri <i>bacillus subtilis</i>	IV-1
Tabel IV.2	Hasil data uji fisik pengawetan bambu oleh asap cair	IV-2

DAFTAR NOTASI

No.	Keterangan	Notasi	Satuan
1.	Massa	m	gr
2.	Volume	V	ml
3.	Waktu	t	jam
4.	Densitas		gr/ml
5.	<i>Specific heat</i>	Cp	cal/gr.°C
6.	Panas laten		cal/gr
7.	Suhu	T	°C
8.	Daya	P	watt
9.	Konsentrasi	C	% (w/w)
10.	Enthalpi	H	cal
11.	Kalor	Q	kalori
12.	Berat molekul	BM	gr/mol

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar belakang Masalah

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan yang mempunyai batang berongga dan beruas-ruas, jenisnya banyak sekali dan manfaat yang diberikan pada manusia pun cukup banyak. Beragam kreasi banyak dihasilkan dari bambu mulai dari alat musik, furniture hingga bahan bangunan yang digunakan dalam arsitektur rumah tinggal bambu. Jaman dahulu bambu merupakan material yang sering digunakan sebagai bahan bangunan selain kayu dan batu, terutama di Asia. Ada lebih dari 1200 spesies bambu dan kebanyakan terdapat di Asia. Tumbuhan yang indah ini, dengan kekuatan dan kelenturannya, memiliki manfaat yang tidak terbatas. (*Lopez dan Shanley 2004*).

Aplikasi bambu saat ini telah banyak dikembangkan untuk furniture (perabot rumah tangga) dan rangka bangunan sebagai pengganti kayu. Banyak dari batang bambu dapat digunakan sebagai bahan konstruksi untuk pembangunan rumah, gedung, jembatan dan lain-lain (*Abdurahman Widjaya, 1994*). Pemanfaatannya antara lain dalam bentuk dinding, rangka, kuda-kuda, tiang, kasau (kaso), pintu, kusen, jendela. Selain itu muncul ide tentang kemungkinan penggunaan bambu sebagai alternatif tulangan atau kerangka pada beton untuk menggantikan besi baja.

perusak bambu aspek biologis adalah jamur, kumbang, bubuk dan rayap (*Elsppat, 1999*). Tanda serangan bubuk bambu mudah dikenali, yaitu adanya kotoran berupa tepung halus yang keluar dari lubang bambu. Lubang tersebut terdapat di permukaan dan merupakan tempat keluarnya serangga dewasa. Pada umumnya jenis serangga yang sering dijumpai *Dinoderus minutus* (*Duryatmo, 2000*).

Pada umumnya, pengawetan bamboo menggunakan bahan yang berbahaya seperti menggunakan *borax*, *Copper Chrome boron* (CCB), *Copper Chrome Arsenik*, *Copper Sulfat*, *Karosete*

/Ter. Salah satu penggunaan pengawet bambu yang berdampak bagi lingkungan adalah *Cooper sulfat*, *Cooper arsenik* dan *Copper Hrome Boron (CCB)* yang dapat menimbulkan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Pengawetan bamboo menggunakan bahan kimia lebih mudah dan murah. Tingkat keberhasilan pengawetan dari bahan kimia tergantung dari kondisi fisik bambu sebelum diawetkan, berat jenis bambu, umur bambu, musim, jenis bahan pengawet, posisi dan ukuran bambu (Elsppat, 1997).

Hingga saat ini masih dijumpai pengawetan bambu dengan metode perendaman bambu selama 2-3 bulan yang dapat menghindarkan dari serangan kumbang bubuk/serangga yang disebut *Dinoderus minutus* tanpa mengurangi kekuatan bambu. Perendaman dalam air tergenang paling efektif dalam mengurangi kadar pati yang berakibat dapat mengawetkan bambu. Pada saat perendaman air rendaman tersebut berubah menjadi keruh dan konsentrasinya menjadi pekat, hal ini disebabkan oleh munculnya mikroba (jasad renik) yang disebut oleh *Bacillus subtilis (Sulthoni, 2006)*. Kehadiran jenis bakteri ini akan mengeluarkan berbagai jenis enzim yang dapat menguraikan pati yang ada di dalam bambu untuk menjadi unsur yang lebih sederhana yang larut dalam air (Suranto, 2006).

Pengawetan bambu dengan menggunakan perendaman akan menyerap air dan ukuran dimensinya akan mengembang, baik dalam arah panjang, lebar maupun tebal. Proses pengembangan ini diikuti dengan proses melarutnya zat ekstraktif dari golongan yang larut air, misalnya gula, glukosida, tanin, beberapa senyawa nitrogen, dan zat pewarna kayu atau bambu. Sementara itu, zat ekstraktif dari golongan yang tidak larut dalam air, misalnya pati, akan tetap berada dalam jaringan kayu atau bambu. Kehadiran zat ekstraktif yang larut dalam air mengakibatkan air rendaman secara berangsur-angsur mengalami perubahan susunan kimia. Hal itu terjadi dari warna air yang mengeruh konsentrasinya menjadi pekat. Air yang kondisinya demikian sangat baik bagi pertumbuhan mikroba (jasad renik). Mikroba ini didominasi oleh

bakteri, terutama *Bacillus subtilis*, *B.masentiricus*, *Lactobacillus sp*, dan *Staphylococcus sp*.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui pengaruh suhu terhadap kadar phenol yang terkandung dalam asap cair grade C hasil dari proses pirolisis menggunakan limbah pengrajin bambu?
2. Bagaimana Mengetahui pengaruh phenol terhadap pengawetan bambu dan bandungkan dengan pengawet non kimia menggunakan bakteri *bacillus subtilis*?
3. Bagaimana mengetahui perbedaan pengaruh asap cair dan *bacillus subtilis* terhadap pengawetan bambu ori dan bambu apus?

I.3. Batasan Masalah

1. Bahan baku pirolisis adalah limbah pengrajin bambu ori dan bambu apus.
2. Limbah bambu ori dan bambu apus dalam keadaan kering.
3. Asap cair hasil pirolisis berupa asap cair grade C.
4. Menggunakan alat pirolisis dengan kapasitas 2,5 kg modifikasi alat pirolisis minilab pada buku rekayasa peralatan biobriket, Huda (2014).

I.4. Tujuan Inovasi Produk

1. Untuk pengaruh suhu terhadap kadar phenol yang dihasilkan dari proses pirolisis menggunakan bambu ori dan bambu apus.
2. Untuk mengetahui pengaruh phenol terhadap pengawetan bambu dan membandingkan dengan pengawet non kimia menggunakan bakteri *bacillus subillis*.
3. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh asap cair dan *bacillus subtilis* terhadap pengawetan bambu ori dan bambu apus.

I.5. Manfaat Inovasi Produk

Manfaat inovasi produk ini adalah:

1. Dapat membantu pengrajin bambu dalam mengawetkan bambu tanpa bahan kimia yang berbahaya.
2. Dapat memberikan informasi bagaimana mengawetkan bambu dengan cara yang lebih aman dari pada bahan kimia yang sudah pernah di gunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bambu

Bambu termasuk dalam keluarga rumput-rumputan, yang dapat menjadi penjelasan mengapa bambu memiliki laju pertumbuhan yang tinggi. Hal ini berarti bahwa ketika bambu dipanen, bambu akan tumbuh kembali dengan cepat tanpa mengganggu ekosistem. Tidak seperti pohon, batang bambu muncul dari permukaan dengan diameter penuh dan tumbuh hingga mencapai tinggi maksimum dalam satu musim tumbuh (sekitar 3 sampai 4 bulan). Selama beberapa bulan tersebut, setiap tunas yang muncul akan tumbuh vertikal tanpa menumbuhkan cabang hingga usia kematangan dicapai. Lalu, cabang tumbuh dari node dan daun muncul. Pada tahun berikutnya, dinding batang yang mengandung pulp akan mengeras. Pada tahun ketiga, batang semakin mengeras. Hingga tahun ke lima, jamur dapat tumbuh di bagian luar batang dan menembus hingga ke dalam dan membusukkan batang. Hingga tahun ke delapan (tergantung pada spesies), pertumbuhan jamur akan menyebabkan batang bambu membusuk dan runtuh. Hal ini menunjukkan bahwa bambu paling tepat dipanen ketika berusia antara tiga hingga tujuh tahun. Bambu tidak akan bertambah tinggi atau membesar batangnya setelah tahun pertama, dan bambu yang telah runtuh atau dipanen tidak akan digantikan oleh tunas bambu baru di tempat ia pernah tumbuh.

Metode pemanenan tanaman bambu adalah dengan metode tebang habis dan tebang pilih. Pada metode tebang habis, semua batang bambu ditebang baik yang tua maupun yang muda, sehingga kualitas batang bambu yang diperoleh bercampur antara bambu yang tua dan yang muda. Selain itu metode ini juga menimbulkan pengaruh terhadap sistem peregangan bambu, sehingga kelangsungan tanaman bambu terganggu, karena sistem peregangan bambu dipengaruhi juga oleh batang bambu yang ditinggalkan. Pada beberapa jenis tanaman bambu metode tebang

habis menyebabkan rumpun menjadi kering dan mati, tetapi pada jenis yang lain masih mampu menumbuhkan rebungnya tetapi dengan diameter rebung tidak besar dan jumlahnya tidak banyak (*Sindusuwarno, 1963*). Metode tebang pilih pada tanaman bambu adalah menebang batang-batang bambu berdasarkan umur tumbuhnya. Metode ini dikembangkan dengan dasar pemikiran adanya hubungan batang bambu yang ditinggalkan dengan kelangsungan sistem peregungan bambu. Penelitian dilakukan pada hutan bambu tanaman dengan mengklasifikasikan batangbatang bambu ke dalam generasi-generasi yaitu : generasi I (berumur 3 - 4 tahun), generasi II (berumur 2 - 3 tahun), generasi III (berumur 1 - 2 tahun) dan generasi IV (berumur 0 - 1 tahun). Pengklasifikasian ini tidak menyertakan batang dalam suatu rumpun yang lebih dari 4 tahun, karena umumnya batang bambu pada umur tersebut sudah ditebang karena sudah masak tebang. Informasi yang diberikan adalah bahwa sistem tebang pilih yang disarankan untuk dilakukan adalah yang pertama menebang semua batang generasi I, kedua menebang batang generasi I + II + III dan yang ketiga menebang semua batang generasi I + II. Selain itu perlu diperhatikan bahwa metode penebangan bukan merupakan satu-satunya faktor yang menentukan peregungan suatu tanaman bambu, melainkan dipengaruhi juga oleh banyaknya batang yang ditinggalkan pada tiap rumpun. Batang yang sebaiknya ditinggalkan dalam suatu pemanenan adalah generasi II, III dan IV dari suatu rumpun yang dipanen, dengan perbandingan generasi IV lebih banyak yang ditinggalkan daripada generasi lainnya. Bambu siap panen dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Bambu siap panen

Manfaat tanaman bambu ini sangat beragam, ada 600 jenis barang kebutuhan manusia berbahan baku bambu. Dalam kehidupan sehari-hari, perabot berbahan baku bambu mudah dijumpai, diantaranya, meja, kursi, tusuk gigi, tatakan gelas, tudung

saji, tempat buah, tas, tirai, tikar hingga sandal. (*Duryatmo 2000*). Jenis bambu menurut penggunaannya dapat dilihat pada tabel 2.1. Aplikasi bambu apus dan bambu ori dapat dilihat pada gambar 2.2

Tabel 2.1 Jenis bambu menurut penggunaannya

Jenis Bambu	Kesesuaian Penggunaan						
	Mebel	Kertas	Sumpit	Papan Serat	Kontruksi	Papan Partikel	Sayur
Ampel	-	✓	-	✓	-	✓	-
Apus	✓	✓	-	✓	✓	✓	-
Ater	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Petung	-	-	✓	-	✓	-	✓
Duri (ori)	-	✓	-	✓	✓	✓	-

Hitam	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
-------	---	---	---	---	---	---	---

Keterangan:

✓ = sesuai

- = tidak sesuai



Bambu apus sebagai mebel



Bambu Ori sebagai konstruksi bangunan

Gambar 2.2 Aplikasi bambu apus dan bambu ori

II.3 Jenis-jenis Bambu

Bambu di Indonesia terdapat kurang lebih 125 jenis bambu, ada yang masih tumbuh liar dan masih belum jelas kegunaannya. Beberapa jenis bambu tertentu mempunyai manfaat atau nilai ekonomis yang tinggi seperti: bambu apus, bambu ori,

bambu ater, bambu andong, bambu betung, bambu kuning, bambu hitam, bambu tlang, bambu tutul, bambu cendani, bambu batu, bambu belangke, bambu sian, bambu jepang, bambu gendang, bambu ali, dan bambu pagar. Total phenol dari bambu 5,35% (*Karolus Boromeus Reta, 2016*)

II.4 Keawetan bambu

Keawetan bambu adalah daya tahan bambu terhadap berbagai faktor perusak bambu, misalnya ketahanan bambu terhadap serangan rayap, bubuk kayu kering, dan jamur perusak bambu. Ketahanan alami bambu lebih rendah dibandingkan dengan kayu. Ketahanan bambu tergantung kepada kondisi iklim dan lingkungan. Bambu tanpa perlakuan khusus dapat bertahan antara satu sampai tiga tahun jika berinteraksi dengan tanah dan udara, jika berinteraksi dengan air laut usianya kurang dari satu tahun jika diawetkan usianya dapat mencapai empat sampai tujuh tahun, dan dalam kondisi tertentu dapat mencapai 10 sampai 15 tahun (*Elsppat, 1999*).

Ketahanan bambu bergantung pada :

1. Kondisi fisiknya, bambu yang sobek lebih sering rusak dibanding yang tidak sobek;
2. Bagian bawah bambu lebih kuat daripada bagian atas;
3. Bagian dalam biasanya lebih dahulu terserang daripada bagian luar;
4. Spesies *Dendrocalamus strictus* lebih rendah resistensinya dibandingkan *Dendrocalamus longisphatus*;
5. Kandungan pati, bambu yang kandungan patinya lebih tinggi lebih rentan terhadap serangan kumbang bubuk dibanding bambu yang kandungan patinya lebih rendah;
6. Waktu penebangan, bambu yang ditebang pada musim hujan lebih rentan terhadap serangan kumbang bubuk dibandingkan yang ditebang pada musim panas;

7. Kandungan air, kadar air yang tinggi menyebabkan kekuatan bambu menurun dan mudah lapuk.

II.5 Penyebab kerusakan bambu

Penyebab kerusakan bambu ada 2 yaitu: perusak biologis dan non-biologis. Perusak biologis yang sering menyerang bambu adalah jamur, rayap, kumbang bubuk dan mikroorganisme laut. Jamur menyebabkan kerusakan seperti: pengotoran, pelapukan dan perubahan warna. Kerusakan bambu karena serangan kumbang bubuk biasanya terjadi setelah batang bambu ditebang. Kumbang ini hidup dalam jaringan serat bambu untuk mendapatkan patinya.

Penyebab kerusakan non-biologis yang terpenting adalah air. Kadar air yang tinggi menyebabkan kekuatan bambu menurun dan mudah lapuk. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam metode pengawetan bambu apapun adalah pengeringan. Penggunaan bambu yang kering (kadar airnya tepat) dalam setiap metode pengawetan akan menghasilkan tingkat keawetan yang lebih baik dibanding penggunaan bambu yang masih basah (kadar air tinggi).

Keawetan bambu sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca dan lingkungan. Bambu tanpa perlakuan pengawetan, apabila dibiarkan bersentuhan secara langsung dengan tanah dan tidak terlindung dari cuaca, hanya mempunyai umur pakai sekitar 1 – 3 tahun. Bambu yang terlindung dari gangguan cuaca, umur pakainya dapat bertahan antara 4 – 7 tahun atau lebih. Dalam lingkungan yang ideal rangka (konstruksi) bambu dapat tahan selama 10 - 15 tahun. Jika berinteraksi dengan air laut, bambu cepat hancur oleh serangan mikroorganisme laut dalam waktu kurang dari satu tahun.

Keawetan bambu dipengaruhi juga oleh: kondisi fisik bambu, bagian ruas, spesies dan kandungan pati. Bambu yang telah dibelah lebih cepat rusak dibanding bambu yang masih utuh (belum dibelah). Ruas bambu bagian bawah mempunyai ketahanan rata-rata yang lebih tinggi dibanding bagian tengah atau bagian atasnya. Bagian sebelah dalam ruas biasanya lebih dulu terserang (serangga atau jamur) daripada bagian luar. Keawetan alamiah bambu

bervariasi antara satu spesies dengan spesies lain. Variasi ini berkaitan dengan ketahanan sepsis terhadap serangan rayap atau kumbang. Bambu yang kandungan patinya lebih tinggi lebih rentan terhadap serangan kumbang bubuk.

Keawetan alamiah bambu relatif lebih rendah dibanding kayu. Artinya, umur pakai struktur bambu relatif lebih pendek dibanding struktur kayu. Cara memperpanjang umur pakai bambu yaitu melalui pengawetan dan penerapan metode konstruksi tertentu. Metode ini bertujuan meminimalisir laju serangan jamur dan serangga. Meletakkan tonggak bambu pada dinding batu atau semen merupakan cara sederhana yang lebih baik ketimbang membenamkan bambu secara langsung ke dalam tanah. Pada konstruksi rumah bambu, sangat dianjurkan membuat pondasi dari beton atau batu. Pelapisan bambu dengan bahan penahan air dapat mengurangi serangan jamur.

II.6 Serangga Penyerang Bambu

Bambu bila sudah terlalu tua akan timbul serbuk-serbuk halus. Serbuk-serbuk halus tersebut merupakan hal yang umum terjadi pada bambu disebabkan oleh adanya serangga penyerang bambu, yang dinamakan *Dinoderus Minutus*. *Dinoderus Minutus* adalah sejenis serangga yang menyerang pada setiap pangkal bambu. Di wilayah tropis, kumbang ini adalah salah satu hama bambu yang utama, yang menggerek buluh bambu untuk memakan pati yang terkandung di dalamnya. Foto *Dinoderus Minutus* dapat dilihat pada gambar 2.3

Selain *Dinoderus Minutus* juga ditemukan di daerah tropis kumbang kumbang bubuk jenis *Bostrichids* yang paling banyak menyerang bambu, baik pada bambu iratan seperti keranjang maupun bambu bulat seperti furniture, bangunan dan material bambu lainnya. Selain pada *furniture*, bangunan dan material bambu lainnya. Selain pada bambu, jenis *Bostrichids* juga menyerang kayu keras dan lunak baik yang berjenis musiman maupun tidak, kayu yang banyak memiliki getah dan tidak bergetah juga sering menjadi sasaran serangan.



Gambar 2.3 *Dinoderus Minutus*

II.7 Bakteri Penyerang pada *Dinoderus Minutus*

Bacillus sp merupakan bakteri Gram positif dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob. Sporangya tahan terhadap panas (suhu tinggi), mampu mendegradasi *Xylan* dan karbohidrat (Cowandan Stell's, 1973). *Bacillus sp* mempunyai sifat:

1. mampu tumbuh pada suhu lebih dari 50 °C dan suhu kurang dari 5 °C,
2. mampu bertahan terhadap pasteurisasi,
3. mampu tumbuh pada konsentrasi garam tinggi (>10%),
4. mampu menghasilkan spora dan
5. mempunyai daya proteolitik yang tinggi dibandingkan mikroba lainnya.

Bacillus adalah salah satu genus bakteri yang berbentuk batang dan merupakan anggota dari divisi *Firmicutes*. *Bacillus* merupakan bakteri yang bersifat aerob obligat atau fakultatif, dan positif terhadap uji enzim katalase.

Bacillus secara alami terdapat dimana-mana, dan termasuk spesies yang hidup bebas atau bersifat patogen. Beberapa spesies *Bacillus* menghasilkan enzim ekstraseluler seperti protease, lipase, amilase, dan selulase yang bisa membantu pencernaan dalam tubuh hewan (Wongsa dan Werukhamkul, 2007). Jenis *Bacillus* (*B. cereus*, *B. clausii* dan *B. pumilus*) termasuk

dalam lima produk probiotik komersil terdiri dari spora bakteri yang telah dikarakterisasi dan berpotensi untuk kolonisasi, immunostimulasi, dan aktivitas antimikrobanya (Duc et al., 2004). Klasifikasi *Bacillus Subtilis* dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi *Bacillus Subtilis*

Domain:	<i>Bacteria</i>
Kingdom:	<i>Monera</i>
Phylum:	<i>Firmicutes</i>
Class:	<i>Bacilli</i>
Order:	<i>Bacillales</i>
Family:	<i>Bacillaceae</i>
Genus:	<i>Bacillus</i>
Species:	<i>Bacillus subtilis</i>

Beberapa penelitian telah berhasil mengisolasi dan memurnikan bakteriosin *Bacillus* sp. Gram positif diantaranya yaitu subtilin yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* (Klein et al., 1993), megacin yang dihasilkan oleh *B. megaterium* (Tagg et al., 1976), coagulins dihasilkan oleh *B. coagulans* (Hyronimus, 1998), cerein dihasilkan oleh *B. cereus* (Oscariz dan Pisabarro, 2000), dan tochicin yang dihasilkan oleh *B. thuringiensis* (Paik et al., 1997).

II.8 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Istilah lain dari pirolisis adalah penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Hal tersebut mengandung pengertian bahwa apabila tempurung dan cangkang dipanaskan tanpa berhubungan dengan udara dan diberi suhu yang cukup tinggi, maka akan terjadi reaksi penguraian dari senyawa-senyawa kompleks yang menyusun kayu keras dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan, dan gas

(Widjaya, 1982). Komponen utama biomassa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen ini akan terdekomposisi seiring dengan kenaikan suhu. Sehingga semakin tinggi laju pemansan pada proses pirolisis akan mempercepat pembentukan produk yang mudah menguap, meningkatkan tekanan, dan waktu tinggal pendek dari produk yang menguap. Hasil ini akan mampu meningkatkan optimalisasi bahan pengurangan limbah dalam proses gasifikasi dengan proses resirkulasi gas hasil pirolisa yang diproses kembali serta duhembukan kembali menuju zona reduksi dan pembakaran.

(Yokohama, 2007).

Pirolisa lignin akan menghasilkan senyawa fenol, guaiakol, siringol, bersama dengan homolog dan derivatnya (Nicholas, 1973).

Proses pirolisis kayu menurut (Nicholas, 1973) dibagi menjadi 2 bagian:

a. Tahap Suhu Rendah (0-200°C)

Proses pirolisis berjalan pelan, namun kayu tidak sampai terbakar. Kelembaban tinggi terjadi akibat penguapan air.

b. Tahap Suhu Tinggi (di atas 200°C)

Pada tahap ini, proses dekomposisi meningkat, dimulai dari terjadinya proses dekomposisi komponen kayu misalnya hemiselulosa, selulosa dan lignin. Proses pirolisis selanjutnya menghasilkan tar dan berbagai macam senyawa aromatik (fenol, xilenol) sebagai hasil dekomposisi lignin. Semua hasil dekomposisi menguap bersamaan dengan meningkatnya suhu pirolisis dan residu yang tertinggal adalah arang. Selain yang dihasilkan asap cair, proses pirolisis juga menghasilkan arang yang juga bernilai ekonomi tinggi. Arang dapat digunakan sebagai bahan bakar atau dimanfaatkan untuk pembuatan arang aktif. Menurut Santiyo Wibowo, 2012 menyatakan bahwa suhu

pirolisis 200-500°C didominasi oleh senyawa fenol dan asam organik.

II.8 Asap Cair

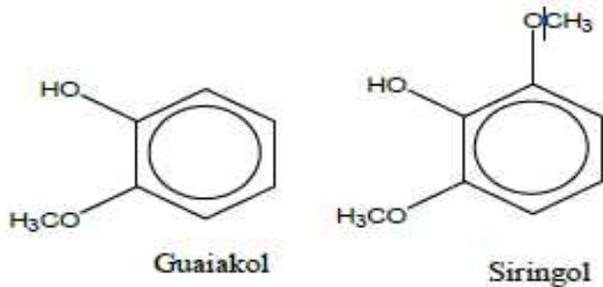
Asap cair (*smoke liquid*) merupakan hasil samping dari proses karbonasi (pengarangan) atau pembakaran bahan ber lignoselulosa dengan udara terbatas (pirolisis), yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerasi dan kondensasi/pengembunan asap menjadi bentuk cairan (*Yatagai, 1988; Darmadji, 2002*).

Asap cair mempunyai berbagai sifat fungsional, seperti: memberi aroma, rasa dan warna karena adanya senyawa fenol dan karbonil sebagai bahan pengawet alami karena mengandung senyawa fenol dan asam yang berperan sebagai anti bakteri dan antioksidan.

Komponen-komponen penyusun asap cair:

1. Fenol

fenol merupakan senyawa pembentuk aroma spesifik produk asap seperti bau terbakar, terutama jenis fenol guaiacol, eugenol dan siringol. Fenol (C_6H_5OH) memiliki titik didih 181,2°C. Senyawa phenol diduga berperan sebagai antioksidan. Karena senyawa phenol dapat membunuh bakteri pembusuk yang mendegradasi protein menjadi asam-asam amino, sehingga tidak menimbulkan bau busuk. Hal ini dikarenakan phenol yang terdapat dalam asap cair memiliki sifat bakteris statis yang tinggi sehingga menyebabkan bakteri tidak berkembang biak, dan bersifat fungisidal sehingga jamur tidak dapat tumbuh. Serta dapat memperpanjang masa simpan produk asapan, disamping itu phenol memberikan cita rasa dan warna yang khas pada produk olahan.



Gambar 2.4 Struktur senyawa fenol

2. Formaldehid

Senyawa kimia formaldehida (juga disebut metana atau formalin) merupakan aldehida dengan rumus kimia H_2CO , yang berbentuk wujud gas atau cair yang dikenal sebagai *paraformaldehyde* atau *trioxane*. Pada umumnya, formaldehida terbentuk akibat reaksi oksidasi katalitik pada methanol. Oleh sebab itu, formaldehida bisa dihasilkan dari pembakaran bahan yang mengandung karbon dan terkandung dalam asap tembakau.

3. Asam Organik

Asam organik adalah senyawa organik yang mempunyai derajat keasaman (*acidic properties*). Asam organik yang paling umum adalah asam alkanoat yang memiliki derajat keasaman dengan gugus karboksil -COOH, dan asam sulfonat dengan gugus $-SO_2OH$ mempunyai derajat keasaman yang relative lebih kuat. Stabilitas pada gugus asam sangat penting dan menentukan derajat keasaman sebuah senyawa organik.

Sifat dari asap cair dipengaruhi oleh komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin yang proporsinya bervariasi tergantung pada jenis bahan yang akan di pirolisis.

Dekomposisi hemiselulosa terjadi pada suhu 200-250°C. Fenol dihasilkan dari dekomposisi lignin yang terjadi pada suhu 300°C dan berakhir pada suhu 600°C. Proses selanjutnya yaitu pirolisis selulosa menghasilkan senyawa asam asetat dan senyawa karbonil seperti asetaldehid, glikosil dan akrolein.

Jenis-jenis Asap Cair

1. Asap cair grade C

Asap cair jenis grade C merupakan asap cair murni hasil dari pirolisis. Asap cair ini masih berwarna hitam pekat karena masih terkandung tar di dalamnya yang bersifat karsinogenik dan tidak bisa dipakai untuk pengawet makanan. Asap cair ini dipakai untuk pengolahan karet penghilang bau dan pengawet kayu biar tahan terhadap serangan rayap.

2. Asap cair grade B

Asap cair ini dipakai untuk pengawet makanan sebagai pengganti formalin dengan taste asap (daging asap, ikan asap/bandeng asap) berwarna kecoklatan transparan, rasa asam sedang, aroma asap lemah.

3. Asap cair grade A

Asap cair jenis ini digunakan sebagai pengawet makanan siap saji seperti bakso, mie, tahu, bumbu-bumbu barbaque. Asap cair grade A ini berwarna bening, rasa sedikit asam, aroma netral dan merupakan asap cair paling bagus kualitasnya serta tidak mengandung senyawa yang berbahaya untuk diaplikasikan ke produk makanan.

II.9 Termokopel

Termokopel merupakan salah satu jenis termometer yang banyak digunakan dalam laboratorium teknik. Dimana termokopel

berupa sambungan (junction) dua jenis logam atau logam campuran, yang salah satu sambungan logam tadi diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya.

Sambungan logam pada termokopel terdiri dari dua sambungan, yaitu:

- a. Reference Junction (*Cold Junction*) ,merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin (0°C).
- b. Measuring Junction (*Hot Junction*), merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu atau disebut juga sambungan panas.
- c. Pada dunia elektronika, termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik(voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C .

1. Jenis-Jenis Termokopel

Agar dapat digunakan dalam pengukuran, hanya material-material khusus yang digunakan sebagai termokopel. Syarat-syarat yang diperlukan agar dapat digunakan sebagai sensor adalah:

- a. Memiliki sensitifitas yang tinggi dan memiliki linearty yang baik.
- b. Memiliki span pengukuran yang lebar.
- b. Memiliki repeatability dan stabilitas yang tinggi, dan tidak berubah sifat karena waktu.
- c. Deviasi mutunya kecil.

2. Fungsi Termokopel

Termokopel merupakan salah satu sensor suhu yang banyak digunakan di industri, karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu :

- a. Tahan terhadap efek getaran
- b. Waktu respon pendek
- c. Ukurannya kecil dan harganya murah
- d. Tidak memiliki efek self-heating

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 1800 K. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0-100 °C dengan keakuratan 0.1 °C. Untuk aplikasi ini, Termistor dan RTD lebih cocok. Contoh penggunaan termokopel yang umum antara lain :

- a. Industri besi dan baja
- b. Pengaman pada alat-alat pemanas
- c. Untuk termopile sensor radiasi
- d. Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop, salah satu aplikasi termopile.

3. Efek Seebeck

Termokopel bekerja berdasarkan efek Seebeck, mengubah antara suhu sambungan acuan (reference junction) dengan suhu sambungan ukur (measuring junction) menjadi tegangan listrik. Hubungan antara harga tegangan yang terkoreksi $V_{(tl,0)}$ harga tegangan sambungan acuan $V_{(ref,0)}$ dan harga tegangan pada tabel standar kalibrasi $V_{(tl,ref)}$ adalah :

$$V_{(tl,0)}=V_{(tl,ref)}+V_{(ref,0)}$$

Efek Seebeck timbul karena kerapatan muatan pembawa (electron dalam logam) suatu penghantar berbeda dengan penghantar lain dan bergantung pada temperatur. Bila dua jenis penghantar dihubungkan sehingga membentuk dua sambungan dan kedua sambungan itu dipertahankan pada temperatur yang berbeda, maka difusi pembawa muatan yang terjadi pada sambungan itu mempunyai laju yang berbeda. Pada benda itu akan terjadi gerak neto dari pembawa muatan, seolah-olah pembawa muatan digerakkan oleh medan nonelektrik. Integral medan ini, pada lintasan tertutup sepanjang termokopel, menghasilkan elektromotansi Seebeck.

4. Pengertian Temperatur

Temperatur adalah ukuran panas-dinginnya dari suatu benda. Panas-dinginnya suatu benda berkaitan dengan energi termis yang terkandung dalam benda tersebut. Makin besar energi termisnya, makin besar temperaturnya. Temperatur disebut juga suhu. Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudahnya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut.

Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam termometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reumur, Fahrenheit dan Kelvin. Perbandingan antara satu jenis termometer dengan termometer lainnya mengikuti:

$$C:R:(F-32) = 5:4:9 \text{ dan}$$

$$K=C + 273.$$

Secara kualitatif, kita dapat mengetahui bahwa suhu adalah sensasi dingin atau hangatnya sebuah benda yang dirasakan ketika menyentuhnya. Secara kuantitatif, kita dapat mengetahuinya dengan menggunakan termometer. Suhu dapat diukur dengan menggunakan termometer yang berisi air raksa atau alkohol. Kata termometer ini diambil dari dua kata yaitu thermo yang artinya panas dan meter yang artinya mengukur (to measure).

(to measure).

5. Mengubah Skala Suhu

Cara mudah untuk mengubah dari Celsius, Fahrenheit, dan Reamur adalah dengan mengingat perbandingan $C:F:R = 5:9:4$. Caranya, adalah $(\text{Skala tujuan})/(\text{Skala awal}) \times \text{Suhu}$. Dari Celsius ke Fahrenheit setelah menggunakan cara itu, ditambahkan 32.

Contoh

$100\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada skala Fahrenheit adalah $9/5 \times 100 + 32 = 212\text{ }^{\circ}\text{F}$

$77\text{ }^{\circ}\text{F}$ pada skala Celsius adalah $5/9 \times (77-32) = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Kontak termal adalah dua buah benda dikatakan dalam keadaan kontak termal bila energi termal dapat bertukar diantara kedua benda tanpa adanya usaha yang dilakukan. Kesetimbangan Thermal yaitu situasi yang mana dua benda yang dalam keadaan kontak thermal menukarkan energi termal dalam jumlah yang sama. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan

thermal tergantung sifat benda tersebut. Pada saat kesetimbangan thermal ke dua benda mempunyai temperatur yang sama. Hukum ke-nol Termodinamika “Jika benda A dan B masing-masing dalam keadaan setimbang thermal dengan benda ke tiga C, maka benda A dan B dalam keadaan setimbang thermal terhadap satu sama lain”. Benda ketiga C ini nanti yang akan kita sebut thermometer. Dua benda A dan B yang dalam kesetimbangan thermal mempunyai temperatur yang sama.

Prinsip Kerja Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup antara -200°C sampai 1800°C dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C .

Prinsip kerja termokopel secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut hot junction. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi.

Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam

akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif. Kerapatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan. Besarnya termolistrik atau *gem* (*gaya electromagnet*) mengalir dari titik *hot-juction* ke *cold-juction* atau sebaliknya. Setelah terdeteksi perbedaan tegangan (volt). Beda tegangan ini linear dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi kedalam bentuk tampilan display. Sebelum dikonversi, nilai arus di komparasi dengan nilai acuan dan nilai offset di bagian komparator, fungsinya untuk menerjemahkan setiap satuan amper ke dalam satuan volt kemudian dijadikan besaran temperatur yang ditampilkan melalui layar/monitor berupa seven segmen yang menunjukkan temperatur yang dideteksi oleh termokopel.

BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1. Tahap Pelaksanaan

1. Pemilihan bambu ori dan apus.
2. Menyiapkan peralatan pirolisis
3. Menentukan waktu dan suhu pirolisis.
4. Mengaplikasikan asap cair sebagai pengawet terhadap bambu ori dan apus.
5. Mengaplikasikan *Bacillus Subtilis* sebagai pengawet terhadap bambu.

III.2. Bahan yang Digunakan

III.2.1 Bahan yang Digunakan dalam Proses Pirolisis

1. Limbah Bambu Ori dan bambu apus
Bahan baku yang digunakan adalah limbah bambu ori (*Bambusa arundinacea*) dan bambu apus (*Gigantochloa apus*) yang sudah diperkecil ukurannya. Limbah bambu ori (*Bambusa arundinacea*) yang digunakan di dapatkan dari pengrajin bambu di Keputih – Sukolilo.
2. Air
Air digunakan sebagai fluida pendingin
3. NaCl
Garam (NaCl) digunakan sebagai perantara kondensor.
4. Bakteri *Bacillus Subtilis*

III.3. Peralatan yang Digunakan

1. Alat pirolisis
2. Beaker Glass 100 ml
3. LPG 12 kg
4. Timbangan neraca analitik

III.4. Variabel yang Digunakan

III.4.1 Variabel yang dipilih untuk proses pirolisis

- Limbah bambu ori dan bambu apus
- Suhu proses pirolisis (140, 180, 220, 260, 300oC)

III.4.2 Variabel aplikasi asap cair dan bakteri terhadap pengawetan bambu

- Perbedaan konsentrasi bakteri *Bacillus Subtilis* : *aquades* (1:1; 1:2; 1:3)
- Perbedaan konsentrasi asap cair : *aquades* (1:1; 1:2; 1:3)

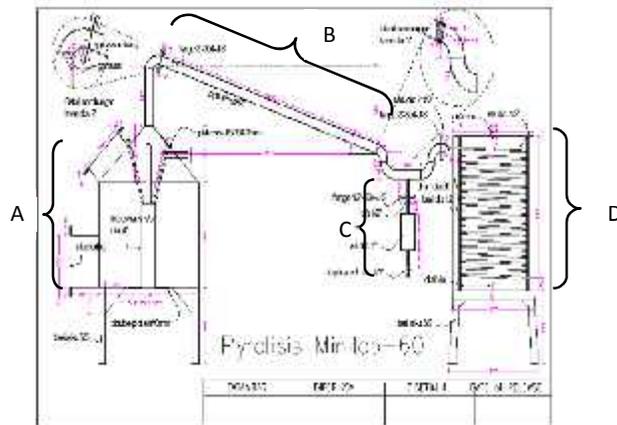
III.5 Prosedur Pembuatan Asap Cair dan Pengawetan Bambu.

III.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan proses pirolisis berbahan baku limbah pengrajin bambu berupa pemotongan bambu dan penelitian seperti karakteristik asap cair dan komponen - komponen di dalamnya, didapatkan asap cair grade C. Setelah dilakukan studi mengenai karakteristik asap cair dilakukan penyusunan variabel serta kondisi operasi yang tepat. Pada tahap ini juga dilakukan observasi laboratorium mengenai peralatan dan bahan yang dibutuhkan.

III.5.2. Perangkaian Alat

Dari hasil observasi yang telah dilakukan maka didapatkan desain seperangkat alat pirolisis.



Gambar 3.1. Skema Alat Metode Pirolisis

Keterangan gambar 3.1 :

- A. Tangki pembakaran
- B. Pipa penghubung
- C. Penampung tar
- D. Kondensor

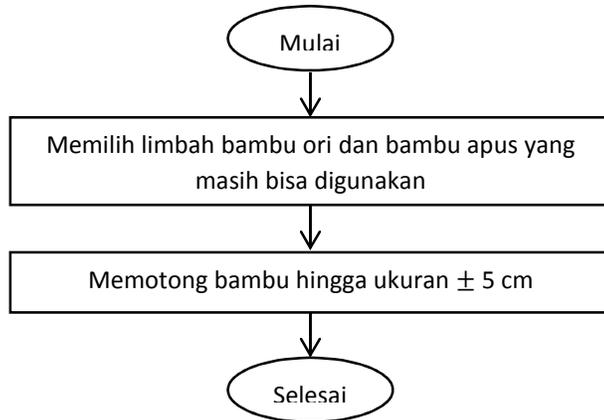
Alat pirolisis yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Dimensi tangki pembakaran :
 - Tinggi = 40 cm
 - Diameter = 31 cm
- Bahan tangki pembakaran : *stainless steel*
- Dimensi pipa penghubung :
 - Panjang = 185 cm
 - Diameter = 7 cm
- Bahan pipa penghubung : *stainless steel*
- Dimensi kondensor :
 - Tinggi = 39 cm
 - Diameter = 38 cm
- Bahan kondensor : galvanik
- Dimensi pipa kondensor :
 - Panjang = 180 cm
 - Diameter = 7 cm
- Bahan pipa kondensor : galvanik

Setelah dilakukan perancangan alat, maka dilakukan pembuatan alat kemudian instalasi alat. Instalasi alat yang telah dilakukan pada metode pirolisis dapat dilihat pada **Gambar 3**

III.5.3. Prosedur Percobaan

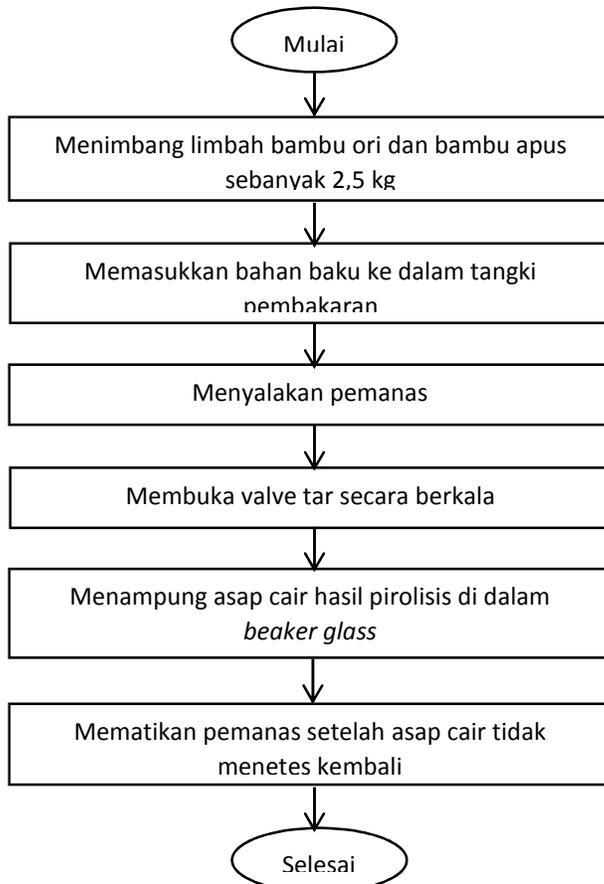
III.5.3.1. Proses *Pretreatment* Bahan Baku



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses pretreatment bahan baku yang dilakukan :

1. Memilih limbah bambu ori dan bambu apus yang masih bisa digunakan
Tahap pemilihan ini berfungsi untuk mendapatkan limbah bambu ori dan limbah bambu apus yang masih layak digunakan sebagai bahan baku pembuatan asap cair, karena tidak semua limbah bambu ori dan limbah bambu apus memiliki kondisi yang masih bagus (termakan rayap dan sudah rapuh).
2. Memotong limbah bambu ori menjadi ukuran 5 cm
Proses pemotongan disini digunakan mempermudah bahan baku masuk ke dalam tangki pembakaran, serta agar memudahkan proses pembakaran.

III.5.3.2. Proses Pirolisis



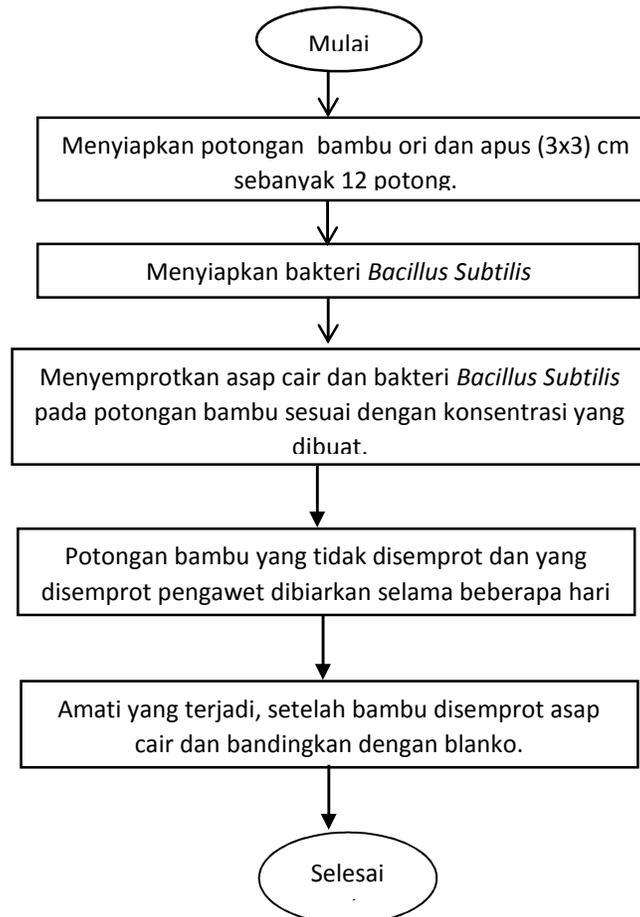
Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses pirolisis :

1. Memasukkan limbah bambu ori dan limbah bambu apus ke dalam tangki pembakaran
Limbah bambu ori yang telah ditimbang (seberat 2,5 kg) dimasukkan ke dalam tangki pembakaran.
2. Menyalakan pemanas
Setelah semua persiapan siap maka pemanas dinyalakan dan diatur suhunya sesuai dengan variabel suhu yang digunakan.
3. Membuka penampung tar secara berkala
Selama proses pirolisis berlangsung, bukaan tar harus di buka secara berkala, tujuannya agar tar tidak menghambat jalannya asap ke kondensor.
4. Menampung asap cair hasil pirolisis
Asap cair sebagai produk proses pirolisis di tampung di dalam beaker glass.
5. Mematikan pemanas
Setelah asap cair sudah tidak menetes maka pemanas dimatikan.



Gambar 3.2. Proses Pirolisis

III.5.4 Prosedur Pengawetan Bambu



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir pengawetan bambu:

1. Menyiapkan Potongan bambu ori dan apus masing-masing (3x3) cm sebanyak 12 potong, 4 potong masing-masing tanpa diberi asap cair maupun bakteri *Bacillus Subtilis*.
2. Menyiapkan bakteri *Bacillus Subtilis*
3. Menyemprotkan asap cair dan bakteri *Bacillus Subtilis* pada potongan bambu tersebut sesuai dengan konsentrasi yang dibuat (1:1; 1:2; 1:3) untuk masing-masing asap cair dan bakteri.
4. Potongan bambu yang tidak disemprot dan yang disemprot pengawet di biarkan selama beberapa hari.
Tujuannya adalah untuk mengetahui perubahan yang terjadi setelah bambu disemprot pengawet dan yang tidak disemprot.
5. Amati yang terjadi setelah bambu disemprot asap cair bambu dan bandingkan dengan blanko.

BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Proses Pirolisis Limbah Pengrajin Bambu

Pada proses pirolisis limbah bambu dari pengrajin bambu menyatakan bahwa pada suhu pirolisis 140°C, 180°C, 220°C, 260°C, dan 300°C nilai uji kadar total fenol dalam asap cair berkisar antara 2,2 sampai dengan 3 mg/L. Hasil analisa kandungan fenol dalam asap cair dapat ditunjukkan pada tabel 4.1. Hubungan antara kandungan fenol dalam asap cair terhadap kenaikan suhu pirolisis dapat dilihat pada gambar 4.1.

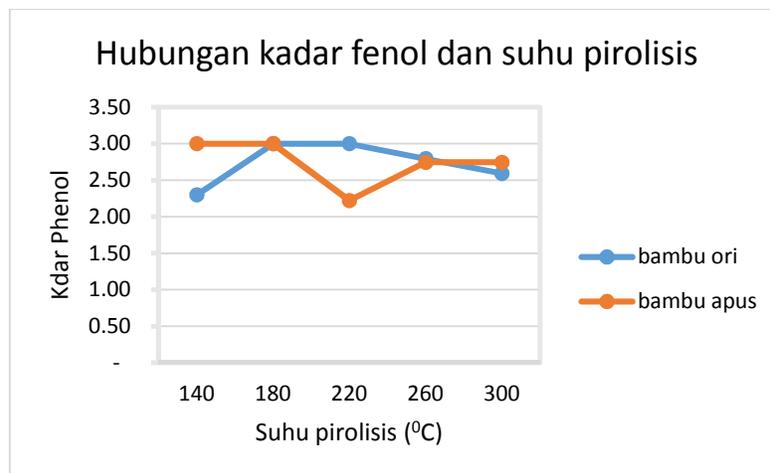
Tabel 4.1 Hasil Analisa Kadar Fenol dengan metode SNI (06-6989-21-2004)

No.	Nama Sampel	Kadar Fenol
1.	140A°C	2,301 mg/L
2.	140B°C	3,000 mg/L
3.	180A°C	3,000 mg/L
4.	180B°C	3,000 mg/L
5.	220A°C	3,000 mg/L
6.	220B°C	2,222 mg/L
7.	260A°C	2,797 mg/L
8.	260B°C	2,745 mg/L
9.	300A °C	2,594 mg/L
10.	300B °C	2,745 mg/L

Keterangan :

- A : Bambu ori
- B : Bambu apus

Grafik Hubungan kadar fenol dalam asap cair terhadap kenaikan suhu pirolisis dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Hubungan kadar fenol dalam asap cair terhadap kenaikan suhu pirolisis

IV.1.2 Hasil Aplikasi Asap Cair Terhadap Pengawetan Bambu Dibandingkan dengan Menggunakan Bakteri *Bacillus Subtilis*

Pada aplikasi pengawetan potongan bambu ori maupun bambu bambu apus (3x3cm) menggunakan asap cair hasil pirolisis pada suhu 300°C yang kadar total fenol 2,745 mg/l dilarutkan dalam H₂O disemprotkan pada seluruh permukaan bambu dengan perbandingan H₂O dan asap cair yaitu: 1:1; 1:2 dan 1:3 menunjukkan bahwa potongan-potongan bambu tersebut tidak terjadi perusakan (tidak terdapat bubuk) dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 bambu yang telah disemprotkan asap cair.



Gambar 4.3 bambu yang telah disemprotkan asap cair

Demikian pula pada aplikasi potongan bambu ori maupun bambu bambu apus (3x3cm) menggunakan bakteri dilarutkan dalam H₂O yang disemprotkan pada bambu ori dan bambu apus dengan dengan perbandingan H₂O dan bakteri dalam larutan *nutrient broth* yaitu: 1:1; 1:2 dan 1:3 menunjukkan bahwa potongan-potongan bambu tersebut tidak terjadi perusakan (tidak terdapat bubuk), dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4 bambu yang telah disemprotkan bakteri *bacillus subtilis*



Gambar 4.5 bambu yang telah disemprotkan bakteri *bacillus subtilis*

IV.2 Pembahasan

- a) Hasil asap cair dengan proses pirolisis dari limbah pengrajin bambu dengan suhu yang berbeda (140°C, 180°C, 220°C, 260°C, dan 300°C) menggunakan alat pirolisis dengan kapasitas 2,5 kg modifikasi alat pirolisis minilab (Huda, 2014) menunjukkan bahwa kandungan total fenol

berkisar antara 2,2 mg/L sampai 3 mg/L (gambar 4.1). Sedangkan pada literatur (Awhu, 2013) pada suhu pirolisis lebih besar dari 260°C sebesar 5,35%. Hal ini disebabkan karena alat kurang berfungsi dengan baik yang disebabkan adanya penyumbatan oleh tar di pipa penghubung antara tangki pembakaran dan penampung tar.

- b) Pengawetan bambu menggunakan asap cair yang mengandung total fenol sebesar 2,745 (suhu pirolisis 300°C) dengan perbandingan asap cair dan H₂O sebesar 1:1; 1:2; dan 1:3 (tanggal 23 Juni 2016 sampai tanggal 30 Juni 2016). menunjukkan bahwa bambu tidak mengalami kerusakan selama 1 minggu, demikian pula pengawetan bambu menggunakan bakteri dalam larutan *nutrient broth* yang diencerkan dengan H₂O dengan perbandingan 1:1; 1:2; dan 1:3 menunjukkan bambu tidak mengalami kerusakan selama 1 minggu (tanggal 23 Juni 2016 sampai tanggal 30 Juni 2016).



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 (ITS)

LAPORAN HASIL ANALISA

1. Nomor Sampel: 11004-001111
 2. Nama: 1000-4020
 3. Alamat: 8 Jalan Kerebag, WEA
 4. Jurusan: 10 Teknik Kimia FT-ITS
 5. Jenis Pengukuran: Kadar Fenol
 6. Waktu Sampel: 11.00.0000
 7. Unit Pengukuran:

No	Waktu Sampel	Suhu	Tipe Analisa	Hasil (mg/L)
1	240°C	mg/L	2,301	04030-0020-01-2014
2	260°C	mg/L	2,090	04030-0020-02-2014
3	280°C	mg/L	0,050	04030-0020-03-2014
4	300°C	mg/L	2,090	04030-0020-04-2014
5	320°C	mg/L	2,090	04030-0020-05-2014
6	220°C	mg/L	0,330	04030-0020-06-2014
7	250°C	mg/L	2,700	04030-0020-07-2014
8	260°C	mg/L	2,700	04030-0020-08-2014

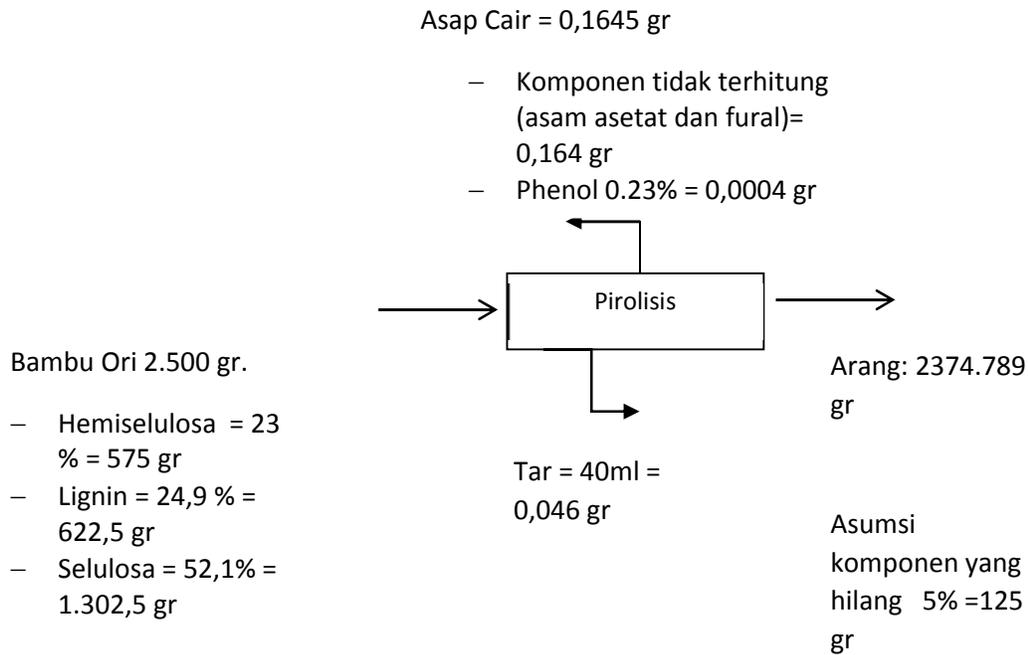
Keterangan:
 - Hasil uji kelayakan analisis menggunakan air yang diambil
 - Pemeriksaan hasil menggunakan standar yang tertera pada grafik ke-10
 - Laporan hasil menggunakan Standar Satuan Internasional (SI) dan akan lebih mudah
 - Laporan hasil menggunakan bahasa Indonesia yang lebih mudah

Surabaya, 01 Juni 2016
 Kepala Laboratorium Lingkungan LPPM ITS

 Dr. M. M. H. M. H. M. H.
 NIP. 198409091990110006

Gambar 4.6 Hasil analisa kadar fenol di Laboratorium LPPM ITS-Surabaya

APPENDIKS A PERHITUNGAN NERACA MASSA



A.1 Porsen Phenol

density asap cair pirolisis = 1,175 gram/l
 1L asap cair beratnya = 1175 mg
 hasil analisa phenol = 2,745 mg/L

$$\text{persen phenol} = (\text{berat asap cair} / \text{Hasil analisa phenol}) \times 100\% = (1175 / 2,745) \times 100\% = 0,233617\%$$

C.2 Berat phenol

$$\text{Berat Asap Cair} \times \text{Persen Phenol} = 164,5 \times 0,23\% = 0,383 \text{ mg}$$

C.3 Berat H₂O

$$\text{Berat Asap Cair} - \text{Berat Phenol} = 164,5 - 0,383 = 164,117 \text{ mg}$$

C.4 Berat Tar

Volume Tar = 40 ml
 Densitas Tar = 1,153 mg/l
 Berat Tar = volume tar x densitas tar
 = 40 x 1,153 = 46,12 mg

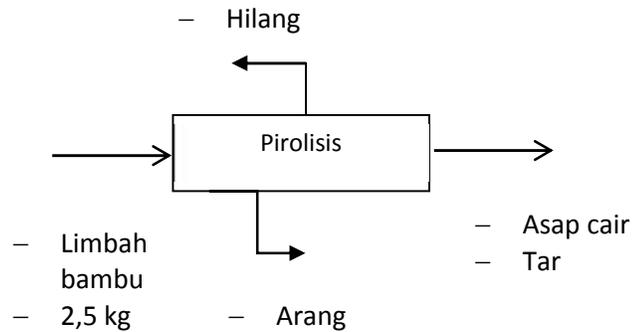
C.5 Neraca Massa

Berat komponen masuk = berat komponen keluar

Masuk	Berat(gr)	Keluar	Berat (gr)
hemiselulosa	575	Tar	0,046
Selulosa	1.302,5	Komponen tidak terhitung (asam asetat dan fural)	0,164
Lignin	622,5	Phenol	0,0004
		arang	2.374
		Asumsi Komponen yang Hilang 5%	125
Total	2.500	Total	2.500

$$575 + 1.302,5 + 622,5 = 0,04612 + 0,164 + 0,0004 + 2374,789 + 1252500 \text{ gr} = 2500 \text{ gr}$$

APPENDIKS B PERHITUNGAN NERACA MASSA



B.1 Enthalpy Feed

1. LPG

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\Delta T) \\ &= 3 \times 11200 \times (300 - 25) \\ &= 9.240.000 \end{aligned}$$

2. Lignin

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\Delta T) \\ &= 622,5 \times 0,0716 \times (28-25) \\ &= 133,713 \end{aligned}$$

3. Cellulose

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\Delta T) \\ &= 1302,5 \times 0,289004 \times (28-25) \\ &= 1129,283 \end{aligned}$$

4. Hemiselulosa

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\Delta T) \\ &= 575 \times 0,5604 \times (28-25) \\ &= 966,69 \end{aligned}$$

Aliran masuk dengan suhu referensi 25°C

komponen	Massa (kg)	C _p (kcal/kg)	T (°C)	H
LPG	3	11.200	300	9.240.000
Lignin	622,5	0,0716	28	133,713
cellulose	1302,5	0,289004	28	1129,283
hemiselulosa	575	0,5604	28	966,69
Total				9242229.686

B.2 Enthalpy Product

1. Komponen tidak terhitung (asam asetat dan fural)

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\text{delta}T) \\ &= 0.164 \times 0.903832 \times (300-25) \\ &= 40,7628232 \end{aligned}$$

2. Phenol

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\text{delta}T) \\ &= 0.000383 \times 0,34155 \times (300-25) \\ &= 0,035973754 \end{aligned}$$

3. Tar

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\text{delta}T) \\ &= 0,00004612 \times 7.000 \times (300-25) \\ &= 88,781 \end{aligned}$$

4. Arang

$$\begin{aligned} H &= m \times c_p \times (\text{delta}T) \\ &= 2 \times 4.592 \times (300-25) \\ &= 2.525.600 \end{aligned}$$

Aliran keluar dengan suhu refrensi 25°C

Komponen	Massa (kg)	Cp (kcal/kg)	T (°C)	H
Komponen tidak terhitung (asam asetat dan fural)	0,164	0,903832	300	40,7628232
phenol	0,000383	0,34155	300	0,035973754
Tar	0,00004612	7.000	300	88,781
Arang	2	4.592	300	2.525.600
Total				2.525.729,58

$$H_{(\text{masuk})} = H_{(\text{keluar})} + H_{(\text{loss})}$$

$$H_{(\text{loss})} = 6.716.500,106$$

Prosedur uji kadar fenol secara Spektrofotometri SNI 06-6989.21-2004

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan kadar fenol dalam air dan air limbah menggunakan aminoantipirin dengan alat spektrofotometer. Kadar fenol yang diukur antara 0,005 mg/L sampai dengan 0,1 mg/L menggunakan panjang gelombang 460 nm dan untuk kadar fenol lebih besar dari 0,1 mg/L menggunakan panjang gelombang 500 nm.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk fenol

larutan yang mempunyai kadar logam fenol 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku fenol

larutan induk fenol yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

2.3

larutan kerja fenol

larutan baku fenol yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi

2.4

larutan kerja fenol 0,005 mg/L sampai dengan 0,100 mg/L

larutan baku fenol yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar fenol 0,006 mg/L; 0,010 mg/L; 0,020 mg/L; 0,040 mg/L dan 0,100 mg/L

2.5

larutan kerja fenol 0,200 mg/L sampai dengan 5,000 mg/L

larutan baku fenol yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar fenol 0,200 mg/L; 0,800 mg/L; 1,600 mg/L; 3,000 mg/L; 4,000 mg/L dan 5,000 mg/L

2.6

larutan blanko

air suling yang perlakuannya sama dengan contoh uji

2.7

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu, yang dibuat oleh seorang analis atau penyelia untuk diuji kadarnya oleh analis yang lain

2.8

spike matrix

contoh uji yang diperkaya menggunakan larutan baku dengan kadar tertentu

2.9

Certified Reference Material (CRM)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

2.10

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan masuk, yang biasanya merupakan garis lurus

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Semua fenol dalam air akan bereaksi dengan 4-aminoantipirin pada pH $7,9 \pm 0,1$ dalam suasana larutan kalium ferri sianida akan membentuk warna merah kecoklatan dari antipirin. Warna yang terbentuk diukur absorbansinya pada panjang gelombang 460 nm atau 500 nm.

3.2 Bahan

- a) natrium sulfat anhidrat, Na_2SO_4 ;
- b) air suling yang mempunyai daya hantar listrik (DHL) $0,5 \mu\text{mhos/cm}$ sampai dengan $2 \mu\text{mhos/cm}$;
- c) kristal kalium iodida, KI;
- d) asam klorida, HCl pekat 12 N;
- e) natrium klorida, NaCl;
- f) kristal fenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ murni 99,99%;
- g) kloroform, CHCl_3 ;
- h) kalium dikromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N;
- i) serbuk di-kalium hidrogen fosfat, K_2HPO_4 ;
- j) serbuk kalium dihidrogen fosfat, KH_2PO_4 ;
- k) larutan kalium ferisianida, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$;
- l) larutan bromat-bromida 0,1 N:
timbang 2,784 g KBrO_3 anhidrat, tambahkan 10 g kristal kalium bromida, KBr kemudian larutkan dengan air suling sampai 100 mL;
- m) indikator metil jingga 5%:
larutkan 5 g kristal metil jingga dengan air suling sampai 100 mL;
- n) asam fosfat, H_3PO_4 1 : 9:
pipet 10 mL H_3PO_4 85%, kemudian tambahkan 90 mL air suling dalam labu ukur 100 mL;
- o) natrium thiosulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N:
larutkan 6,205 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan 0,25 g NaOH dengan air suling sampai volume 1000 mL dalam labu ukur;
- p) larutan indikator kanji 0,05%:
larutkan 50 mg kristal kanji dalam 100 mL air suling;

- q) larutan natrium hidroksida, NaOH 2,5 N:
larutkan 10 g NaOH kristal dalam 100 mL air suling;
- r) larutan ammonium hidroksida, NH₄OH 0,5 N:
encerkan 35 mL NH₄OH pekat dengan air suling sampai 1000 mL;
- s) larutan asam sulfat, H₂SO₄ 1 N:
encerkan 2,777 mL asam sulfat pekat dengan air suling sampai 100 mL;
- t) larutan asam sulfat, H₂SO₄ 4 N:
encerkan 11,111 mL asam sulfat pekat dengan air suling sampai 100 mL;
- u) larutan penyangga fosfat:
larutkan 104,5 g K₂HPO₄ dan 72,3 g KH₂PO₄ dalam 1000 mL air suling, pH harus 6,8;
- v) larutan 4 - aminoantipirin:
larutkan 2,0 g kristal 4 aminoantipirin dalam 100 mL air suling, siapkan setiap akan melakukan analisis;
- w) larutan kalium ferisianida, K₄Fe(CN)₆:
larutkan 8,0 g kristal kalium ferisianida dalam 100 mL air suling, larutan ini mempunyai waktu simpan selama 1 minggu.

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer uv/vis;
- b) destilator yang dilengkapi dengan labu didih 1000 mL;
- c) penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- d) buret 50 mL;
- e) corong pemisah 500 mL;
- f) labu ukur 100 mL dan 1000 mL;
- g) gelas ukur 100 mL;
- h) pipet ukur 5 mL dan 10 mL;
- i) pipet volumetrik 1 mL; 2 mL; 5 mL dan 10 mL;
- j) gelas piala 500 mL dan 1000 mL; dan
- k) erlenmeyer 500 mL.

3.4 Pengawetan contoh uji

Apabila contoh uji tidak dapat segera dianalisis, contoh uji dapat diawetkan dengan cara penambahan asam sulfat, H₂SO₄ sampai pH lebih kecil sama dengan 2 dan simpan pada temperatur 4°C. Waktu simpan maksimum 28 hari.

3.5 Persiapan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Ukur 500 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam labu didih, tambahkan batu didih dan beberapa indikator metil jingga sampai terjadi warna kuning.
- b) Tambahkan 2 sampai dengan 3 tetes larutan asam fosfat 1:9 sampai warna merah jingga (pH ± 4,0) dan bila timbul gas H₂S atau SO₄ kocok pelan-pelan labu didih hingga bau gas hilang.

- c) Tambahkan lagi asam fosfat bila warna larutan contoh uji menjadi kuning kembali.
- d) Operasikan destilator dan tampung destilat pada gelas ukur sampai volume menjadi 450 mL.
- e) Matikan alat pemanas dan tambahkan air suling sebanyak 50 mL ke dalam labu didih, teruskan penyulingan hingga volume destilat menjadi 500 mL.
- f) Bila destilat jernih, lanjutkan pada tahap cara uji.
- g) Bila destilat yang dihasilkan keruh, tambahkan asam fosfat sampai warna merah jingga dan ulang destilasi mulai dari butir d) sampai f).
- h) Bila destilat ulang pada langkah g) masih keruh, ekstraksi terhadap contoh uji dengan tahapan sebagai berikut:
 - 1) Ukur 500 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam corong pisah.
 - 2) Tambahkan masing-masing 4 tetes indikator metil jingga dan H_2SO_4 1 N sampai warna merah jingga, kemudian tambahkan 150 g NaCl.
 - 3) Ekstraksi dengan 40 mL kloroform, kemudian kocok dan biarkan sampai lapisan kloroform terpisah.
 - 4) Pindahkan lapisan kloroform ke dalam corong pemisah lainnya dan ulangi ekstraksi diatas sebanyak 4 kali masing-masing dengan penambahan 25 mL kloroform.
 - 5) Tambahkan 4,0 mL larutan NaOH 2,5 N ke dalam lapisan kloroform yang telah dipisahkan, kemudian kocok dan pindahkan ekstrak alkalis ke dalam gelas piala.
 - 6) Tambahkan 3 mL larutan NaOH 2,5 N ke dalam larutan kloroform, kocok kembali dan satukan hasil ekstrak alkalis.
 - 7) Panaskan hasil-hasil ekstraksi diatas penangas air pada suhu $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$ untuk menguapkan kloroform, dinginkan kemudian tambahkan air suling sampai volume menjadi 500 mL.
 - 8) Ulang kembali penyulingan mulai langkah 5) sampai 7).
 - 9) Air suling yang jernih merupakan contoh uji.
 - 10) Contoh uji siap diuji.

3.5.2 Persiapan pengujian

3.5.2.1 Larutan induk fenol (C₆H₅OH)

Larutkan 1,00 g fenol (C₆H₅OH) bebas air dengan 100 mL air suling di dalam labu ukur 1000 mL dan tepatkan sampai tanda tera.

Penetapan kadar Fenol dalam larutan induk dengan tahapan:

- a) Pipet 50 mL larutan induk dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 500 mL dan tambahkan 100 mL.
- b) Tambahkan 10 mL bromat-bromida 0,1 N dan 5 mL HCl pekat, kemudian dikocok. Bila warna coklat dari Br₂ tidak nampak, tambahkan secara bertahap 10 mL larutan bromat-bromida 0,1 N sampai terjadi warna coklat dan biarkan selama 10 menit.
- c) Kemudian tambahkan 1 g KI.
- d) Lakukan penetapan blangko seperti butir a) sampai dengan c).
- e) Titrasi blanko dan larutan induk fenol dengan larutan natrium tiosulfat 0,025 N dan gunakan larutan kanji sebagai indikator.
- f) Catat pemakaian larutan natrium tiosulfat yang digunakan.
- g) Hitung kadar fenol dalam larutan induk dengan menggunakan rumus:

$$\text{konsentrasi fenol (mg/L)} = 7,842 ((A \times B) - C)$$

dengan pengertian:

- A banyaknya larutan natrium tiosulfat yang digunakan untuk titrasi blanko (mL);
- B adalah banyaknya bromat – bromida 0,1 N yang ditambahkan pada larutan baku fenol dibagi 10;
- C adalah banyaknya larutan natrium tiosulfat yang dipergunakan untuk titrasi larutan induk fenol (mL).

3.5.2.2 Pembuatan larutan baku fenol (C₆H₅OH) 100 mg/L

Pipet 10,0 mL larutan induk fenol 1000 mg/L kedalam labu ukur 100 mL dan tambahkan air suling sampai tepat tanda tera.

3.5.2.3 Pembuatan larutan baku fenol (C₆H₅OH) 1 mg/L

Pipet 1,0 mL larutan baku fenol 100 mg/L kedalam labu ukur 100 mL dan tambahkan air suling sampai tepat tanda tera.

3.5.2.4 Pembuatan larutan kerja fenol (C₆H₅OH)

- a) Pembuatan larutan kerja fenol antara 0,005 mg/L sampai dengan 0,100 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:
 - 1) Pipet 5,0 mL larutan induk fenol dan masukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan tambahkan air suling sampai tepat tanda tera.
 - 2) Pipet 0,0 mL; 3,0 mL; 5,0 mL; 10,0 mL; 20,0 mL dan 50,0 mL larutan kerja fenol 1 mg/L, masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500 mL.
 - 3) Tambahkan air suling sampai tepat pada tera hingga diperoleh 0,000 mg/L; 0,006 mg/L; 0,010 mg/L; 0,020 mg/L; 0,040 mg/L dan 0,100 mg/L fenol.
- b) Pembuatan larutan kerja fenol antara 0,200 mg/L sampai dengan 5,000 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:
 - 1) Pipet 0,0 mL; 1,0 mL; 4,0 mL; 8,0 mL; 15,0 mL ;20,0 mL dan 25,0 mL larutan baku fenol 100 mg/L, masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500 mL.
 - 2) Tambahkan air suling sampai tepat pada tera hingga diperoleh 0,000 mg/L; 0,200 mg/L; 0,800 mg/L; 1,600 mg/L; 3,000 mg/L; 4,000 mg/L dan 5,000 mg/L fenol.

3.5.2.5 Pembuatan kurva kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Apabila kadar fenol antara 0,005 mg/L sampai dengan 0,1 mg/L buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:
 - 1) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian fenol kadar rendah.
 - 2) Ukur 500 mL larutan baku secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 1000 mL.
 - 3) Tambahkan 12 mL larutan NH₄OH 0,5 N dan atur pH menjadi $7,9 \pm 0,1$ dengan penambahan larutan penyangga fosfat.
 - 4) Pindahkan larutan ke dalam corong pemisah tambahkan 3,0 mL larutan aminoantipirin sambil diaduk.

- 5) Tambahkan 3,0 mL larutan kalium ferisianida sambil diaduk, diamkan selama 3 menit sampai timbul warna kuning jernih.
 - 6) Ekstraksi dengan 25 mL kloroform dan kocok corong pemisah paling sedikit 10 kali, diamkan sampai lapisan kloroform terpisah.
 - 7) Keluarkan lapisan kloroform melalui kertas saring yang telah dilapisi dengan 5 g natrium sulfat bebas air.
 - 8) Masukkan ke dalam cuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan pada panjang gelombang 460 nm.
 - 9) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi pekerjaan mulai tahap 1), apabila lebih kecil atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya.
 - 10) Buat kurva kalibrasinya.
- b) Apabila kadar fenol antara 0,200 mg/L sampai dengan 5,000 mg/L buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:
- 1) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian fenol kadar tinggi.
 - 2) Ukur 100 mL larutan baku secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 250 mL.
 - 3) Tambahkan 2,5 mL larutan NH_4OH 0,5 N dan atur pH menjadi $7,9 \pm 0,1$ dengan penambahan larutan penyangga fosfat.
 - 4) Pindahkan larutan ke dalam corong pemisah tambahkan 1,0 mL larutan aminoantipirin sambil diaduk.
 - 5) Tambahkan 1,0 mL larutan kalium ferisianida sambil diaduk, diamkan selama 15 menit.
 - 6) Masukkan ke dalam cuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat absorbansinya pada panjang gelombang 500 nm.
 - 7) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi pekerjaan mulai tahap 1), apabila lebih kecil atau sama dengan 2% rata-ratakan hasilnya.
 - 8) Buat kurva kalibrasinya.

3.6 Prosedur

Lakukan cara uji fenol dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Pengujian kadar fenol dalam air dan air limbah antara 0,005 mg/L sampai dengan 0,1 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:
- 1) Ukur 500 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 1000 mL.
 - 2) Tambahkan 12 mL larutan NH_4OH 0,5 N dan atur pH menjadi $7,9 \pm 0,1$ dengan penambahan larutan penyangga fosfat.
 - 3) Pindahkan larutan ke dalam corong pemisah tambahkan 3 mL larutan aminoantipirin sambil diaduk.
 - 4) Tambahkan 3 mL larutan kalium ferisianida sambil diaduk, diamkan selama 3 menit sampai timbul warna kuning jernih.
 - 5) Ekstraksi dengan 25,0 mL kloroform dan kocok corong pemisah paling sedikit 10 kali, diamkan sampai lapisan kloroform terpisah.
 - 6) Keluarkan lapisan kloroform melalui kertas saring yang telah dilapisi dengan 5 g natrium sulfat anhidrat.

- 7) Masukkan ke dalam cuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat absorbansinya pada panjang gelombang 460 nm.
- b) Pengujian kadar fenol dalam air dan air limbah antara 0,200 mg/L sampai dengan 5,000 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:
- 1) Ukur 100 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 250 mL.
 - 2) Tambahkan 2,5 mL larutan NH_4OH 0,5 N dan atur pH menjadi $7,9 \pm 0,1$ dengan penambahan larutan penyangga fosfat.
 - 3) Tambahkan 1 mL larutan aminoantipirin sambil diaduk.
 - 4) Tambahkan 1 mL larutan kalium ferisianida sambil diaduk, diamkan selama 15 menit.
 - 5) Masukkan ke dalam cuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat absorbansi pada panjang gelombang 500 nm.

3.7 Perhitungan

3.7.1 Kadar fenol

Hitung kadar fenol dalam contoh uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis regresinya dan perhatikan hal-hal berikut:

- a) Selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 12%.
- b) Apabila hasil perhitungan kadar fenol lebih besar atau sama dengan 0,1 mg/L dan lebih kecil atau sama dengan 0,2 mg/L. Ulangi pengujian dengan pengenceran contoh uji.

3.7.2 Perhitungan Relative Percent Different (RPD)

$$\% RPD = \frac{|X_1 - X_2|}{\frac{X_1 + X_2}{2}} \times 100\%$$

dengan pengertian:

X_1 adalah hasil analisis pada penentuan pertama;

X_2 adalah hasil analisis pada penentuan kedua.

3.7.3 Persen Temu Balik (% Recovery, % R)

Persen temu balik dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

dengan pengertian:

A adalah Kadar contoh uji yang di *spike* (mg/L);

B adalah Kadar contoh uji yang tidak di *spike* (mg/L);

C adalah Kadar standar yang diperoleh (*target value*) (mg/L);
dengan,

$$C = \frac{Y \times Z}{V}$$

dengan pengertian:

Y adalah volume standar yang ditambahkan (mL);

Z adalah kadar standar fenol yang ditambahkan (mg/L); V
adalah volume akhir (mL).

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia berkualitas pro analisa (p.a). b)
Gunakan alat gelas yang bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Gunakan air suling dengan DHL lebih kecil dari 3 μ mosh. e)
Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- f) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum (28 hari).

4.2 Pengendalian mutu

- a) Linearitas kurva kalibrasi (r) lebih besar atau sama dengan 0,95.
- b) Lakukan analisis blangko untuk kontrol kontaminasi. Kadar fenol dalam larutan blangko harus lebih kecil daripada batas deteksi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan hasil analisis duplo adalah lebih kecil dari 12%.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi

- a) Analisis CRM.

Lakukan analisis *certified reference material* (CRM) untuk kontrol akurasi. b)

Analisis *blind sample*.

- c) Kisaran persen balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- d) Untuk kontrol gangguan matrik lakukan analisis *spike matrix* kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisa

Kesimpulan

Kesimpulan dari Pembuatan Pengawet Bambu Menggunakan Pirolisis Asap Cair dan *Bacillus Subtilis* adalah :

1. Hasil asap cair dari limbah pengrajin bambu menggunakan alat pirolisis dengan kapasitas 2,5 kg, modifikasi alat pirolisis minilab (Huda, 2014) pada suhu yang berbeda (140°C, 180°C, 220°C, 260°C, dan 300°C, menunjukkan bahwa kandungan total fenol berkisar antara 2,2 mg/L sampai 3 mg/L, sedangkan literatur (Awhu, 2013) pada suhu pirolisis lebih besar dari 260°C kandungan phenol sebesar 5,35%
2. Pengawetan bambu menggunakan asap cair mengandung total phenol sebesar 2,756 mg/l (suhu pirolisis 300° C) dan bakteri dalam larutan *nutrient broth* Masing-masing diencerkan dengan H₂O dengan perbandingan 1:1; 1:2; dan 1:3 menunjukkan bambu tidak mengalami kerusakan selama 1 minggu

Saran

Proses pirolisis harus dijaga suhu konstan dengan tidak terjadinya kebocoran alat, agar produk asap cair yang didapatkan maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Krisdianto, Ginuk Sumarni, dan Agus Ismanto, "Sari Hasil Penelitian Bambu," Pusat Penelitian Hasil Hutan Bogor
- C.Any Sulistyowati 1996, "Teknologi Pengawetan Bambu," Pusat Informasi Teknologi Terapan Elsppat Klaten
- Eka Novriyanti dan Edi Nurrohman 2004, "Pengawetan Bambu Talang secara Sederhana," Jurnal Penelitian Hasil Hutan vol 22 No. 4, Desember 2004
- Arif Supriyatno 2011, "Pengawetan Bambu dari Serangan Bubuk dengan Metode Hidrostatik," Dosen Sipil Fakultas Teknologi Universitas Gorontalo
- Jiang Shexue 2004, "Training manual of Bamboo Charcoal," Nanjing Forestry University
- Abdul Gani Haji, Zainal Alim dkk. 2004, "Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Padat," Departemen Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor
- Sung Phil Mun, Chang Sub Ku 2010, "Pyrolysis GCMS Analysis of tars Formed during the aging of Wood and Bamboo Crude Vinegars," Jurnal Wood Sci (2010) 56:47-52
- AR. Nohisham, A. Faizah dan Azaidon 2015, "Effects of Moisture Content on the Bamboo Borer *Dinoderus Minutus*," Faculty of Forestry University Putra Malaysia, 43400 Serdang Selangor Malaysia
- Wiyono, WW. Winarni dkk 2012, "Sebaran dan Potensi Pemanfaatan Bambu di Desa Purwobinangun Kecamatan Pakem Kabupaten Sleman," Alumni Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada



Iman Akbar, lahir di Surabaya pada tahun 1994. Memulai pendidikan TK Permata Bunda 1998-2000. Berikutnya melanjutkan Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri Ketabang III Surabaya pada tahun 2000-2006. Berikutnya melanjutkan studi di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Surabaya (SMPN 1 Surabaya) tahun 2006-2009. Selanjutnya melanjutkan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1

Surabaya (SMAN1 Surabaya) dan lulus pada tahun 2012. Selanjutnya telah berhasil menmpuh pendidikan di bidang teknik kimia pada tahun 2016 di Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada tahun kedua beliau telah menyelesaikan Kerja Praktik di PG Watu Tulis. Selama Perkuliahan telah mengikuti pelatihan-pelatihan yang di adakan di ITS maupun di luar ITS



Rahadian Priambodo, Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan di Surabaya pada tanggal 18 November 1993. Nakan kandung dari Prijanto Hadi dan Suprih Utami pendidikan formal yang telah ditempuh TK Barunawati 1998 - 2000 SD Perak Barat 1 2000-2006 SMP Negeri 5 2006-2009 SMA Barunawati tahun 2009 sampai 2012 dan pada tahun 2012 diterima di program D3 Teknik Kimia FTI ITS dengan NRP 2312030100 pada tahun kedua beliau telah menyelesaikan kerja praktek di PG Rejo Agung Madiun Selama kuliah penulis aktif mengikuti pelatihan-pelatihan yang diadakan di ITS untuk menghubungi penulis dapat melalui email rahadianpriambodo11@gmail.com serta melalui telfon di 085655830507